

BÀI GIẢNG KIỂM ĐỊNH CẦU

CHƯƠNG 1

QUẢN LÝ CẦU

1.1 Hệ thống quản lý cầu

Ở nước ta sau nhiều lần thay đổi đến nay hiện có ba hệ thống quản lý cầu đường.

- Hệ thống quản lý các quốc lộ
- Hệ thống quản lý các đường địa phương
- Hệ thống quản lý cầu đường sắt

Các hệ thống quản lý trên đều trực thuộc Bộ Giao thông Vận tải

1.1.1 Hệ thống quản lý các quốc lộ

Ở hệ thống này cơ quan cao nhất là Cục Đường bộ Việt Nam, dưới Cục Đường bộ Việt Nam có bốn khu Quản lý đường bộ:

- Khu Quản lý đường bộ II. Quản lý quốc lộ ở các tỉnh miền bắc cho đến hết tỉnh Ninh Bình (điểm ranh giới với khu QLDB IV là Dốc Xây)
- Khu Quản lý đường bộ IV. Quản lý từ tỉnh Thanh Hóa với điểm bắt đầu từ Dốc Xây đến hết tỉnh Thừa Thiên Huế (điểm ranh giới là đỉnh đèo Hải Vân)
- Khu quản lý đường bộ V. Quản lý từ thành phố Đà Nẵng với điểm đầu là đỉnh đèo Hải Vân đến hết tỉnh Khánh Hòa (điểm ranh giới là cầu Cây Đa)
- Khu Quản lý đường bộ VII. Quản lý từ tỉnh Ninh Thuận với điểm bắt đầu là cầu Cây Đa đến hết Miền Nam

Về nguyên tắc tất cả các Quốc Lộ trong phạm vi quản lý đều thuộc khu QLDB, tuy vậy một số đoạn quốc lộ vẫn được giao cho các sở Giao thông vận tải quản lý.

Dưới khu quản lý có các công ty quản lý và sửa chữa đường bộ, mỗi công ty quản lý từ 150 đến 400Km. Số lượng công ty QL và SCDB ở các khu cũng khác nhau. Khu QLDBII có 11 công ty, tên của các công ty đều bắt đầu từ số 2, chẳng hạn 222, 224, 236. Khu QLDB IV có 10 công ty, trong đó 8 công ty bắt đầu từ số 4, chẳng hạn 740, 472. . . và hai công ty có tên địa phương quản lý là công ty

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

QL và SCĐB Quảng Trị, công ty QL và SCĐB Thừa Thiên Huế. Khu QLĐB V có 9 công ty, tất cả các công ty đều có tên tỉnh, thành công ty quản lý, chẳng hạn công ty QL và SCĐB Quảng Nam - Đà Nẵng, công ty QL và SCĐB Quảng NgãiKhu QLĐB VII có 13 công ty, tất cả các công ty đều có tên với số đầu là 7, chẳng hạn 71, 73, 717...

Ngoài các công ty Quản lý và SCĐB trong các khu Quản lý còn có thể có công ty Quản lý Cầu, công ty Quản lý Cựm Phà...

Dưới các công ty QL và SCĐB còn có các hạt QLĐB, mỗi hạt quản lý xấp xỉ 50Km quốc lộ

1.1.2 Hệ thống quản lý đường địa phương

Hệ thống quản lý này là các sở GTVT quản lý đường địa phương trong phạm vi tỉnh, thành. Do tình hình cụ thể một sở GTVT còn được giao quản lý các đoạn Quốc Lộ nằm trong phạm vi tỉnh, thành sở quản lý. Hiện tại ở nước ta có 64 sở GTVT tương ứng với các đơn vị hàng chính tỉnh, thành phố độc lập

Dưới sở GTVT là các Đoạn QLĐB

Dưới đoạn là các Hạt Quản lý đường bộ

1.1.3 Hệ thống quản lý cầu đường sắt???

1.2 Nội dung quản lý cầu

Có hai nội dung quản lý chính: quản lý hồ sơ và quản lý tình trạng kỹ thuật của cầu

1.2.1 Quản lý hồ sơ cầu:

Hồ sơ quản lý cầu thường bao gồm

- Hồ sơ thiết kế. Hồ sơ thiết kế do ban Quản lý công trình bàn giao cho cơ quan quản lý khi công trình đã được xây dựng xong. Trong hồ sơ bao gồm đầy đủ các số liệu từ căn cứ thiết kế, tải trọng thiết kế, tình hình địa chất, thủy văn, quy trình sử dụng để thiết kế và toàn bộ các bản vẽ cấu tạo, thi công công trình. Đây là tài liệu rất quan trọng để làm cơ sở cho các quyết định về chế độ khai thác, duy tu, bảo dưỡng, sửa chữa sau này.

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

- Hồ sơ hoàn công và trạng thái ban đầu của công trình. Về cơ bản hồ sơ bản vẽ hoàn công giống với thiết kế, tuy nhiên có thể có những sai khác chẳng hạn chiều dài cọc đóng, cọc khoan nhồi ngắn hoặc dài hơn so với thiết kế do địa chất thực tế không giống như trong hồ sơ thiết kế, do những sai sót xảy ra trong quá trình thi công. Nói chung một hồ sơ hoàn công và trạng thái ban đầu thường gồm những tài liệu sau:

- + Hồ sơ mặt bằng sau khi thi công
- + Các bản vẽ công trình sau khi thi công, phản ánh đúng thực tế tình trạng sau thi công (cao độ, kích thước, vật liệu...)
- + Biên bản kết luận đánh giá của đơn vị thi công, của ban quản lý công trình
- + Hồ sơ thử tải nếu có
- + Tài liệu tổng kết thi công công trình bao gồm quá trình thi công , những tồn tại chưa giải quyết hoặc giải quyết chưa triệt để, những khuyết tật, những dự kiến về sự biến triển của công trình như lún của nền đất đắp đường đầu cầu, biến dạng có thể của kết cấu (những dự kiến này cần căn cứ vào kết quả tính toán và có bản tính kèm theo).
- + Những quy định về chế độ khai thác, duy tu và bảo dưỡng cầu.

- Hồ sơ kiểm tra cầu. Tùy theo từng nước có những quy định về chế độ kiểm tra, nhưng thông thường có các chế độ kiểm tra như sau:

- + Kiểm tra thường xuyên. là các kiểm tra được tiến hành định kỳ, có thể 3 tháng, 6 tháng, hoặc một năm
- + Kiểm tra đột xuất. đây là công tác kiểm tra không định kỳ, được tiến hành sau những hiện tượng thiên nhiên hoặc những sự cố có thể có tác động xấu đến công trình như lũ lụt, động đất, hỏa hoạn, tai nạn giao thông...
- + Kiểm tra chi tiết. đây có thể là kiểm tra định kỳ cho cầu lớn, nhưng với thời gian dài hơn so với kiểm tra thường xuyên, chẳng hạn 5 năm một lần, nhưng cũng có thể không định kỳ chẳng hạn như kiểm

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

tra sau khi kiểm tra thường xuyên phát hiện cầu có nhiều hư hỏng mà kiểm tra thường xuyên không thể đánh giá đầy đủ, hoặc kiểm tra để tăng cường, sửa chữa cầu...

Sau mỗi lần kiểm tra bất kể là kiểm tra thường xuyên, đột xuất hay chi tiết đều có hồ sơ kiểm tra để bổ sung vào hồ sơ quản lý cầu. Ở các nước đều có mẫu hồ sơ kiểm tra, người hoặc cơ quan kiểm tra chỉ cần điền vào mẫu, những nội dung không có trong mẫu mới cần bổ sung thêm vào hồ sơ chẳng hạn ảnh chụp các hư hỏng.

- Hồ sơ sửa chữa hoặc tăng cường cầu nếu có. Với những cầu cũ có thể đã có những lần sửa chữa, tăng cường, mở rộng, khi đó cần có hồ sơ thiết kế sửa chữa, tăng cường, hồ sơ hoàn công sau sửa chữa, tăng cường.

Ngày nay các hồ sơ quản lý thường được lưu giữ trên máy và tốt nhất có nối mạng từ cơ quan quản lý thấp nhất đến cơ quan quản lý cao nhất của mỗi hệ thống. Cần phải coi việc quản lý hồ sơ là một nhiệm vụ quan trọng của cơ quan quản lý.

1.2.2 Quản lý tình trạng kỹ thuật của cầu

Mục đích của quản lý tình trạng kỹ thuật là để nắm được những hư hỏng hiện có trên công trình từ đó có những quyết định về chế độ duy tu, bảo dưỡng, chế độ khai thác, tiến hành các sửa chữa hoặc tăng cường cầu và bổ sung vào hồ sơ công trình.

Để nắm được tình trạng kỹ thuật của cầu cần tiến hành các công tác kiểm tra như đã nêu ở trên, sau đây là nghiên cứu công việc kiểm tra cho các bộ phận chính của cầu

1.2.2.1 Kiểm tra hệ thống mặt cầu và đường vào cầu

- Các bộ phận cần kiểm tra:

- + Lớp phủ mặt cầu và đường vào cầu
- + Lề người đi, dải phân cách, hệ thống lan can
- + Khe co dãn
- + Hệ thống thoát nước, tình trạng đọng nước trên cầu sau khi mưa
- + Cọc tiêu, biển báo, biển tên cầu, biển tải trọng...

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

- + Hệ thống chiếu sáng
- + Các công trình xây dựng gần cầu, tầm nhìn của người lái xe vào cầu
- Những hư hỏng thường gặp:
 - + Lớp phủ mặt cầu bị nứt, bong, mặt đường vào cầu, mặt đường trên cầu có ổ gà, xe qua lại không êm thuận.
 - + Vỡ bản bê tông mặt cầu, dẫn đến làm hư hỏng mặt đường xe chạy.
 - + Nền đường đầu cầu bị lún, sụt làm cho chỗ tiếp giáp giữa đường và cầu thay đổi độ dốc hoặc chênh lệch cao độ.
 - + Vỡ bê tông lề bộ hành, thanh ngang và cột đứng của hệ lan can, có cầu mất một số thanh ngang, đôi khi mất cả cột đứng.
 - + Mặt đường trên cầu thoát nước không tốt, khi mưa có những vũng nước đọng trên mặt cầu, hệ thống thoát nước bị gỉ, bị đất cát lấp.
 - + Khe co dẫn hư hỏng, với khe co dẫn bằng thép góc hoặc máng thép bê tông nhựa trên khe co dẫn bị lún, sụt, khi mưa nước trên khe co dẫn chảy xuống đầu dầm và đỉnh xà mũ mố, trụ. Khe co dẫn cao su hay xảy ra tình trạng vỡ bê tông hai bên mép các tấm cao su, tấm cao su bị bong, bị mất các đinh ốc...
 - + Cọc tiêu, biển báo bị gãy, mất.
 - + Gần cầu có những công trình xây dựng ảnh hưởng đến an toàn, che khuất tầm nhìn của người lái xe khi xe ra, vào cầu.
- Biện pháp khắc phục. Trừ những hư hỏng lớn cần có thiết kế sửa chữa và được cơ quan có thẩm quyền phê duyệt còn hầu hết các hư hỏng ở đây cần được đơn vị quản lý sửa chữa theo kinh phí duy tu bảo dưỡng hàng năm, tránh tình trạng để hư hỏng phát triển lớn mới tiến hành sửa chữa. các sửa chữa thông thường là:
 - + Vá ổ gà
 - + Trám vá các chỗ vỡ bê tông, nếu ở chỗ vỡ bê tông cốt thép lộ ra đã bị gỉ thì cần làm sạch gỉ trên cốt thép trước khi tiến hành trám vá
 - + Thay thế hoặc sửa chữa các thanh lan can hư hỏng, mất.
 - + Sửa chữa các hư hỏng ở khe co dẫn khi hư hỏng mới xuất hiện như vá chỗ vỡ bê tông, thay thế bu lông bị mất...

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

- + Thông các ống thoát nước bị tắc, sửa chữa các ống thoát nước bị hư hỏng, để nước mưa qua ống không chảy vào dầm
- + Dựng lại biển báo hiệu, biển tên cầu bị đổ, làm mới biển mất hoặc hư hỏng nặng.
- + Ngăn chặn việc xây dựng các công trình kể cả công trình tạm ảnh hưởng đến cầu, đến tầm nhìn trên đường vào cầu.

1.2.2.2 Kiểm tra kết cấu nhịp bê tông cốt thép thường, BTCT dự ứng lực

- Các bộ phận cần kiểm tra

- + Dầm chủ
- + Bản mặt cầu
- + Đầu neo cáp dự ứng lực
- + Mỗi nối cánh dầm, mỗi nối dầm ngang
- + Nếu là dầm bê tông cốt thép dự ứng lực thi công theo phương pháp lắp hẫng cần kiểm tra kỹ mối nối giữa các khối đúc sẵn.
- + Nếu là dầm bê tông cốt thép dự ứng lực lắp ghép bằng cáp dự ứng lực ngang cần kiểm tra kỹ hiện tượng đứt cáp dự ứng lực ngang.

- Các hư hỏng thường gặp (hình 1-1)

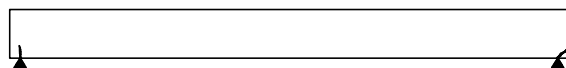
- + Nứt bê tông. Hiện tượng nứt bê tông có thể xảy ra trong cả cầu BTCT thường và cầu BTCT dự ứng lực
- + Trên cầu BTCT thường có các loại vết nứt sau:
- + Vết nứt thẳng đứng xuất hiện ở vùng kéo của mặt các mặt cắt mômen uốn có giá trị tuyệt đối lớn.
- + Vết nứt xiên, xuất hiện ở những mặt cắt mômen uốn và lực cắt có giá trị cùng lớn.
- + Vết nứt nằm ngang thường xuất hiện ở đoạn dầm có lực cắt lớn tại vị trí tiếp giáp giữa cánh dầm và sườn dầm. Với các dầm BTCT dự ứng lực giản đơn loại nhịp 12,5m; 15,6m; 18,6m; 21,7m và 24,7m được xây dựng trước năm 2000 nhiều cầu có vết nứt này.
- + Vết nứt cục bộ thường xuất hiện trên gối hoặc ở chỗ liên kết cánh dầm, liên kết dầm ngang, đầu neo cáp dự ứng lực

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

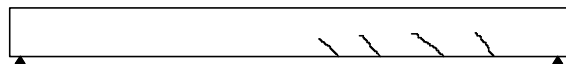
- + Vết nứt do co ngót
- + Vết nứt do gỉ cốt thép, trong đầm bê tông cốt thép thường có thể có vết nứt dọc theo cốt thép khi chiều dày lớp bê tông bảo vệ không đủ.
- + Vỡ bê tông để lộ cốt thép. Vỡ bê tông thường xuất hiện ở vị trí có ứng suất cục bộ lớn như trên gối, đầu neo... những chỗ bị va chạm cơ học do xe cộ, thuyền bè do tĩnh không thấp, những chỗ lớp bê tông bảo vệ không đủ chiều dày, hơi nước nhất là hơi nước mặn thấm vào là gỉ cốt thép, cốt thép gỉ trương nở thể tích, đẩy nứt và đẩy vỡ lớp bê tông bên ngoài.
- + Đứt cáp dự ứng lực ngang. Hiện tượng này thể hiện rõ nhất là xuất hiện các vết nứt trên mặt đường xe chạy dọc theo khe tiếp giáp giữa các cánh đầm lắp ghép.
- + Bê tông bị phong hóa, bị suy giảm chất lượng. Hiện tượng này thường xảy ra ở những chỗ thường xuyên bị ẩm ướt, trong bê tông có tạp chất, chất lượng các thành phần của bê tông không đảm bảo chẳng hạn nước đổ bê tông có muối...
- + Thấm nước qua bê tông. Dễ dàng kiểm tra hiện tượng này nhất là sau khi mưa. Cần kiểm tra kỹ ở những chỗ nối ghép nhất là chỗ nối đầm chủ, chỗ tiếp giáp giữa các khối đúc sẵn trong cầu bê tông cốt thép dự ứng lực thi công theo phương pháp lắp hẫng. Cầu rào (Hải Phòng) bị sập đổ là do nước thấm mối nối giữa các khối đúc sẵn làm gỉ cốt thép dự ứng lực dọc cầu.



a) Vết nứt trên dầm giản đơn



b) Vết nứt trên gối



Nhìn mặt bên

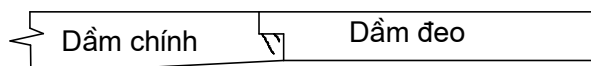


Nhìn mặt đáy

c) Vết nứt do dầm bị vặn xoắn



d) Vết nứt trên dầm liên tục do trụ bị lún



e) Vết nứt trên dầm chính tại gối dầm đeo

Hình 1-1: Một số dạng vết nứt trên dầm BTCT

- Biện pháp khắc phục

- + Với các vết nứt: Theo dõi sự phát triển của vết nứt và sửa chữa vết nứt, Việc sửa chữa vết nứt sẽ được xét ở chương 3 ở đây chỉ xét sự phát triển của vết nứt. Khi phát hiện vết nứt nhất là các vết nứt do lực chẳng hạn vết nứt thẳng đứng ở những mặt cắt có mômen uốn lớn cần phải đo chiều dài, độ mở rộng vết nứt đồng thời đánh dấu điểm đầu và điểm cuối của vết nứt. Sau một thời gian có thể đánh giá được vết nứt có phát triển hay không? hướng phát triển của vết nứt ... từ đó xác định được nguyên nhân của vết nứt để có giải pháp sửa chữa thích hợp.
- + Với các chỗ vỡ bê tông cần phải tiến hành trám vữa (xem chương 3), tuy nhiên tùy theo nguyên nhân vỡ bê tông mà phải có các giải pháp tiếp theo để sau khi trám vữa bê tông không tiếp tục bị vỡ, chẳng hạn nếu vỡ do va chạm của xe cộ thì phải có biển báo tĩnh không thông xe...

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

- + Với hiện tượng đứt cáp dự ứng lực ngang, nước thấm qua bê tông cần có thiết kế sửa chữa và thực hiện khi được cơ quan có thẩm quyền phê duyệt. Phương pháp sửa chữa các hư hỏng này xem chương 3.

1.2.2.3 Kiểm tra kết cấu nhịp thép.

- Các bộ phận cần kiểm tra

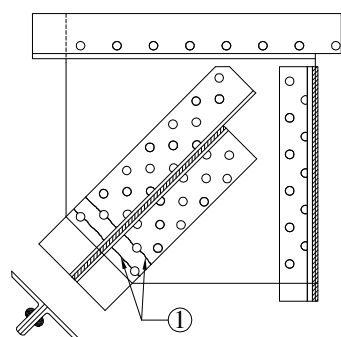
- + Dầm chủ của cầu dầm bản kê, cầu dầm thép liên hợp với bản BTCT
- + Các thanh dàn chủ, nút liên kết cầu dàn
- + Hệ dầm mặt cầu của cầu dàn, dầm ngang, dầm dọc phụ nếu có của cầu dầm bản kê và cầu liên hợp
- + Hệ liên kết bao gồm hệ liên kết ngang và hệ liên kết dọc
- + Mỗi nối dầm chủ, mối nối thanh, liên kết dầm ngang với dầm dọc, dầm ngang với dàn chủ, liên kết dầm ngang với sườn dầm chủ, các liên kết của hệ liên kết ngang và hệ liên kết dọc.

- Các hư hỏng thường gặp (hình 1-2)

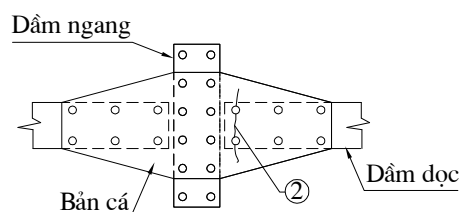
- + Gỉ. Trong kết cấu nhịp thép hư hỏng thường gặp nhất là gỉ, gỉ thường phát sinh ở các vị trí ở đó lớp sơn bị bong, tróc, ăn mòn, chỗ đọng nước (nút dàn, cát lấp kín...), trong cầu đường sắt gỉ phát triển mạnh tại vệt nước chảy từ trên toa xe xuống. Với những cầu nằm trong môi trường ẩm, mặn ... gỉ càng phát triển mạnh hơn làm chi tiết chịu lực thực tế của các dầm, thanh dàn bị giảm yếu, đầu đỉnh tán, bulông bị ăn mòn, sườn dầm ở trên gối bị gỉ làm tiêu hao diện tích dẫn đến mất ổn định cục bộ.
- + Nút hoặc đứt gãy. Trong cầu thép nút có thể phát sinh ở những chỗ tiết diện thay đổi vì ở đó có ứng suất tập trung như ở mép lỗ đỉnh, bulông. Nút còn có thể phát sinh tại mối hàn hay tại thép cơ bản ngay ở vùng chân của mối hàn. Đứt, gãy các chi tiết có thể xảy ra ở những chi tiết có tiết diện chịu lực không đủ do thiết kế thiếu, do thi công có sai sót hoặc do gỉ làm giảm tiết diện. Đứt ở bulông, đỉnh tán, có thể do lực xiết trong bu lông vượt quá thiết kế, gỉ làm tiêu hao diện tích tiết diện hoặc do sự dịch chuyển của liên kết.

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

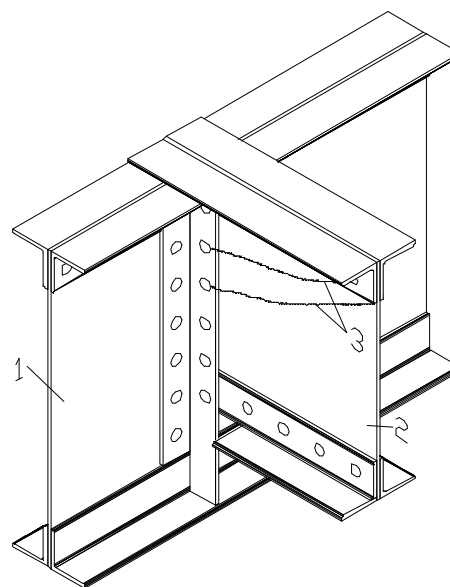
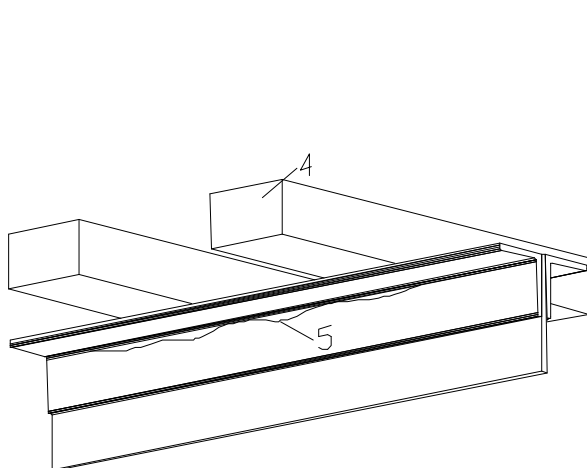
- + Cong, vênh các thanh hoặc một nhánh của thanh, cánh của dầm thép. Cong, vênh xảy ra có thể do va chạm của xe hoặc thuyền bè đi dưới cầu nhất là khi tĩnh không thông xe và thông thuyền thấp, hiện tượng này thường xảy ra trên các cầu cũ với các tiêu chuẩn kỹ thuật không còn đáp ứng được với nhu cầu khai thác hiện tại. Đặc biệt nguy hiểm là cong vênh do mất ổn định cục bộ hay tổng thể.
- + Lỗ đinh tán, đầu đinh tán, bulông bị ăn mòn, mất đinh tán, bulông. Các hư hỏng trên rất dễ phát hiện bằng mắt thường riêng hiện tượng lỗ đinh tán có thể phát hiện bằng màu vàng của nước chảy ra từ thân đinh hoặc bằng búa.



a) Vết nứt trên thanh xiên (1)
ở mặt cắt trên hai hàng đinh ngoài cùng



b) Vết nứt trên bản cá (2)



Hình 2-1: Các vết nứt do mỏi trên một số bộ phận của cầu thép

1- Dầm ngang; 2- Dầm dọc; 3- Vết nứt trên sườn dầm dọc; 4- Tà vệt;

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

5- Vết nứt ở góc của dầm dọc trên cầu đường sắt

- Biện pháp khắc phục

- + Trừ những hư hỏng lớn như cong, vênh do mất ổn định, thay thế thanh, nút dầm (xem chương 3) còn hầu hết các hư hỏng cơ quan quản lý trực tiếp cần theo dõi và sửa chữa ngay khi hư hỏng mới phát sinh.
- + Với vết nứt cần theo dõi sự phát triển của vết nứt bằng cách đánh dấu điểm đầu và điểm cuối của vết nứt khi vết nứt nhỏ và chưa nguy hiểm cho bộ phận có vết nứt. Với vết nứt lớn ảnh hưởng tới sự làm việc hay an toàn của kết cấu cần phải sửa chữa ngay (xem chương 3)
- + Gỉ. Cần phải xác định nguyên nhân gây ra gỉ, chẳng hạn do nước đọng, gỉ do đất, cát phủ lên bộ phận kết cấu... thì phải giải quyết triệt để nguyên nhân gây ra gỉ sau đó làm sạch bề mặt vùng bị gỉ và sơn các lớp lót, lớp phủ theo quy định. Hiện tượng gỉ có thể khắc phục được nếu cơ quan quản lý thường xuyên kiểm tra và giải quyết kịp thời khi gỉ mới phát sinh. Cầu Gò Dưa (Thành phố Hồ Chí Minh) trên đường sắt Thống nhất đưa vào khai thác từ năm 1902 nhưng được duy tu bảo dưỡng tốt nên đến nay kết cấu nhịp vẫn còn tốt.
- + Những cong, vênh nhỏ, cục bộ chỉ cần nắn bằng phương pháp nắn nguội, cơ quan quản lý hoàn toàn có thể sửa chữa vì thiết bị nắn đơn giản và không cần trình độ công nghệ cao. Với những cong, vênh lớn đòi hỏi phải gia công nhiệt, để thực hiện nắn cần phải có thiết kế và phải được thực hiện bởi đơn vị hiểu biết về công nghệ này.
- + Sơn lại cầu thép. Tùy theo chất lượng của lần sơn trước để quyết định thời điểm cần sơn lại, tuy nhiên cũng có thể quyết định thời điểm này theo quan sát, kiểm tra thực tế của đơn vị quản lý. Sơn cầu thép là một trong những biện pháp quan trọng để đảm bảo tuổi thọ của cầu do vậy công việc này cần phải được thực hiện theo đúng quy định nhất là việc làm sạch bề mặt và đảm bảo chất lượng sơn.

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

- + Những hư hỏng thông thường cần được đơn vị quản lý sửa chữa ngay khi phát hiện hư hỏng như thay thế đỉnh tán, bulông bị mất, dọn đất cát đọng trên thanh, nút dần...

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

1.2.2.4 Kiểm tra gối cầu

Gối cầu là bộ phận không lớn trong cầu tuy nhiên những hư hỏng ở gối cầu có thể dẫn đến làm hư hỏng ở các bộ phận khác chẳng hạn gối cầu bị nghiêng lệch sẽ làm cho dầm bị xoắn và gây ra vết nứt cho dầm...

- Các bộ phận cần kiểm tra

- + Vị trí của thốt trên, thốt dưới, con lăn và tiếp xúc giữa chúng
- + Tiếp xúc giữa đáy dầm và gối
- + Bulông liên kết thốt dưới với đá kê gối
- + Hộp sắt bảo vệ gối thép
- + Gối cao su có bị lão hóa

- Các hư hỏng thường gặp (hình 1-3)

- + Gối thép bị gỉ
- + Gối bị cập kênh, thốt dưới không kê khít lên bệ gối do bulông neo thốt gối bị hư hỏng, bệ kê gối bị nứt, nghiêng lệch.
- + Gối bị dịch chuyển lệch khỏi thốt gối.
- + Gối cao su không còn đàn hồi do cao su bị lão hóa, khi đó gối sẽ hạn chế chuyển vị dọc của kết cấu nhịp.

- Biện pháp khắc phục

Thông thường sửa chữa các hư hỏng lớn cũng như thay gối là công việc phức tạp đòi hỏi phải có thiết kế và phải có những thiết bị cần thiết, chẳng hạn phải có kích đủ lớn để kích đồng thời các dầm trên gối mới có thể thay gối... ở đây nhiệm vụ chủ yếu của cơ quan quản lý trực tiếp là.

- + Thường xuyên dọn sạch đất cát trên xà mũ mố, trụ để không ảnh hưởng đến gối cầu.
- + Định kỳ bôi mỡ cho gối cầu thép nhất là gối di động và gối quang treo.
- + Lập kế hoạch sửa chữa lớn hoặc thay thế gối khi cần thiết.

1.2.2.5 Kiểm tra móng, trụ cầu

- Các bộ phận và nội dung cần kiểm tra

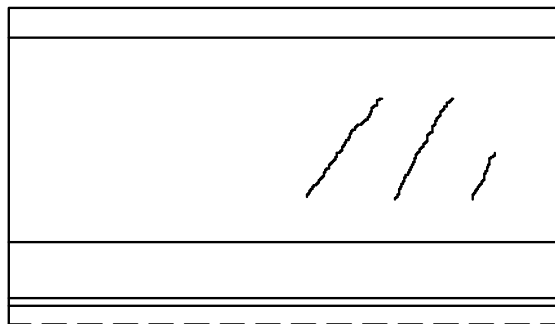
- + Xói lở ở móng mố, trụ
- + Mố trụ bị lún, nghiêng lệch

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

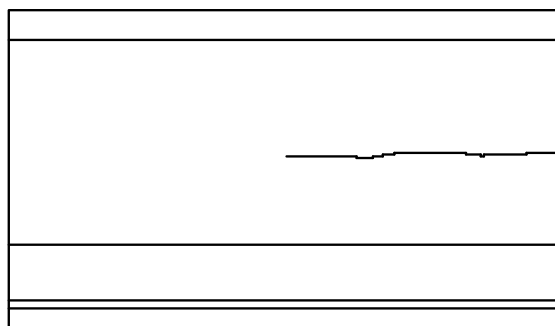
- + Xà mũ mố, trụ
- + Phần tư nón, mái dốc trước mố nếu có
- + Bản quá độ
- Các hư hỏng thường gặp (hình 1-4)
 - + Nứt ở thân mố, trụ, xà mũ. Vết nứt ở mố trụ có thể có độ mở rộng lớn hơn ở dầm chủ do vậy nhiều vết nứt quan sát được bằng mắt thường
 - + Vỡ bê tông, lộ cốt thép, cốt thép lộ ra đã bị gỉ.
 - + Xói lở ở đáy móng của mố, trụ
 - + Mố, trụ bị nghiêng lệch do lún không đều hoặc do xói cục bộ
 - + Chân khay, đá xây phần tư nón, mái dốc trước mố bị sụt lở, bị xói.
 - + Bản quá độ bị lún, nứt
- Biện pháp khắc phục

Với các hư hỏng lớn cần có thiết kế sửa chữa (xem chương 3) tuy nhiên cũng có những hư hỏng mà cơ quan quản lý trực tiếp cần sửa chữa ngay khi hư hỏng mới phát sinh theo kinh phí duy tu, bảo dưỡng hàng năm như:

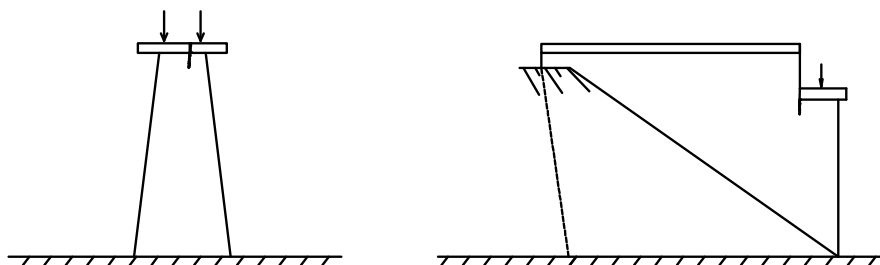
 - + Đóng cọc, bỏ rọ đá ngăn không cho xói lở phát triển
 - + Theo dõi sự phát triển của vết nứt, bơm vữa, bơm keo hoặc trám vá vết nứt sau khi đã đục rộng mép vết nứt. Trám vá các chỗ vỡ bê tông sau khi đã làm sạch bề mặt và làm sạch cốt thép nếu ở chỗ vỡ cốt thép bị lộ ra.
 - + Xây lại các chỗ đá xây bị sụt lở, trước khi xây cần bù đất ở phần phía dưới vì hầu hết các chỗ lún, sụt đều có nguyên nhân đất đắp ở dưới bị lún hoặc chân khay bị xói lở.



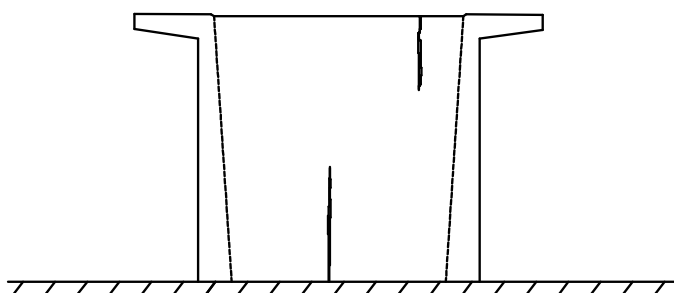
a) Vết nứt theo đường chéo ở mặt trước mố hay tường đầu



b) Vết nứt ngang thân mố



c) Vết nứt đứng trên thân mố, trụ



d) Vết nứt trên thân mố

Hình 1-3: Một số dạng vết nứt trên thân mố trụ

1.2.3 Phân loại cầu

Phân loại chất lượng cầu là một công việc rất cần thiết để phục vụ cho việc khai thác duy tu, sửa chữa cầu. Việc phân loại cầu còn giúp cho các cơ quan quản lý có một kế hoạch đúng đắn về sửa chữa, tăng cường hoặc xây dựng cầu mới thay thế cho cầu cũ đã hư hỏng nhằm đảm bảo khai thác có hiệu quả một tuyến đường hoặc cả mạng lưới giao thông nói chung.

Để phân loại cầu phải có tiêu chuẩn phân loại, hiện nay ở nước ta chưa có một quy định và hướng dẫn thống nhất về phân loại chất lượng cầu, chúng tôi xin giới thiệu cách phân loại của ESCAP (Ủy ban kinh tế và xã hội châu Á_Thái Bình Dương) . Theo tài liệu này tiêu chuẩn để phân loại cầu là:

- + Biên độ biến dạng
- + Mức độ ảnh hưởng đến an toàn vận tải
- + Sự cấp thiết phải tiến hành các biện pháp để duy trì chức năng làm việc bình thường của công trình.

Theo tiêu chuẩn này người ta phân cầu làm 4 loại chính như sau

- Loại A. Loại A bao gồm những cầu có chất lượng còn tốt, không có khuyết tật hay hư hỏng hoặc có nhưng không đáng kể, không cần sửa chữa. Các khuyết tật hay hư hỏng nếu có chưa ảnh hưởng đến chức năng làm việc của các bộ phận kết cấu, cầu khai thác an toàn với tải trọng thiết kế.
- Loại B. Loại này bao gồm các cầu có hư hỏng hay khuyết tật nhưng ở mức độ nhẹ, sự phát triển của hư hỏng hay khuyết tật chưa rõ ràng và không đáng lo ngại. Các hư hỏng hay khuyết tật không ảnh hưởng đến an toàn trong khai thác nên có thể sửa chữa hoặc không, nếu sửa chữa thì có thể tiến hành vào thời điểm nào tùy ý.
- Loại C. Trên các cầu thuộc loại này có những khuyết tật hay hư hỏng mà hiện tại chưa ảnh hưởng hoặc ảnh hưởng không đáng kể đến khả năng chịu lực của cầu, tuy nhiên nếu hư hỏng và khuyết tật phát triển thì sẽ làm suy giảm khả năng chịu lực của cầu.

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

- Loại D. Công trình thuộc loại D khi trên công trình có những hư hỏng đáng kể đã hoặc sẽ làm suy giảm chức năng chịu lực của cầu.

Người ta còn phân loại D thành 3 loại nhỏ:

- + Loại D_1 . Thuộc loại này khi công trình đã có những hư hỏng, tuy nhiên hiện tại công trình không có vấn đề về an toàn nhưng chức năng làm việc của chúng có thể bị ảnh hưởng bất lợi trong tương lai vì vậy phải tiến hành sửa chữa các hư hỏng ở thời điểm thích hợp, chẳng hạn sửa chữa mố, trụ vào mùa khô...
- + Loại D_2 . Công trình thuộc loại D_2 khi trên công trình có những hư hỏng, hiện tại công trình chưa có vấn đề về an toàn như chức năng làm việc của chúng đã bắt đầu bị ảnh hưởng, do đó cần tiến hành sửa chữa sớm
- + Loại D_3 . Thuộc loại này là các công trình có hư hỏng lớn, không còn khả năng khai thác bình thường, phải tiến hành sửa chữa hay tăng cường ngay lập tức, khi chưa sửa chữa kịp phải giảm tải trọng khai thác của cầu.

Việc phân loại cầu như đã trình bày ở trên được tóm tắt trong bảng 1-1

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

Bảng 1-1

Loại	Tình trạng cầu	Ảnh hưởng đến an toàn vận tải	Mức độ hư hỏng	Thời điểm tiến hành sửa chữa	
A	Cầu còn tốt	Không ảnh hưởng	Không có hư hỏng		
B	Cầu còn tốt, hư hỏng hay khuyết tật nhẹ, sự phát triển của hư hỏng hay khuyết tật không rõ ràng và không đáng lo ngại	Hiện tại không có ảnh hưởng	Nhẹ	Có thể sửa chữa hoặc không	
C	Mức độ hư hỏng và khuyết tật của công trình trong tương lai sẽ phát triển cầu trở thành loại D ₁ do đó phải phòng ngừa để điều đó không xảy ra	Hiện tại chưa ảnh hưởng nhưng trong tương lai có thể ảnh hưởng	Hư hỏng và khuyết tật có thể phát triển	Sửa chữa vào thời điểm thích hợp ngăn không cho cầu trở thành loại D	
D	D ₁	Hư hỏng và khuyết tật đang phát triển cần thực hiện các biện pháp ngăn ngừa để không ảnh hưởng đến an toàn của công trình trong tương lai	Đe dọa đến an toàn vận tải trong tương lai	Hư hỏng và khuyết tật đang phát triển có thể dẫn đến suy yếu chức năng của cầu	Sửa chữa vào thời điểm thích hợp
	D ₂	Hư hỏng và khuyết tật đã ảnh hưởng đến chức năng làm việc của cầu, khả năng chịu tải của cầu cũng bị ảnh hưởng	Đe dọa đến an toàn vận tải trong tương lai gần, nguy hiểm khi có ngoại lực không bình thường	Hư hỏng khuyết tật và sự suy giảm chức năng của cầu đang phát triển	Cần tiến hành sửa chữa sớm
	D ₃	Hư hỏng, khuyết tật liên quan tới chức năng chủ yếu của công trình, ảnh hưởng đến an toàn của cầu	Nguy hiểm sắp xảy ra	Nghiêm trọng	Cần tiến hành sửa chữa ngay

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

1.3 Phương pháp quản lý cầu

Quản lý cầu bao gồm quản lý hồ sơ và quản lý tình trạng kỹ thuật. Hồ sơ hiện nay thường được quản lý trên máy có nối mạng giữa các cơ quan quản lý trong cùng một hệ thống. Ở đây chỉ nghiên cứu phương pháp quản lý tình trạng kỹ thuật của cầu. Trong tất cả các nước để quản lý tình trạng kỹ thuật người ta đều có quy định về công tác kiểm tra và mẫu hồ sơ cho công tác này, ở nước ta hiện nay chưa có một quy định thống nhất về công tác kiểm tra do đó chúng tôi xin giới thiệu những quy định này trong tài liệu của ESCAP và của hội thảo giữa Bộ GTVT Việt Nam và Bộ Thiết bị – Nhà ở – GTVT Cộng hòa Pháp

1.3.1 Những quy định về công tác kiểm tra cầu trong tài liệu của ESCAP

Tài liệu này do Tiến sỹ ATSUSHI – MURAKAMI người Nhật biên soạn và đã được nhà xuất bản giao thông vận tải dịch ra tiếng Việt, do đó các quy định về công tác kiểm tra ở đây chủ yếu dựa vào các quy định của Nhật Bản. Trong tài liệu này người ta chia công tác kiểm tra thành 3 loại: Kiểm tra tổng quát, kiểm tra chi tiết và kiểm tra toàn diện. Sau đây chúng ta nghiên cứu từng loại kiểm tra

a) Kiểm tra tổng quát

Kiểm tra tổng quát bao gồm kiểm tra định kỳ được thực hiện hai năm một lần và kiểm tra bất thường được tiến hành khi có yêu cầu cần thiết như lũ, lụt, động đất hay tai nạn

Kiểm tra tổng quát chủ yếu bằng mắt thường và các thiết bị giản đơn như kính lúp, dụng cụ đo độ mở rộng vết nứt, thước đo dài...

Mục đích chính của kiểm tra tổng quát là phát hiện những hư hỏng trên công trình, tìm nguyên nhân của các hư hỏng, lập hồ sơ kiểm tra sau đó tiến hành phân loại công trình. Sau mỗi lần kiểm tra tổng quát hồ sơ kiểm tra phải được lưu trữ trong hồ sơ công trình.

b) Kiểm tra chi tiết

Công tác kiểm tra chi tiết chỉ được tiến hành nếu qua kiểm tra tổng quát công trình được xếp loại D hoặc công trình có những yêu cầu riêng, chẳng hạn

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

kiểm tra để tăng cường cầu, để mở rộng cầu..., như vậy kiểm tra chi tiết không phải là kiểm tra thường xuyên.

Khi kiểm tra chi tiết, tùy theo yêu cầu có thể dùng các máy đo để đo ứng suất, độ võng, dao động của công trình và tiến hành thí nghiệm vật liệu để đánh giá chính xác khả năng chịu lực của công trình từ đó tìm ra giải pháp sửa chữa nếu cần hoặc trên cơ sở đó tiến hành thiết kế tăng cường, mở rộng cầu.

c) Kiểm tra toàn diện

Kiểm tra toàn diện bao gồm cả việc kiểm tra đối với cầu, kiểm tra môi trường và kiểm tra các công trình xung quanh. Đây không phải là kiểm tra thường xuyên và chỉ kiểm tra khi công trình có những hư hỏng lớn do tác động của môi trường hoặc của các công trình xây dựng ở gần cầu hoặc để tăng cường và mở rộng cầu cũ mà việc tăng cường hay mở rộng có thể gây tác động đến môi trường và các công trình xung quanh cầu.

1.3.2 Những quy định về công tác kiểm tra trong hội thảo Cầu Đường Việt – Pháp.

Trong quyển 1 “ Những vấn đề chung về công tác kiểm tra các công trình cầu đường” có nêu ra ba hình thức kiểm tra: Kiểm tra thường xuyên, kiểm tra hàng năm và kiểm tra chi tiết.

a) Kiểm tra thường xuyên

Kiểm tra thường xuyên được tiến hành theo thời hạn như sau: Trong hai năm đầu từ sau khi xây dựng xong cứ ba tháng kiểm tra một lần, những năm tiếp sau cứ sáu tháng kiểm tra một lần.

Mục đích của kiểm tra thường xuyên là phát hiện những hư hỏng xuất hiện ở tất cả các bộ phận cầu so với lần kiểm tra trước và so với trạng thái ban đầu từ đó có kế hoạch duy tu, bảo dưỡng hoặc nếu cần thì đề xuất lập kế hoạch kiểm tra chi tiết hoặc sửa chữa cầu

b) Kiểm tra hàng năm

Thời gian kiểm tra: mỗi năm một lần, nên tiến hành vào thời điểm hết mùa mưa lũ.

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

Mục đích của công tác kiểm tra là phát hiện các hư hỏng, đánh giá khả năng khai thác và phân loại cầu, kết quả kiểm tra phải lưu giữ trong hồ sơ quản lý cầu làm cơ sở cho các lần kiểm tra sau, làm cơ sở để lập kế hoạch sửa chữa nếu cần, công việc kiểm tra chủ yếu được tiến hành bằng quan sát, có thể dùng các dụng cụ thông thường như kính lúp, dụng cụ đo vết nứt, búa, thước...

Cơ quan tiến hành kiểm tra: Đơn vị quản lý ở nước ta có thể là các công ty QL và SCDB trừ các cầu lớn có cơ quan quản lý riêng.

c) Kiểm tra chi tiết

Thời gian định kỳ kiểm tra chi tiết là 10 năm.

Mục đích của kiểm tra chi tiết là đánh giá từng bộ phận và toàn bộ cầu về khả năng chịu lực về sự suy thoái của từng bộ phận ở cả hai lĩnh vực vật liệu và kết cấu.

Cơ quan thực hiện là những đơn vị có chức năng kiểm định mà không phải là cơ quan quản lý công trình.

Công việc kiểm tra chi tiết phải tiến hành theo đề cương hay thiết kế đã được cơ quan có thẩm quyền phê duyệt.

Kiểm tra chi tiết có thể phân chia thành: kiểm tra chi tiết đầu tiên là kiểm tra khi công trình vừa hoàn thành để thiết lập trạng thái ban đầu và đánh giá khả năng chịu tải của công trình so với thiết kế. Kiểm tra chi tiết thường xuyên là kiểm tra theo định kỳ 10 năm một lần. Kiểm tra chi tiết ngoại lệ là kiểm tra công trình có những hư hỏng do lũ lụt, động đất, tai nạn hay một nguyên nhân nào đó, cũng có thể kiểm tra phục vụ cho việc tăng cường sửa chữa cầu.

Trên đây đã giới thiệu công tác kiểm tra theo các tài liệu đã có ở Việt Nam. Quan điểm của chúng tôi là nên có 3 hình thức kiểm tra:

** Kiểm tra thường xuyên.*

Đây là hình thức kiểm tra định kỳ có thể 6 tháng hoặc 1 năm một lần.

Cơ quan kiểm tra: đơn vị quản lý, cụ thể là các công ty quản lý và sửa chữa đường bộ, với cầu nhỏ có thể phân cấp cho hạt quản lý đường bộ.

Phương pháp kiểm tra: bằng cách quan sát và các dụng cụ thông thường như thang, xe kiểm tra cầu, kính lúp, dụng cụ đo độ mở rộng vết nứt...

Sau mỗi lần kiểm tra, hồ sơ kiểm tra phải lưu trong hồ sơ quản lý cầu.

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

**** Kiểm tra đột xuất.***

Đây không phải là kiểm tra thường xuyên mà là kiểm tra sau lũ lụt, động đất, tai nạn ở thời điểm không trùng với kiểm tra thường xuyên.

Nội dung kiểm tra: tất cả các bộ phận cầu

Nếu không trùng với kiểm tra thường xuyên thì hồ sơ kiểm tra đột xuất cũng được lưu giữ trong hồ sơ quản lý cầu.

**** Kiểm tra chi tiết***

Kiểm tra chi tiết có thể thực hiện:

Theo định kỳ đối với cầu lớn (năm năm hoặc mười năm một lần)

Theo đề xuất của kiểm tra thường xuyên hay đột xuất khi công trình có những hư hỏng cần kiểm tra đánh giá đầy đủ và chi tiết hơn.

Phục vụ cho thiết kế sửa chữa hoặc tăng cường cầu.

Cơ quan thực hiện: những đơn vị có chức năng kiểm định cầu được sự chấp thuận của cơ quan quản lý

Có thể có hai hình thức kiểm tra chi tiết: kiểm tra chi tiết ban đầu để lập trạng thái không và đánh giá khả năng khai thác so với thiết kế (có thể gọi là thử tải và lập trạng thái ban đầu) và kiểm tra chi tiết thông thường (có thể gọi là kiểm định cầu) để đánh giá khả năng chịu lực của cầu.

Chương II

THỬ NGHIỆM CẦU

2.1. Những vấn đề chung và các phương pháp thử nghiệm cầu.

Thử nghiệm cầu là một phần hoặc toàn bộ công việc của kiểm tra chi tiết. Ở nước ta hiện tại khi thử nghiệm trên cầu vừa mới xây dựng xong thường được gọi là thử tải cầu, còn thử nghiệm trên cầu cũ thường được gọi là kiểm định cầu. Nói chung để thử nghiệm một cầu cần phải thực hiện các công việc như sau:

- Lập đề cương thử nghiệm
- Tiến hành đo đạc, thí nghiệm tại hiện trường.
- Lập báo cáo kết quả thí nghiệm.

Sau đây chúng ta sẽ nghiên cứu các công việc chung để thử nghiệm cầu.

2.1.1. Nội dung của đề cương thử nghiệm cầu.

Đề cương thử nghiệm cầu thường gồm các nội dung chính như sau:

- Căn cứ để lập đề cương. Các căn cứ này thường bao gồm:
 - + Quyết định giao nhiệm vụ.
 - + Hợp đồng giữa cơ quan thực hiện công tác thử nghiệm với cơ quan chủ công trình.
 - + Hồ sơ thiết kế, hồ sơ quản lý cầu.
 - + Các quy trình, quy phạm kỹ thuật hiện hành có liên quan đến công tác thử nghiệm.
- Giới thiệu chung về cầu:
 - + Vị trí cầu, cơ quan quản lý, năm xây dựng, năm khai thác, tải trọng thiết kế, tải trọng khai thác...
 - + Kết cấu bên trên: số nhịp, sơ đồ nhịp, loại kết cấu, kích thước dầm, bản...
 - + Kết cấu bên dưới: cầu tào mố, cầu tào trụ.

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

+ Hiện trạng cầu.

- Mục đích thử nghiệm: Tùy theo cầu cũ hay cầu mới, hồ sơ cầu còn hay không... mà mục đích thử nghiệm có thể gồm một phần hoặc toàn bộ các nội dung sau:

+ Đo đạc kích thước các bộ phận, cao độ mặt cầu, cao độ lòng sông để vẽ lại hồ sơ cầu.

+ Xác định các hư hỏng hiện có và tìm nguyên nhân của các hư hỏng. Trường hợp cần thiết phải có bản vẽ để mô tả các hư hỏng.

+ Xác định khả năng chịu tải của cầu so với thiết kế hoặc khả năng chịu tải hiện tại của cầu.

+ Kiên nghị chế độ khai thác, duy tu, bảo dưỡng, sửa chữa nếu cần.

+ Làm cơ sở để nghiệm thu đối với cầu mới, làm cơ sở để thiết kế tăng cường, mở rộng cầu...

+ Phục vụ cho công tác nghiên cứu khoa học và công nghệ, hoàn thiện phương pháp tính...

- Nội dung thử nghiệm: Căn cứ vào mục đích thử nghiệm, đề cương sẽ đề ra nội dung tương ứng, thông thường nội dung thử nghiệm bao gồm các nội dung sau:

+ Đo đạc kích thước các bộ phận, đo cao độ để xác định tình trạng hiện tại của cầu so với trạng thái ban đầu.

+ Xác định các hư hỏng bao gồm vị trí, kích thước và nguyên nhân các hư hỏng, đánh giá ảnh hưởng của hư hỏng đến chất lượng, tuổi thọ của công trình.

+ Đo đạc ứng suất, độ võng, góc xoay, dao động của kết cấu nhịp, đo dao động và chuyển vị của mố trụ.

+Thí nghiệm vật liệu.

+ Đo điện thế, điện trở, độ xâm nhập clo v.v... nếu có yêu cầu.

+ Kiểm toán cầu.

+ Đánh giá khả năng chịu tải của cầu theo kết quả đo, kết quả kiểm toán.

- Máy móc thiết bị phục vụ công tác thử nghiệm. Trong phần này cần thống kê đầy đủ các máy móc, thiết bị dùng trong thử nghiệm như máy thủy bình, máy đo biến dạng, máy ghi dao động...

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

- Tải trọng thử và các sơ đồ tải trọng.

Trong đề cương phải nêu rõ cần bao nhiêu xe, loại xe và cách xếp xe trên cầu (còn gọi là sơ đồ tải trọng) để thử nghiệm vấn đề này sẽ được nghiên cứu ở phần 2.1.3.

- Bảo đảm giao thông trong thời gian thử nghiệm.

Với cầu mới chưa đưa vào khai thác, chưa có xe lưu thông trên cầu công tác đảm bảo không cần đặt ra, tuy nhiên với cầu đang khai thác vấn đề này cần phải quan tâm đúng mức nhất là với cầu có lưu lượng xe qua lại lớn.

Thông thường khi cầu có lượng xe qua lại lớn hoặc cầu trong thành phố tránh đo với giờ cao điểm, có thể đo vào ban đêm.

Với cầu có lưu lượng xe qua lại ít có thể giải quyết bằng cách: thời gian làm đà giáo và lắp máy xe cộ lưu thông bình thường. Khi chuẩn bị xong ngừng giao thông 15 phút đến 20 phút để đo, sau đó cho thông hết xe ở hai đầu cầu lại ngừng giao thông để đo, quá trình đó cứ lặp đi lặp lại cho đến khi kết thúc.

Trường hợp đo với tải trọng ngẫu nhiên, thì không cần ngừng giao thông.

- Dự toán thử nghiệm: Hiện nay ở nước ta chưa có đơn giá riêng cho công tác thử nghiệm cầu nên để lập dự toán cần dựa vào các đơn giá khác hoặc dựa vào các dự toán đã được cơ quan có thẩm quyền phê duyệt.

Ở nước ta hiện tại cơ quan thử nghiệm lập đề cương, đề cương chỉ có hiệu lực khi đã được cơ quan có thẩm quyền hoặc chủ công trình ra quyết định phê duyệt về nội dung và dự toán.

2.1.2. Các phương pháp thử nghiệm.

Có hai phương pháp thử nghiệm: Thử nghiệm với tải trọng tĩnh và thử nghiệm với tải trọng động.

- Thử nghiệm với tải trọng tĩnh.

+ Cho các xe thử đứng ở ngoài cầu hay ở vị trí không ảnh hưởng đến đại lượng đo đọc *giá trị không tải* trên các dụng cụ đo.

+ Xếp xe vào vị trí, khi xe đứng yên đọc *giá trị có tải* trên các dụng cụ đo.

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

Quá trình đo lặp đi lặp lại ít nhất ba lần, ở mỗi lần đo tính được giá trị chênh lệch, với ba lần đo tính được giá trị chênh lệch trung bình và từ đó tính được giá trị của đại lượng đo.

Phương pháp thử nghiệm tĩnh có thể đo được phản lực gối, ứng suất, độ võng, góc xoay của kết cấu nhịp, độ lún của gối...

Ưu điểm của phương pháp này là biết được chính xác giá trị của tải trọng, thời gian đo nhanh nhưng có nhược điểm là phải ngừng giao thông trong thời gian đo, do đó nó thường dùng để thử nghiệm cầu mới, cầu có lưu lượng xe qua cầu không lớn hoặc cầu có lưu lượng xe lớn nhưng đo vào thời điểm lưu lượng xe ít, chẳng hạn đo vào ban đêm.

- Thử nghiệm với tải trọng động.

Tải trọng động có thể là xe thử tải chạy qua cầu cũng có thể là các tải trọng ngẫu nhiên chạy qua cầu. Với tải trọng ngẫu nhiên cần đo trong một thời gian đủ dài trên cơ sở đó xác định được giá trị bất lợi của đại lượng đo.

Phương pháp này cũng có thể đo được ứng suất, độ võng, dao động của kết cấu nhịp, dao động và chuyển vị của mố, trụ.

Ưu điểm của phương pháp thử nghiệm động là không phải ngừng giao thông trong thời gian đo, nếu đo với tải trọng ngẫu nhiên thì không cần lập đoàn tải trọng thử nhưng thời gian đo kéo dài.

Ở nước ta hiện nay thường kết hợp cả hai phương pháp thử nghiệm tĩnh và động.

2.1.3. Tải trọng thử và các sơ đồ tải trọng.

2.1.3.1. Tải trọng thử.

Điều 3.4, quy trình thử nghiệm cầu 22TCN - 170 - 87, quy định: "Khi thử tĩnh trong trường hợp thông thường phải lấy hoạt tải thẳng đứng bằng hoạt tải tiêu chuẩn nhân với hệ số xung kích tính toán. Khi không thể lập được tải trọng như trên thì cho phép giảm nhẹ tải trọng thử nhưng trong bất kỳ trường hợp nào tải trọng thử này cũng không được nhỏ hơn.

- Tải trọng nặng nhất thực tế đã thông qua trên tuyến (đối với cầu đường sắt).

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

- 80% hoạt tải tiêu chuẩn nhân với hệ số xung kích tính toán (đối với cầu đường ô tô).

Trong trường hợp không có xe như quy định ở điều 3.4, điều 3.5 trong quy trình cũng cho phép "nếu gặp khó khăn trong thực tế (như tải trọng trục bánh xe không đạt yêu cầu...) thì có thể bố trí tải trọng sao cho đạt được giá trị nội lực tương đương với nội lực thiết kế ở các tiết diện có bố trí điểm đo".

2.1.3.1. Các sơ đồ tải trọng.

- Sơ đồ tải trọng là một cách xếp xe tải trên cầu để đại lượng đo có giá trị bất lợi nhất. Như vậy trong mỗi sơ đồ tải trọng cần phải xét cách xếp xe theo chiều dọc cầu và xếp xe theo chiều ngang cầu.

- Điều 3.6. Quy trình thử nghiệm cầu quy định "Việc bố trí tải trọng dọc và ngang công trình, bố trí lệch tâm hay đúng tâm phải xuất phát từ điều kiện làm việc bất lợi nhất cho công trình và các bộ phận cầu cần thử nghiệm của nó và phải được quy định chặt chẽ trong đề cương thử nghiệm cầu". Cũng trong quy trình này điều 3.19 còn quy định "Thường có hai phương án xếp xe để thử theo phương ngang cầu: xếp xe chính tâm cầu và xếp xe lệch tâm cầu. Trong trường hợp nào cũng phải thử theo phương án xếp xe chính tâm cầu, còn tùy theo tầm quan trọng của kết cấu có thể thử theo cả phương án thứ hai. Đối với cầu treo, cầu dây văng, cầu có hai làn xe trở lên nhất thiết phải thử theo cả hai phương án xếp xe".

- Căn cứ vào các quy định trên nhận thấy để có một sơ đồ tải trọng cần tiến hành theo trình tự sau:

+ Vẽ đường ảnh hưởng của đại lượng cần đo, chẳng hạn để đo ứng suất pháp tại một mặt cắt nào đó cần vẽ đường ảnh hưởng mômen uốn của mặt cắt đó, để đo ứng suất trên một thanh dầm cần vẽ đường ảnh hưởng nội lực của thanh vv...

+ Trên đường ảnh hưởng đã vẽ xếp xe ở vị trí bất lợi nhất. Nếu tải trọng thử có kích thước và tải trọng xe xấp xỉ tải trọng tiêu chuẩn thì xếp như đoàn xe tiêu chuẩn. Thông thường các xe thử không giống xe tiêu chuẩn khi đó cần điều chỉnh khoảng cách giữa các xe sao cho đại lượng đo do đoàn xe thử sinh ra xấp xỉ bằng đại lượng đo do đoàn xe tiêu chuẩn sinh ra.

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

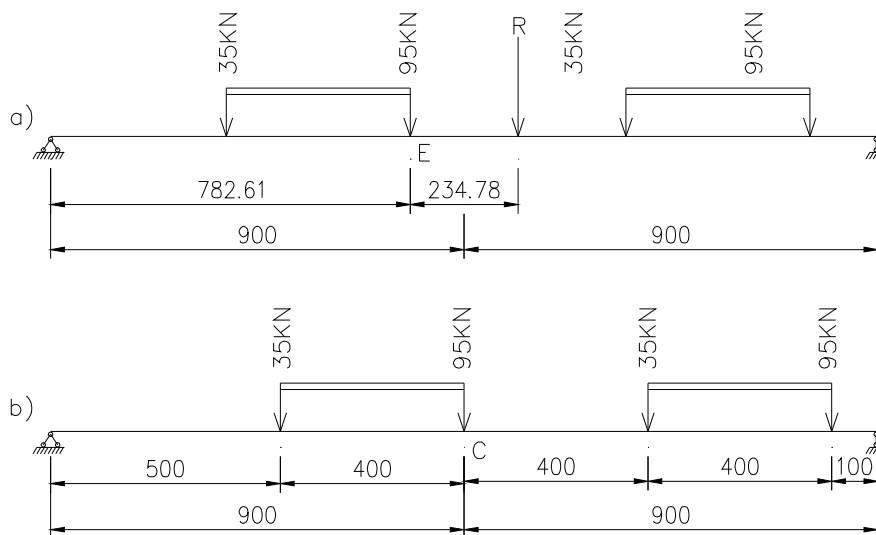
Chú ý là với dầm giản đơn, tải trọng thử là tải trọng tập trung tại các trục xe khi đó mặt cắt có mômen uốn lớn nhất không phải là mặt cắt giữa nhịp mà là mặt cắt dưới một tải trọng tập trung nào đó đặt đối xứng với điểm đặt của các hợp lực qua điểm giữa nhịp. Ở mặt cắt này mômen uốn do hoạt tải sinh ra lớn nhất nhưng mômen uốn do tĩnh tải sinh ra lại nhỏ hơn mặt cắt giữa nên người ta thường đo ứng suất pháp tại mặt cắt giữa để cùng với mặt cắt đo độ võng.

Sau khi đã xếp xe ở vị trí bất lợi nhất trên đường ảnh hưởng tính được số xe theo chiều dọc cầu, đem số xe này nhân với số làn xe được số xe cần thiết cho một sơ đồ tải trọng.

+ Theo chiều ngang cầu nhất thiết phải xếp xe đúng tâm, sau đó xếp một sơ đồ lệch tâm về thượng lưu hoặc hạ lưu hoặc lệch tâm cả thượng lưu và hạ lưu.

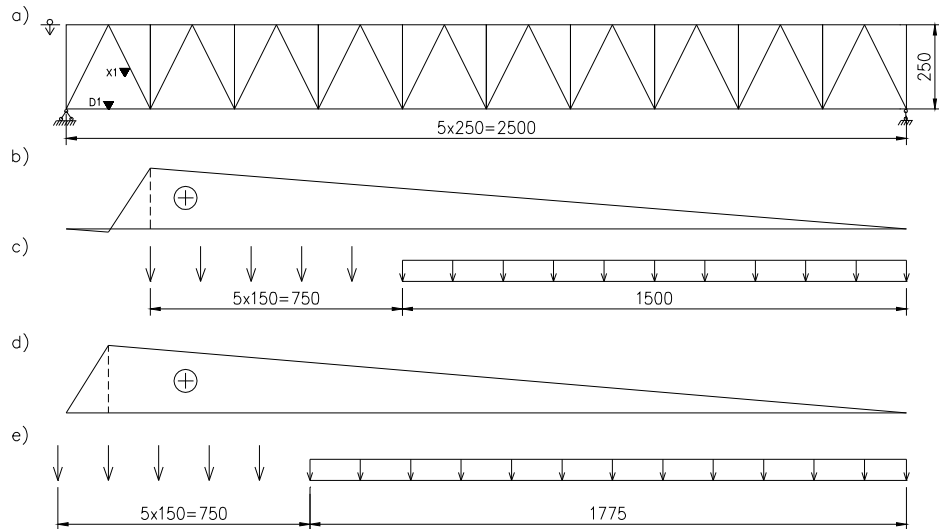
Trên hình 2 - 1 giới thiệu sơ đồ đặt tải để đo ứng suất pháp trên các mặt cắt E (mặt cắt có mômen tuyệt đối lớn nhất) và mặt cắt C ở giữa nhịp khi tải trọng thử là đoàn xe tiêu chuẩn H - 10 với khẩu độ tính toán của nhịp giản đơn $l = 18\text{m}$.

Trên hình 2 - 2 giới thiệu sơ đồ tải trọng để đo ứng suất các thanh X_2 và D_1 khi tải trọng thử là đoàn tàu theo TCVN.



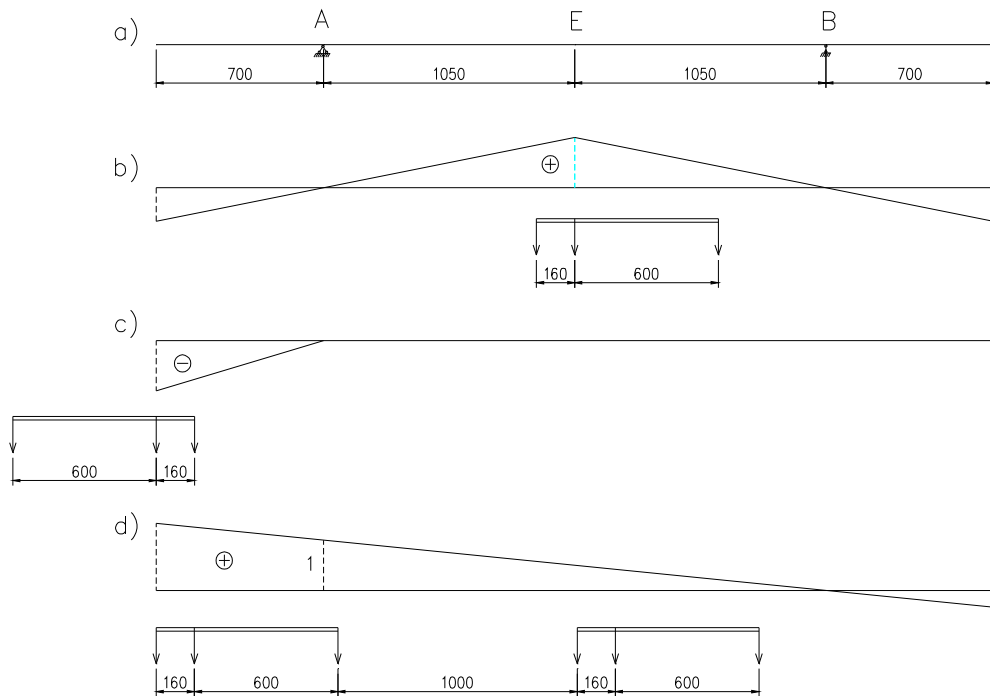
Hình 2.1: Sơ đồ tải trọng (theo chiều dọc cầu) để đo ứng suất pháp ở mặt cắt có mômen tuyệt đối lớn nhất E (hình a) và mặt cắt giữa nhịp C (hình b)

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT



Hình 2-2: Sơ đồ tải trọng để đo ứng suất thanh X_2 và D_1 .

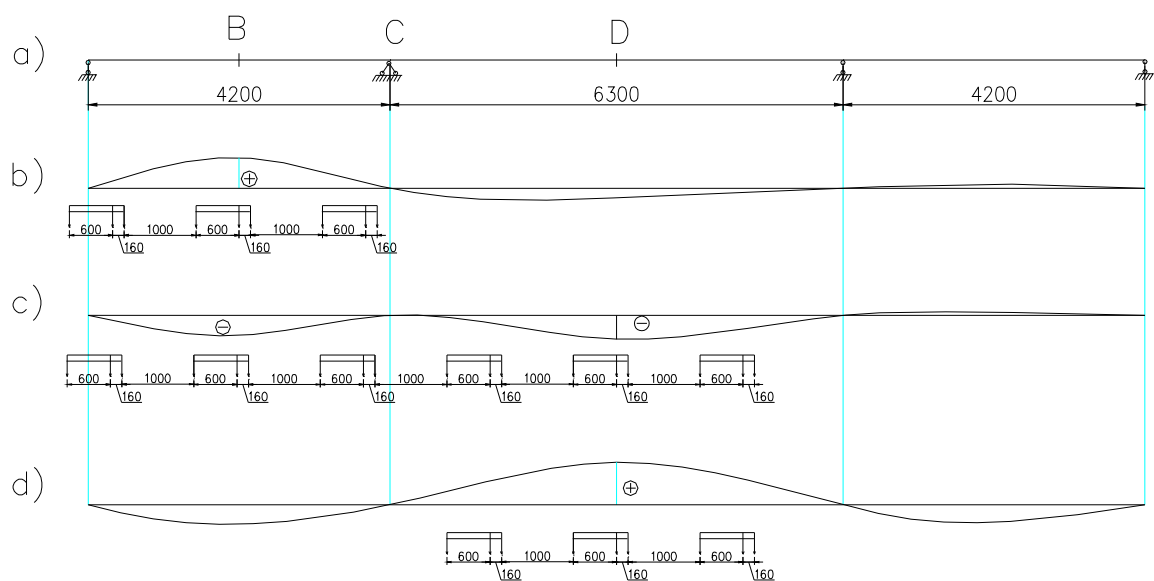
- Sơ đồ dàn;
- Đường ảnh hưởng thanh X_2 ;
- Sơ đồ đoàn tàu để đo ứng suất thanh X_2 ;
- Đường ảnh hưởng thanh D_1 ;
- Sơ đồ đoàn tàu để đo ứng suất thanh D_1 .



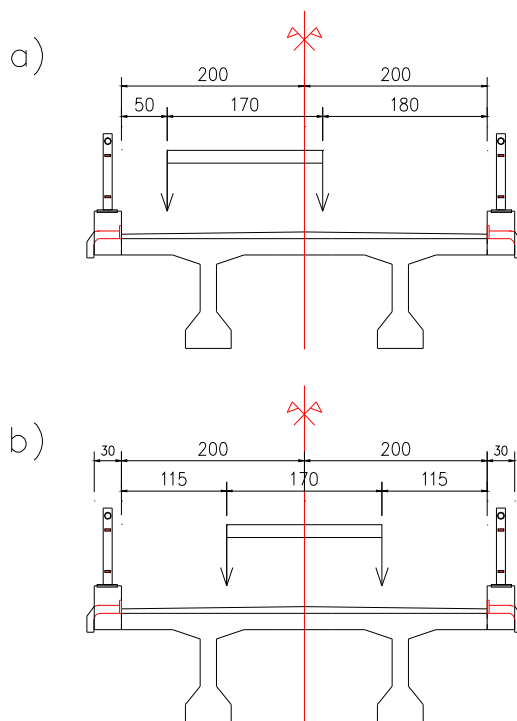
Hình 2 – 3: Sơ đồ tải trọng để đo ứng suất pháp khi tải trọng là đoàn xe H
- 30.

- Sơ đồ kết cấu nhịp;
- Đường ảnh hưởng mômen và sơ đồ tải trọng để đo ứng suất pháp ở mặt cắt E
- Đường ảnh hưởng mômen và sơ đồ tải trọng để đo ứng suất pháp ở mặt cắt A;
- Đường ảnh hưởng phản lực gối A và sơ đồ tải trọng để đo độ lún gối A.

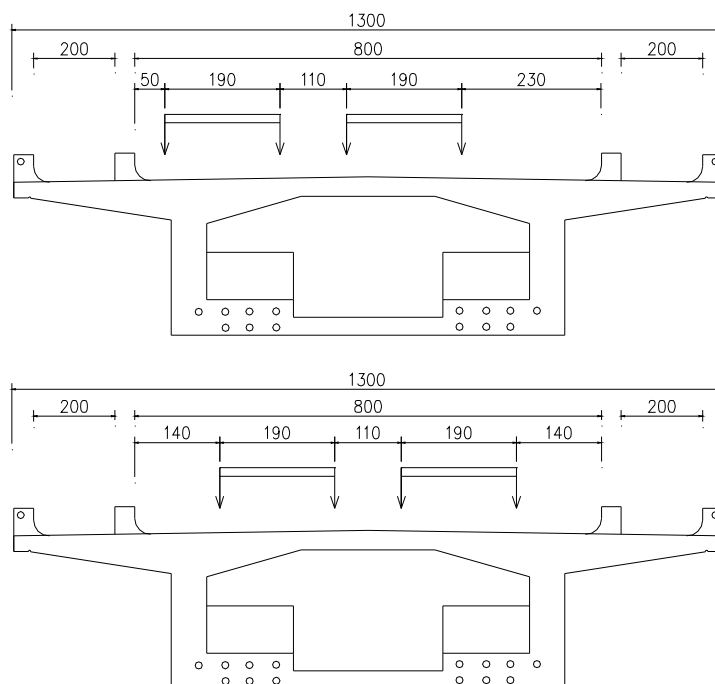
Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT



Hình 2 - 4: Sơ đồ tải trọng đo ứng suất các mặt cắt B, C và D khi tải trọng thử là đoàn xe H - 30.



Hình 2 - 5: Sơ đồ xếp tải lệch tâm (hình a) và đúng tâm (hình b) cho cầu có bề rộng đường xe chạy 4m, tải trọng là xe H - 10.



Hình 2 - 6: Sơ đồ xếp tải lệch tâm và đúng tâm cho cầu có bề rộng đường xe chạy 8m, tải trọng là xe H - 30.

2.2. Đo ứng suất.

2.2.1. Nguyên lý đo ứng suất.

- Trong trạng thái ứng suất đường người ta đo ứng suất pháp thông qua đo biến dạng dài Δl trên chiều dài l (hay còn gọi là chuẩn đo) từ đó tính được biến dạng tương đối ε . Khi đã có biến dạng tương đối ε , theo định luật Hooke dễ dàng tính được ứng suất pháp $\sigma = E \cdot \varepsilon$, trong đó E là môđun đàn hồi của vật liệu.

- Trong trạng thái ứng suất phẳng sẽ xảy ra hai trường hợp: biết phương chính I, II và không biết phương chính.

+ Khi đã biết phương chính I, II theo các phương này đo được Δl_1 và Δl_2 , từ đó tính được biến dạng tương đối ε_1 , ε_2 và các ứng suất chính σ_1 , σ_2 theo công thức:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{E}{1 - \mu^2} (\varepsilon_1 + \mu \varepsilon_2) \\ \sigma_2 &= \frac{E}{1 - \mu^2} (\mu \varepsilon_1 + \varepsilon_2) \end{aligned} \right\} \quad (2-1)$$

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

$$\sigma_2 = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_2 + \mu\varepsilon_1)$$

Trong đó μ là hệ số Poisson, hệ số này phụ thuộc vào vật liệu, thí dụ đối với thép $\mu = 0,30 \div 0,33$.

+ Khi chưa biết phương chính I, II. Trường hợp này cần phải đo biến dạng dài theo ba phương $\Delta l_1, \Delta l_2, \Delta l_3$ để tính ra $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$. Thông thường người ta đo theo phương $0^\circ, 45^\circ$ và 90° , khi đó có $\varepsilon_0, \varepsilon_{45}$, và ε_{90} , hoặc đo theo phương $0^\circ, 60^\circ$ và 120° khi đó có $\varepsilon_0, \varepsilon_{60}, \varepsilon_{120}$, từ đó tính được các biến dạng tương đối theo phương chính I, II là ε_1 và ε_2 :

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{1,2} &= \frac{\varepsilon_0 + \varepsilon_{90}}{2} \pm \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\varepsilon_0 - \varepsilon_{45})^2 + (\varepsilon_{90} - \varepsilon_{45})^2} \\ \varepsilon_{1,2} &= \frac{\varepsilon_0 + \varepsilon_{60} + \varepsilon_{120}}{3} \pm \sqrt{\left(\varepsilon_0 - \frac{\varepsilon_0 + \varepsilon_{60} + \varepsilon_{120}}{3}\right)^2 + \frac{1}{2}(\varepsilon_{60} - \varepsilon_{120})^2} \end{aligned} \right\} \quad (2-2)$$

Khi đã có ε_1 và ε_2 tính được các ứng suất chính σ_1 và σ_2 theo công thức (2 - 1), đây là các ứng suất cực trị của một trạng thái ứng suất.

Để xác định phương chính (phương của các ứng suất σ_1 và σ_2) oc ác công thức

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} 2\alpha &= \frac{2\varepsilon_{45} - \varepsilon_0 - \varepsilon_{90}}{\varepsilon_0 - \varepsilon_{90}} \\ \operatorname{tg} 2\alpha &= \frac{\frac{1}{\sqrt{3}}(\varepsilon_0 - \varepsilon_{120})}{\varepsilon_0 - \frac{1}{3}(\varepsilon_0 + \varepsilon_{60} + \varepsilon_{120})} \end{aligned} \right\} \quad (2-3)$$

Căn cứ vào các ứng suất chính cực trị, dễ dàng tính được các ứng suất tiếp cực trị của trạng thái ứng suất này.

$$\tau_{1,2} = \pm \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \quad (2-4)$$

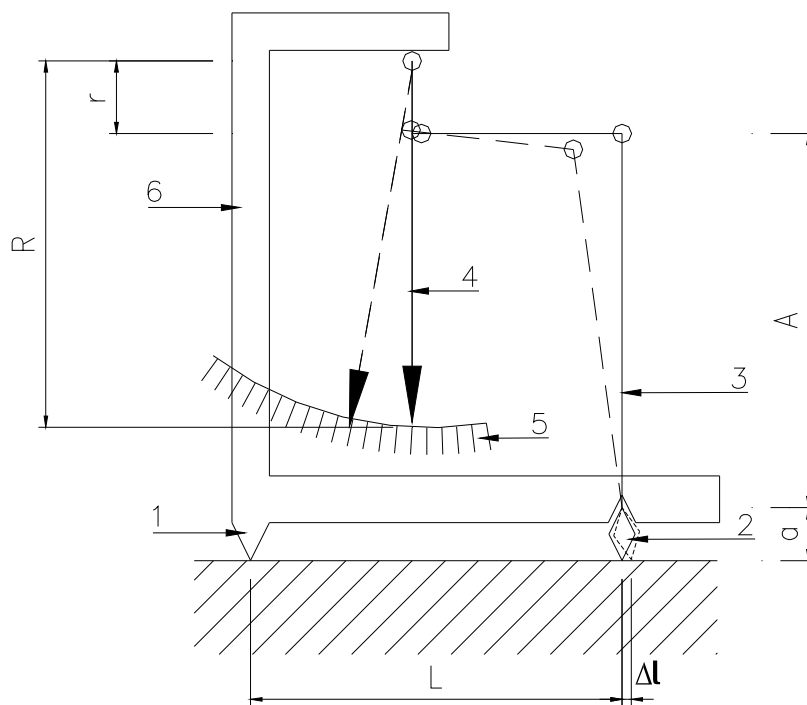
Trong đó σ_1 là $\sigma_{\max}$ còn σ_2 là $\sigma_{\min}$

2.2.2. Các loại máy đo ứng suất.

Có nhiều loại máy móc để đo ứng suất, các máy này đều đo Δl để suy ra ϵ và từ đó tính được σ do vậy người ta thường gọi là máy đo biến dạng. Sau đây ta nghiên cứu hai loại chính.

2.2.2.1. Tenzômet cơ học.

Tenzômet cơ học còn gọi là tenzômet đòn vì nó cấu tạo trên nguyên tắc đòn bẩy, sơ đồ cấu tạo của tenzômet cơ học như trên hình 2- 7, trong đó có: chân cố định 1 gắn liền với khung máy 6, chân di động 2 gắn liền với đòn 3. Khoảng cách giữa hai chân (l) còn gọi là chuẩn của máy đo, hiện tại thường có các chuẩn đo 20mm; 50mm; 100mm; 200mm. (3) là hệ thống đòn để truyền chuyển động đến kim (4), kim và hệ thống đòn còn có tác dụng là để khuếch đại chuyển động, với hệ số phóng đại $k = \text{Error!Error!}$ hệ số này thường là 1000.



Hình 2 - 7: Tenzômet cơ học.

Khi đo, hai chân của Tenzômet đòn gắn chặt vào vật đo, nếu vật đo giãn dài ra hay co ngắn lại quả trám ở chân di động sẽ nghiêng đi làm đòn 3 nghiêng theo và đẩy cho kim lệch đi (đường đứt nét trên hình vẽ). Khi vật đo ngắn lại quả trám sẽ nghiêng theo chiều ngược lại, đẩy kim lệch đi theo chiều ngược lại.

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

Thang chia 5 được chia theo 1mm nên nếu hệ số phóng đại $k = 1000$ một vạch trên thang chia sẽ tương ứng với biến dạng dài tuyệt đối ở đầu của chân di động là **Error!** $= 10^{-3}$ mm. Do hệ số phóng đại có thể sai lệch nên với mỗi máy còn có một hệ số điều chỉnh k_1 (hệ số này do nhà chế tạo cho sẵn trên từng máy) và khi số vạch chênh lệch trên thang chia là s ta có công thức để tính biến dạng dài Δl như sau:

$$\Delta l = k_1 s \text{ **Error!** (mm)} \quad (2 -$$

5)

Trong đó:

k - độ phóng đại của máy đo, thường là 1000

k_1 - hệ số điều chỉnh của máy, thường $k_1 = 0,98 \div 1,02$

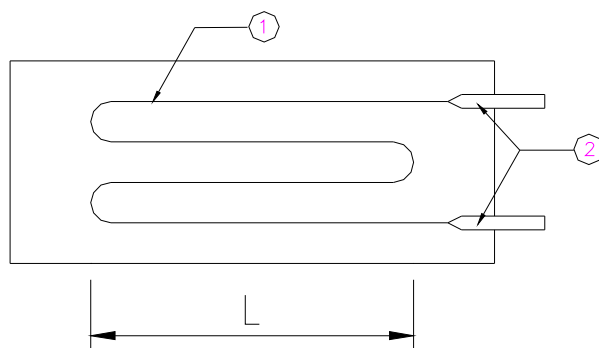
s - Số vạch chênh lệch trên thang chia là hiệu số của số đọc khi không có tải và số đọc không tải trung bình (tổng của số đọc không tải trước và sau khi có tải chia cho 2).

Tenzômet cơ học có ưu điểm là cấu tạo đơn giản dễ thao tác, ít chịu ảnh hưởng của nhiệt độ, độ ẩm nhưng có nhược điểm không đo được khi tải trọng động. Để đảm bảo chính xác khi lắp mũi nhọn của hai chân phải gắn chặt vào vật đo sao cho mũi nhọn không bị trượt trên vật đo và lúc đọc số mắt phải ở vị trí sao cho kim và ảnh của kim trên gương trùng nhau.

2.2.2.2. Tenzômet điện.

Một tenzômet hiện đại thường có hai bộ phận chính: bộ cảm biến gắn trên vật cần đo và máy đo, máy đo nối với máy tính và nối với cảm biến bằng dây do đó hệ máy đo và máy tính có thể đặt xa cảm biến và cùng một lúc có thể đo được với nhiều cảm biến gắn ở nhiều chỗ khác nhau trên vật đo.

a. Bộ cảm biến. Cảm biến thường dùng là lá điện trở, gồm một dây dẫn ép trong hai lớp giấy cách điện hoặc chất dẻo để chống ẩm và cách điện (hình 2 - 8), chiều dài l gọi là chuẩn đo của tấm điện trở, thường các điện trở một phương có chuẩn đo 10, 20, 50, 100 và 120mm, với điện trở từ 100 đến 300 Ω .



Hình 2 - 8: Lá điện trở

Nguyên tắc của phương pháp đo bằng điện trở là dựa trên nguyên lý sự thay đổi điện trở của dây dẫn tỷ lệ bậc nhất đối với sự thay đổi của chiều dài dây dẫn. Điện trở của dây dẫn xác định theo công thức:

$$R = \xi \frac{l}{F}$$

Trong đó: ξ - điện trở suất của vật liệu dây dẫn

l - chiều dài dây dẫn

F - diện tích tiết diện dây

Từ đó có: $\ln R = \ln \xi + \ln l - \ln F$

Sự biến đổi tương đối của điện trở là :

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \xi}{\xi} + \frac{\Delta l}{l} - \frac{\Delta F}{F}$$

Thay $\frac{\Delta F}{F} = -2\mu \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon}$ có $\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \xi}{\xi} + (1 + 2\mu) \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon}$ với μ là hệ số Poisson và bỏ qua sự thay đổi của điện trở suất $\frac{\Delta \xi}{\xi}$ có:

$$\frac{\Delta R}{R} = \epsilon + 2\mu \epsilon = \epsilon (1 + 2\mu)$$

Đối với mỗi loại vật liệu thì $1 + 2\mu$ là một hằng số, ký hiệu $k = 1 + 2\mu$ và gọi là độ nhạy của dây điện trở. Vậy:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \epsilon$$

Có nghĩa sự thay đổi của điện trở tỷ lệ bậc nhất với biến dạng dài tương đối.

Áp dụng nguyên lý trên cho tấm điện trở ta có:

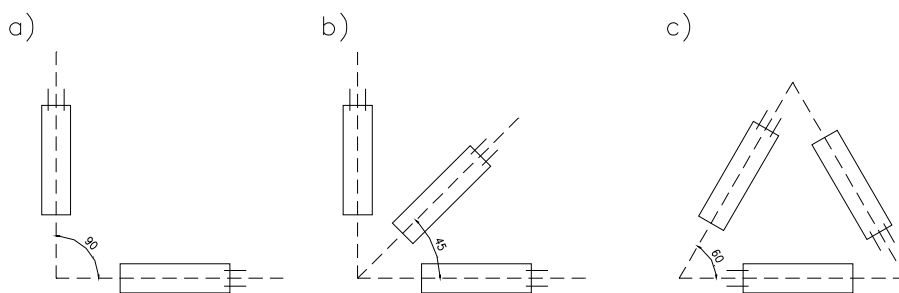
$$\Delta R = K \epsilon$$

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

Trong đó K là độ nhạy cảm của tấm điện trở, K phụ thuộc vào độ nhạy cảm của dây k, cách bố trí dây điện trở trong tấm điện trở và cách liên kết tấm điện trở vào vật đo.

Sự thay đổi của điện trở dẫn đến sự thay đổi điện thế và dòng điện trong mạch của thiết bị đo nên có thể thiết lập được quan hệ tương ứng giữa sự thay đổi điện thế hay cường độ dòng điện với biến dạng dài tương đối ε , xuất phát từ đó máy đo sự thay đổi điện thế hay cường độ dòng điện để từ đó có biến dạng dài tương đối.

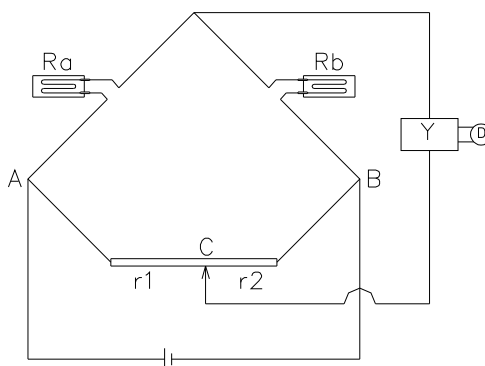
Như ở trên đã biết ngoài trạng thái ứng suất đường, trong trạng thái ứng suất phẳng khi đã biết phương của ứng suất chính cần đo ε_1 và ε_2 (hai phương này vuông góc với nhau) còn khi chưa biết phương của ứng suất chính cần đo ε_0 , ε_{45} và ε_{90} hoặc ε_0 , ε_{60} , ε_{120} , từ đó người ta đã chế tạo ra các tấm điện trở tương ứng gọi chung là điện trở hoa thị (hình 2 - 9)



Hình 2 - 9: Các loại điện trở hoa thị.

b. Máy đo.

Để đo sự thay đổi điện trở người ta dùng cầu điện trở, cầu điện trở thường dùng là cầu Uynxton có sơ đồ như hình (2 - 10), trong đó:



R_a - điện trở đo (gắn trên vật đo)

R_b - điện trở bù, đó là tấm điện trở không gắn chặt vào vật đo nhưng ở cạnh lá điện trở đo và gắn lên vật liệu giống vật liệu đo để giảm tác động của môi trường như nhiệt độ, độ ẩm đến sự cân bằng của cầu điện trở.

r_i - Điện trở trong của máy, điện trở này ghép với con chạy C. Khi thay đổi vị trí con chạy C cầu điện trở sẽ cân bằng, điện áp giữa A và B bằng không đồng thời cường độ dòng điện giữa A và B cũng bằng không.

Y - Bộ khuếch đại điện áp và cường độ dòng điện.

D- Bộ phận hiển thị kết quả

Khi chưa có tải dùng con chạy để cân bằng điện trở. Khi có tải tấm điện trở đo R_a có điện trở thay đổi, xuất hiện điện áp và dòng điện giữa A và B, kim sẽ lệch khỏi vị trí không. Hiệu số số đọc khi có tải và khi không tải cho biến dạng tương đối ε của vật đo tại điểm đo.

Máy đo thường được nối với máy tính, trong máy tính có chương trình xử lý, nếu nhập mô đun đàn hồi của vật liệu từ ε đo được máy sẽ cho σ , tùy theo chương trình mà máy có thể sắp xếp kết quả thành bảng hoặc vẽ biểu đồ.

Tenzômet điện có ưu điểm: Có thể đo nhiều điểm đồng thời, đo được biến dạng do tải trọng tĩnh và cả do tải trọng động, đo được biến dạng ở những chi tiết phức tạp, tuy nhiên nhược điểm của nó là chịu tác động của môi trường như độ ẩm, nhiệt độ.

2.2.3. Bố trí điểm đo.

Việc chọn nhịp đo trên cầu, mặt cắt đo và bố trí điểm đo điều 2.23, quy trình Thử nghiệm cầu quy định như sau: "Đối với cầu nhiều nhịp, việc xác định nhịp nào cần kiểm tra ứng suất phải dựa theo các nguyên tắc cơ bản sau đây:

- Nếu cầu có các nhịp giống nhau về chiều dài nhịp, kết cấu nhịp và vật liệu làm cầu thì phải chọn nhịp nào có nhiều nội dung kỹ thuật cần kiểm tra nhất đồng thời có điều kiện thuận lợi khi kiểm tra đo đạc.

- Nếu cầu có nhiều nhịp khác nhau về chiều dài nhịp nhưng giống nhau về kết cấu và vật liệu thì nên chọn nhịp có khẩu độ lớn nhất để kiểm tra.

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

- Nếu cầu có nhiều nhịp khác nhau cả về khẩu độ lẫn kết cấu và vật liệu thì nhất thiết phải tiến hành thí nghiệm tất cả các nhịp hoặc nhịp đại diện cho từng nhóm nhịp có kết cấu và vật liệu giống nhau".

Điều 3.24 và 3.25 cũng của quy trình này quy định:

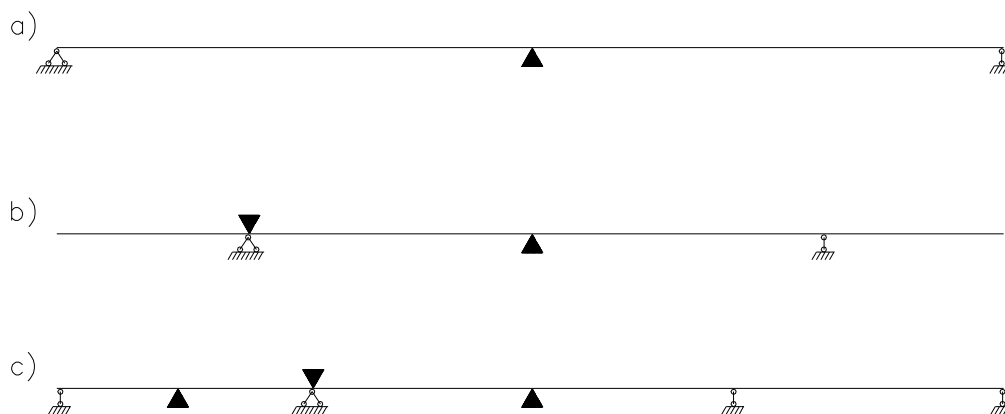
"Việc bố trí số lượng điểm đo ứng suất nhiều hay ít tùy thuộc vào đặc điểm của cầu hay mục đích nghiên cứu khoa học kỹ thuật. Điểm đo ứng suất thường được bố trí tại những phần tử của kết cấu chịu lực chính, tại những vị trí sẽ xuất hiện những ứng suất lớn nhất hay tại những tiết diện bị suy giảm đột ngột hay có khuyết tật.

Trên cùng một tiết diện cần đo, phải bố trí ít nhất hai điểm đo ứng suất ở những vị trí thích hợp sao cho có thể ghi nhận được trị số biến dạng (kéo hoặc nén) thuần túy dọc trục và kết quả đo ít chịu ảnh hưởng nhất của các biến dạng phụ như xoắn uốn.

Từ các nguyên tắc trên có thể rút ra cách bố trí điểm đo trong một số trường hợp cụ thể như sau:

a. Với cầu dầm.

- Theo chiều dọc cầu cần bố trí điểm đo ở những mặt cắt ở đó mômen uốn có giá trị tuyệt đối lớn (hình 2-11).



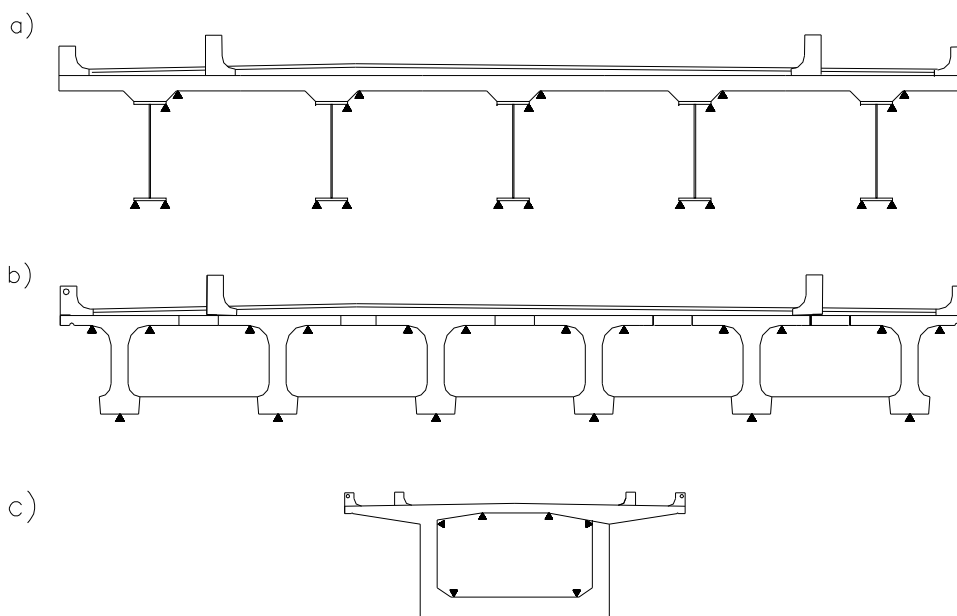
Hình 2 - 11: Cách chọn mặt cắt đo ứng suất trên dầm giản đơn (a), dầm mút thừa (b) và dầm liên tục (c)

- Trên mặt cắt ngang đo ứng suất ở những điểm càng xa trục trung hoà càng tốt. Tuy nhiên cũng cần xét đến việc lắp tenzômet tròn hay dán tấm điện trở thuận lợi, để bảo đảm độ chính xác của phép đo. Với dầm BTCT thường nếu

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

điểm đo nằm ở vùng chịu kéo cố gắng bố trí điểm đo trên cốt thép vì ở vùng này trong bê tông có nhiều vết nứt và môđun đàn hồi của bê tông thay đổi

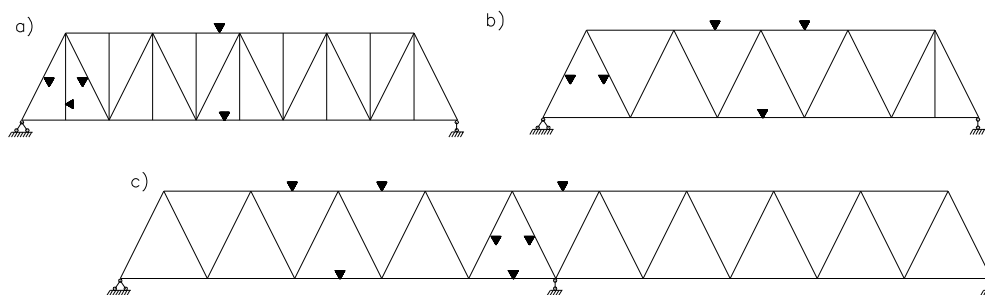
Sau đây giới thiệu cách bố trí điểm đo ứng suất trên một số mặt cắt ngang dầm.



Hình 2 - 12: Bố trí điểm đo ứng suất trên mặt cắt ngang cầu dầm.

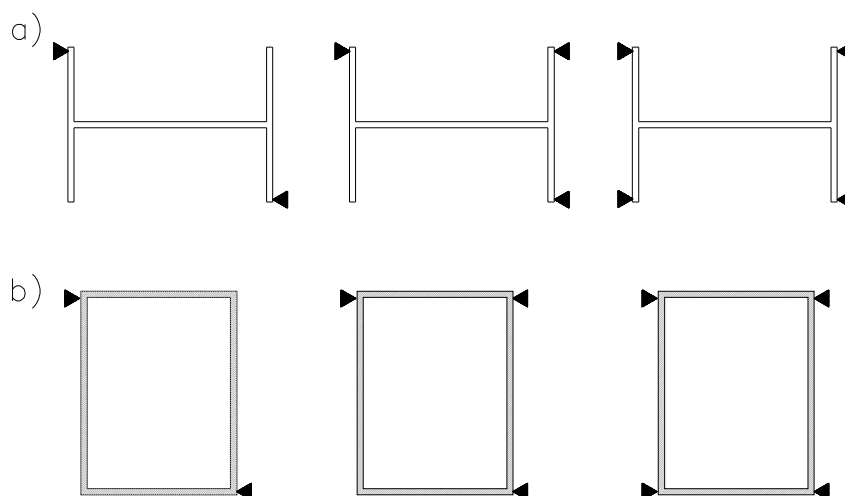
b. Cầu dầm.

- Cần đo ứng suất ở những thanh dầm có nội lực lớn hay những thanh có hư hỏng và tại mặt cắt tương đối xa nút (hình 2-13)



Hình 2-13. Bố trí điểm đo ứng suất trên các thanh dầm.

- Trên mặt cắt thanh có thể bố trí hai điểm đo, ba điểm đo hoặc bốn điểm đo (hình 2-14)



Hình 2-14: Bố trí điểm đo ứng suất trên mặt cắt ngang thanh.

2.2.4. Xử lý số liệu.

Điều 3.7 trong quy trình Thử nghiệm cân quy định: "Với mỗi cấp tải trọng ở mỗi điểm đo phải cho tải trọng tác dụng ba lần và đọc ba lần để lấy số liệu bình quân, nếu sai số giữa ba kết quả đọc không quá 15%. Nếu một trong ba số liệu vượt quá $\pm 15\%$ thì lấy bình quân của hai số còn lại, nếu cả ba số liệu đều vượt quá $\pm 15\%$ thì phải đo lại".

Quy định trên là không rõ ràng bạn đọc có thể kiểm tra khi xử lý số liệu của điểm đo T_2 ở thí dụ sau (bảng 2-1 và bảng 2-2). Chúng tôi kiên nghị quy định như sau: Đầu tiên lấy trung bình cộng của ba số đo, tính sai số của ba số đo so với giá trị trung bình, nếu cả ba sai số đều nhỏ hơn 15% thì lấy đó là giá trị trung bình cuối cùng. Nếu có một sai số hoặc hai, ba lớn hơn 15% thì lấy trung bình của hai số gần nhau nếu sai số của từng số này so với trung bình của nó nhỏ hơn 15%, không thoả mãn điều kiện trên phải đo lại.

Phương pháp xử lý số liệu tùy thuộc vào loại máy đo. Với tenzômet điện do ba lần đo ở một điểm đo kết quả đã là ba biến dạng tương đối nên việc xử lý hoàn toàn như quy định ở trên để có ε_{tb} , từ đó có $\sigma = E\varepsilon_{tb}$.

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

Với dụng cụ đo là tenzômet cơ học, kết quả đo chỉ là số đọc không tải và có tải (bảng 2-1) còn cần xử lý để có số chênh lệch của ba lần đo. Thí dụ sau đây giới thiệu cách xử lý cho hai điểm đo T_1 và T_2 .

Bảng 2-1

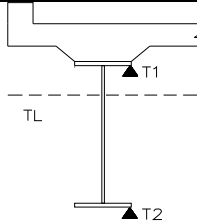
Cầu:

Ngày đo:

Người đo:

Dụng cụ đo: Tenzômet cơ học

Chuẩn đo: 100mm, hệ số độ nhạy $k_1 = 1$

Sơ đồ TT	Điểm đo	Số đọc trên máy							Ghi chú
		Không tải	Có tải lần 1	Không tải	Có tải lần 2	Không tải	Có tải lần 3	Không tải	
I	T_1	10	32	14	31,5	10	32	10	
	T_2	30	25	31	26	31	22	31	

Kết quả xử lý thống kê trong bảng 2-2, trong đó số chênh lệch trong mỗi lần đo bằng số đọc có tải của lần đo đó trừ đi số đọc không tải trung bình trước và sau lần đo đó.

Ở điểm đo T_1 số chênh lệch trung bình của 3 lần đo là:

$$\bar{X} = \frac{21}{5 + 21 + 22;3} = 21,5$$

Sai số của lần đo 1: $\Delta_1 = \text{Error!} \cdot 100 = 0\%$.

lần đo 2: $\Delta_2 = \text{Error!} \cdot 100 = -2,33\%$.

lần đo 3: $\Delta_3 = \text{Error!} \cdot 100 = 2,23\%$.

Cả ba sai số đều nằm trong phạm vi $\pm 15\%$ nên trung bình cuối cùng là 21,5. Với $k_1 = 1$; $k = 1000$; $l = 100\text{mm}$; $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$ có:

$$\Delta l = 1.21,5.\text{Error!} = 21,5 \cdot 10^{-3} \text{ mm.}$$

$$\varepsilon = \text{Error!} = \text{Error!} = 21,5 \cdot 10^{-5}$$

$$\sigma = E\varepsilon_{tb} = 2,1 \cdot 10^6 \cdot 21,5 \cdot 10^{-5} = 451,50 \text{ daN/cm}^2$$

- Ở điểm T_2 :

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

$$\bar{X} = \frac{-5}{5 - 5 - 9;3} = -6,5$$

Sai số của các lần đo lần lượt là -15,38%; -23,08% và 38,46%, nhưng lần đo 1 có giá trị -5,5 lần đo 2 có giá trị -5, trung bình của hai lần đo này là - 5,25 và sai số của hai lần đo này so với giá trị trung bình của nó là $\pm 4,76\%$ nên trung bình cuối cùng là -5,25 và ứng suất ở T_2 là -110,25 daN/cm²

Bảng 2-2

Kết quả đo ứng suất ở điểm đo T_1 và T_2

Sơ đồ TT	Điểm đo	Số chênh lệch				Ứng suất (daN/cm ²)	Ghi chú
		Lần 1	Lần 2	Lần 3	TB		
I	T ₁	21,5	21	22	21,5	451,50	
	T ₂	-5,5	-5	-9	-5,25	-110,25	Loại - 9

Cuối cùng cũng cần chú ý rằng những quy định về xử lý số liệu ở trên chỉ thích hợp khi số liệu đo khá lớn, trong trường hợp số liệu đo nhỏ người xử lý phải căn cứ vào sai số của máy đo mà quyết định cho phù hợp, chẳng hạn sai số của tenzômet cơ học có thể là 1 vạch nhưng ba lần đo tính được ba số chênh lệch tương ứng là 1;2 và 1,5 nếu xử lý như trên thì phải đo lại, ở đây có thể lấy giá trị trung bình là 1,5 vẫn hoàn toàn hợp lý.

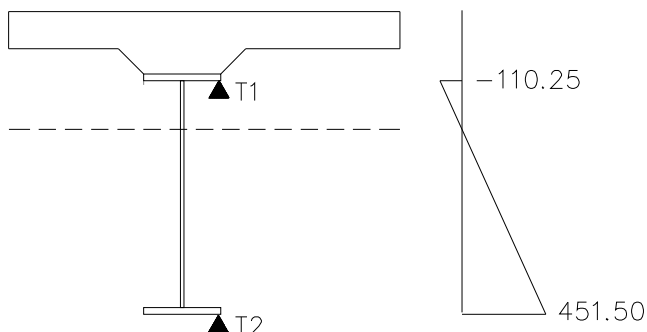
2.2.5. Phân tích số liệu.

Phân tích số liệu là đem kết quả đo ứng suất gắn vào công trình để đánh giá khả năng làm việc cũng như biết được các đặc điểm làm việc của nó.

a. Xác định trục trung hoà.

Đối với dầm khi trên mỗi dầm số điểm đo lớn hơn 1 thì nhờ các ứng suất đo được vẽ được biểu đồ ứng suất, điểm có ứng suất pháp bằng không chính là vị trí trục trung hoà. Thật vậy vì khi thử vật liệu vẫn làm việc trong giai đoạn đàn hồi nên biểu đồ vẫn là đường thẳng và để vẽ được biểu đồ chỉ cần có ứng suất tại hai điểm trên mặt cắt. Chẳng hạn với ứng suất đo được T_1 và T_2 như trong bảng 2-2 dễ dàng vẽ được biểu đồ ứng suất của mặt cắt dầm thượng lưu như trên hình

2 - 15. Căn cứ vào biểu đồ này dễ dàng suy ra được ứng suất ở các điểm còn lại trên mặt cắt ngang.



Hình 2-15:

b. Xác định nội lực trên mặt cắt ngang thanh dầm.

- Khi trên mặt cắt thanh chỉ bố trí hai điểm đo, trường hợp này chỉ xác định được lực dọc, do vậy cần bố trí điểm đo làm sao cho giá trị trung bình triệt tiêu được ảnh hưởng của mômen uốn trong (M_x) và ngoài mặt phẳng dầm (M_y) nếu có. Biến dạng của mặt cắt thanh được lấy là giá trị trung bình của hai điểm đo từ đó tính được ứng suất, nội lực trên mặt cắt thanh.

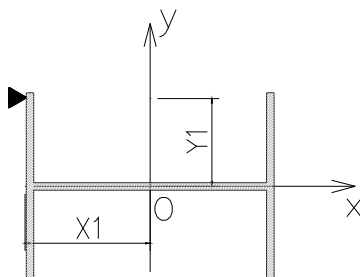
- Khi trên mặt cắt bố trí ba điểm đo (hình 2 - 16). Với ba điểm sẽ có ba ứng suất $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, từ đó thiết lập được ba phương trình.

$$\sigma_1 = \text{Error!} + \text{Error!}y_1 + \text{Error!}x_1$$

$$\sigma_2 = \text{Error!} + \text{Error!}y_2 + \text{Error!}x_2$$

$$\sigma_3 = \text{Error!} + \text{Error!}y_3 + \text{Error!}x_3.$$

Trong đó x_i, y_i là tọa độ của các điểm 1,2 và 3, các tọa độ này được xác định ngay từ lúc lắp thiết bị đo tại hiện trường. Giải ba phương trình trên ta sẽ có các nội lực trên mặt cắt thanh N, M_x và M_y .



Hình 2-16:

- Khi trên mặt cắt thanh bố trí bốn điểm đo. Ta sẽ dùng ba điểm bất kỳ trong bốn điểm đo để tính ra nội lực N , M_x và M_y . ứng suất đo được ở điểm thứ tư còn lại dùng để kiểm tra độ chính xác của N , M_x và M_y đã tính được.

Nhờ các nội lực đã tính có thể tính ra ứng suất của điểm bất kỳ trên mặt cắt, thông thường để kiểm tra cường độ của mặt cắt cần phải tính ra ứng suất bất lợi nhất ở những điểm nằm ở góc ngoài mặt cắt mà ở đó ứng suất do M_x và M_y sinh ra cùng dấu.

c. Kiểm tra điều kiện bền (điều kiện cường độ).

Công thức chung để kiểm tra điều kiện độ bền là:

$$\sigma_{tc} = \sigma_t + \sigma_{ng} + \sigma_{do} (1 + \mu) \eta_h \beta \leq R \quad (2-6)$$

Trong đó: σ_{tc} - ứng suất tổng cộng

σ_t - ứng suất do tĩnh tải tính toán, do hiện nay chưa có một phương pháp đơn giản và có hiệu quả để đo ứng suất do tĩnh tải sinh ra nên cần phải xác định σ_t bằng tính toán.

σ_{ng} - ứng suất tính toán do người đi sinh ra xác định bằng tính toán

σ_{do} - ứng suất đo hoặc ứng suất suy ra được từ kết quả đo.

$(1 + \mu)$ - hệ số xung kích, nếu ứng suất đo với tải trọng động thì trong kết quả đo đã có tác dụng động của tải trọng nên trong công thức (2 - 6) lấy $1 + \mu = 1$.

η_h - hệ số tải trọng của hoạt tải

β - hệ số làn xe.

R - cường độ tính toán của vật liệu

d. Xác định tải trọng có thể khai thác.

Khi kiểm tra theo công thức (2 - 6) nếu σ_{tc} nhỏ hơn cường độ tính toán chứng tỏ tải trọng có thể khai thác lớn hơn tải trọng thử, ngược lại nếu ứng suất tổng cộng lớn hơn cường độ tính toán thì tải trọng có thể khai thác nhỏ hơn tải trọng thử. Cần phải xác định tải trọng khai thác được của cầu theo điều kiện độ bền. Do các xe có kích thước và tải trọng trục khác nhau và khác với xe thử tải vì

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

vậy ở đây chỉ xác định ra mômen uốn ở mặt cắt đo, từ đó khi có tải trọng cụ thể thì mới tính ra loại xe khai thác được.

Nếu gọi ứng suất đo tối đa mà điều kiện bền vẫn đảm bảo là σ_{kt} thì theo công thức: (2-6) có:

$$\sigma_t + \sigma_{ng} + \sigma_{kt} (1 + \mu) n_h \beta = R$$

Từ đó có:

$$\sigma_{kt} = \text{Error!} \quad (2-7)$$

Gọi mômen ở mặt cắt đo khi ứng suất đạt đến σ_{kt} là M_{kt} còn mômen do tải trọng thử sinh ra ở mặt cắt đo là M_{do} , vì vật liệu còn làm việc trong giai đoạn đàn hồi nên có:

$$\text{Error!} = \text{Error!}$$

$$M_{kt} = \text{Error!} M_{do} \quad (2-8)$$

Căn cứ vào M_{kt} dễ dàng xác định được tải trọng khai thác khi đã có kích thước xe, tỷ lệ tải trọng giữa các trục xe.

e) Xác định độ mở rộng vết nứt

Trong trường hợp cầu bê tông cốt thép thường vì một lý do nào đó mà khi đo ở vùng kéo không thể đo ở cốt thép, khi đó có thể đo ở bê tông, nếu dụng cụ đo gắn ở hai bên mép vết nứt có thể xác định được độ mở rộng vết nứt do hoạt tải thử đặt tĩnh sinh ra, từ đó tính được độ mở rộng vết nứt tổng cộng.

$$\Delta_{tc} = \Delta_t + \Delta_h$$

trong đó: Δ_t - độ mở rộng vết nứt khi chưa có hoạt tải.

Δ_h - độ mở rộng vết nứt do hoạt tải sinh ra.

Trong quy trình quy định độ mở rộng vết nứt tổng cộng phải nhỏ hơn hoặc bằng độ mở rộng vết nứt cho phép, quy trình thiết kế cầu cống theo trạng thái giới hạn quy định $[\Delta] = 0,2\text{mm}$ (xem điều 5-82).

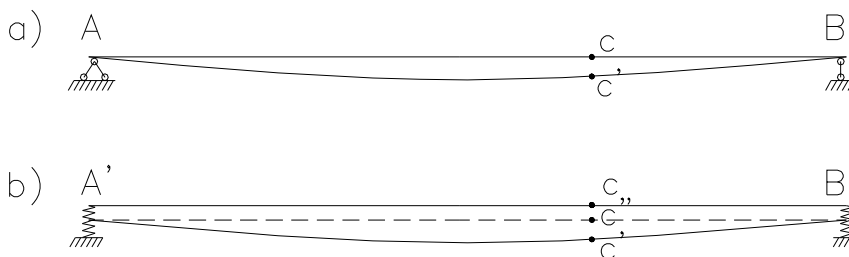
2.3 Đo độ võng

2.3.1 Nguyên lý đo độ võng

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

Để đo độ võng của kết cấu nhịp cần đo chênh lệch cao độ ở thời điểm chưa có tải C và thời điểm có tải C' . Chênh lệch cao độ (CC') là chuyển vị đứng của điểm C

- Nếu dầm có gối cứng thì CC' chính là độ võng của điểm C
- Nếu dầm đàn hồi (Hình 2_17b) độ võng của điểm $C(C''C')$ được tính bằng hiệu số giữa chuyển vị đứng đo được (CC') và chuyển vị đứng của điểm C do chuyển vị gối sinh ra khi xem như dầm là tuyệt đối cứng. Như vậy nếu dầm có gối đàn hồi, để đo độ võng ở một mặt cắt nào đó cần phải lắp dụng cụ đo ở mặt cắt đo và cả ở các gối mà chuyển vị của nó ảnh hưởng đến chuyển vị của mặt cắt đo



Hình 2-17:

2.3.2 Các loại máy đo

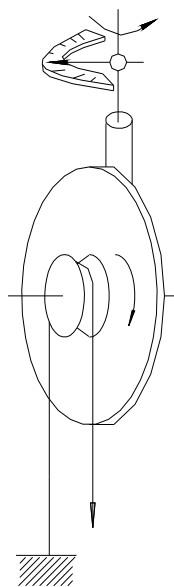
Có nhiều dụng cụ để đo độ võng, ở đây ta nghiên cứu 3 loại thông dụng đang dùng nhiều ở Việt Nam

2.3.2.1 Võng kế maximốp

Võng kế maxiốp gồm: đồng hồ (1) nối với (2) thang chia và hai kim, thang chia lớn ứng với kim dài, thang chia nhỏ ứng với kim ngắn. Khi kim dài quay được một vòng (100 vạch trên thang chia lớn) thì kim ngắn quay được một vạch, do vậy khi đọc kim ngắn đọc đến hàng trăm còn kim dài đọc đến hàng chục và đơn vị, thí dụ khi kim ngắn nằm giữa hai số 15 và 16, kim dài nằm ở số 32 thì đọc là 1532 (cũng có thể đọc là 15.32 khi lấy vạch trên kim ngắn làm chuẩn). Thông thường một vạch trên thang chia lớn tương ứng với chuyển vị là

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

0.1mm, khi đó (1) vạch trên thang chia nhỏ tương ứng với chuyển vị 10mm. Trống quay (2) liên hệ với kim thông qua hệ thống bánh răng nên khi trống quay (2) quay thì các kim đồng hồ cũng quay theo. Trên trống (2) quấn một sợi dây không dẫn (thường quấn từ 2 đến 3 vòng), một đầu dây buộc vật nặng A (chùng 20kg) thả xuống đáy sông tạo thành điểm cố định. Cũng có thể thay vật nặng A bằng cách buộc đầu dây vào cọc ở phía dưới, tuy nhiên dù là vật nặng hay cọc thì vẫn phải đảm bảo cho dây theo phương thẳng đứng, đầu còn lại buộc vào vật nặng B (chùng 0.4 đến 0.5kg), vật B treo lơ lửng trên không, mục đích để kéo căng sợi dây từ A đến B (hình 2-18)



Hình 2-18: Dụng cụ đo vồng Maxximốp

Khi đo chuyển vị ở một điểm nào thì dụng cụ đo được gắn tại điểm đó. Tại mỗi điểm đo đọc không tải trước và sau. Lúc có tải điểm đo chuyển vị thẳng đứng lên hoặc xuống, vì A cố định nên B cũng lên hoặc xuống làm trống quay và kim quay theo, khi kim ổn định đọc được giá trị có tải. Số vạch chênh lệch ΔV

được tính theo công thức
$$\Delta V = V_i - \frac{V_{0t} + V_{0s}}{2}$$

trong đó: V_i - số đọc có tải lần i

V_{0t} và V_{0s} là số đọc không tải trước và sau lần i

Từ ΔV dễ dàng tính được chuyển vị thẳng đứng

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

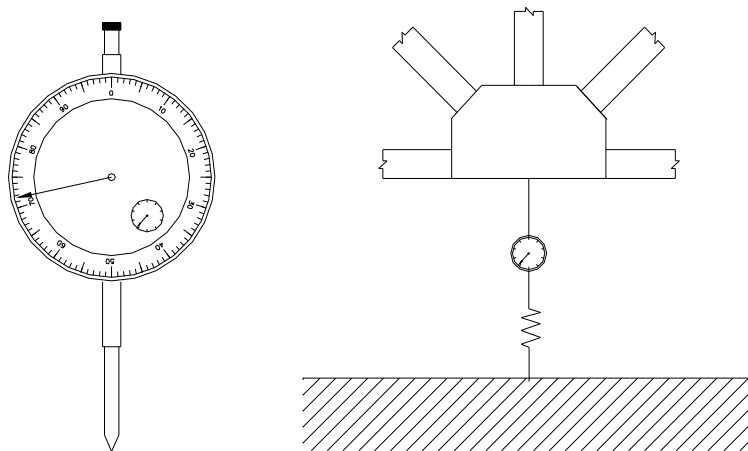
Võng kế Macximốp có ưu điểm thao tác dễ dàng, kết quả đo chính xác, tuy nhiên chỉ dùng được trong trường hợp sông không sâu, nước chảy không lớn và thuyền bè qua lại không va chạm vào dây thả vật A.

2.3.2.2 Indicator (còn gọi là đồng hồ so)

Indicator (hình 2-19) gồm đồng hồ (1) có hai thang chia và hai kim tương ứng giống như macximop. Giá trị một vạch trên thang chia lớn cho sẵn trên mặt đồng hồ, thường có hai loại: giá trị một vạch 0.01mm (còn gọi là bách phân kế) và giá trị một vạch là 0.001mm (còn gọi là thiên phân kế). Khi đo cầu ta thường dùng loại bách phân kế vì vẫn đảm bảo chính xác và phạm vi đo rộng hơn (tối đa đến 100mm), trong khi đó thiên phân kế phạm vi đo tối đa thường từ 10mm đến 20mm. Trục (2) có thể chuyển động lên xuống. Trục 2 liên hệ với kim qua hệ thống bánh răng, khi trục lên hoặc xuống hệ thống bánh răng sẽ chuyển chuyển động làm kim quay thuận hoặc ngược chiều kim đồng hồ. Khi đo, indicator gắn trên vật đo đầu trục tì vào điểm cố định, lúc vật đo có chuyển vị xuống hoặc lên trục sẽ có chuyển động tương đối đi lên hoặc đi xuống. Để đơn giản, khi đo, người ta đã chế tạo ra bộ gá, vật nặng (chừng 20kg) buộc vào sợi dây không dẫn treo trên móc gá thay cho điểm cố định.

Tại mỗi lần đo cần đọc không tải trước và sau. Lúc có tải vật đo có chuyển vị làm trục có chuyển động tương đối, do đó kim quay, khi kim đã ổn định, đọc được giá trị có tải. Từ những số đọc này dễ dàng tính được số vạch chênh theo công thức (2-10), sau đó căn cứ vào giá trị một vạch đã cho trên đồng hồ để tính ra được chuyển vị thẳng đứng.

Cũng như võng kế Maximốp, Indicator dễ thao tác, độ chính xác cao tuy nhiên không dùng được khi sông có nước chảy mạnh hoặc vị trí thả vật A có nhiều thuyền bè qua lại.



Hình 2-19: Indicator

2.3.2.3 Máy toàn đạc điện tử.

Máy được đặt ở vị trí cố định trên bờ ở vị trí có thể nhìn được điểm đo. Tại điểm đo gắn giấy phản quang hoặc gương, khi gắn giấy phản quang thì trên giấy phải có thập tự tuyến để làm chuẩn lúc ngắm. Ở thời điểm không tải và ở thời điểm có tải ngắm vào gương hoặc giấy phản quang sẽ có cao độ tương ứng. Hiệu số cao độ khi có tải và khi không tải trung bình chính là chuyển vị thẳng đứng của điểm đo.

Máy toàn đạc điện tử có thể đo được cả khi sông sâu, nước chảy mạnh, cầu cao, sông có thông thuyền tuy nhiên độ chính xác không cao (đến mm) nên thường chỉ dùng khi không đo được bằng vĩ kế Maximốp hay Indicator.

Khi điều kiện cho phép có thể dùng máy thủy bình để đo chuyển vị, lúc đó tốt nhất là nên gắn mìa (hoặc thước kẻ có đến mm) vào điểm đo, nếu không phải đánh dấu điểm đo cẩn thận để các lần đọc khác nhau mìa vẫn được đặt ở cùng một vị trí.

2.3.3 Bố trí điểm đo.

Để bố trí điểm đo mặt cắt đo và điểm đo có thể tham khảo các quy định trong quy trình Thử nghiệm cầu. Điều 3.11 quy định “ Thông thường nên bố trí điểm đo tại các mặt cắt có độ vồng lớn nhất, tại các vị trí bị suy giảm hay tiết diện thay đổi đột ngột. Số lượng điểm đo nhiều hay ít tùy thuộc vào khẩu độ cầu,

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

nếu phải xây dựng biểu đồ độ võng công trình thì phải đo nhiều điểm dọc theo tim cầu.

Để cho việc chuẩn bị đà giáo đơn giản và tiết kiệm nhân lực, trong điều kiện cho phép có thể bố trí điểm đo độ võng gần điểm đo ứng suất ..”

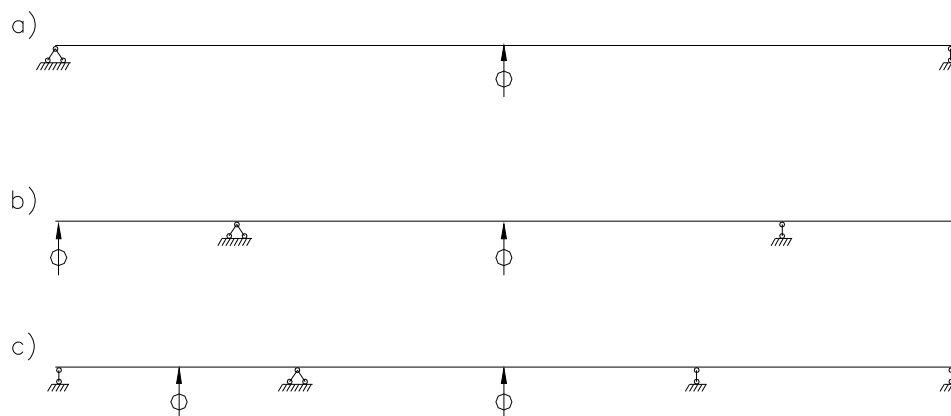
Cũng trong quy trình này điều 3.12 quy định” Trong trường hợp nhịp giản đơn mà không thể bố trí thiết bị đo tại điểm giữa nhịp được thì có thể bố trí điểm đo tại tiết diện lân cận rồi sau đó tính ra độ võng tại giữa nhịp.

Khi độ lún của móng, trụ đáng kể, phải bố trí điểm đo độ võng nhịp dầm tại hai gối. Trong trường hợp này nếu không thể bố trí thiết bị đo tại gối được thì bố trí tại tiết diện lân cận của hai gối (cách gối khoảng 0.5 đến 1m) rồi sau đó tính ra độ võng tại giữa nhịp.”

Căn cứ vào các quy định ở trên, trong thực tế người ta thường bố trí điểm đo độ võng như sau.

2.3.3.1 Với cầu dầm

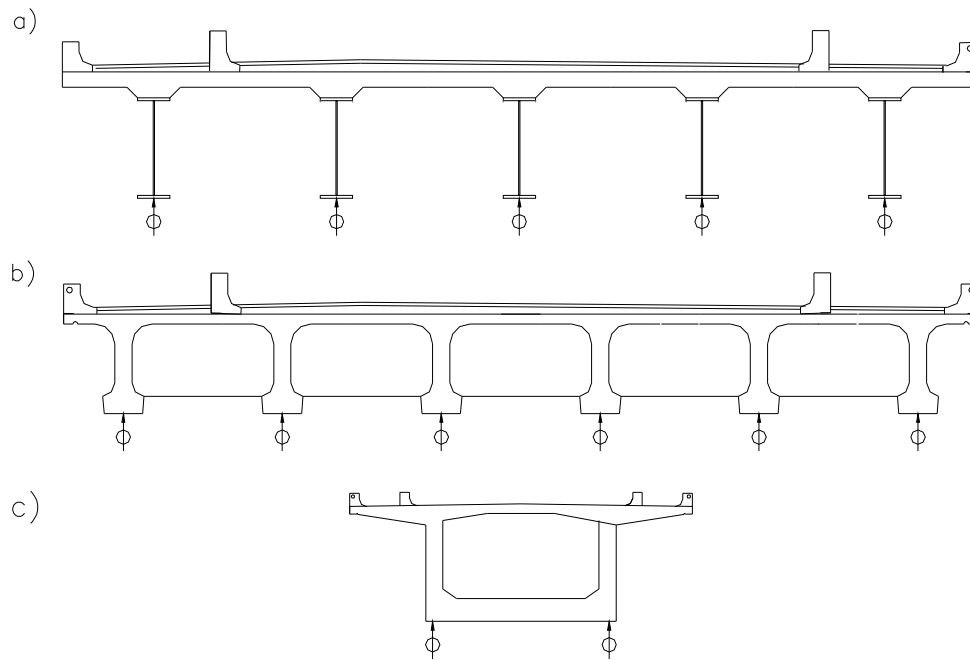
- Theo chiều dọc cầu đo ở những mặt cắt có độ võng lớn (hình 2-20)



Hình 2-20: Mặt cắt bố trí điểm đo độ võng của cầu dầm (nếu gối đàn hồi thì phải đo cả ở hai mặt cắt gối)

- Trên mặt cắt ngang đo ở tất cả các dầm hoặc sườn dầm (hình 2-21)

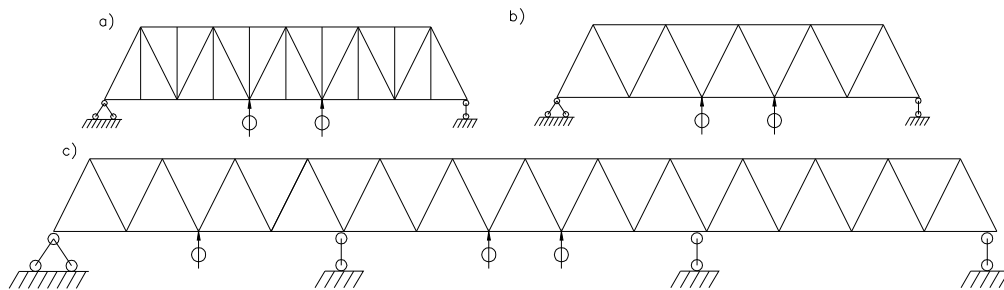
Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT



Hình 2-21: Bố trí điểm đo độ võng trên mặt cắt ngang cầu dầm.

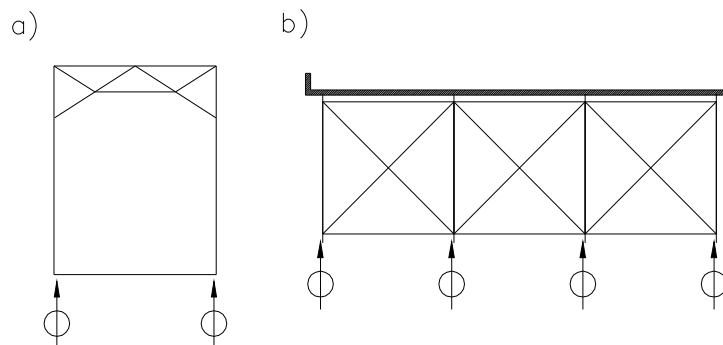
2.3.3.2 Với cầu dàn.

- Theo chiều dọc cầu đo tại nút có độ võng lớn (hình 2-22)



Hình 2-22: Bố trí điểm đo độ võng trong cầu dàn

- Theo chiều ngang cầu đo ở tất cả các dàn chủ (hình 2-23)



Hình 2-23: Bố trí điểm đo độ võng trên mặt cắt ngang cầu dàn

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

a) Dàn chạy dưới

b) Dàn chạy trên

2.3.4 Xử lý số liệu.

Cách xử lý số liệu đo độ võng tương tự như xử lý số liệu đo ứng suất khi đo bằng Tenzômet cơ học, tuy nhiên nếu gối cầu là đàn hồi thì kết quả đo mới là chuyển vị thẳng đứng, từ các chuyển vị thẳng đứng đo được cần tính ra độ võng của điểm đo. Thí dụ trên cầu dầm giản đơn có gối cao su kết quả đo tại ba điểm cho trong bảng 2-3 trong đó

V_1 :trên gối trái

V_2 : ở giữa nhịp

V_3 : trên gối phải cho trong bảng 2-3 xử lý số liệu đo và tính ra độ võng ở giữa nhịp.

Bảng 2-3

Cầu:

Ngày đo:

Người đo:

Dụng cụ đo: Indicator, Giá trị một vạch 0.01mm

Sơ đồ TT	Điểm đo	Số đọc trên máy							Ghi chú
		Không tải	Có tải lần 1	Không tải	Có tải lần 2	Không tải	Có tải lần 3	Không tải	
I	V ₁	122	141	126	142	123	140	124	
	V ₂	310	1022	318	1030	316	1028	315	
	V ₃	150	168	152	166	150	164	150	

Từ kết quả ở bảng 2-3 sau khi xử lý số liệu có kết quả như trong bảng 2-4

Bảng 2-4

Kết quả đo độ võng

Sơ đồ TT	Điểm đo	Số vạch chênh				Chuyển vị đứng đo(mm)	Chuyển vị đứng do gối (mm)	Độ võng (mm)	Ghi chú
		Lần 1	Lần 2	Lần 3	TB				
I	V ₁	17	17.5	17.5	17.33	0.173	0.217	6.895	Loại 14
	V ₂	708	713	712.5	711.17	7.112			
	V ₃	27	25	14	26	0.260			

2.3.4 Phân tích kết quả đo dao động

a. Kiểm tra điều kiện độ cứng.

Độ võng đo được (f) là độ võng do hoạt tải thử đặt tĩnh sinh ra (nếu đo động thì trong độ võng đo đã có tác dụng động của tải trọng). Điều kiện độ cứng là $f \leq [f]$. Trong quy trình 1979 quy định f là độ võng do hoạt tải tiêu chuẩn sinh ra, còn trong quy trình 2001 đó là độ võng có xét xung kích . Do vậy tùy

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

theo tải trọng và quy trình áp dụng mà có thể nhân thêm hoặc chia cho $(1+\mu)$ vào độ võng đo.

b) Tính hệ số phân bố ngang thực đo

Trên một mặt cắt ngang khi đo độ võng của tất cả các dầm có thể tính được hệ số phân bố ngang thực đo cho các dầm ở một mặt cắt ứng với từng sơ đồ tải trọng:

$$\eta_k = \frac{f_k}{\sum f_i}$$

Trong đó: f_k : độ võng của dầm k

$\sum f_i$: tổng độ võng của các dầm

Khi các dầm có mômen quán tính khác nhau trong công thức tính hệ số phân bố ngang có xét đến mômen quán tính của mặt cắt dầm đối với trục vuông góc với mặt phẳng uốn.

$$\eta_k = \frac{f_k \cdot J_k}{\sum f_i \cdot J_i}$$

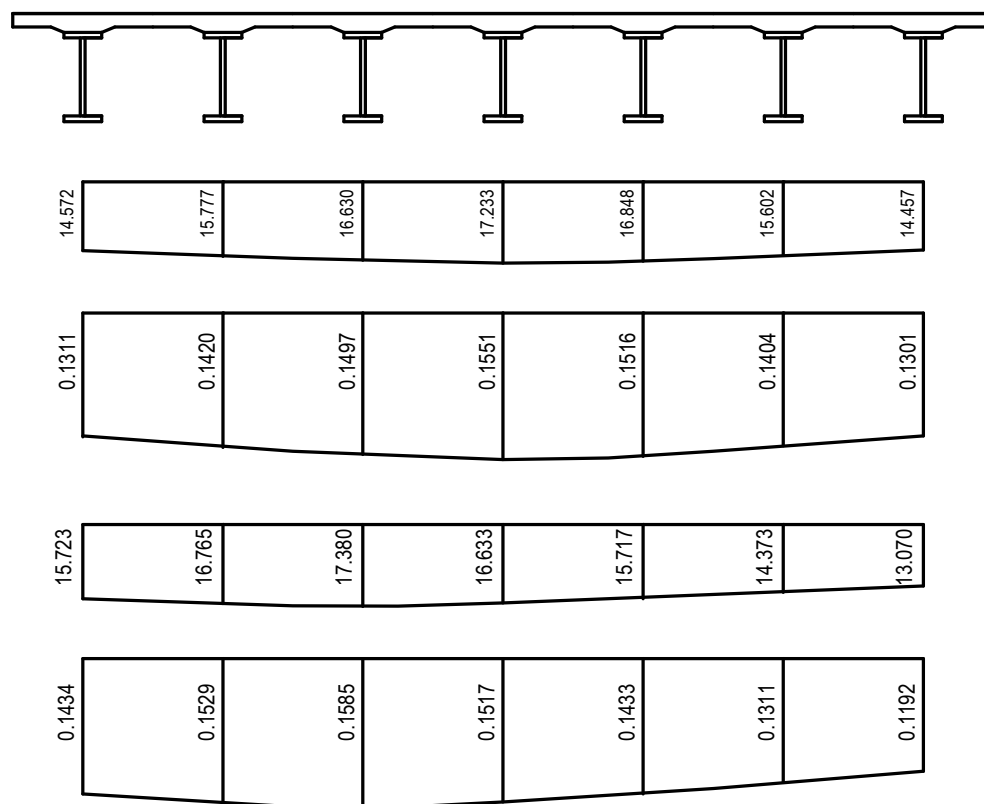
Trong đó: J_k : mômen quán tính của dầm k

$\sum f_i \cdot J_i$: tổng các tích giữa độ võng với mômen quán tính

Khi có độ võng và hệ số phân bố ngang thực đo cho các dầm vẽ được biểu đồ độ võng và phân bố ngang ở một mặt cắt

Trên hình 2-24 giới thiệu biểu đồ độ võng và phân bố ngang thực đo một mặt cắt ngang.

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT



Hình 2-24: Biểu đồ độ võng và hệ số phân bố ngang

- Sơ đồ mặt cắt ngang;
- Biểu đồ độ võng khi xếp tải đúng tâm
- Biểu đồ phân bố ngang khi xếp tải đúng tâm
- Biểu đồ độ võng khi xếp tải lệch tâm
- Biểu đồ phân bố ngang khi xếp tải lệch tâm

c) Đánh giá xem cầu có võng dư không

Ở mỗi điểm đo ít nhất phải cho tải vào cầu 3 lần do vậy sẽ có bốn lần đọc không tải. Nếu số đọc không tải sau xấp xỉ số đọc không tải trước thì không có độ võng dư, ngược lại khi số đọc không tải sau chênh với số đọc không tải trước thì mỗi lần xe ra hoặc vào cầu phải đợi ít nhất 5 phút mới đọc số liệu và nếu chênh lệch vẫn tồn tại thì kết luận dầm có độ võng dư, trong trường hợp này vật liệu đã làm việc ra ngoài miền đàn hồi.

2.4 Đo dao động

2.4.1 Nguyên lý đo dao động

Để đo dao động của kết cấu nhịp hoặc mố, trụ cầu cần phải tạo ra dao động và ghi lại dao động để xác định các đặc trưng của dao động như tần số (f), chu kỳ (T), biên độ dao động (a)

Để tạo ra dao động có thể dùng máy, cho xe chạy qua cầu có hãm phanh hoặc không hãm phanh đột ngột vv.. .Hiện nay ở nước ta thường tạo dao động bằng cách cho xe chạy qua cầu. Thông thường thì tác dụng động của một xe lớn hơn tác dụng của cả đoàn xe vì nhiều xe thì có thể tần số của lực kích thích của các xe không đều nhau, và nếu có đều nhau thì cũng khó có thể đồng pha Do đó khi tạo dao động người ta thường cho 1 xe qua cầu, cũng có thể đo với xe ngẫu nhiên.

Ghi dao động có hai nguyên lý: Cần điểm cố định và không cần điểm cố định.

+ Cần điểm cố định: Khi cầu dao động thì khoảng cách từ điểm cố định đến đầu kim luôn luôn thay đổi, biểu đồ “khoảng cách – thời gian” chính là đồ thị dao động của cầu. Trên đồ thị dao động dễ dàng xác định được các đặc trưng của dao động như tần số (f), chu kỳ (T), biên độ dao động (a) ..

Để tạo ra điểm cố định có thể dựng một giá ở bên cạnh cầu và độc lập với cầu, giá sẽ không dao động cùng với cầu và cũng không bị dao động khi có gió và nước chảy vv.. Cũng có thể tạo điểm cố định bằng cách thả đá (khối lượng chừng 20Kg hoặc lớn hơn) xuống đáy sông và kéo dây lên, biện pháp này chỉ dùng được khi sông không có sâu và tốc độ dòng nước nhỏ, chỗ thả đã không có thuyền bè qua lại.

+ Không cần điểm cố định: Đo vận tốc hoặc gia tốc, tích phân một lần hoặc hai lần có đồ thị dao động.

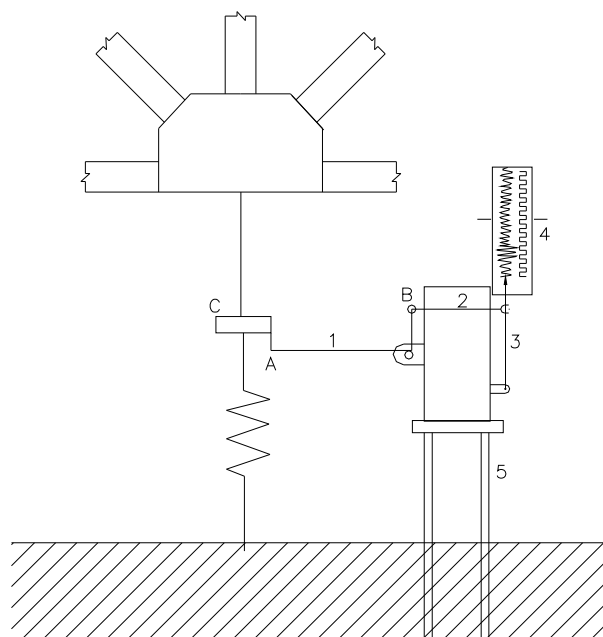
2.4.2 Các loại máy đo dao động

Theo nguyên lý này có hai loại máy đo tương ứng

2.4.2.1 Loại máy đo cần điểm cố định

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

Ở nước ta các máy cân điểm cố định thường có tastograph, geiger.. Nguyên lý làm việc cơ bản giống nhau, ta nghiên cứu cách ghi dao động của một máy geiger (hình 2-25)



Hình 2-25:

Máy đo gồm: Cân đo 1, ở vị trí như hình vẽ đầu của cân đo sẽ được dao động lên xuống, do cân đo chữ L có khớp ở góc nên khi đầu A dao động lên xuống thì B sẽ dao động theo phương ngang, qua thanh 2 kim 3 cũng dao động nằm ngang và đầu kim sẽ vẽ trên băng giấy hoặc phim quay đều quanh trục 4 một biểu đồ dao động. Song song với việc ghi dao động máy có bộ phận đếm thời gian, cứ một giây máy lại vạch trên băng giấy hay phim một ký hiệu

Trên hình 2-25 giới thiệu một cách đo hay dùng: Máy được đặt trên giá cố định 5, để đo dao động của dầm tại nút dầm ta buộc một đầu dây, đầu còn lại buộc vào điểm cố định trên mặt đất. Để giữ cho dây luôn luôn căng đoạn giữa dây có một lò xo, còn để cho đầu cân đo A tựa lên trên dây buộc cố định một đế thép nhỏ C. Khi nút dầm dao động thì đế thép sẽ dao động lên xuống, B sẽ dao động theo phương ngang...như đã nêu ở trên. Nếu cầu không cao có thể bỏ hệ thống dây và lò xo, khi đó đầu A của cân đo gắn luôn vào đáy nút dầm.

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

Loại máy này chỉ đo được khi nước chảy yếu, sông không sâu và không có thuyền bè qua lại dưới vị trí cần đo dao động . Ưu điểm của nó là việc xử lý số liệu rất dễ dàng nhất là để xác định hệ số xung kích thực đo $(1 + \mu)$.

2.4.2.2 Máy đo không cần điểm cố định

Loại máy này có ở nước ta, hiện nay có rất nhiều chẳng hạn như máy NEC-VM511, máy VEM-010 ..

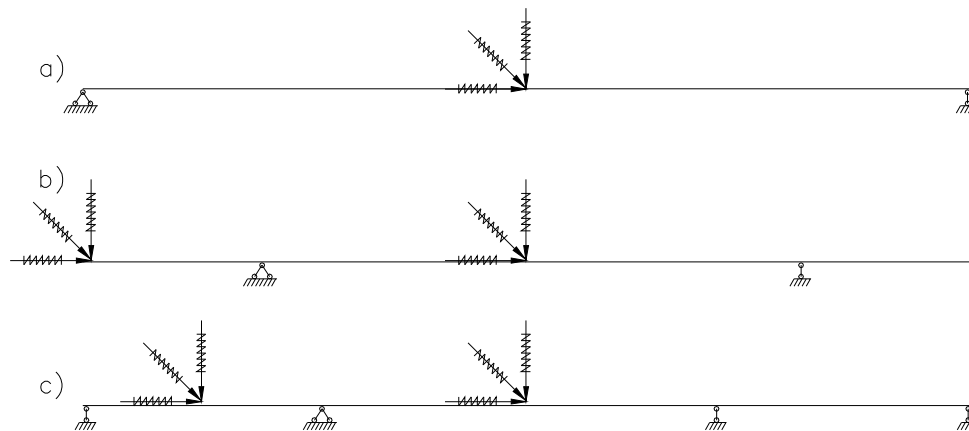
Máy gồm có ba đầu đo: một đầu đo dao động theo phương thẳng đứng, hai đầu đo dao động theo phương nằm ngang ngang cầu và ngang dọc cầu, Khi đo các đầu đo được đặt tại điểm đo và dao động cùng với điểm đo, máy đo sẽ đo được vận tốc hoặc gia tốc, chương trình gắn sẵn trong máy sẽ tính tích phân một lần hoặc hai lần để có đồ thị dao động và hiển thị trên màn hình của máy tính. Nếu chương trình có bộ xử lý dao động thì máy sẽ cho cả tần số và chu kỳ dao động .

Máy đo này có ưu điểm là không cần điểm cố định, thời gian đo nhanh, đo đồng thời được cả ba dao động theo ba phương, tuy nhiên lúc xử lý kết quả, việc xác định hệ số xung kích thực đo $(1 + \mu)$ lại rất khó khăn.

2.4.3 Bố trí điểm đo

2.4.3.1 Đối với cầu dầm

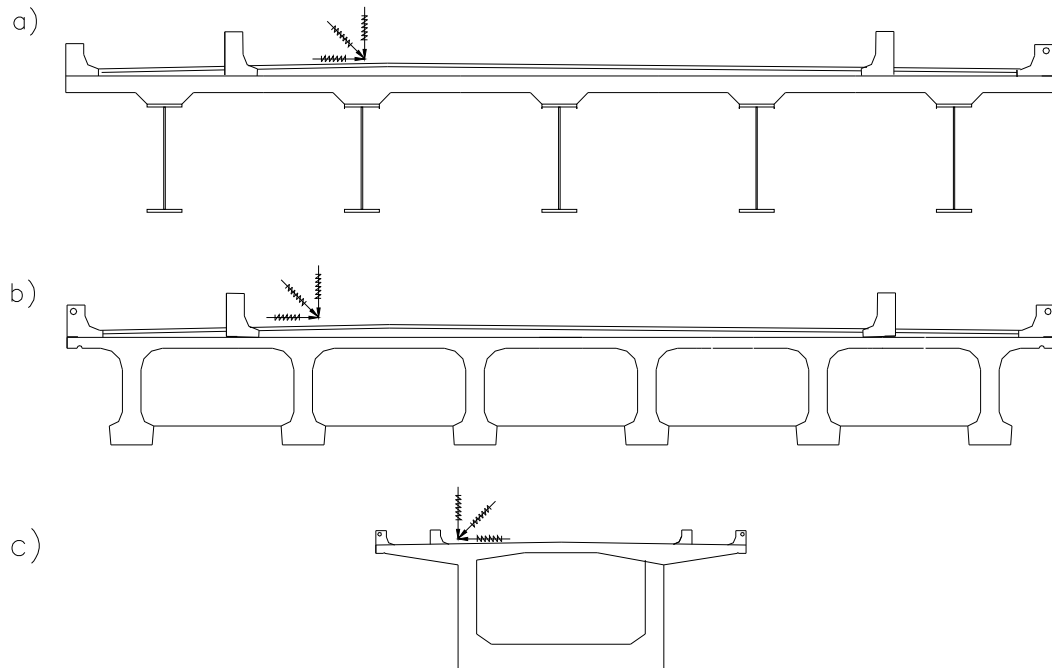
- Theo chiều dọc cầu thường đo ở những mặt cắt có độ võng lớn (hình 2-26)



Hình 2-26: Bố trí điểm đo dao động kết cấu nhịp trên cầu dầm

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

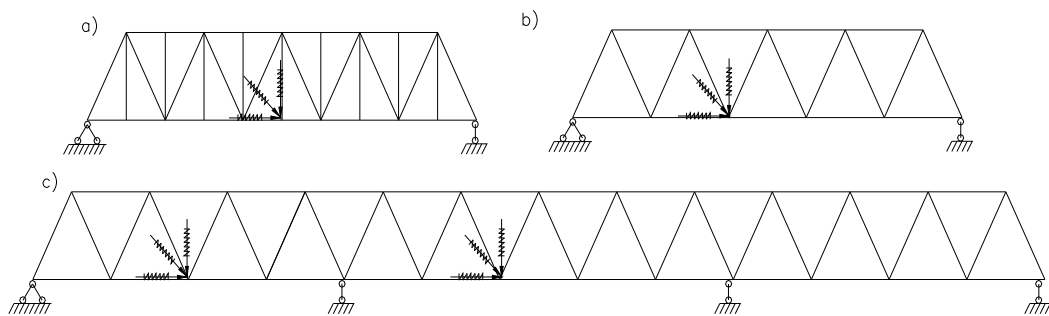
- Trên mặt cắt ngang: Ở mỗi mặt cắt chỉ cần đo trên một dầm hoặc sườn dầm (hình 2-27)



Hình 2-27: Bố trí điểm đo dao động trên mặt cắt ngang cầu dầm

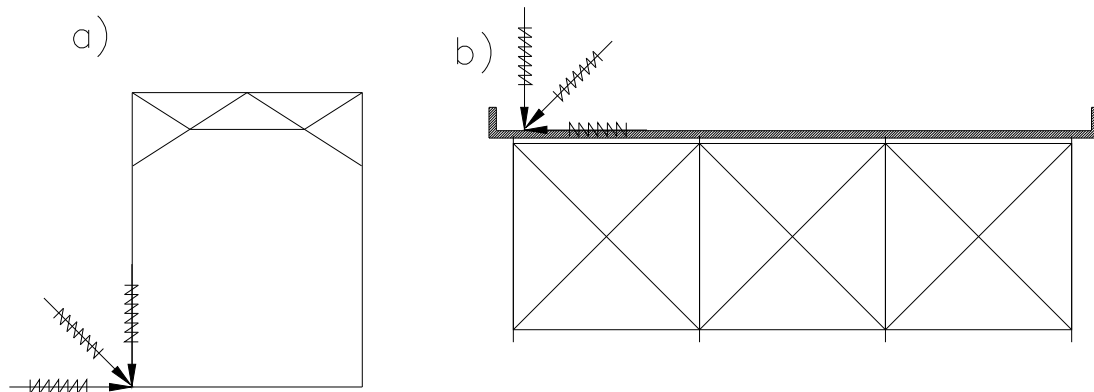
2.4.3.2 Cầu dàn

- Theo chiều dọc cầu đo ở các nút có độ võng lớn (hình 2-28)



Hình 2-28: Bố trí điểm đo dao động trên cầu dàn

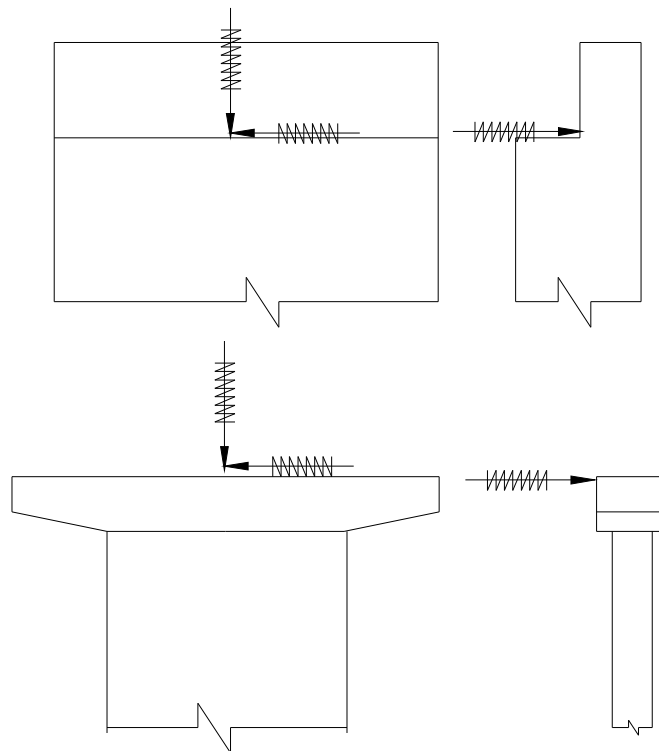
- Trên mặt cắt ngang chỉ cần đo dao động của một dàn, riêng với dàn biên hở có thể đo cả biên trên và biên dưới (hình 2-29)



Hình 2-29: Bố trí điểm đo dao động ở mặt cắt ngang cầu dầm

2.4.3.3. Mố, trụ cầu

- Trên mỗi mố, trụ cầu bố trí một điểm đo dao động theo cả ba phương (hình 2-30)



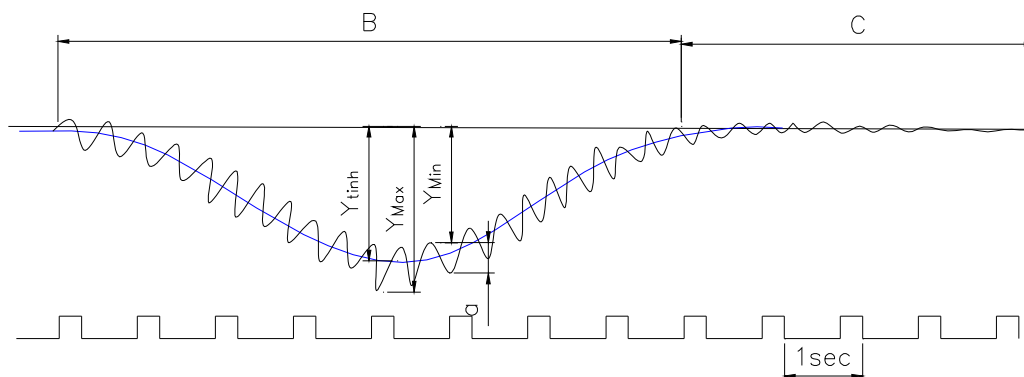
Hình 2-30: Bố trí điểm đo dao động ở mố, trụ cầu

2.4.4 Xử lý số liệu

Với các máy không cần điểm cố định việc xử lý được thực hiện tự động trên máy, chẳng hạn để xác định chu kỳ, tần số của một đoạn nào đó chỉ cần

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

nhấn con chuột ở điểm giới hạn hai đầu đoạn, máy sẽ hiển thị kết quả. Muốn xác định biên độ dao động có thể phóng to đoạn dao động đang xét, trên các ô vuông màn hình dễ dàng xác định được biên độ vv.., ở đây chỉ nghiên cứu cho loại máy không xử lý tự động trên máy.



Hình 2-31: Biểu đồ đo dao động

Trên hình 2-31 giới thiệu một biểu đồ dao động do bằng Tastograph. Trên biểu đồ đoạn AB là dao động cưỡng bức tức là đoạn dao động có tác dụng của lực kích thích của xe đang chạy trên nhịp. Đoạn BC là đoạn dao động tự do (hay dao động riêng), ở đây kết cấu nhịp dao động theo quán tính vì không còn lực kích thích, đó là một dao động tắt dần.

Trên đoạn dao động tự do dùng kính lúp đếm trong t thời gian được n dao động, từ đó có tần số dao động tự do là: $f = \frac{n}{t}$ (Hz)

Khi đã có tần số dao động tự do dễ dàng xác định được chu kỳ dao động tự do : $T = \frac{1}{f}$ (s)

Trên đoạn dao động cưỡng bức (AB) xác định được $y_{\max}$ là tung độ ở đỉnh thấp nhất, $y_{\min}$ là tung độ ở đỉnh cao hơn trong hai đỉnh ở hai bên $y_{\max}$, cũng có thể lấy $y_{\min}$ là tung độ trung bình của hai đỉnh nằm ở hai bên $y_{\max}$

$$y_{TB} = \frac{y_{\max} + y_{\min}}{2} \quad (2-15)$$

Hệ số xung kích thực đo

$$1 + \mu = \frac{y_{\max}}{y_{TB}} \quad (2-16)$$

Biên độ dao động

$$a = \frac{y_{\max}}{y_{TB}} \quad (2-17)$$

2.4.5 Phân tích số liệu đo dao động

2.4.5.1 Kết cấu nhịp

Để đánh giá về dao động của kết cấu nhịp cầu đường ô tô có thể dựa vào điều 3.A.17 của quy trình Kiểm định cầu trên đường ô tô “Kết cấu nhịp phải được kiểm toán về tần số hay chu kỳ của dao động riêng để không xảy hiện tượng cộng hưởng khi có tác động của hoạt tải, với cầu trên đường ô tô, cầu thành phố .. chu kỳ dao động riêng theo phương thẳng đứng không được nằm trong phạm vi từ 0.45s đến 0.6s, còn chu kỳ dao động riêng theo phương nằm ngang không được trùng hoặc bằng bội số của chu kỳ dao động riêng theo phương thẳng đứng”. Trong quy trình kỹ thuật kiểm định cầu đường sắt không quy định về chu kỳ hoặc tần số dao động nên đối với cầu đường sắt có thể dựa vào điều 1.53 quy trình Thiết kế cầu cống theo trạng thái giới hạn “ Trong kết cấu nhịp dầm kim loại giản đơn của cầu đường sắt chu kỳ dao động tự do nằm ngang không được vượt quá $0.01 \times L$ (s) và không lớn hơn 1.5(s), trong đó L là khẩu độ tính bằng m.

- Theo quy định trên đối với cầu ô tô nếu chu kỳ dao động tự do thẳng đứng không rơi vào phạm vi 0.45s đến 0.6s và chu kỳ dao động tự do nằm ngang cầu không trùng hoặc bằng bội số của chu kỳ dao động tự do thẳng đứng, kết luận không có khả năng xảy ra cộng hưởng .

- Đối với cầu đường sắt, trong cầu BT cũng như cầu liên tục không quan tâm đến chu kỳ còn đối với cầu dầm kim loại giản đơn chỉ quan tâm đến chu kỳ dao động tự do nằm ngang cầu và cộng hưởng không xảy ra khi dao động tự do nằm ngang không vượt quá $0.01 \times L$ (s) và không vượt quá 1,5s.

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

2.4.5.2 Mố, trụ cầu

Theo các thông số dao động của mố, trụ có thể đánh giá được tình trạng kỹ thuật của mố, trụ nếu tham khảo bảng 3.D.2 điều 3.D.24 quy trình Kiểm định cầu trên đường ô tô hay bảng 6-2, điều 6.10.7 quy trình Kỹ thuật kiểm định cầu đường sắt (bảng 2-5)

Bảng 2-5

Quan hệ giữa đặc trưng dao động với hiện trạng mố, trụ

Các tham số				Tình trạng kỹ thuật của mố, trụ
Biên độ dao động lớn nhất B (mm)		Chu kỳ dao động T (s)		
$B \leq 0.7$	B>0.7	$T \leq 0.35$	T>0.35	
x		x		Tốt
	x	x		Khả năng chịu lực của móng yếu
x			x	Móng yếu hoặc nền đất yếu
	x		x	Móng yếu và nền không đủ khả năng chịu tải

2.5 Thí nghiệm vật liệu

Khi xác định khả năng chịu tải của công trình ngoài việc đo đạc các kích thước hình học, đo ứng suất, đo độ võng, dao động vv.. còn cần phải xác định các đặc trưng cơ học của vật liệu. Ngay cả khi đo ứng suất nếu có thí nghiệm để xác định mô đun đàn hồi E thì ứng suất thu được theo công thức $\sigma = E.\varepsilon$ sẽ tin cậy hơn (trường hợp không thí nghiệm thì lấy theo quy định của quy trình, chẳng hạn điều 3.A.3 quy định mô đun đàn hồi của thép (tính theo Mpa) lấy bằng

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

2,1.10⁵). Đối với cầu mới xây dựng trong hồ sơ hoàn công còn lưu trữ đầy đủ về vật liệu, các kết quả thí nghiệm vật liệu, việc xác định các đặc trưng cơ học không có gì khó khăn, chỉ cần tiến hành một số thí nghiệm kiểm tra. Trái lại đối với cầu cũ khi hồ sơ lưu trữ thất lạc thì cần tiến hành các thí nghiệm để xác định các đặc trưng cơ học của vật liệu. Trong trường hợp này trước hết cần thu thập các tài liệu, khi chỉ biết năm xây dựng cầu cũng có thể phán đoán ra vật liệu đã sử dụng. Khi có tài liệu của cầu cùng loại xây dựng cùng thời kỳ thì chỉ bằng một số thí nghiệm không phức tạp, cũng có thể so sánh được vật liệu của hai cầu và nếu vật liệu giống nhau thì sẽ thuận lợi rất nhiều.

Trong cả quy trình Kiểm định cầu trên đường ô tô và quy trình Kỹ thuật kiểm định cầu đường sắt đều quy định có thể xác định đặc trưng cơ học của vật liệu bằng phương pháp có phá hoại hoặc không phá hoại mẫu. Các thí nghiệm không phá hoại mẫu được tiến hành ngay tại công trình nên có thể tiến hành nhanh chóng với số lượng không hạn chế, do đó tuy độ chính xác có hạn chế hơn nhưng hiện nay vẫn được dùng phổ biến ở nhiều nước trên thế giới. Thí nghiệm phá hoại mẫu cho kết quả chính xác hơn nhưng phải lấy mẫu trên công trình đang khai thác làm tổn hại đến công trình và phải được cơ quan quản lý cho phép, tuy nhiên trong trường hợp cần thiết vẫn phải sử dụng phương pháp này. Ở một số nước người ta kết hợp cả hai phương pháp.

2.5.1 Thí nghiệm phá hoại mẫu.

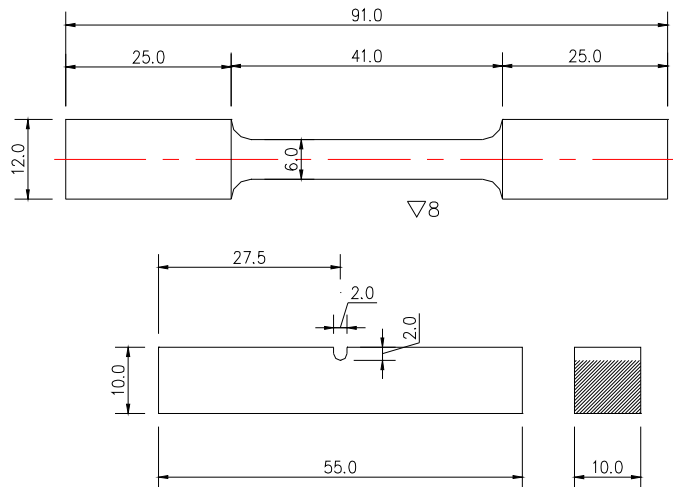
2.5.1.1 Cầu thép

- Lấy từ 4 đến 5 mẫu thử. Có thể lấy mẫu trên các bộ phận phụ của công trình như liên kết ngang, liên kết dọc hay trên phần còn tốt của bộ phận đã hư hỏng. Mẫu thử phải đủ kích thước để trong phòng thí nghiệm có thể gia công thành các mẫu thử theo đúng tiêu chuẩn.

- Ở những phần đã lấy mẫu thử trừ những phần đã hư hỏng cần phải bù vật liệu bằng bản tấp sau đó hàn hoặc bắt bu lông cường độ cao vào kết cấu.

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

- Gia công mẫu theo tiêu chuẩn cả kích thước và độ bóng (hình 2-31)
- Thí nghiệm mẫu trên máy, cụ thể là
 - + Đo độ cứng của tất cả các mẫu thử.
 - + Thử kéo đa số mẫu (thường 3 mẫu vì đây là thí nghiệm quan trọng nhất)
 - + Thử va đập và tính hàn được.
- Căn cứ vào kết quả thí nghiệm xác định các đặc trưng cơ học của vật liệu (xem SBVL)



Hình 2-31: Mẫu thử kéo (hình a) mẫu thử va đập (hình b)

2.5.1.2 Cầu BTCT

- Lấy từ 3 đến 4 mẫu trên công trình. Do lấy mẫu bằng máy khoan nên mẫu có dạng lăng trụ với đường kính từ 70mm đến 100mm. Trước khi khoan mẫu cần dùng máy dò cốt thép để xác định vị trí cốt thép và xác định vị trí lỗ khoan, hết sức tránh khoan vào cốt thép nhất là cốt thép chủ. Trong trường hợp có thể được nên lấy không dưới 3 mẫu. Sau khi lấy mẫu phải bù vật liệu vào chỗ đã lấy mẫu, tốt nhất là dùng BT polyme vì co ngót rất ít và dính bám tốt với BT cũ.

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

- Trong phòng thí nghiệm tiến hành cắt hai đầu của lăng trụ để có chiều cao mẫu thử theo đúng quy định của tiêu chuẩn .
- Thử trên máy đối với bê tông chủ yếu là thử nén để từ đó xác định các đặc trưng cơ học của vật liệu.

2.5.2 Thí nghiệm không phá hoại mẫu

- Thí nghiệm không phá hoại mẫu được tiến hành ngay trên công trình nên còn được gọi là thí nghiệm tại hiện trường.

2.5.2.1 Cầu thép

Trong quy trình Kiểm định cầu trên đường ô tô, điều 3.A.1 quy định “ Khi không có số liệu về thép hay kim loại thì có thể sử dụng các đặc trưng cơ lý cũng như hệ số tương ứng của thép hay kim loại tương đương về thành phần hóa học hay tương đương về độ cứng”

Thông thường người ta hay dùng sự tương đương về độ cứng để tìm loại thép tương đương với trình tự sau:

- Đo độ cứng của các bộ phận cầu (có thể đo độ cứng Brinell hay độ cứng Rocwell, xem SBVL).
- Tìm loại thép có loại cứng tương đương, loại thép này đã có kết quả thí nghiệm hoặc ở trên một cầu nào đó đã có số liệu về đặc trưng cơ học.
- Lấy các đặc trưng cơ học của thép có độ cứng tương đương dùng cho cầu đang thí nghiệm.

Ngoài ra từ độ cứng của kim loại cũng có thể suy ra thành phần cacbon, các giới hạn đàn hồi, giới hạn chảy, và giới hạn bền, tuy nhiên các giới hạn đàn hồi và giới hạn chảy được suy ra từ độ cứng có sai số lớn còn giới hạn bền có sai số nhỏ hơn và có thể chấp nhận được

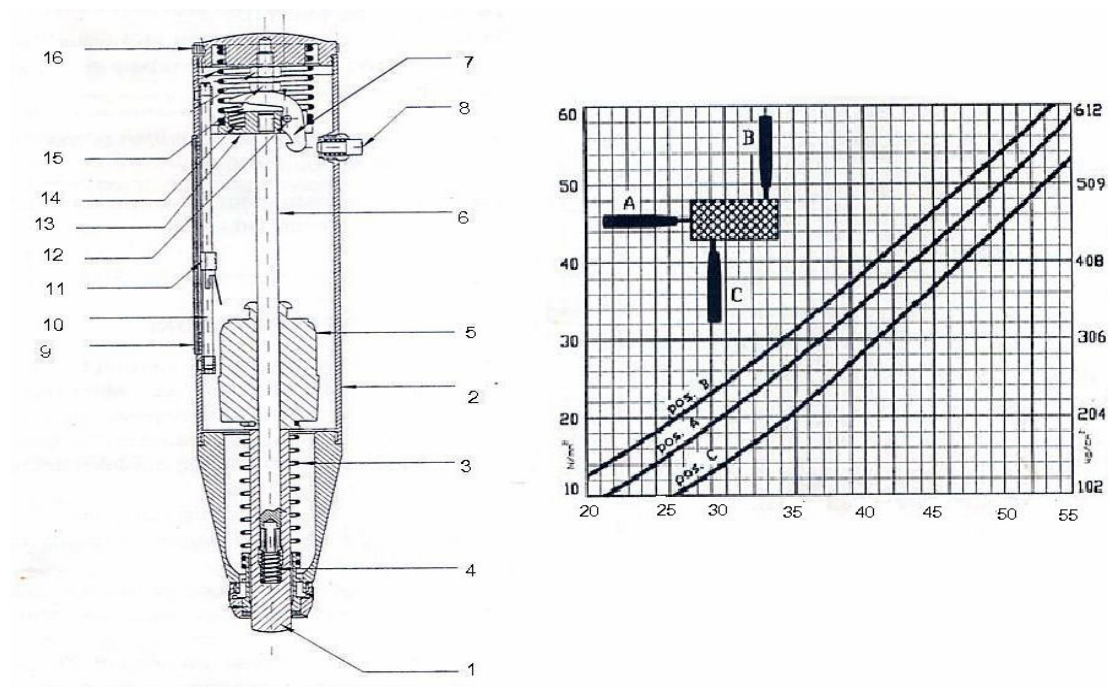
Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

2.5.2.2 Cầu Bê tông

Trong cầu bê tông nếu việc lấy mẫu thử khó khăn, thông thường hay dùng phương pháp thí nghiệm không phá hoại mẫu vì nó không gây ra bất kỳ hư hỏng nào cho vật liệu của cầu. Hai phương pháp thí nghiệm hiện trường được dùng phổ biến ở nước ta hiện nay là dùng súng bột nẩy và máy siêu âm.

a. Súng bột nẩy.

Sơ đồ cấu tạo của súng bột nẩy như hình 2-32a,



Hình 2-32: a, Cấu tạo súng bột nẩy

b, Bảng tra

Trong đó:

1- Thanh va đập	12-Con chạy
2- Vòng đệm	13- Thanh trượt
3- Ống	14- Núm bấm giữ
4- Vòng chịu lực	15-Đĩa dẫn hướng
5- Nắp	16-Chốt
6- Lò xo giảm chấn	17- Lò xo hãm
7- Lò xo va đập	18- Chốt khoá
8- Khung	19- Vít

Bộ môn Cầu Hầm – Khoa Công Trình - ĐH GTVT

9- Búa	20-Đại ốc hãm
10- Thang chia độ	21- Lò xo ép
11- Thanh móc	22- Nắp.

Khi đo dùng tay cầm súng từa đầu thanh 1 vào bề mặt bê tông, ấn thân súng cho thanh 1 tụt dần vào thân súng cho đến khi thanh bật lên và đọc số trên thanh chia ứng với con chạy, một số loại máy không cần đọc mà số đọc được tự ghi trên băng giấy gắn trên máy. Căn cứ vào số đọc trung bình tra trên bảng kèm theo (hình 2-32b) ở đó trực tung là cường độ chịu nén của Bê tông (N/mm^2), trực hoành là số đọc trung bình, ba đồ thị tương ứng với ba hướng bắn A (nằm ngang), B (thẳng đứng từ trên xuống), C (thẳng đứng từ dưới lên).

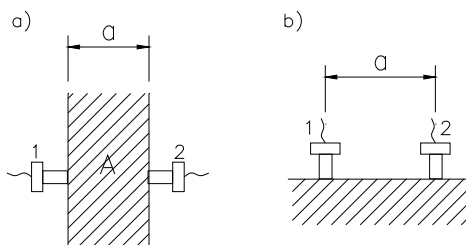
Sử dụng súng bật nảy trong khi thí nghiệm cần chú ý:

- Cần chọn vùng kiểm tra có bề mặt nhẵn, khô, tốt nhất là chọn mặt được tạo hình bằng ván khuôn. Bề mặt không có ván khuôn phải được mài nhẵn trước khi thí nghiệm. Cần tránh các vùng có khuyết tật (rỗ, rạn, nứt..). Các điểm bắn cách nhau ít nhất 20mm, và cách mép hoặc gờ 20mm. Việc chọn vùng kiểm tra không bị chi phối bởi cốt thép bên trong bê tông vì thông thường thép không ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm. Hướng bắn thường dùng là nằm ngang hoặc từ trên xuống, từ dưới lên hoặc có thể bất kỳ nhưng khi xử lý kết quả phải chỉnh lý theo hướng bắn.
- Mỗi vùng kiểm tra có kích thước 30cmx30cm, do trị số bật nảy ở mỗi vùng biến động nhiều nên ở mỗi vùng phải bắn ít nhất 10 lần. Giá trị trung bình của số đọc ở mỗi vùng phải được tính từ tất cả các trị số bật nảy đã đọc hoặc đã ghi kể cả các trị số bất thường cao hay thấp.
- Trên mỗi bộ phận kết cấu hay cấu kiện số vùng kiểm tra ít nhất là 12.
- Phương pháp thí nghiệm bằng súng bật nảy cho kết quả chính xác khi bê tông có tuổi từ 7 ngày đến 3 tháng, tốt nhất là tuổi của bê tông từ 14 đến 56 ngày. Nếu tuổi của bê tông lớn hơn 3 tháng kết quả sẽ sai số lớn khi đó cần hiệu chỉnh cường độ bê tông.

b. Thí nghiệm bê tông bằng máy siêu âm

- Một máy siêu âm gồm hai đầu đo: một đầu thu sóng, một đầu phát sóng. Khi đo người ta bôi mỡ vào bề mặt bê tông ở vị trí áp đầu đo, khoảng cách giữa hai đầu đo (a) được xác định bởi người đo, máy sẽ đo thời gian truyền sóng (t), tốc độ truyền sóng $v = \frac{a}{t}$, từ tốc độ truyền sóng tra ra được cường độ của bê tông.

- Có hai cách đo : đo xuyên (hình 2-33a) khi chiều dày khối bê tông không lớn và khối bê tông có hai mặt lộ ra ngoài để áp được hai đầu đo, đo bề mặt (hình 2-33b) khi chiều dày khối bê tông lớn hoặc khối bê tông chỉ có một mặt áp được đầu đo



Hình 3-23: Phương pháp đo bằng máy siêu âm

A: Khối bê tông

1: Đầu phát sóng

2: Đầu thu sóng

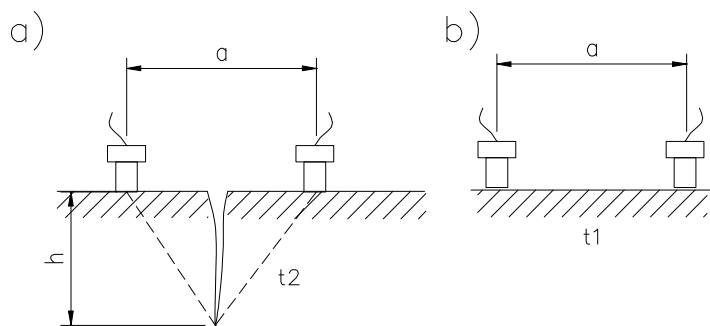
- Cũng có thể dùng máy siêu âm để đo chiều sâu vết nứt. Trong cùng vùng bê tông tiến hành đo thời gian truyền sóng ở hai vị trí với cùng khoảng cách (a) giữa hai đầu đo. Gọi t_1 là thời gian truyền sóng đo được khi không có vết nứt, gọi t_2 là thời gian truyền sóng đo được khi giữa hai đầu đo có vết nứt (hình 2-34) ta có

công thức tính chiều sâu vết nứt :
$$h = \frac{a}{2} * \sqrt{\frac{t_2^2 - t_1^2}{t_1^2}} \quad (2-18)$$

Trong đó : h- chiều sâu vết nứt (cm)

a- khoảng cách hai đầu đo (cm)

t_1, t_2 - thời gian truyền sóng (μs).



Hình 2-34: Đo chiều vết nứt bằng máy siêu âm

- Để kết quả siêu âm bê tông chính xác cần chú ý:

+ Trên mỗi vùng (300cm² đến 400cm²) cần tiến hành ít nhất một lần đo vận tốc sóng siêu âm. Cũng như súng bật nảy trên mỗi bộ phận kết cấu hay cấu kiện, số vùng kiểm tra ít nhất là 12.

+ Nếu đo vận tốc sóng siêu âm để xác định cường độ bê tông thì phải quan sát để đặt đầu đo, sao cho trong phạm vi giữa hai đầu đo bê tông không có vết nứt.

+ Kết quả thí nghiệm bằng phương pháp siêu âm không phụ thuộc nhiều vào tuổi của bê tông.

+ Cùng một kết cấu khi có thể đo xuyên và đo bề mặt thì nên ưu tiên phương pháp đo xuyên

- Tốc độ sóng siêu âm càng cao thì chất lượng bê tông càng cao, nếu trong phạm vi hai đầu đo không có vết nứt thì kết quả đo theo siêu âm cao hơn súng bật nảy, trong thực tế hiện nay người ta thường đo kết hợp cả súng bật nảy và siêu âm, trong nhiều máy siêu âm có chương trình xử lý số liệu đo bằng súng bật nảy.

2.6. Báo cáo kết quả thử nghiệm

Báo cáo kết quả là công việc cuối cùng của quá trình thử nghiệm. Nhìn chung các báo cáo kết quả thử nghiệm thường gồm có các nội dung sau :

- *Căn cứ lập báo cáo kết quả thử nghiệm.* Nội dung của phần này cơ bản giống như đề cương nhưng có bổ sung thêm văn bản trong quá trình thử nghiệm.

- *Giới thiệu về cầu:* So với đề cương ở đây có những số liệu chính xác hơn do đã tiến hành đo kích thước và đã có đầy đủ thông tin về cầu.

- *Hiện trạng cầu.* Đây là phần rất quan trọng vì ở phần này các hư hỏng được mô tả đầy đủ (có bản vẽ nếu cần), có các ảnh chụp, có đánh giá mức độ hư hỏng và nêu nguyên nhân của hư hỏng. Có thể mô tả các hư hỏng theo các trình tự sau :

- + Hư hỏng ở kết cấu nhịp
- + Hư hỏng ở mố trụ
- + Hư hỏng đường vào cầu

- + Tác động xấu của môi trường đến công trình
- + Tác động xấu của các công trình khác đến cầu
- + Tác động của tình trạng khai thác quá mức: tình trạng xe quá tải, tình trạng không chấp hành các quy định về tốc độ ..

+ Việc chấp hành chế độ duy tu, bảo dưỡng không tốt

- Tải trọng thử và các sơ đồ tải trọng

+ Trong đề cương đã quy định xe thử tải, tuy nhiên trong thực tế nhất là khi cần nhiều xe sẽ không thể có xe đúng như đề cương do vậy cần thống kê đầy đủ các loại xe về: biển đăng ký, kích thước giữa các trục xe và bánh xe và tải trọng thực tế của từng trục xe

+ Do tải trọng thực khác với tải trọng cho trong đề cương nên sơ đồ tải trọng cũng có thể khác với sơ đồ đã cho trong đề cương chẳng hạn khoảng cách giữa các xe tăng lên hoặc giảm xuống để đảm bảo đại lượng đo có giá trị tương đương. Trong mỗi sơ đồ (trừ sơ đồ đo dao động) cần so sánh giá trị của đại lượng đo do tải trọng thử sinh ra với giá trị này do tải trọng thiết kế sinh ra. Thí dụ đo ứng suất pháp ở mặt cắt nào đó trên dầm cần so sánh momen uốn ở mặt cắt đó do tải trọng (chưa kể các hệ số) và do tải trọng thiết kế (cũng chưa kể các hệ số) và do tải trọng thiết kế (cũng chưa kể các hệ số) sinh ra.

- *Bố trí điểm đo*: Về cơ bản các điểm đo được bố trí như trong đề cương thử nghiệm, tuy nhiên tùy theo tình hình cụ thể mà có thể phải tăng thêm điểm đo hoặc chuyển vị trí điểm đo, chẳng hạn trong đề cương điểm đo ứng suất ở mặt cắt giữa nhịp của cầu dầm BTCT thường nhưng ở gần giữa nhịp có điểm đã lộ cốt thép chủ, khi đó có thể chuyển điểm đo về chỗ cốt thép vv.. . . Việc bố trí điểm đo giống hoặc khác với đề cương đều cần được trình bày lại trong báo cáo kết quả để người đọc dễ theo dõi phần kết quả đo ở sau

- *Kết quả đo*: Kết quả đo được trình bày trong từng nội dung đo như kết quả đo ứng suất, kết quả đo độ võng . . . , tốt nhất là thống kê kết quả trong các bảng

- Ở mỗi phân cần nêu rõ những phân tích kết quả đo như nội dung tại các phần trên, sau đó cần so sánh kết quả đo với kết quả tính theo tải trọng đo. Nếu gọi k là tỷ số giữa hai giá trị đo và tính, điều 4.B.4 quy trình Kiểm định cầu trên đường ô tô có khuyến nghị “Theo số liệu của nhiều lần thử nghiệm tĩnh, các giá trị của

hệ số k đối với các kết cấu chịu lực chủ yếu và các chi tiết của chúng, thường vào khoảng 0.7 đến 1, còn với chi tiết của kết cấu nhịp mà không tính sự làm việc đồng thời của dầm (dàn) chủ với các chi tiết phần xe chạy và áo đường thì từ 0.5 đến 0.7”. Điều 4.B.5 của quy trình này cũng nêu: “ Các giá trị của k mà lớn hơn 1 thì chứng tỏ đã có sự sai lệch rõ rệt giữa sự làm việc của các chi tiết của công trình với các giả thiết đã chấp nhận trong tính toán. Trong các trường hợp này cần phải làm sáng tỏ nguyên nhân của các sai lệch đó và đề ra các biện pháp để đảm bảo cho các chi tiết được chắc chắn.

- Những giá trị thấp của giá trị k có thể chỉ ra là trong công trình hay trong các chi tiết của nó còn có dự trữ khả năng chịu lực. Khả năng tận dụng các dự trữ này có thể được xem xét, sau khi nghiên cứu các nguyên nhân thu được các giá trị thấp của k .

- Cũng quy trình này điều 4.B.6 có nêu “Các giá trị của hệ số k tìm được theo các trị số ứng suất thô lớn nhất, trong một số trường hợp có thể lớn hơn 1 do có sự tập trung ứng suất, sự tác động lệch tâm của lực, sự không đồng nhất về mặt vật lý của mối nối và các liên kết của chi tiết đó và do các hoàn cảnh khác nữa”

- Qua các khuyến nghị trên có thể thấy nếu hệ số k lớn hơn hoặc bằng 1 thì phải xét đến những nguyên nhân sau :

- + Kết cấu có những hư hỏng ẩn dấu chưa phát hiện được, hoặc những hư hỏng phát hiện được nhưng chưa đánh giá đúng mức độ nghiêm trọng

- + Kết cấu có sự không phù hợp của các giả thiết tính toán hoặc có thể sơ đồ hóa của chi tiết không phù hợp với sự làm việc thực tế của nó, khi đó cần xem xét lại kết quả tính

- + Với ứng suất, sự tăng lên của hệ số k có thể do ứng suất tập trung, khi đó cần quan sát xem tại vị trí điểm đo tiết diện có bị tiêu hao do gỉ, do các hư hỏng hoặc điểm đo có ở gần vị trí truyền lực vì theo giả thiết Saint_Venant “ở đủ xa nơi đặt lực, trạng thái ứng suất và biến dạng không phụ thuộc vào cách đặt lực mà chỉ phụ thuộc hợp lực” có nghĩa là khi điểm đo ở gần điểm truyền lực (như gần nút dầm, gần dầm ngang. . .) có thể có hiện tượng ứng suất phân bố không đúng quy luật.

+ Phân tích kết quả đo độ võng cần chú ý quy định trong điều 4.B.8, quy trình kiểm định trên đường ô tô “tỷ số giữa những trị số đo được của các biến dạng (chủ yếu là các độ võng) đàn hồi với biến dạng dư có thể được dùng làm một trong các tiêu chuẩn đánh giá cầu theo các kết quả tính. Tỷ số này được gọi là chỉ số làm việc α :

$$\alpha = \frac{f_x}{f_{dh}}$$

Trong đó : f_x là độ võng dư được xác định sau khi biến dạng đã ổn định

f_{dh} là độ võng đàn hồi cũng được xác định trong điều kiện này.

- Đánh giá sự làm việc của các cầu mới xây dựng theo hệ số α thì nên thực hiện theo kết quả của lần chất tải thử đầu tiên, với tải trọng thử nghiệm gần tải trọng tiêu chuẩn.

- Các chỉ số làm việc của kết cấu α có thể đạt đến các giá trị sau :

Với các cầu mới xây xong: 0,15

Với cầu đang khai thác: 0,05.

Kinh nghiệm cho thấy rất ít khi xảy ra trường hợp cầu có độ võng dư có nghĩa $f_x \approx 0$ và $\alpha \approx 0$.

- Kết quả kiểm toán.

Nếu trong đề cương có yêu cầu kiểm toán cầu theo tải trọng nào đó thì trong báo cáo phải trình bày kết quả kiểm toán cầu về độ bền (điều kiện cường độ), ổn định, điều kiện độ cứng, dao động.. Thông thường với cầu cũ mới có yêu cầu kiểm toán còn với cầu mới yêu cầu này chỉ được đặt ra khi những nghi ngờ về chất lượng công trình hoặc có những thay đổi thiết kế. Phương pháp kiểm toán kết cấu sẽ được nghiên cứu ở phần sau.

- Kết luận và kiến nghị.

Căn cứ vào các kết quả nghiên cứu hiện trạng công trình, kết quả đo ứng suất, biến dạng.., kết quả kiểm toán nếu có rút ra nhưng kết luận về :

+ Tình trạng hiện tại của công trình

+ Tải trọng khai thác, cụ thể là biển tải trọng (hiện nay Cục Đường bộ VN quy định với cầu khai thác được tải trọng H-30 và XB 80 thì không cần cấm biển tải trọng).

- + Kiến nghị về chế độ duy tu, bảo dưỡng, chế độ khai thác nếu cần.
- + Kiến nghị về sửa chữa, ở đây cần nêu rõ bộ phận nào cần sửa chữa ngay, bộ phận nào có thể sửa chữa vào thời điểm thích hợp...

2.6 Kiểm toán cầu cũ

Đối với cầu cũ thường có hai phương pháp tính

2.6.1 Phương pháp thứ nhất

- Quy trình kiểm toán: Có thể dựa vào quy trình đã dùng để thiết kế cầu hoặc quy trình hiện hành.
- Tải trọng tính toán: Có thể là tải trọng đã dùng trong thiết kế hoặc tải trọng dự định khai thác.
- Thu thập tài liệu: Để kiểm toán cầu cũ việc thu thập tài liệu là rất quan trọng nhất là đối với cầu BTCT vì rất khó điều tra để xác định chính xác số liệu phục vụ cho tính toán, chẳng hạn như số lượng, đường kính cốt thép, cách bố trí cốt thép chủ trong cầu BTCT thường, số lượng, cách bố trí, lực kéo của cốt thép DUL vv.. .Càng thu thập được nhiều tài liệu công việc kiểm toán càng thuận lợi và kết quả kiểm toán càng đáng tin cậy.
- Xác định các đặc trưng hình học. Để xác định các đặc trưng hình học trước tiên cần đo kích thước các bộ phận công trình, sau đó căn cứ vào các hư hỏng để xác định đặc trưng hình học còn lại. Chẳng hạn đối với các thanh trong cầu dàn thép cần phải xác định tiết diện thu hẹp để kiểm tra điều kiện cường độ, diện tích tiết diện nguyên (đây không phải là diện tích tiết diện ban đầu mà là diện tích tiết diện ban đầu trừ đi phần tiêu hao chung, chẳng hạn gỉ đều trên toàn thanh) để kiểm tra ổn định vv..

Trong trường hợp cầu BTCT thường nếu không có số liệu về lượng cốt thép, cách bố trí cốt thép vv,.. cần thiết phải đục bỏ bê tông bên ngoài để xác định đường kính, số lượng, cách bố trí cốt thép. Với cầu BTCT DUL thì công việc dễ dàng hơn vì ở nước ta các cầu này mới được xây dựng từ khoảng 40 năm trở lại đây nên dễ dàng tìm được các cầu tương tự hoặc thu thập được các tài liệu phục vụ cho kiểm toán.

Xác định các đặc trưng cơ học: Cũng như đặc trưng hình học vẫn phải xác định lại các đặc trưng cơ học ngay cả khi đã thu thập được hồ sơ thiết kế và hồ sơ hoàn công bởi vì đặc trưng cơ học có thể thay đổi theo thời gian. Đối với cả cầu đường bộ và cầu đường sắt khi vật liệu chưa có hư hỏng nghiêm trọng như bê tông bị phong hoá, cốt thép bị gỉ nặng... thì chỉ cần biết một vài thông số chẳng hạn mác thép, đường kính cốt thép dự ứng lực ... tra các bảng trong qui trình Kiểm định cầu trên đường ô tô hoặc qui trình Kỹ thuật kiểm định cầu đường sắt sẽ có các đặc trưng cơ học của vật liệu, chẳng hạn

- Trong qui trình Kiểm định cầu trên đường ô tô cho

+ Cường độ tính toán cơ bản R_O của Thép hợp kim: 260MPa

Thép cacbon: 190 MPa

Thép đúc và thép không biết số hiệu

(không biết thành phần hoá học: 170MPa.

Thép CT2 làm đinh tán: 190 MPa

+ Mô đun đàn hồi của E

Cốt thép bất kể nguồn gốc, dầm thép : $2,1.10^5$ MPa

thép cường độ cao Ø5 : $1,8.10^5$ MPa

Thép bó xoắn: $2,0.10^5$ MPa

+ Ứng suất kéo căng ban đầu (ứng suất kiểm tra)

Với thép Ø5 : 1100 MPa

Với bó xoắn 7 sợi: 1120 MPa

- Trong quy trình Kỹ thuật kiểm định cầu đường sắt :

+ Cường độ tính toán của thép R_O :

Do Pháp sản xuất khi không có điều kiện lấy được mẫu thí nghiệm:

$1800T/m^2 = 180MPa$

Do Nga sản xuất CT3, M16C, CT2: 190 MPa

Mô đun đàn hồi E_t của

Thép làm cầu và thép CT3: $2,1.10^5$ MPa

Bê tông mác từ 140 đến 250: $0,14.10^5$ MPa khi tính ứng suất;

$0,27.10^5$ MPa khi tính biến dạng

Khi đã có số liệu dễ dàng tính được các công thức để kiểm toán cầu trong quy trình được chọn để kiểm toán.

2.6.2 Phương pháp thứ hai.

Đây là phương pháp tính đẳng cấp, phương pháp mà hiện ở nước Việt nam chỉ áp dụng cho cầu thép trên đường sắt, đây cũng chính là hạn chế của phương pháp. Trong qui trình Kỹ thuật kiểm định cầu đường sắt cũng nêu rõ khi tính toán phân đẳng cấp chỉ xét trong trạng thái giới hạn thứ nhất về cường độ, ổn định và mỏi, có nghĩa là ở đây không đề cập đến các tính toán về độ cứng và dao động...

Theo phương pháp này người tính đẳng cấp của các bộ phận cầu (thanh trong dàn, bản nút, dầm chủ, dầm dọc, dầm ngang ...) và đẳng cấp của tải trọng khai thác. Để có thể so sánh được các đẳng cấp này với nhau thì cần có một chuẩn nào đó, chuẩn chung ấy chính là đoàn tàu đơn vị kí hiệu là T1. Trong qui trình Thiết kế cầu cống theo trạng thái giới hạn đoàn tàu tiêu chuẩn là T-10 (tải trọng trục đầu máy là 10T, tải trọng phân bố đều của toa xe là 3,6T/m) do vậy tải trọng đơn vị có kích thước (khoảng cách trục của đầu máy...) như đoàn T-10 nhưng tải trọng bằng một phần mười của đoàn T10.

2.6.2.1 Đẳng cấp của các bộ phận cầu.

Đẳng cấp của một bộ phận cầu theo một điều kiện tính toán nào đó (độ bền, độ bền mỏi, ổn định) là tỷ số giữa nội lực cho phép của hoạt tải tính theo điều kiện ấy với nội lực do tải trọng đơn vị T1 sinh ra trên bộ phận đó .

$$K = \frac{[N_h]}{N_1} \quad (2-20)$$

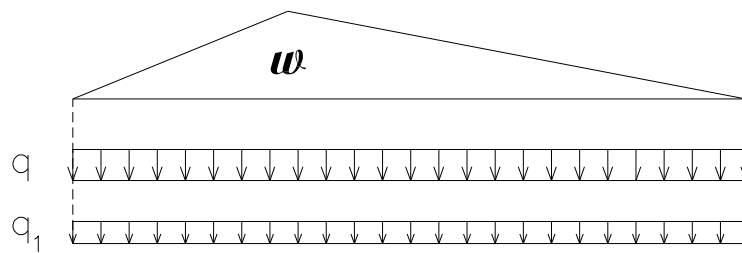
Trong đó:

K : đẳng cấp của bộ phận cầu

$[N_h]$: Nội lực cho phép do hoạt tải của bộ phận tính đẳng cấp

N_1 : Nội lực do tải trọng đơn vị của bộ phận tính đẳng cấp

Khi tính N có xét đến hệ số xung kích $(1 + \mu)$ nhưng không tính hệ số vượt tải



Hình 2-35:

Xét một bộ phận nào đó của kết cấu, giả sử theo điều kiện đang tính đường ảnh hưởng có diện tích ω (hình 2-35). Gọi q là hoạt tải rải đều tương đương cho phép của bộ phận kết cấu ứng với điều kiện tính; q_1 hoạt tải rải đều tương đương của đoàn tàu đơn vị T1 cũng trên đường ảnh hưởng đã có: $[N_h] = q\omega$

Do trong N có tính hệ số xung kích nên khi tính theo ứng suất cho phép

$$N_1 = q_1(1 + \mu)\omega$$

Thay vào ta có công thức 2-20:

$$K = \frac{q}{q_1(1 + \mu)}$$

Trong đó : $(1 + \mu)$ là hệ số xung kích của tải trọng T1, tính theo công thức $1 + \mu = 1 + \frac{18}{30 + \lambda}$ với λ là chiều dài đặt tải (m) trên đường ảnh hưởng, điều 2.22, quy trình Thiết kế cầu cống theo trạng thái giới hạn quy định $(1 + \mu)$ không được nhỏ hơn 1,2 khi tính theo điều kiện cường độ và không nhỏ hơn 1,1 khi tính về mỏi.

q_1 : Tải trọng phân bố đều đoàn T1 lấy bằng 1/10 của hoạt tải phân bố đều tương đương của đoàn tiêu chuẩn T10

q : Hoạt tải phân bố đều tương đương cho phép của bộ phận tính theo điều kiện cường độ, mỏi hay ổn định.

Áp dụng công thức (2-20) hoặc (2-21) có thể tính được đẳng cấp của các bộ phận cầu, sau đây ta xét cho một vài trường hợp cụ thể và hay gặp nhất.

a. Tính đẳng cấp của dầm chủ.

- Theo điều kiện cường độ (tính theo ứng suất cho phép)

$$\sigma = \frac{M}{W_{th}} \leq [\sigma]$$

từ đó có

$$[M] = [\sigma] W_{th}$$

Mặt khác: $[M] = M_t + [M_h]$ (a)

Trong đó:

M_t : mô men uốn do tĩnh tải, nếu gọi p là tĩnh tải của 1m dài cầu, n là số dầm, xem như tĩnh tải chia đều cho các dầm khi đó có: $M_t = \frac{p}{n} \omega$, với ω là diện tích đường ảnh hưởng

$[M_h]$: mômen uốn cho phép do hoạt tải

Thay $[M]$ và M_t vào (a) ta có:

$$[M_h] = [M] - M_t = [\sigma] W_{th} - \frac{p}{n} \omega \quad (b)$$

Nếu gọi M_1 là mômen uốn do tải trọng T1 sinh ra, η là hệ số phân bố ngang có:

$$M_1 = \eta q_1 (1 + \mu) \omega$$

Thay $[M_h]$ và M_1 vào công thức (2-20) ta có:

$$K = \frac{[M_h]}{M_1} = \frac{[\sigma] W_{th} - \frac{p}{n} \omega}{\eta q_1 (1 + \mu) \omega}$$

hay

$$K = \frac{[\sigma] W_{th} n - p \omega}{\eta q_1 (1 + \mu) \omega n} \quad (2-23)$$

Trong đó:

n : Số lượng dầm chủ

$[\sigma]$: Ứng suất cho phép của thép

W_{th} : Mômen chống uốn thu hẹp của diện tích mặt cắt

p : Tĩnh tải cho 1 m dài cầu

ω : Diện tích đường ảnh hưởng mômen uốn của mặt cắt tính

$(1 + \mu)$: Hệ số xung kích tính theo công thức (2-22)

q_1 : Tải trọng tương đương của đoàn T1

η : Hệ số phân bố ngang của hoạt tải, nếu cầu cầu đường sắt đơn $\eta = 0,5$

- Theo điều kiện ứng suất pháp (tính theo trạng thái giới hạn)

$$[M_h] = [M] - M_t$$

$$[M_h] = R_u W_{th} - \frac{p_u}{n} \omega$$

$$M_1 = \eta q_1 (1 + \mu) n_h \omega$$

Thay $[M_h]$ và M_1 vào công thức (2-20) ta có:

$$K = \frac{[M_h]}{M_1} = \frac{R_u W_{th} - \frac{p_u}{n} \omega}{\eta q_1 (1 + \mu) n_h \omega}$$

hay

$$K = \frac{R_u W_{th} n - p_u \omega}{\eta q_1 (1 + \mu) n_h \omega n}$$

Trong đó:

R_u : Cường độ tính toán của thép

p_u : tĩnh tải tính toán

n_h : hệ số tải trọng của hoạt tải

Các ký hiệu khác như công thức (2-23)

- Theo điều kiện về ứng suất tiếp (tính theo ứng suất cho phép)

$$[Q_h] = [Q] - Q_t = \frac{[\tau] J_{ng} b}{S_x} - \frac{p}{n} \omega \quad (a)$$

$$Q_1 = \eta q_1 (1 + \mu) \omega \quad (b)$$

Thay Q_1 và $[Q_h]$ vào công thức 2-20 ta có:

$$K = \frac{\frac{[\tau] J_{ng} b}{S_x} - \frac{p}{n} \omega}{\eta q_1 (1 + \mu) \omega}$$

hay

$$K = \frac{n[\tau] J_{ng} b - p \omega S_x}{S_x \eta q_1 (1 + \mu) \omega} \quad (2-25)$$

Trong đó:

$[\tau]$: Ứng suất tiếp cho phép

J_{ng} : Mômen quán tính của tiết diện nguyên đối với trục trung hoà x

S_x : Mômen tĩnh của phần diện tích từ trục trung hoà ra mép lấy đối với trục trung hoà x

b : Bề rộng mặt cắt tại trục trung hoà

ω : Diện tích đường ảnh hưởng lực cắt ở mặt cắt tính toán

Các ký hiệu khác như công thức (2-23)

- Theo điều kiện về ứng suất tiếp (tính theo trạng thái giới hạn)

$$[Q_h] = [Q] - Q_t = \frac{R_c J_{ng} b}{S_x} - \frac{p_u}{n} \omega \quad (c)$$

$$Q_t = \eta q_1 (1 + \mu) n_h \omega \quad (d)$$

Thay $[Q_h]$ và Q_t ở (c) và (d) vào công thức (2-20) ta có:

$$K = \frac{\frac{R_c J_{ng} b}{S_x} - \frac{p_u}{n} \omega}{\eta q_1 (1 + \mu) n_h \omega}$$

hay

$$K = \frac{n R_c J_{ng} b - p_u \omega S_x}{\eta q_1 (1 + \mu) n_h \omega n} \quad (2-26)$$

- Theo điều kiện bền mỏi (tính theo trạng thái giới hạn)

$$\sigma = \frac{M'}{W_{th}} \leq \gamma R_u$$

từ đó ta có

$$[M'] = \gamma R_u W_{th}$$

$$[M'] = M_t + [M_h] \text{ với } M_t = \frac{p}{n} \omega$$

$$[M_h] = [M'] - M_t = \gamma R_u W_{th} - \frac{p}{n} \omega \quad (2-27)$$

Trong đó: γ : Hệ số giảm cường độ tính toán khi xét mỏi

Các ký hiệu khác như trong các công thức trên

Tương tự như vậy có thể thành lập được các công thức tính theo điều kiện ổn định vv..

b. Tính đẳng cấp của các thanh trong dàn

- Theo điều kiện cường độ (tính theo trạng thái giới hạn)

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq [\sigma]$$

$$[N] = [\sigma] F_{th}$$

$$[N] = N_t + [N_h],$$

Trong đó N_t nội lực do tĩnh tải sinh ra: $N_t = \frac{p}{n} \omega$,

từ đó có: $[N_h] = [N] - N_t$

thay $[N]$ và N_t vào ta có:

$$[N_h] = [N] - N_t = [\sigma] F_{th} - \frac{p}{n} \omega \quad (a)$$

Nội lực do đoàn tải trọng đơn vị T1 sinh ra

$$N_1 = \eta q_1 (1 + \mu) \omega \quad (b)$$

Thay (a) và (b) vào công thức (2-20) ta có:

$$K = \frac{[\sigma] F_{th} - \frac{p}{n} \omega}{\eta q_1 (1 + \mu) \omega}$$

hay

$$K = \frac{[\sigma] F_{th} n - p \omega}{\eta q_1 (1 + \mu) \omega n} \quad (2-28)$$

- Theo điều kiện cường độ (tính theo trạng thái giới hạn)

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq R_o$$

$$[N] = R_o F_{th}$$

$$N_t = \frac{p}{n} \omega,$$

Do đó

$$[N_h]_t = R_o F_{th} - \frac{p}{n} \omega \quad (a)$$

Nội lực do đoàn tải trọng đơn vị sinh ra

$$N_1 = \eta n q_1 (1 + \mu) \omega \quad (b)$$

Thay (a) và (b) vào công thức (2-20) ta có:

$$K = \frac{R_o F_{th} - \frac{p_u}{n} \omega}{\eta q_1 (1 + \mu) n_h \omega}$$

hay

$$K = \frac{R_o F_{th} n - p_u \omega}{\eta q_1 (1 + \mu) \omega n n_h} \quad (2-29)$$

Tương tự như trên ta có công thức đẳng cấp của thanh theo điều kiện độ bền mỗi khi tính theo ứng suất cho phép và khi tính theo trạng thái giới hạn

$$K = \frac{n \cdot \gamma \cdot [\sigma] \cdot F_{th} - p \cdot \omega}{\eta \cdot q_1 \cdot (1 + \mu) \cdot n \cdot \omega} \quad (2-30)$$

$$K = \frac{R_o F_{th} n \gamma - p_u \omega}{\eta q_1 (1 + \mu) \omega n n_h} \quad (2-31)$$

Các công thức tính đẳng cấp theo điều kiện ổn định

$$K = \frac{n \varphi [\sigma] F_{ng} - p \omega}{\eta q_1 (1 + \mu) n \omega} \quad (2-32)$$

$$K = \frac{R_o F_{ng} n \varphi - p_u \omega}{\eta q_1 (1 + \mu) \omega n n_h} \quad (2-33)$$

Các ký hiệu trong các công thức từ (2-28) đến (2-30) giống như trên, chỉ số F_{th} và F_{ng} là diện tích thực và diện tích nguyên của mặt cắt ngang thanh.

Qua các công thức ở trên nhận thấy một bộ phận của kết cấu sẽ có nhiều đẳng cấp khi tính toán theo các điều kiện khác nhau. Đẳng cấp của bộ phận kết cấu là giá trị nhỏ nhất của các đẳng cấp tính theo các điều kiện khác nhau. Đẳng cấp của kết cấu là đẳng cấp thấp nhất của các bộ phận.

2.6.2.2. Đẳng cấp của hoạt tải

Đẳng cấp của hoạt tải nào đó là tỷ số giữa nội lực do tải trọng đó với nội lực do tải trọng đơn vị T1 sinh ra trên cùng bộ phận kết cấu.

$$K_{ht} = \frac{N_{ht}}{N_1} \quad (2-34)$$

Trong đó:

K_{ht} : Đẳng cấp của hoạt tải

N_{ht} : Nội lực do hoạt tải sinh ra

N_1 : Nội lực do tải trọng đơn vị T1 sinh ra

Ở đây

$$N_1 = \eta n_h q_1 (1 + \mu) \omega$$

$$N_{ht} = \eta n_h q_{td} (1 + \mu) \omega$$

Do η như nhau và n_h như nhau, riêng $(1 + \mu)$ có thể khác nhau vì trong quy trình quy định các đoàn tàu có đầu máy khác nhau thì công thức $(1 + \mu)$ khác nhau

$$\text{Đầu máy hơi nước: } 1 + \mu = 1 + \frac{27}{30 + \lambda} \quad (2-35)$$

$$\text{Đầu máy diesel và điện: } 1 + \mu = 1 + \frac{21}{30 + \lambda} \quad (2-36)$$

Thay N_t và N_{ht} vào công thức (2-34) ta có

$$K_{ht} = \frac{N_{ht}}{N_1} = \frac{q_{td}(1 + \mu_h)}{q_1(1 + \mu)} \quad (2-37)$$

Trong đó:

q_{td}, q_1 : tải trọng phân bố đều tương đương của hoạt tải và của tải trọng đơn vị T1

$(1 + \mu_h), (1 + \mu)$: hệ số xung kích của hoạt tải và của tải trọng đơn vị T1

Áp dụng công thức (2-37) để tính đẳng cấp của hoạt tải sẽ nhanh chóng hơn so với công thức (2-34), tuy nhiên khi không có bảng tra q_{td} thì phải sử dụng công thức (2-34). Trong các bảng tra tải trọng phân bố đều tương đương người ta đã đặt tải ở vị trí bất lợi nhất, do vậy khi tính N_{ht} mà không dùng tải trọng phân bố đều tương đương thì phải đặt tải trọng ở vị trí bất lợi nhất (xem cơ học kết cấu)

Với mỗi bộ phận kết cấu có một đường ảnh hưởng để tính nội lực bất lợi nhất do vậy mỗi bộ phận kết cấu có một đẳng cấp của hoạt tải.

2.6.2.3 Ý nghĩa việc tính đẳng cấp của bộ phận kết cấu và đẳng cấp của hoạt tải

Giả sử có một bộ phận nào đó của kết cấu có đẳng cấp lớn hơn đẳng cấp của hoạt tải, khi đó từ công thức (2-20) và (2-34) có

$$\frac{[N_h]}{N_t} > \frac{N_h}{N_t}$$

hay

$$[N_h] > N_h$$

Nội lực cho phép do hoạt tải sinh ra của bộ phận kết cấu lớn hơn nội lực do hoạt tải, do vậy bộ phận làm việc an toàn.

Từ đó rút ra:

Khi $K \geq K_{ht}$ bộ phận kết cấu làm việc được

$K < K_{ht}$ bộ phận kết cấu không chịu được hoạt tải

Như vậy, mục đích tính đẳng cấp của bộ phận kết cấu và đẳng cấp của hoạt tải là để xét xem bộ phận kết cấu có làm việc được với tải trọng đó không. Khi bộ phận kết cấu không làm việc được với tải trọng, người ta tiến hành kiểm tra xem điều kiện làm việc nào (cường độ, ổn định hay mỏi) có đẳng cấp nhỏ hơn từ đó có giải pháp khắc phục thích hợp, chẳng hạn nếu điều kiện ổn định của thanh không đảm bảo thì có thể khắc phục bằng cách làm giảm chiều dài tự do của thanh đi, .. . khi điều kiện cường độ không đảm bảo có thể tăng tiết diện thanh vv..

Trước đây ở nước ta phương pháp tính đẳng cấp chỉ tính theo ứng suất cho phép, tuy nhiên trong quy trình Kỹ thuật kiểm định cầu đường sắt đã tính cả theo trạng thái giới hạn.

CHƯƠNG III

SỬA CHỮA CẦU CŨ

3.1. Vật liệu để sửa chữa cầu cũ.

Vật liệu để sửa chữa cầu cũ có thể là thép, bê tông thường, vữa polyme..., trong đó thép, vữa xi măng cát, bê tông thường ...là những vật liệu rất quen thuộc nên ở đây chỉ xét các vật liệu như keo êpôxy, vữa polyme, bê tông polyme và các vật liệu cấu tạo nên chúng như xi măng, cát vàng đá dăm, nhựa êpôxy.

3.1.1. xi măng.

Trong các vật liệu như vữa polyme, bê tông polyme, xi măng được xem là chất độn. Để dùng trong các vật liệu này xi măng phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Khô, không đóng cục.
- Lọt qua lỗ sàng 0,1 mm.
- Nếu dùng keo êpôxy, vữa polyme, bê tông polyme độ ẩm của xi măng phải nhỏ hơn hay bằng 0,1%.

3.1.2. Cát vàng.

Cát vàng phải đáp ứng các yêu cầu sau:

- Cát phải sạch, không lẫn đất, tạp chất cụ thể là :
 - + Hàm lượng muối Sunphát và Sunfít tính đổi ra SO_3 không lớn hơn 1% khối lượng cát.
 - + Hàm lượng bùn, bụi đất, bụi sét nhỏ hơn 1% khối lượng cát.
 - + Hàm lượng chất hữu cơ đạt tiêu chuẩn theo phương pháp so màu.
- Nếu dùng trong vữa polyme, bê tông polyme thì độ ẩm của cát vàng phải nhỏ hơn hay bằng 0,1%. Nếu độ ẩm không đảm bảo trước khi sử dụng phải phơi hoặc sấy.

Để đảm bảo độ sạch và độ ẩm trước khi dùng cát vàng phải được bảo quản cẩn thận.

3.1.3. Đá dăm.

Đá dăm dùng trong bê tông polyme cần đạt các yêu cầu sau:

- Kích thước hạt từ 0,5mm đến 2mm.
- Sạch, không lẫn tạp chất cụ thể là:
 - + Hàm lượng bùn sét không quá 0,5%.

- + Không chứa các hạt cốt liệu nhẹ, mềm xốp, dễ vỡ.
- + Lượng ngậm tạp chất hữu cơ đạt yêu cầu tiêu chuẩn theo phương pháp thí nghiệm so mẫu.
- Độ ẩm của đá dăm phải nhỏ hơn 0,5%.

3.1.4. Nhựa êpôxy.

Nhựa êpôxy là chất hoá học có tính dính bám tốt với một số vật liệu khác như gỗ, thép, bê tông, đá v.v... Trong quá trình đông cứng để tạo thành keo êpôxy, vữa polyme, bê tông polyme không sinh ra nước hay chất bay hơi và tạo thành vật liệu có độ bền cao, chống thấm tốt, co ngót rất ít.

Nhựa êpôxy thường dùng hiện nay ở Việt Nam là nhựa êpôxy do Nga sản xuất (ký hiệu là ED) hoặc do Trung Quốc sản xuất.

Khi sử dụng cần quan tâm đến chỉ số êpôxy trong nhựa, đó là một đặc trưng cấu tạo được tính bằng tỷ lệ phần trăm giữa trọng lượng của nhóm êpôxy với trọng lượng phân tử của loại nhựa, có thể tham khảo chỉ số êpôxy của một số loại nhựa như trong bảng 3.1.

Bảng 3.1

TÍNH NĂNG CỦA MỘT SỐ LOẠI NHỰA ÊPÔXY

STT	Ký hiệu của nhựa êpôxy	Trọng lượng phân tử (dvo)	Nhiệt độ chảy mềm (°C)	Chỉ số êpôxy (%)
1	ED-5	400	5÷7	25÷27
2	ED-6	500	3÷7	14÷18
3	ED-40	600	-	16÷21
4	ED-13	1500	50÷55	8÷10
5	ED-15	2500	60÷75	5÷7
6	ED-16	500	2÷5	16÷18
7	ED-20	420	2÷7	19,9÷22
8	ED-22	400	2÷8	22,9÷23,5

Nhựa êpôxy dùng để pha keo êpôxy, vữa pôlyme, bê tông pôlyme thường có các chỉ số êpôxy từ $(14\div 18)\%$.

3.1.5. Chất hoá dẻo.

Khi trộn với nhựa êpôxy, chất hoá dẻo làm tăng tính dẻo của hỗn hợp, giảm co ngót, tăng khả năng chịu rung động, chịu va đập, giảm độ nhớt và kéo dài thời gian thi công, do đó chất hoá dẻo được dùng trong keo êpôxy, vữa pôlyme, bê tông pôlyme.

Các chất hoá dẻo là hợp chất Cacbuahydro và các chất dẫn xuất có trọng lượng phân tử thấp. Thông dụng nhất là các chất polyeste, peclorovinyl, thiokel, dibutinfталat.

3.1.6. Chất hoá rắn.

Chất hoá rắn dùng pha trong hỗn hợp keo êpôxy, vữa pôlyme, bê tông pôlyme để tạo ra vật liệu đông cứng nhanh.

Trong sửa chữa cầu cống chất hoá rắn thường được dùng có phản ứng hoá học với nhựa êpôxy ở nhiệt độ bình thường (từ 15°C đến 17°C) nên gọi là chất hoá rắn nguội, là các amin với một nhóm amin như: atylen diamin, tetra etylen pentamin, polyetylen polyamin...ở thể lỏng, màu vàng nâu, dễ bay hơi và độc hại với sức khoẻ của con người nên khi thi công phải có khẩu trang và găng tay bảo hộ lao động v.v...

3.1.7. Chất độn.

- Chất độn là chất được trộn vào trong keo êpôxy, vữa pôlyme hay bê tông pôlyme để làm tăng dính bám của hỗn hợp vào bề mặt của kết cấu, đồng thời tiết kiệm nhựa êpôxy. Chất độn thường là những chất gần giống với những tính chất của vật liệu kết cấu cần sửa chữa. Chất độn có thể ở dạng bột (ximăng, bột đá) hoặc ở dạng sợi.

- Ximăng Pooclăng có mác từ 30 (MPa) trở lên đều có thể làm chất độn. Độ ẩm của ximăng càng cao thì cường độ của hỗn hợp đã đông cứng càng giảm, do đó độ ẩm của ximăng như đã nêu ở trên phải nhỏ hơn 0,1% khi dùng trong hỗn hợp keo êpôxy, vữa pôlyme hay bê tông pôlyme.

- Bột đá cũng có thể làm chất độn, khi đó bột đá phải thoả mãn các yêu cầu sau:

- + Đảm bảo độ mịn.
- + Độ ẩm nhỏ hơn 0,1%.
- + Không chứa tạp chất hữu cơ, bùn, sét.

- Chất độn dạng sợi còn làm tăng các đặc trưng cơ lý của hỗn hợp như khả năng chống nứt, chống thấm v.v...Sợi làm chất độn thường sản xuất từ 100% polypropylen nguyên chất có chiều dài sợi nhỏ hơn 20mm, độ hút ẩm %.

3.1.8. Keo épôxy.

- Keo Êpôxy là hỗn hợp của nhựa Êpôxy, chất hoá dẻo, chất hoá rắn và chất độn. Tỷ lệ các thành phần có thể tham khảo bảng 3.2

Bảng 3.2

MỘT VÀI TỶ LỆ THÀNH PHẦN KEO ÊPÔXY

ST T	Công thức	I	II	III	IV	V
	Nhiệt độ thi công ($^{\circ}\text{C}$)	5÷15	15÷20	20÷25	25÷35	35÷40
	Thành phần	Tỷ lệ (% trọng lượng)				
1	Nhựa épôxy (ED-6)	100	100	100	100	100
2	Chất hoá dẻo (Dibutinfталat)	20	20	15	15	15
3	Chất hoá rắn (Polyetylen-polyamin)	10	10	10	10	10
4	Ximăng P50 qua sàng 0,1mm và sấy ở nhiệt độ 110°C	100÷125	150	150	170÷200	200÷250

- Thời gian sống của keo épôxy là thời gian tính từ khi trộn chất hoá rắn vào hỗn hợp cho đến khi đông cứng thường từ 1 đến 3 giờ, thời gian này tùy thuộc vào loại nhựa épôxy, chất hoá rắn, tỷ lệ pha trộn và nhiệt độ môi trường, do đó tốt nhất là phải tiến hành thí nghiệm tại hiện trường để xác định thời gian sống của keo và có kế hoạch thi công cho phù hợp.

- Có thể pha trộn keo épôxy theo trình tự sau:

- + Cân nhựa épôxy và chất dẻo theo tỷ lệ thành phần đã thiết kế, trộn lẫn và đun nóng đến nhiệt độ 80°C , khuấy đều hỗn hợp cho đến khi đồng nhất.

- + Giữ hỗn hợp ở nhiệt độ 80°C , rắc bột xi măng hoặc bột đá, vừa rắc bột vừa khuấy cho đến khi hết bột, sau đó tiếp tục khuấy cho đến khi đều (thường từ 5 đến 10 phút).
- + Khi đã khuấy đều giữ nhiệt độ ở 80°C để thoát hết bọt khí trong hỗn hợp, dấu hiệu thoát hết bọt khí là không còn bọt sủi lên bề mặt (thời gian thường từ 15 đến 20 phút).
- + Để nguội đến nhiệt độ môi trường, đổ đều chất hoá rắn lên bề mặt hỗn hợp, khuấy đều hỗn hợp cho đến khi đồng nhất về màu sắc và độ sệt (thời gian thường từ 5 đến 10 phút).
- + Khi nhiệt độ môi trường lớn hơn hay bằng 25°C có thể trộn hỗn hợp theo trình tự trên mà không cần đun nóng đến nhiệt độ 80°C .

Ở Việt Nam trong nhiệt độ bình thường và khi khối lượng không lớn người ta thường đổ lẫn và trộn đều hỗn hợp nhựa epôxy, chất hoá dẻo, chất hoá rắn sau đó rắc bột và khuấy đều.

- Sau khi đã trộn đều cần nhanh chóng sử dụng để keo không bị đông cứng trước khi thi công.
- Chất lượng của keo epôxy được đánh giá thông qua thí nghiệm mẫu. Thường thí nghiệm ít nhất 3 mẫu, kích thước mẫu $2 \times 2 \times 2$ (cm)

3.1.9. Vữa polyme.

- Vữa polyme là hỗn hợp của nhựa epôxy, chất hoá dẻo, chất hoá rắn, chất độn và cát vàng khô. Như vậy có thể nói vữa polyme (hay còn gọi là bê tông hạt mịn) là hỗn hợp của keo epôxy và cát vàng khô.
- Trong thành phần của vữa polyme sau khi chọn tỷ lệ xi măng/cát cần phải chọn tỷ lệ keo epôxy thích hợp sao cho keo lấp đầy lỗ rỗng của cát để đảm bảo hỗn hợp có mật độ cao nhất. Cần phải tiến hành thí nghiệm tại hiện trường để chọn tỷ lệ thành phần vật liệu hợp lý, đồng thời xác định thời gian đông cứng của vữa polyme. Khi nhiệt độ môi trường từ 20°C đến 25°C có thể tham khảo các tỷ lệ thành phần vật liệu như trong bảng 3.3.

Bảng 3.3

MỘT VÀI TỶ LỆ THÀNH PHẦN VỮA PÔLYME

STT	Thành phần	Tỷ lệ (%) theo trọng lượng		
		1	2	3
1	Cát vàng khô	100	100	100
2	Nhựa Êpoxi ED-6	18÷20	20÷22,5	24÷25,6
3	Chất hoá dẻo (Dibutinfталat)	2,8÷3	3÷3,4	3,6÷3,9
4	Chất hoá rắn (Polyetylen-polyamin)	1,9÷2	2÷2,3	2,4÷2,6
5	Ximăng	30	40	50

- Ở nhiệt độ môi trường bình thường có thể trộn vữa polyme theo trình tự sau:

+ Cân các loại vật liệu theo tỷ lệ thành phần thiết kế thông qua thí nghiệm tại hiện trường.

+ Đổ cát, sau đó đổ ximăng trên cát và trộn cho đến khi đều, kiểm tra sự đồng đều thông qua màu sắc của hỗn hợp.

+ Đổ chất hoá dẻo vào nhựa epôxy, trộn đều sau đó đổ chất hoá rắn vào khuấy đều, có thể đổ cả ba vật liệu vào rồi khuấy đều.

+ Đổ hỗn hợp nhựa epôxy, chất hoá dẻo, chất hoá rắn vào hỗn hợp cát vàng ximăng và trộn đều. Đánh giá độ đồng đều thông qua màu sắc và độ dẻo của hỗn hợp.

Khi vữa đã trộn đều cần nhanh chóng đưa vào sử dụng.

- Chất lượng của vữa polyme được đánh giá thông qua thí nghiệm mẫu. Thường thí nghiệm ít nhất 3 mẫu, kích thước mẫu 2x2x2 (cm)

3.1.10. Bê tông polyme.

- Bê tông polyme là hỗn hợp của đá dăm, cát vàng, ximăng, chất hoá dẻo, chất hoá rắn, nhựa epôxy, như vậy có thể nói bê tông polyme là hỗn hợp của đá dăm và vữa polyme .

- Trong thành phần của bê tông polyme nếu đường kính đá dăm là 10mm thì tỷ lệ phần trăm theo trọng lượng của đá dăm, cát vàng và ximăng tương ứng là 15%; 69% và 16% khi đó hàm lượng của hỗn hợp nhựa epôxy, chất hoá dẻo, chất hoá rắn thích hợp là 12% trọng lượng toàn bộ. Từ đó có một ví dụ tham khảo về thành phần của bê tông polyme với đá dăm 10mm như sau: Đá dăm

13,4%; cát vàng 61,5%; xi măng 14,3%; nhựa êpôxy 8,6%; chất hoá dẻo (Dibutinfitalat) 1,3% và chất hoá rắn (Polyetylen-polyamin) 0,9%.

- Thời gian đông cứng của bê tông polyme phụ thuộc vào tỷ lệ thành phần vật liệu, nhiệt độ, độ ẩm v.v... của môi trường nên cần phải tiến hành thí nghiệm tại hiện trường để đồng thời xác định tỷ lệ thành phần và thời gian đông cứng của bê tông để có kế hoạch chuẩn bị vật liệu và bố trí thời gian thi công cho phù hợp.

- Trong nhiệt độ bình thường có thể pha trộn bê tông polyme theo trình tự sau:

- + Cân các loại vật liệu theo tỷ lệ đã thiết kế.
- + Trộn đều xi măng với cát vàng, đổ hỗn hợp vào đá dăm và trộn đều.
- + Trộn đều hỗn hợp nhựa êpôxy và chất hoá dẻo, sau đó đổ chất hoá rắn vào nhựa êpôxy rồi khuấy đều.
- + Đổ hỗn hợp nhựa êpôxy, chất hoá dẻo, chất hoá rắn vào hỗn hợp cát vàng, xi măng, đá dăm và trộn cho đến khi đều. Đánh giá độ đồng đều qua màu sắc và độ sệt của hỗn hợp.

Khi bê tông đã trộn xong cần nhanh chóng đưa vào sử dụng.

- Chất lượng của vữa polyme được đánh giá thông qua thí nghiệm mẫu. Thường thí nghiệm ít nhất 3 mẫu, kích thước mẫu 2x2x2 (cm)

3.2. Sửa chữa các hư hỏng ở cầu BTCT thường và cầu BTCT DUL

3.2.1. Các hư hỏng thường gặp.

Trong cầu BTCT thường và BTCT dự ứng lực hay có các hư hỏng sau:

- Rỗ bê tông.
- Tróc mảng, vỡ bê tông để lộ cốt thép thường hoặc thép dự ứng lực, cốt thép lộ ra đã bị gỉ, thậm chí gỉ đứt.
- Nứt bê tông.
- Cường độ của bê tông bị suy giảm.
- Thẩm nước qua bê tông, cốt thép trong bê tông bị gỉ.
- Đứt cáp dự ứng lực ngang liên kết giữa các dầm chủ lắp ghép.

Tuỳ từng hư hỏng cụ thể mà có phương pháp sửa chữa, sau đây là các sửa chữa thường dùng hiện nay.

3.2.1. Sửa chữa tình trạng rỗ bê tông

3.2.1.1. Nguyên nhân của tình trạng rỗ bê tông

Có nhiều nguyên nhân sinh ra rỗ bê tông, các nguyên nhân này chủ yếu nằm trong giai đoạn thi công bê tông, ở một số cầu do không được sửa chữa ngay sau khi thi công nên tình trạng rỗ bê tông còn tồn tại ngay cả trong các cầu đang khai thác và trên cả các cầu đã cũ.

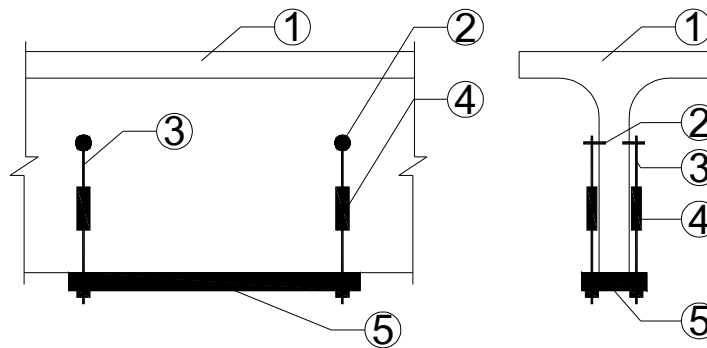
Các nguyên nhân chính của tình trạng rỗ bê tông là:

- Khi thi công ghép ván khuôn không tốt, không khít, ván khuôn bị biến dạng khi đổ bê tông làm cho bê tông bị mất nước và chất kết dính gây ra rỗ bê tông.
- Đầm bê tông không tốt, bê tông không lấp đầy thể tích khối đúc nhất là ở vị trí có nhiều cốt thép, vị trí có chiều dày lớp bê tông bê tông bảo vệ mỏng.
- Trộn bê tông không đều, chỗ nhiều cốt liệu bê tông có độ sụt nhỏ.
- Đổ bê tông không đúng kỹ thuật dẫn đến bê tông bị phân tầng, lớp đổ trước cách lớp đổ sau một thời gian dài và giải quyết mặt tiếp xúc giữa hai lớp không tốt.

3.2.1.2. Phương pháp sửa chữa.

- Làm sạch bề mặt trong phạm vi bê tông bị rỗ, cụ thể là:
 - + Đục bỏ phần bê tông bị rỗ bao gồm cả phần bê tông đã bị hư hỏng, đã bị rêu phủ v.v... xung quanh chỗ rỗ.
 - + Tẩy gỉ cốt thép nếu ở vùng bê tông rỗ có lộ cốt thép và cốt thép lộ ra đã bị gỉ, trong phạm vi hẹp có thể tẩy gỉ cốt thép bằng bàn chải sắt.
 - + Làm sạch bề mặt và chuẩn bị bề mặt để trám vá, nếu trám vá bằng vữa xi măng cát hoặc bê tông thường thì sau khi làm sạch cần tưới ướt toàn bộ bề mặt, trái lại nếu trám vá bằng vữa polyme hay bê tông polyme thì sau khi làm sạch có thể bằng cách phun nước cần làm khô bề mặt.
- Trám vá bằng vữa hoặc bê tông.
 - + Dùng bay trám vật liệu đã trộn vào bề mặt cần trám vá, lực ép tạo ra cần đảm bảo cho vật liệu bám chắc vào bề mặt. Nếu lớp trám vá dày cần trám vá nhiều lần để hỗn hợp không bị rơi. Sau khi trám vá phải làm phẳng bề mặt bằng bay hoặc bàn xoa.

- + Khi lớp trám vá dày, nhất là trám vá vào mặt đáy dầm, đáy bản và khi bê tông hay vữa chưa đông cứng vẫn cho xe cộ lưu thông trên cầu thì cần thiết phải có ván khuôn treo (hình 3-1), sau khi trám vá phải xiết bulông hoặc tăng đơ để ván khuôn ép chặt bê tông hoặc vữa vào bề mặt trám vá, khi vữa hoặc bê tông đã đông cứng mới tháo dỡ ván khuôn và hoàn thiện bề mặt.
- + Chỉ được thi công khi trời không mưa hoặc có mưa nhưng không ảnh hưởng đến phạm vi cần trám vá. Nếu trám vá bằng vữa polyme hoặc bê tông polyme phải đảm bảo bề mặt trám vá hoàn toàn khô.
- + Trong thời gian từ lúc bắt đầu trám vá đến khi vữa hoặc bê tông đã đông cứng nếu cầu đang khai thác thì cần hạn chế tốc độ xe qua cầu (khi xe chạy với tốc độ lớn có tác động xấu đến bê tông hoặc vữa mới trám vá).
- Bảo dưỡng vữa hoặc bê tông cho đến khi đông cứng, tháo dỡ ván khuôn(nếu có) và hoàn thiện.



Hình 3-1. Ván khuôn treo

1 – Dầm bản thép; 2 – Chốt cắm vào bê tông để treo ván khuôn

3 – Dây treo hoặc thanh treo; 4 – Tăng đơ; 5 – Ván khuôn

3.2.2. Nứt bê tông

3.2.1.1. Nguyên nhân và vị trí xuất hiện vết nứt

- Vết nứt do chịu lực

+ Vết nứt do ứng suất pháp. Vết nứt này xuất hiện ở vùng chịu kéo của bê tông tại mặt cắt có mômen uốn lớn (về giá trị tuyệt đối) như mặt cắt giữa nhịp hoặc gần giữa của nhịp giản đơn, mặt cắt giữa hoặc gần giữa, mặt cắt trên trụ trung gian hoặc lân cận mặt cắt này của các nhịp liên tục, nút thừa. Các vết nứt này có phương vuông góc hoặc gần vuông góc với trục dầm và có độ mở rộng

nhỏ dần về phía vùng chịu nén của bê tông. Trong các cầu bê tông cốt thép thường vết nứt thẳng góc (cách gọi khác của vết nứt do ứng suất pháp) xuất hiện khá phổ biến, đánh giá mức độ nguy hiểm của vết nứt dựa vào hai tiêu chuẩn: Độ mở rộng vết nứt tổng cộng (do cả tĩnh tải và hoạt tải sinh ra) và vết nứt do hoạt tải sinh ra co khép lại không khi không còn hoạt tải trên cầu. Nếu độ mở rộng vết nứt tổng cộng nhỏ hơn độ mở rộng vết nứt cho phép (tùy theo quy trình, giá trị này có thể từ 0,2mm đến 0,3mm), đồng thời vết nứt do hoạt tải sinh ra khép lại khi không còn hoạt tải trên nhịp đo hoặc trên cầu thì vết nứt chưa gây nguy hiểm cho sự làm việc của kết cấu, cần quan tâm là hơi ẩm hoặc nước mưa có thể thấm qua vết nứt làm gỉ cốt thép bên trong để có giải pháp bảo vệ cốt thép.

+ Vết nứt xiên góc là vết nứt phát sinh do ứng suất kéo chủ, do đó vết nứt thường vuông góc hoặc gần vuông góc với phương của ứng suất kéo chủ và xuất hiện ở đoạn dầm mà tại đó mômen uốn và lực cắt cùng lớn, với dầm giản đơn đó là đoạn từ gối đến mặt cắt 1/4nhịp, với dầm liên tục và nút thừa còn ở cả đoạn từ gối trung gian về hai phía. Các vết nứt xiên thường có độ nghiêng so với đường thẳng đứng tăng dần từ gối ra và có độ mở rộng giảm dần về phía vùng chịu nén của bê tông.

+ Vết nứt dọc: vết nứt dọc do ứng suất tiếp sinh ra. Tại mặt cắt có lực cắt lớn, trên mặt cắt xuất hiện ứng suất tiếp có giá trị lớn và cùng phương với lực cắt, theo định luật đối ứng của ứng suất tiếp, trên mặt cắt vuông góc với nó cũng có ứng suất tiếp tương ứng và chính ứng suất này làm phát sinh vết nứt dọc. Trên các dầm vết nứt dọc xuất hiện ở đoạn dầm có lực cắt lớn (đoạn gần gối), phương của vết nứt song song hoặc gần song song với trục dầm và có độ mở rộng vết nứt nhỏ dần từ gối ra. Ở dầm chữ T vết nứt này thường xuất hiện ở chỗ tiếp giáp giữa cánh dầm và sườn dầm.

+ Vết nứt cục bộ: vết nứt cục bộ xuất hiện xung quanh vị trí tại đó ứng suất nén cục bộ lớn như trên gối, đầu neo v.v... Các vết nứt này có độ mở rộng nhỏ dần theo hướng xa dần vị trí có ứng suất nén cục bộ lớn.

- Vết nứt do co ngót: theo thời gian vết nứt do co ngót trong bê tông có thể làm phát sinh các vết nứt, vết nứt do co ngót thường rộng ở giữa, nhỏ dần về hai đầu và có thể sắp xếp gần như song song theo phương vuông góc với ứng suất co

ngót. Trong sửa chữa cầu cống, tại vị trí có trám vá, đổ thêm bê tông rất hay xuất hiện vết nứt ở chỗ tiếp giáp giữa bê tông mới và bê tông cũ hay giữa vữa mới trát thêm với bê tông cũ. Vữa polyme, bê tông polyme co ngót ít nên rất thích hợp cho sửa chữa cầu cống.

- Vết nứt do phản ứng cốt liệu ALKALI : Hiện tượng này xảy ra khi trong bê tông có chứa một lượng muối và khi có nước thì gây ra phản ứng cốt liệu. Đặc trưng của vết nứt do hiện tượng này là vết nứt mạng như tổ ong, một số vết nứt dọc theo cốt thép chủ, dọc theo cáp dự ứng lực, nứt ở gối cũng có thể có nguyên nhân của phản ứng cốt liệu ALKALI.

- Vết nứt do chiều dày bê tông bảo vệ không đủ. Khi lớp bê tông bảo vệ mỏng hơi ẩm và nước thấm vào làm gỉ cốt thép, cốt thép gỉ trương nở thể tích đẩy nứt và đẩy vỡ lớp bê tông bên ngoài. Vết nứt này thường nằm dọc theo cốt thép kể cả cốt thép chủ, cốt thép đai và các cốt thép khác và có độ mở rộng phụ thuộc rất nhiều vào mức độ gỉ của cốt thép.

3.2.2.2. Phương pháp sửa chữa.

Phương pháp sửa chữa vết nứt phụ thuộc vào bề rộng của vết nứt, với các vết nứt nhỏ hơn 0,3mm thường phủ lên bề mặt vết nứt một lớp keo để ngăn không cho hơi ẩm, nước thấm vào làm gỉ cốt thép. Với các vết nứt lớn hơn 0,3mm có thể bơm keo hoặc bơm vữa vào vết nứt để bảo vệ cốt thép.

- Trình tự sửa chữa khi vết nứt có độ mở rộng nhỏ hơn 0,3mm:

+ Chuẩn bị bề mặt: làm sạch bề mặt vết nứt bằng bàn chải sắt hoặc bằng phun cát, phun hạt gang. Sau khi làm sạch cần dùng hơi ép hoặc rửa nước để rửa hết bụi bám trên mặt. Nếu lớp phủ bề mặt là keo epôxy hoặc sơn gốc epôxy thì sau khi làm sạch cần làm khô bề mặt.

+ Quét lên bề mặt vết nứt một lớp keo epôxy, sơn gốc epôxy hoặc nước xi măng để nước, hơi ẩm không thấm qua vết nứt làm gỉ cốt thép ở bên trong.

- Trình tự sửa chữa khi vết nứt có độ mở rộng lớn hơn 0,3mm.

+ Đục rộng bề rộng vết nứt, nếu phát hiện thấy bê tông ở hai bên vết nứt bị hư hỏng hoặc có rêu bám.

- + Dọc theo vết nứt khoan các lỗ để cắm đầu bơm, khoảng cách giữa các lỗ khoan từ 20 đến 50cm, đường kính lỗ khoan từ 0,9 đến 1cm, chiều sâu lỗ khoan tùy theo chiều sâu của vết nứt nhưng không nhỏ hơn 2,5cm.
- + Làm sạch bề mặt bên ngoài vết nứt bằng bàn chải sắt, phun cát hoặc phun hạt gang, đồng thời làm sạch bên trong của vết nứt bằng cách xối nước áp lực mạnh, thổi khí ép. Không được dùng axit để làm sạch bên trong vết nứt.
- + Cắm vào mỗi lỗ khoan một đầu bơm, đầu bơm thường được làm bằng kim loại có đường kính ngoài phù hợp với đường kính lỗ khoan, đường kính trong từ 0,2cm đến 0,4cm, chiều dài bằng chiều sâu cắm trong lỗ khoan (thường từ 2,5cm đến 3cm) cộng thêm 2,5cm đến 3cm để cắm vào bơm.
- + Phủ lên bề mặt vết nứt (phần không đục rộng) một lớp keo dày để khi bơm keo hoặc vữa bơm không theo vết nứt trào lên bề mặt.
- + Chuẩn bị keo, vữa, máy bơm keo để bơm keo vào vết nứt, máy bơm phải có áp lực lớn hơn 20 atm ở 1 phút,
- + Nếu vết nứt có đục rộng thì ở chỗ đục rộng chỉ dùng bay trám vữa vào vết nứt, sau đó vẫn dùng bay miết và làm phẳng bề mặt.
- + Bơm vữa vào vết nứt theo trình tự sau:

Cắm vòi bơm vào đầu bơm, nếu vết nứt thẳng đứng hoặc xiên thì đầu tiên cắm vào đầu bơm có cao độ thấp nhất. Bắt đầu bơm cho đến khi vữa hoặc keo trào sang đầu bơm lân cận, nút tạm đầu bơm này và tiếp tục bơm, nếu vữa trào sang được đầu bơm tiếp theo thì nút tạm đầu bơm và tiếp tục bơm cho đến hết, rút đầu bơm và nút tất cả các đầu bơm. Nếu đến đầu bơm nào mà vữa hoặc keo không trào ra được thì rút vòi bơm, nút đầu bơm, chuyển vòi bơm đến đầu bơm mà vữa hoặc keo không trào lên được và bơm tiếp. Đến đầu bơm cuối cùng khi vữa hoặc keo không vào nữa thì giữ áp lực bơm 2 phút đến 3 phút sau đó mới rút vòi bơm và nút đầu bơm.

Khi vữa hoặc keo trong vết nứt đã đông cứng, tháo đầu bơm và làm phẳng bề mặt.

3.2.3. Vỡ bê tông, tróc mảng bê tông để lộ cốt thép, cốt thép lộ ra đã bị gỉ.

3.2.3.1. Nguyên nhân vỡ, tróc mảng bê tông.

Vỡ, tróc mảng bê tông có nhiều nguyên nhân, sau đây là những nguyên nhân chủ yếu nhất.

- Chiều dày lớp bê tông bảo vệ không đủ, hơi ẩm, nước thấm vào làm gỉ cốt thép, cốt thép gỉ trương nở thể tích đẩy nứt và vỡ lớp bê tông ở bên ngoài, khi cốt thép không còn lớp bảo vệ gỉ sẽ phát triển nhanh hơn do đó có thanh cốt thép bị gỉ đứt. Hiện tượng này thường xảy ra ở đáy bản, đáy dầm, các thanh ngang của hệ lan can bê tông cốt thép và ở những vị trí trong đó có nhiều cốt thép.
- Vỡ bê tông do va chạm của xe cộ, thuyền bè. Hiện tượng này hay xảy ra ở thanh đầu giàn, thanh của hệ liên kết ở biên trên nếu có cửa cầu dầm, vòm bê tông cốt thép chạy dưới hoặc ở đáy của dầm chủ, đáy của các thanh biên dưới dầm bê tông cốt thép ở vị trí giữa hoặc gần giữa nhịp thông thuyền.
- Vỡ bê tông do áp lực cục bộ thường xảy ra ở vị trí trên gối của dầm, cửa dầm và ở đầu neo của dầm bê tông dự ứng lực.
- Do bê tông của kết cấu bị phong hoá dưới tác động của môi trường ẩm, mặn hoặc do chất lượng của vật liệu khi đổ bê tông không đảm bảo tiêu chuẩn kỹ thuật, ví dụ trong nước có muối, trong cốt liệu có những khoáng chất có hại cho bê tông.

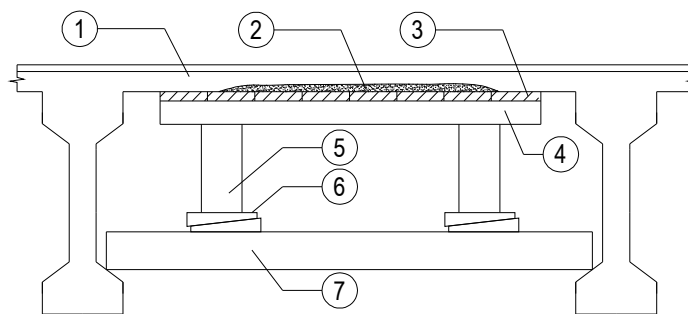
3.2.3.2. Phương pháp sửa chữa.

Phương pháp nói chung để sửa chữa hiện tượng này là: đục bỏ hết phần bê tông đã hư hỏng, hàn bù cốt thép nếu cần, làm sạch bề mặt cả bê tông và cốt thép sau đó đổ vữa polyme, bê tông polyme hoặc bê tông thường bằng ván khuôn treo, ván khuôn ép hoặc phun bê tông tùy theo vị trí của hư hỏng, khối lượng vữa, bê tông cần thiết. Căn cứ vào phương pháp cũng như vật liệu để quyết định cần phải ngừng giao thông hoặc vẫn cho xe cộ lưu thông với tốc độ hạn chế trong thời gian thi công.

Có thể tiến hành sửa chữa theo trình tự sau:

- Chuẩn bị bề mặt:
 - + Đục bỏ hết phần bê tông đã bị hư hỏng, đã bị nứt nở xung quanh chỗ vỡ bê tông.
 - + Hàn bù các cốt thép ở chỗ vỡ đã bị gỉ làm đứt hoặc làm tiêu hao từ 20% diện tích tiết diện ban đầu trở lên.

- + Làm sạch bề mặt cả bê tông và cốt thép bằng phun cát, phun hạt gang hoặc bằng bàn chải sắt, nếu làm sạch bề mặt bằng bàn chải sắt thì sau đó phải làm sạch bằng xì hơi hoặc nước rửa sạch bụi bẩn trên bề mặt. Nếu dùng vữa polyme hoặc bê tông polyme thì còn phải làm khô bề mặt, trái lại nếu dùng vữa xi măng – cát hoặc bê tông thường thì phải làm ướt bề mặt.
- Chuẩn bị vật liệu, thiết bị máy móc phục vụ cho thi công. Khi bề mặt đã được làm sạch thì vật liệu và máy móc và đà giáo, ván khuôn phục vụ thi công đã sẵn sàng.



Hình 3-2. Ván khuôn treo ép bê tông vào đáy bản

- 1 – Bản mặt cầu; 2 – Vữa polyme; 3 – ván khuôn đáy; 4 – Dầm đỡ ván khuôn;
- 5 – Thanh chống; 6 – Nêm hai mảnh; 7 – Dầm gánh hệ ván khuôn
- Thi công : có thể thi công bằng phương pháp thủ công, sau đó dùng ván khuôn treo hoặc ván khuôn ép (hình 3-2) để ép bê tông vào bề mặt. Cũng có thể dùng phương pháp phun bê tông.
- + Thi công bằng phương pháp thủ công. Phương pháp này thường được sử dụng khi khối lượng bê tông hoặc vữa không lớn, trình tự thi công theo phương pháp này như sau:
 - Dùng bay hoặc bàn xoa trám vữa hoặc bê tông vào bề mặt với lực ép khoảng $0,4 \text{ daN/cm}^2$, nếu lớp vữa hoặc lớp bê tông cần trám vá dày thì trám vá làm nhiều lớp sao cho không bị rơi, bê tông hoặc vữa trám lần cuối cùng có bề dày nhiều hơn cần thiết 2 đến 5mm.
 - Lắp ván khuôn và xiết bulông hoặc xiết tăng đơ để ép chặt vữa hoặc bê tông vào bề mặt bê tông cũ. Ván khuôn cần có chỗ để vữa hoặc bê tông thừa trào ra ngoài.

Bảo dưỡng vữa hoặc bê tông cho đến khi đông cứng, nếu là vữa polyme hoặc bê tông polyme thì chỉ 3 giờ từ sau khi thi công xong là có thể tháo dỡ ván khuôn.

Thi công bằng ván khuôn treo có ưu điểm đặc biệt là không cần ngừng giao thông trong suốt thời gian thi công và bảo dưỡng, thông thường chỉ cần hạn chế tốc độ xe qua cầu và có hướng dẫn cho xe lưu thông.

+ Thi công bằng máy phun bê tông. Phương pháp này thường sử dụng khi khối lượng sửa chữa lớn, khi đó cần thiết phải ngừng giao thông từ lúc bắt đầu bơm cho đến khi bê tông hoặc vữa đã đông cứng.

Có thể dùng máy phun bê tông ướt (bê tông hoặc vữa được trộn ướt trong bình) tốc độ phun cần thiết từ 10 đến 40 m/s, hoặc máy phun bê tông khô (bê tông hoặc vữa trộn khô trong bình, khi bê tông khô phun ra đến đầu vòi thì có ống phun nước hoà vào để đến bề mặt cần phun thì bê tông hoặc vữa đã được trộn ướt) thì tốc độ phun cần thiết 80 đến 100m/s.

Nhờ áp lực cao vữa hoặc bê tông sẽ bám vào bề mặt, tuy nhiên để vữa hoặc bê tông không bị rơi thì nếu chiều dày lớn cần phun làm nhiều lớp sao cho chiều dày mỗi lớp không quá 5cm nếu phun vào mặt đáy và không quá 10cm nếu phun vào mặt bên. Chiều dày tổng cộng không nên quá 25cm.

Sau khi phun đủ chiều dày, dùng bàn xoa và bay bù vữa hoặc bê tông vào các chỗ còn thiếu, làm phẳng bề mặt, đặc biệt chú ý chỗ nối tiếp giữa bê tông mới với bê tông cũ.

3.2.4. Cường độ của bê tông suy giảm.

Dễ dàng phát hiện cường độ bê tông suy giảm thông qua quan sát bề mặt bê tông, dùng búa gõ hoặc thông qua các thí nghiệm như lấy mẫu bê tông để nén ép, dùng súng Schmidt để thử cường độ của bê tông, dùng máy siêu âm xác định chất lượng bê tông. Thông thường người ta dùng dung dịch phenontalêin để xác định chiều sâu hư hỏng của bê tông thông qua sự trung tính của nó.

3.2.4.1. Nguyên nhân làm cường độ bê tông suy giảm.

Có nhiều nguyên nhân làm cho cường độ bê tông suy giảm, sau đây là những nguyên nhân chính.

- Sự suy yếu vì sự trung tính của bê tông. Trong quá trình bê tông đông cứng tạo ra tính kiềm mạnh ở sản phẩm hydrat hoá vì vậy thép trong bê tông không bị gỉ. Bê tông mất dần tính kiềm vì bề mặt bê tông dần dần chuyển đổi thành cacbonát calci do ảnh hưởng của khí cacbonic. Đây là hiện tượng trung tính của bê tông, hiện tượng này phá hoại điều kiện bảo vệ cốt thép của bê tông, làm cho cốt thép bị gỉ, trương nở thể tích đẩy nứt đẩy vỡ lớp bê tông bên ngoài và làm giảm cường độ bê tông.
- Suy yếu vì thấm nước. Khi bị thấm nước với hydrat trong bê tông hoà tan trong nước và chảy ra ngoài. Nếu nước có khí cacbon thì với cacbon mất đi càng nhiều làm cho cường độ bê tông suy giảm nhanh hơn.
- Suy yếu do axit hoá và tổn hại muối vì lượng chloride. Ximăng trong bê tông có chloride calcium và một lượng nhỏ hợp chất ALKALI vì thế bê tông bị suy giảm dần trong môi trường axit vô cơ mạnh như axit sunfuric, axit nitric.
- Tác động xấu của môi trường. Khi công trình xây dựng trong môi trường như vùng ven biển, khu công nghiệp ... những tác động xấu của môi trường làm cho bê tông bị hư hại nhanh chóng hơn nhất là khi trong bê tông đã có những khuyết tật như nứt, rỗ v.v...

3.2.4.2. Phương pháp sửa chữa.

Phương pháp sửa chữa chung là đục bỏ hết phần bê tông bị hư hỏng, hàn bù cốt thép bị gỉ đứt hoặc gỉ làm tiêu hao tiết diện nhiều, làm sạch bề mặt cả bê tông và cốt thép, quét lên bề mặt một lớp keo để tăng cường dính bám (có thể là keo êpôxy), đổ vữa hoặc bê tông. Như vậy cách sửa chữa hoàn toàn giống như khi bê tông bị vỡ, bị tróc mảnh, cốt thép bị gỉ (xem phần 2.3.3.2).

3.2.5. Sửa chữa cầu BTCT bằng cách dán bản thép.

3.2.5.1. Mục đích của việc dán bản thép.

Phương pháp dán bản thép không những được dùng để khắc phục khuyết tật mà còn được dùng để tăng cường khả năng chịu lực của cầu BTCT. Ở đây xét chủ yếu trên phương diện dùng bản thép để sửa chữa những khuyết tật. Phương pháp này được dùng nhiều trong cầu BTCT thường, tuy nhiên cũng có thể dùng cả trong cầu bê tông dự ứng lực. Trong sửa chữa cầu cũ dán bản thép chủ yếu được dùng cho những mục đích như sau:

- Ngăn chặn sự phát triển của vết nứt.
- Thay thế cốt thép đã bố trí sai vị trí hoặc thêm cốt thép khi trong thiết kế hoặc thi công bố trí thiếu cốt thép.
- Kết hợp sửa chữa khuyết tật với tăng cường khả năng chịu lực của cầu BTCT.

3.2.5.2. vật liệu.

Để dán bản thép cần có keo dán, bản thép và bulông để bắt chặt bản thép vào bê tông.

- Keo dán. Keo dán có thể là keo êpôxy cũng có thể là hỗn hợp của nhựa êpôxy và chất hoá rắn khi bề mặt bê tông cần dán phẳng và nhỏ.
- Bản thép. Kích thước của bản thép cũng như số lượng của bản thép được xác định từ tính toán theo mục đích của dán bản thép. Chẳng hạn dán bản thép để thay thế cốt thép sai vị trí hoặc bố trí thiếu cốt thép thì bản thép được xác định từ điều kiện số lượng tiết diện, chiều dài, vị trí của cốt thép sai hoặc thiếu. Nếu bản thép được bố trí còn có thêm mục đích tăng cường khả năng chịu lực thì từ điều kiện khả năng (mômen uốn, lực cắt ...) cần tăng cường là bao nhiêu để xác định số lượng, kích thước của các bản thép cần thiết. Tuy nhiên trong khi xác định số lượng và kích thước bản thép còn cần chú ý:

+ Chiều dày bản thép còn phụ thuộc vào bề rộng, nếu bề rộng lớn thì bề dày phải nhỏ để có thể áp sát vào bề mặt cần dán. Thông thường thì nếu bề rộng bản thép từ 200mm đến 300mm có thể lấy bề dày từ 5mm đến 3 mm, nếu bề rộng bản thép từ 100mm đến nhỏ hơn 200mm có thể lấy bề dày bản thép từ 10mm đến 4mm. Có thể dán 2,3 bản thép chồng lên nhau, tuy nhiên số lượng bản thép không nên vượt qua 3.

+ Khi bản thép dán chỉ nhằm ngăn chặn không cho vết nứt phát triển có thể lấy chiều dài bản thép về mỗi phía tính từ vết nứt bằng chiều dày của kết cấu, chiều rộng của bản thép từ 100mm đến 120 mm và có thể dán nhiều bản tùy theo chiều dài vết nứt với khoảng trống giữa các bản thép từ 120mm đến 200mm. Các bản thép có phương vuông góc hoặc gần vuông góc với vết nứt.

- Bulông. Bulông dùng để ép chặt bản thép vào bề mặt dãn. Đường kính bulông có thể từ 10mm đến 20mm, chiều dài phải đủ đảm bảo để bulông cắm sâu vào bê tông từ 50mm đến 100mm. Khoảng cách giữa các bulông được xác định theo điều kiện chịu lực cắt khi xem như lớp keo dãn đã bị hư hỏng một phần và bulông phải chịu đến 50 hay 60% lực cắt.

3.2.5.3. Phương pháp dãn bản thép.

Để dãn bản thép cần phải chuẩn bị bề mặt bê tông cần dãn, chuẩn bị bản thép, chuẩn bị các thiết bị để ép chặt bản thép vào bê tông khi keo dãn chưa khô và cách dãn bản thép.

- Chuẩn bị bề mặt bê tông để dãn bản thép.

+ Sửa chữa các hư hỏng trên bề mặt nếu có, chẳng hạn nếu trên bề mặt có chỗ vỡ bê tông, vết nứt v.v... cần sửa chữa trước khi làm phẳng bề mặt. Có thể dùng máy mài để làm nhẵn và phẳng bề mặt và kết hợp làm sạch bề mặt.

+ Làm khô bề mặt. Khi nhiệt độ môi trường lớn hơn 15⁰C độ ẩm không khí nhỏ hơn 80% và có gió nhẹ có thể để bề mặt khô tự nhiên, khi không có các điều kiện như trên có thể thổi gió hoặc thổi gió nóng để làm khô bề mặt.

- Chuẩn bị bản thép:

+ Cắt các bản thép theo kích thước thiết kế.

+ Khoan các lỗ bắt bulông và lỗ thoát khí, thoát keo nếu có.

+ Làm sạch bề mặt bằng phun cát, phun hạt gang hoặc bàn chải sắt.

- Khoan lỗ để bắt bulông hoặc vít nở.

+ Dùng gông ép tạm tấm thép dãn vào bề mặt cần dãn, chú ý ghép đúng vị trí và nếu có nhiều bản thép thì cần hàn chằm ở mép các tấm thép để liên kết tạm, không cho các tấm thép bị dịch chuyển trong quá trình khoan.

+ Nếu đã khoan trước lỗ trên bản thép (trường hợp chỉ có một bản thép) thì theo các lỗ khoan trên thép khoan lỗ vào trong bê tông theo chiều sâu thiết kế, nếu chưa khoan lỗ bắt bulông hoặc vít nở trên thép thì lấy dấu rồi khoan xuyên suốt cả các bản thép và bê tông. Khi tấm dãn nhỏ, số lượng lỗ khoan ít có thể dùng sức người ép bản thép vào bề mặt bê tông để khoan, lúc đã khoan được hai lỗ cắm chốt tạm vào hai lỗ đã khoan để định vị rồi khoan tiếp các lỗ còn lại. Cũng có thể khoan trước các lỗ khoan trên bản thép, áp

bản thép vào bề mặt bê tông để lấy dấu sau đó tháo bản thép và khoan các lỗ trên bê tông.

+ Tách bản thép ra làm sạch bề mặt bản thép, bề mặt bê tông và lỗ khoan bằng thổi gió.

- Dán bản thép.

+ Khi bản thép dán có bề mặt không lớn có thể dán theo trình tự sau:

Quét keo đều lên bề mặt cả bê tông và bản thép sao cho lớp keo trên bề mặt bê tông có độ dày khoảng 0,5mm đến 1mm, lớp keo trên bề mặt bản thép có độ dày 1mm đến 1,5mm tùy theo bản thép được dán trên bề mặt bên cạnh hay mặt đáy.

Áp bản thép vào bề mặt cần dán, dùng ba chốt thép chốt vào các lỗ bulông để định vị trí bản thép sau đó ép đều lên bề mặt bản thép với lực ép từ 0,2 đến 0,5daN/cm² dùng ép bằng gông hình 3-3 (khi dán ở đáy hầm, đáy bản) hay ép bằng tay (dán ở mặt bên) cũng cần ép từ giữa chiều dài của bản thép dán ra hai đầu. Duy trì lực ép và có thể tăng thêm chút ít (từ 0,1 đến 0,2daN/cm²) vừa hoặc keo trào đều ra mép và lỗ thoát keo để chiều dày lớp keo còn lại khoảng 1mm. Trước khi ép bản thép cần nút tạm các lỗ bulông để keo không trào vào lỗ này, nếu số bulông ít tiến hành lắp bulông đồng thời thì không cần nút. Khi dùng ép cần nút tất cả các lỗ thoát khí và thoát keo. Nếu dán nhiều bản thép thì khi lớp keo dán bản trước đã khô mới dán lớp tiếp theo. Lớp keo giữa các bản thép cần có chiều dày từ 0,5 đến 1mm.

Lắp bulông: Bulông có thể lắp đồng thời khi dán bản thép (nếu chỉ có một bản thép) cũng có thể lắp sau khi đã dán hết các bản thép. Nhúng đầu bulông vào keo sau đó đóng bulông vào lỗ, khi keo gần khô có thể xoay bulông để tạo ren sau đó khi keo đã khô mới vặn chặt bulông. Nên có một đai ốc ở ngoài để khi keo đã đông cứng, xiết đai ốc áp bản thép vào bề mặt bê tông.

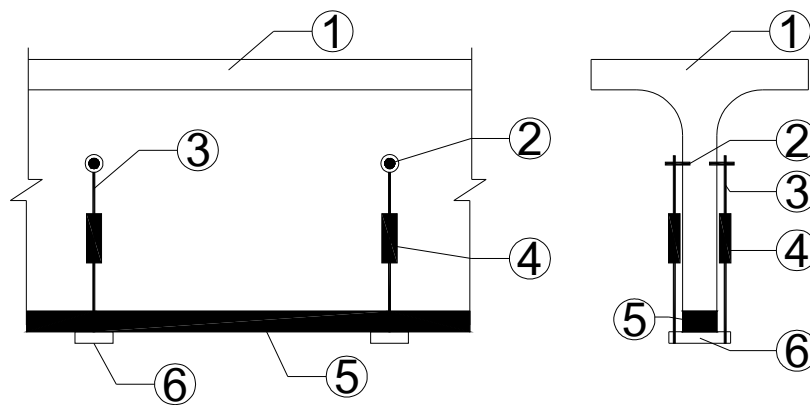
Khi keo hoặc vữa dán đã đông cứng, nếu bulông có đoạn đầu thừa ra ngoài bản thép khá nhiều có thể cưa đoạn đầu thừa rồi hàn chấm đai ốc vào thân bulông.

+ Khi bản thép có diện tích bề mặt lớn có thể dán như sau:

Áp bản thép lên bề mặt cần dán, định vị bản thép và lắp tất cả các bulông theo phương pháp như đã trình bày ở trên. Cần giữ cho khoảng cách giữa mặt bản thép và mặt bê tông cần dán từ 1 đến 1,5mm bằng cách đặt vào giữa hai bề mặt cần dán các miếng cữ có bề dày 1mm. Dùng keo miết xung quanh bề mặt xung quanh tấm thép, có thể để lại một vài lỗ thoát khí, thoát keo ở vị trí xa nhất từ đầu bơm. Lắp vòi bơm vào đầu bơm đã cắm sẵn trên bản thép từ trước khi lắp bản thép vào vị trí. Tiến hành bơm keo bằng bơm áp lực cao, khi keo trào đến lỗ thoát keo nào thì nút lại và tiếp tục bơm, lúc keo trào ra đến lỗ thoát cuối cùng thì nút lỗ và giữ áp lực bơm từ 1 đến 2 phút, sau đó rút đầu bơm và nút đầu bơm. Trường hợp có hai hoặc ba bản thép để sử dụng phương pháp này cần phải dán trước các bản thép lại với nhau rồi mới dán vào bê tông nếu không phải cắm các chốt tạm rồi lắp bulông sau khi đã dán hết các lớp bản thép.

+ Kết thúc công việc dán bản thép cần làm sạch bề mặt bản thép, phủ lên bề mặt bản thép, đầu bulông, đai ốc một lớp keo để bảo vệ.

+ Cần phải ngừng giao thông từ khi ép bản thép vào bề mặt bê tông cho đến khi các lớp keo dán đã đông cứng.



Hình 3-3 Gông để ép bản thép vào đáy dầm

1 – Dầm bản thép ; 2 – Chốt để treo gông ; 3 – Dây treo hoặc thanh treo;

4 – Tầng đỡ ; 5 – Bản thép ; 6 – Thanh ngang của gông để đỡ bản thép

3.2.6. Đút cáp dự ứng lực ngang.

Từ trước những năm 1995 ở nam Trung bộ và Nam bộ của nước ta có rất nhiều cầu bản thép dự ứng lực giản đơn lắp ghép với chiều dài nhịp 12,5m; 15,6m; 18,6m; 21,7m và 24,7m. Dầm chủ ở các loại cầu này có mặt cắt chữ T hoặc chữ Π , khi lắp ghép cánh dầm không nối với nhau, liên kết ngang của các dầm là cáp dự ứng lực ngang ở bản cánh dầm và dầm ngang, sau một thời gian khi thác cáp dự ứng lực ngang thường bị đứt.

3.2.6.1. Nguyên nhân đứt cáp dự ứng lực ngang.

- Nước thấm qua khe tiếp giáp giữa cánh của các dầm lắp ghép làm thép dự ứng lực ngang bị ẩm ướt gây gỉ, lâu dần gỉ phát triển làm tiết diện thép dự ứng lực bị thu hẹp dẫn đến đứt. Khi một thép dự ứng lực bị đứt các thép lân cận bị quá tải, quá trình hư hỏng sẽ nhanh hơn. Biểu hiện rõ rệt nhất của hiện tượng này là xuất hiện các vết nứt dọc trên mặt đường xe chạy dọc theo khe tiếp giáp giữa cánh của các phiến dầm, vết nứt càng lớn nước thấm qua càng nhiều.

- Tình trạng xe qua tải trên cầu. Các cầu cũ được thiết kế theo tải trọng HS-2044, tương đương với tải trọng xe 25T, tuy nhiên hiện tại nhiều xe vượt quá 25T qua cầu. Khi vệt bánh xe đặt trên dầm nào dầm đó bị võng nhiều hơn các dầm ở hai bên làm cho mặt đường xe chạy bị nứt và cáp dự ứng lực ngang chịu cắt, khi cáp đã bị gỉ thì tình trạng đứt cáp sẽ xảy ra nhanh chóng hơn.

3.2.6.2. Phương pháp sửa chữa .

Từ năm 1990 đến nay, ở nước ta đã tiến hành sửa chữa tình trạng đứt cáp ngang (hiện tại với các cầu mới Bộ Giao thông Vận tải đã có những thay đổi về thiết kế để không xảy ra đứt cáp dự ứng lực ngang), có nhiều cách khác nhau nhưng chung nhất như sau: Bóc dỡ lớp phủ mặt cầu, làm sạch bề mặt, đổ một lớp bê tông cốt thép trên mặt các dầm với chiều dày từ 10 đến 12cm (nếu chiều dày bản lớn sẽ làm tăng đáng kể tĩnh tải), thay thế cáp dự ứng lực ngang cũ, tuy nhiên việc rút cáp cũ và luồn cáp mới khó khăn nên khi đó có thể dùng cáp dự ứng lực ngoài ở hai bên dầm ngang. Theo phương pháp trên việc sửa chữa có thể được tiến hành với trình tự như sau:

- Chuẩn bị bề mặt để đổ bản bê tông:

- + Đục bỏ lớp phủ mặt cầu và các lớp trên bề mặt cánh dầm nếu có.
- + Làm nhám và sạch bề mặt.

- Đổ bê tông bản:

+ Lắp đặt hai lưới cốt thép.

+ Tưới nước lên bề mặt.

+ Đổ bê tông bản.

- Lắp và kéo cáp ngang dự ứng lực ngoài.

+ Khoan lỗ trên sườn dầm chủ ở hai bên dầm ngang, trừ dầm ngang đầu nhịp chỉ khoan được ở một bên. Trước khi khoan cần dùng máy siêu âm bê tông để xác định vị trí cốt thép nhằm tránh khoan vào cốt thép và định vị các lỗ khoan sao cho mỗi bó cáp ngang có tim nằm trên một đường thẳng.

Đường kính lỗ khoan tùy thuộc đường kính ngoài của ống bảo vệ cáp.

+ Lắp mẫu neo ở hai đầu mỗi bó cáp, mẫu neo được lắp vào sườn ngoài của hai dầm biên.

+ Luồn ống bảo vệ cáp đồng thời với việc lắp mẫu neo.

+ Luồn cáp dự ứng lực ngang.

+ Kéo cáp dự ứng lực ngang.

+ Bơm mỡ hoặc bơm vữa vào ống bảo vệ cáp.

+ Lắp hộp bảo vệ mẫu neo.

+ Hoàn thiện.

Việc thay thế cáp dự ứng lực ngang thường được kết hợp với các sửa chữa khác hoặc tăng cường cầu do đó trình tự thi công có thể thay đổi để phù hợp với các công việc khác.

3.2.7. Thẩm nước.

Trong cầu bê tông cốt thép kể cả bê tông cốt thép dự ứng lực có thể xảy ra tình trạng nước thấm qua bê tông chảy xuống đáy dầm, đáy bản. Khi bị thấm nước ngoài gỉ cốt thép còn làm cho bê tông hư hỏng nhanh hơn.

3.2.7.1. Nguyên nhân thấm nước của bê tông.

- Lớp chống thấm bị hư hỏng.

- Mặt đường xe chạy có vết nứt, có ổ gà, hệ thống thoát nước không tốt khi mưa nước đọng trên các chỗ trũng, ổ gà và thấm xuống đáy bản thông qua các vết nứt hoặc các chỗ khuyết tật của bê tông.

- Bản mặt cầu, dầm có vết nứt.

- Mật độ của bê tông không cao, trong bê tông có khuyết tật.

3.2.7.2. Phương pháp sửa chữa.

- Bóc lớp phủ mặt cầu và các lớp chống thấm v.v... đã hư hỏng, làm sạch bề mặt.
- Sửa chữa các khuyết tật nếu có trên bề mặt, vá các chỗ sụt, vỡ bê tông, bơm keo các vết nứt, tạo độ dốc ngang bằng vữa xi măng cát hoặc bê tông cốt liệu nhỏ, nếu lớp tạo dốc dày có thể đặt thêm lưới cốt thép $\phi 6$ bước 15cm.
- Thi công lớp chống thấm. Với cầu cũ thì tốt nhất là dùng vải chống thấm dán từng lớp bằng đèn khò quạt lửa lớn. Dán lớp ngoài trước, lớp trong sau, lớp nọ phủ lên lớp kia 10cm. Khi dán dùng đèn khò quạt lửa lớn làm nóng vải và ép chặt vải vào bề mặt bê tông và ép chặt lớp sau lên lớp trước ở chỗ tiếp giáp giữa các lớp.
- Rải lại lớp phủ mặt cầu, nếu hệ thống thoát nước hư hỏng cần kết hợp sửa chữa trước khi hoàn thiện.

3.3. Sửa chữa các hư hỏng của cầu dầm thép bản kê, cầu dầm thép liên hợp với bản bê tông cốt thép, cầu dàn thép.

Hiện nay cầu dầm thép bản kê chủ yếu chỉ dùng cầu tạm, các cầu vĩnh cửu chủ yếu là thép – bê tông cốt thép và cầu dàn thép, các loại cầu này có những hư hỏng giống nhau và cũng có những hư hỏng khác nhau, ở đây chỉ xét các loại hư hỏng thường gặp và phương pháp sửa chữa thường dùng nhất.

3.3.1. Các hư hỏng thường gặp.

- Gỉ làm tiêu hao diện tích tiết diện của kết cấu.
- Nứt kết cấu thép, nứt bản bê tông cốt thép.
- Cong, vênh, mất ổn định cục bộ sườn dầm.

Vỡ, tróc mảng bê tông bản để lộ cốt thép, cốt thép lộ ra đã bị gỉ.

- Hư hỏng liên kết đỉnh tán, bulông cường độ cao, mất đỉnh tán, mất bulông, đầu đỉnh bị ăn mòn, lỏng đỉnh tán, nứt đường hàn.

Trong các hư hỏng trên có những nội dung đã được nghiên cứu ở phần 3.2 như nứt bản bê tông cốt thép, vỡ bê tông để lộ cốt thép, cốt thép lộ ra đã bị gỉ nên không xét đến ở phần này.

3.3.2. Gỉ kết cấu thép.

3.3.2.1. Nguyên nhân.

- Lớp sơn bảo vệ đã hư hỏng do:

- + Va chạm làm tróc sơn nhưng chưa được sơn lại.
- + Khi sơn chưa làm sạch bề mặt nhất là gỉ nên gỉ phát triển từ trong lớp sơn trong cùng.
- + Quá niên hạn, chưa sơn lại (Quy trình 22TCN-235-97 quy định thời hạn bảo vệ mặt thép của sơn thông thường là trên 4 năm, các loại sơn gốc Êpoxy hiện nay có tuổi thọ 15 đến 20 năm. Hết thời hạn bảo vệ của sơn cần kiểm tra, cần thiết thì phải sơn lại toàn bộ hoặc một phần bề mặt).

- Do tác động của môi trường.

- + Bộ phận kết cấu thường xuyên bị ẩm ướt khi mưa do nước thấm từ bản mặt cầu xuống, nước thấm từ khe co giãn, nước bắn từ ống thoát nước đã bị hư hỏng vào.
- + Hơi ẩm, mặn của nước biển, chất thải từ các nhà máy, khu công nghiệp.

3.3.2.2. Sơn.

- Sơn dùng trong cầu thép có thể là sơn thường hoặc sơn gốc êpoxy.

- + Sơn thường có tuổi thọ ít nhất là 4 năm, mỗi bộ sơn thường gồm từ hai đến ba loại sơn là: sơn lót (còn gọi là sơn chống gỉ), sơn phủ trung gian và sơn phủ ngoài cùng.
- + Sơn gốc êpoxy là sơn có tuổi thọ từ 15 năm đến 20 năm, sau khi sơn lớp sơn tạo thành một lớp có độ bền cao để bảo vệ bề mặt thép. Loại sơn bê tông cũng thường là sơn gốc êpoxy.

- Dù là sơn thường hay sơn gốc êpoxy, các loại sơn đều phải đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật chủ yếu sau đây:

- + Màng sơn phải đạt tính cách ly cao.
- + Sơn lót phải có độ dính bám cao trên mặt thép, có tính thụ động cao chống ăn mòn.
- + Sơn phải tương hợp và có độ dính bám cao với sơn lót, chịu được thời tiết nóng ẩm, chịu được bức xạ mặt trời và bền màu.
- + Bộ sơn phải tạo thành một màng phủ dính bám chặt với nhau, đủ chiều dày, chịu được axit, khí SO₂ và một số hoá chất khác.

- + Nếu sơn bề mặt một phần kết cấu cần chọn lớp sơn phủ đồng màu với sơn cũ.

3.3.2.3. Phương pháp sửa chữa.

- Nếu gỉ đã làm tiêu hao đáng kể diện tích tiết diện thì trước khi sơn lại cần phải có giải pháp bù diện tích đã bị tiêu hao sau đó mới xử lý bề mặt và sơn lại.
- Xử lý màng sơn cũ:
 - + Khi màng sơn cũ còn tốt chỉ cần dùng bàn chải, chải bụi, dùng nước xà phòng hoặc nước kiềm loãng lau sạch, dùng nước sạch xối, rửa, lau khô, sau đó đánh giấy ráp.
 - + Nếu phần lớn màng sơn cũ còn tốt, cục bộ bị gỉ thì cần làm sạch gỉ trong phạm vi gỉ, xử lý bề mặt như ở trên và sơn phủ toàn bộ.
 - + Nếu diện tích bề mặt bị gỉ tương đối lớn, màng sơn phủ đã bị bong thì nên làm sạch toàn bộ bề mặt rồi sơn lại.
- Cách xử lý bề mặt. Có thể xử lý bề mặt sơn cũ theo một trong các phương pháp sau đây:
 - + Dùng bàn chải sắt chải sạch lớp sơn cũ, sau đó dùng giấy ráp đánh sạch bề mặt.
 - + Phun cát hoặc phun hạt gang.
 - + Làm sạch bằng nước kiềm. Dùng vôi và kiềm pha thành dung dịch loãng hoặc dung dịch 5 đến 10% NaOH, quét 3 hay 4 lớp lên bề mặt cho lớp sơn cũ bong ra, sau đó dùng dao cạo sơn, rửa sạch, để khô, đánh giấy ráp.
- Xử lý xong bề mặt cần sơn ngay, nếu để quá 3 ngày đêm trong điều kiện thường hoặc ít hơn 3 ngày nhưng bị mưa, bị phủ bụi bẩn cần xử lý lại bề mặt.
- Không cho phép sơn khi trời mưa, trời có sương mù hoặc khi nhiệt độ môi trường thấp hơn 4⁰C.
- Khi diện tích sơn nhỏ có thể sơn bằng tay, còn nếu diện tích sơn lớn nên dùng máy xì sơn để sơn.
- Phải sơn từng lớp mỏng, đều không sót, trước khi sơn lớp lót cần lau khô, sạch bề mặt. Chỉ được sơn lớp sơn sau khi lớp trước đã khô (không dính).
- Sau khi lớp sơn lót đã khô dùng bột dẻo miết phẳng bề mặt những chỗ bị gỉ ăn mòn, kiểm tra và sơn lớp tiếp theo.

- Khi dùng máy xì sơn phải di động mở sơn một cách đều đặn, khoảng cách từ đầu mở sơn đến bề mặt sơn cần từ 260 đến 360mm và giữ sao cho mở sơn vuông góc với bề mặt cần sơn. Khi di động mở xì từ dải này sang dải khác cần đóng mở sơn để ở chỗ tiếp xúc giữa các dải sơn không dày hơn chỗ khác.

3.3.3. Nứt kết cấu thép.

3.3.3.1. Nguyên nhân gây nứt kết cấu thép.

Trong kết cấu thép không cho phép xuất hiện vết nứt vì vết nứt làm diện tích chịu lực thực tế của kết cấu, ở mép vết nứt có hiện tượng tập trung ứng suất... có nhiều nguyên nhân gây ra nứt, sau đây là những nguyên nhân chính.

- Chất lượng vật liệu không đảm bảo, có khuyết tật, trên mặt cắt vết nứt thường bắt đầu từ chỗ vật liệu có khuyết tật.
- Chất lượng liên kết kém như chiều dày đường hàn không đủ, hàn không ngấu, kẹp xỉ, đầu bulông, đầu đinh tán nhỏ v.v...
- Ứng suất dư do hàn lớn, khi hàn không có những giải pháp hạn chế ứng suất còn lại trên kết cấu sau khi hàn.
- Do môi vật liệu nhất là ở những vị trí có tiết diện thay đổi như mép lỗ đinh, mép lỗ khoét.
- Do va chạm cơ học. Trên các cầu thép đi dưới cũ khổ cầu hẹp nhiều thanh đứng, thanh xiên bị va chạm làm toàn thanh hoặc một phần thanh bị cong đi và gây ra vết nứt.

3.3.3.2. Phương pháp sửa chữa.

- Với các vết nứt nhỏ có thể sửa chữa bằng đường hàn và trình tự sửa chữa như sau:

- + Dùng khoan điện khoan lỗ ở hai đầu vết nứt, vị trí lỗ khoan phải đảm bảo sao cho đầu vết nứt nằm trong lỗ. Mục đích của việc khoan lỗ là để giảm ứng suất tập trung tại mép vết nứt. Đường kính lỗ khoan nên xấp xỉ bằng chiều dày tấm thép, thông thường lấy đường kính lỗ khoan từ 12 đến 16mm.
- + Gia công bề mặt vết nứt, khi chiều dày tấm thép bị nứt không lớn dùng hơi cắt gia công miệng vết nứt thành hình chữ K (nếu cắt được từ hai bên lại) hoặc hình chữ V (cắt từ một phía), khi chiều dày tấm thép bị nứt lớn cần gia công mép vết nứt thành hình chữ X (vát từ hai phía).

- + Làm sạch bề mặt lòng vết nứt đã vát và trên bề mặt về mỗi phía ít nhất 10mm.
- + Đốt nóng đầu vết nứt và mép vết nứt lên nhiệt độ 150⁰C đến 200⁰C rồi tiến hành hàn vết nứt.
- + Dùng đá mài quay mài nhẵn bề mặt vết nứt, kiểm tra chất lượng đường hàn, làm sạch bề mặt, cần làm sạch đến hết phạm vi sơn bị hư hỏng do hàn.
- + Sơn bề mặt.
- Với vết nứt không lớn và ở mép lỗ đỉnh tán có thể sửa chữa như sau:
 - + Khoan lỗ ở đầu vết nứt để làm giảm ứng suất tập trung.
 - + Tháo bỏ đỉnh tán ở chỗ có vết nứt.
 - + Làm sạch lỗ đỉnh, bề mặt, tạo ma sát trên bề mặt.
 - + Thay thế đỉnh tán đã tháo bỏ bằng bulông cường độ cao.
 - + Sơn bảo vệ sau khi đã làm sạch bề mặt.
- Khi vết nứt lớn. Nếu xét thấy sửa chữa bằng hàn không đảm bảo có thể sửa chữa như sau:
 - + Khoan lỗ ở đầu vết nứt, yêu cầu về khoan lỗ như đã nghiên cứu ở phần trên.
 - + Chế tạo bản thép táp, trong điều kiện có thể nên dùng hai bản táp ở hai bên để tránh lệch tâm. Diện tích tiết diện bản táp phải đủ bù phần diện tích tiết diện đã bị nứt làm gián đoạn.
 - + Khoan lỗ trên bản táp, sau đó từ lỗ khoan trên bản táp khoan lỗ trên tấm chính nếu liên kết bản táp vào tấm chính bằng bulông cường độ cao.
 - + Làm sạch bề mặt.
 - + Liên kết bản táp vào kết cấu bằng hàn hoặc bulông cường độ cao.
 - + Sơn bảo vệ.

3.3.4. Cong, vênh.

3.3.4.1. Nguyên nhân.

- Cong, vênh phát sinh trong quá trình vận chuyển nhưng chưa được sửa chữa (có những cong, vênh nhỏ và cục bộ không ảnh hưởng nhiều đến sự làm việc của kết cấu hoặc ở những bộ phận không quan trọng có thể không cần sửa chữa)
- Biến dạng hàn do hàn không đúng kỹ thuật.

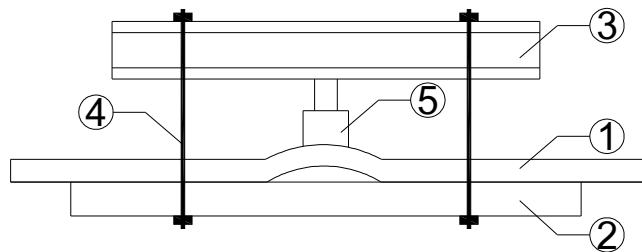
- Va chạm cơ học. Trên các cầu dầm chạy dưới cũ khổ cầu hẹp nhiều thanh đứng, thanh xiên bị cong do va chạm của xe cộ lưu thông trên cầu.

- Sườn dầm bị ăn mòn dẫn đến mất ổn định cục bộ. Hiện tượng này thường xảy ra ở đoạn đầu dầm nhất là cầu dầm thép bản kê, nước mưa qua khe co dãn chảy xuống đầu dầm, làm sườn dầm bị ăn mòn, dưới tác dụng của phản lực gối, áp lực cục bộ v.v... làm sườn dầm bị uốn cong trên đoạn từ 1 đến 1,5m tính từ đầu dầm.

3.3.4.2. Phương pháp sửa chữa.

Trừ những cong vênh nhỏ và ở những bộ phận không quan trọng có thể không cần sửa chữa còn nhìn chung có hai phương pháp chính như sau: Phương pháp gia công nguội và phương pháp gia công nhiệt.

- Phương pháp gia công nguội: Trong phương pháp này người ta dùng sức người hoặc máy để nắn, chỉnh cong vênh ở nhiệt độ bình thường của môi trường, phương pháp gia công nguội phù hợp với biến dạng nhỏ và cấu kiện có kích thước không lớn.



Hình 3-4 Nắn sửa cong vênh cục bộ

+ Lắp thiết bị nắn chỉnh. Trên hình vẽ có: Thanh cần nắn chỉnh (1), thanh đỡ (2), dầm thép (3), thanh giữ (4) và kích (5). Dầm thép (3) phải có kích thước đủ lớn để không bị uốn cong khi kích làm việc. Các thanh giữ (4) chịu kéo cần có đủ diện tích để có biến dạng không lớn.

+ Cho kích hoạt động, đẩy chỗ bị uốn cong về vị trí ban đầu, khi thanh đã được nắn thẳng duy trì lực ép chừng 5 phút rồi mới hạ kích.

+ Nếu ở chỗ cong vênh có vết nứt thì sau khi nắn chỉnh mới sửa chữa vết nứt như đã nêu ở trên.

+ Làm sạch bề mặt, kể cả gỉ nếu có.

+ Sơn bảo vệ.

3.3.4.3. Phương pháp gia công nhiệt.

Nội dung của phương pháp gia công nhiệt là dùng ngọn lửa của hỗn hợp khí axetylen và khí ôxy gia nhiệt tạo ra biến dạng mới để triệt tiêu biến dạng cũ làm thanh bị cong vênh. Khi nắn cong vênh bằng gia công nhiệt cần có thiết kế chỉ định phạm vi được đốt nóng, nhiệt độ đốt nóng, tốc độ đốt nóng... và các thiết bị phụ trợ, thiết bị theo dõi trong quá trình thi công. Có thể thực hiện theo trình tự sau:

- Dùng ngọn lửa đốt nóng kim loại vùng đã được chỉ định đến nhiệt độ yêu cầu của thiết kế.
- Chỉ cho phép nắn khi vùng được chỉ định đốt nóng đến nhiệt độ 750⁰C (màu đỏ tím)
- Chỉ cho phép đốt nóng kim loại đến nhiệt độ 850⁰C (màu đỏ) để tránh cường độ của thép bị suy giảm.
- Khi chỉ gia nhiệt việc nắn chỉnh khó khăn có thể dùng các thiết bị phụ trợ để hỗ trợ.
- Tốc độ gia nhiệt và hạ nhiệt phải đảm bảo đúng theo quy định của thiết kế.
- Sau khi nắn chỉnh cần kiểm tra để phát hiện các hư hỏng ở vùng nắn chỉnh và lân cận, sửa chữa các hư hỏng nếu có.
- Làm sạch bề mặt, sơn bảo vệ.

3.3.5. Hư hỏng ở liên kết (bulông cường độ cao, đỉnh tán, đường hàn)

3.3.5.1. Nguyên nhân

- Đỉnh tán có những khuyết tật từ lúc chế tạo như đầu đỉnh bị rạn, nứt, vẹo, thân đỉnh không chặt... nhưng chưa được thay thế. Đầu đỉnh và cả thân đỉnh bị gỉ, bị ăn mòn, bị lỏng do nước mưa hoặc do tác động của môi trường.
- Bulông cường độ cao bị đứt, bị lỏng, mặt ma sát bị trượt do khi thi công xiết bulông quá hoặc thiếu lực căng trong thân bulông, chất lượng vật liệu không tốt, bulông, đai ốc, vòng đệm và cả mặt ma sát bị gỉ.
- Đường hàn bị nứt do chiều dày đường hàn không đủ, do đường hàn bị ăn mòn làm giảm tiết diện chịu lực. Chất lượng đường hàn không tốt như lẫn xỉ, rỗ khí v.v...

3.3.5.2. Thay thế đỉnh tán bị hư hỏng mất.

- Tháo bỏ đỉnh cũ đã bị hư hỏng như thân đỉnh bị lỏng, đầu đỉnh bị gỉ ăn mòn, nứt...

+ Dùng mỏ cắt hơi cắt chỏm đỉnh hoặc dùng mũi khoan khoan chỏm đỉnh. Khi dùng mỏ cắt hơi chỉ cắt chỏm đỉnh và đảm bảo không làm ảnh hưởng đến tấm chính. Nếu dùng khoan thì chiều sâu khoan ít nhất phải bằng chiều cao còn lại của mũ đỉnh, đường kính khoan phải nhỏ hơn đường kính đỉnh từ 2 đến 3 mm để khi khoan không ảnh hưởng tới tấm chính. Cấm không được dùng đục đục bỏ đầu đỉnh tán khi chưa cắt hoặc khoan sơ bộ đầu đỉnh.

+ Dùng đục đục bỏ đầu đỉnh sau khi đã cắt hoặc khoan sơ bộ mũ đỉnh.

+ Tháo đỉnh khỏi lỗ, làm sạch bề mặt lỗ đỉnh. Nếu thay thế nhiều đỉnh tán ở một liên kết thì tháo đến đâu lắp tạm bằng con lỏi và bulông thường đến đấy cho đến khi tháo bỏ hết các đỉnh đã bị hư hỏng. Khi tháo đỉnh phát hiện thấy lỗ đỉnh có khuyết tật như hở, không nhẵn, vát, lép v.v... phải dùng dũa để sửa chữa hoặc khoan rộng ra, cho phép khoan lỗ rộng ra ở tất cả các bộ phận chịu nén, còn trong các bộ phận chịu kéo chỉ được khoan lỗ rộng ra khi có đủ tiết diện chịu lực và được sự đồng ý của cơ quan thiết kế.

- Thay thế đỉnh tán. Có thể thay thế bằng đỉnh tán mới hoặc bằng bulông cường độ cao. Trường hợp số đỉnh cần thay thế nhiều thường thay bằng đỉnh tán, còn trường hợp số lượng ít thay thế bằng đỉnh tán tốn kém vì cần nhiều thiết bị phục vụ cho việc tán đỉnh khi đó có thể thay bằng bulông cường độ cao.

+ Thay thế bằng đỉnh tán.

Tán đỉnh ở các lỗ không có con lỏi và bulông trước, sau đó tán đỉnh ở các lỗ có con lỏi và cuối cùng là các lỗ có bulông thường. Tháo con lỏi và bulông đến đâu tán đỉnh đến đấy.

Cần phải nung đỉnh tán đến màu sáng đỏ (1000°C đến 1100°C), công việc tán đỉnh phải thực hiện nhanh chóng, sau khi tán xong mũ đỉnh hãy còn màu đỏ sẫm, nếu tán chậm thân đỉnh có thể không choán hết thể tích lỗ đỉnh sẽ bị lỏng hoặc đầu mũ đỉnh có vết nứt.

Sau khi tán xong phải kiểm tra chất lượng các đỉnh vừa thay thế, nếu có đỉnh không đạt yêu cầu phải thay thế ngay.

+ Thay thế bằng bulông cường độ cao.

Khi số đỉnh tán cần thay thế ít có thể thay thế bằng bulông cường độ cao nhưng số bulông cường độ cao thay thế không nên vượt quá 10% tổng số đỉnh của liên kết.

Làm sạch bề mặt và lỗ đỉnh.

Dùng cờ lê thường xiết đến khi chặt sau đó dùng cờ lê lực xiết đến mômen xiết theo thiết kế để đảm bảo lực căng trong thân bulông.

Làm vệ sinh và sơn bảo vệ.

3.3.5.3. Thay thế bulông cường độ cao bị hư hỏng.

- Tháo bulông cường độ cao đã bị hư hỏng. Nếu bulông, đai ốc vòng đệm đã bị gỉ, có vết nứt, hỏng ren v.v... phải loại bỏ, nếu bulông còn tốt, chưa có hư hỏng mà chỉ bị lỏng có thể lau sạch và dùng lại.

- Làm sạch bề mặt và lỗ đỉnh.

- Dùng cờ lê thường xiết đến khi chặt sau đó dùng cờ lê lực xiết đến mômen xiết theo thiết kế.

- Sơn hoặc bôi mỡ để bảo vệ.

3.3.5.4. Sửa chữa hư hỏng ở đường hàn.

- Nếu trên đường hàn có vết nứt, lẫn xỉ, rỗ khí v.v... phải đục bỏ hết phần khuyết tật, riêng với vết nứt phải đục kéo dài thêm về mỗi phía ít nhất 10mm.

- Làm sạch bề mặt.

- Hàn bù phần đã đục bỏ.

- Vệ sinh, sơn bảo vệ bề mặt.

3.3.6. Thay thế một thanh dầm đã bị hư hỏng.

3.3.6.1. Các hư hỏng cần thay thế thanh.

- Thanh bị gỉ làm tiêu hao nhiều tiết diện. Nếu gỉ ở phạm vi hẹp và xa liên kết đầu thanh có thể sửa chữa bằng cách hàn bù thép cho tiết diện bị tiêu hao, nhưng nếu gỉ nhiều trên toàn thanh nhất là ở đầu thanh chỗ liên kết vào nút dầm, việc sửa chữa bằng phương pháp khác gặp khó khăn thì có thể thay thế thanh đã hư hỏng bằng thanh mới.

- Thanh bị cong vênh lớn, trên bề mặt có vết nứt, việc nắn thẳng gặp khó khăn.

- Thanh bị cong vênh do mất ổn định tổng thể.

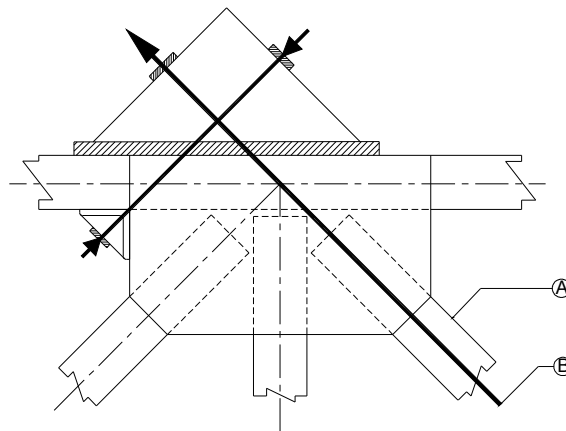
3.3.6.2. Kết cấu hỗ trợ phục vụ cho thay thế thanh.

Khi thay thế thanh dàn nếu tháo thanh cũ mà không có kết cấu hỗ trợ có thể xảy ra tình trạng kết cấu bị biến hình hoặc khoảng cách giữa hai nút đầu thanh thay đổi, lắp thanh mới rất khó khăn thậm chí không lắp được do vậy cần có kết cấu hỗ trợ.

- Với dàn tĩnh định nếu tháo một thanh kết cấu trở thành hệ biến hình do vậy trước khi tháo thanh cần làm đà giáo đỡ ở nút đầu thanh nhằm đảm bảo cho dàn bất biến hình trong suốt thời gian thi công. Với những thanh không chịu lực hoặc thanh có nội lực do tĩnh tải sinh ra rất nhỏ có thể chỉ cần làm thiết bị tạm nhằm thay thế thanh trong thời gian chưa lắp được thanh mới mà không cần làm trụ tạm.

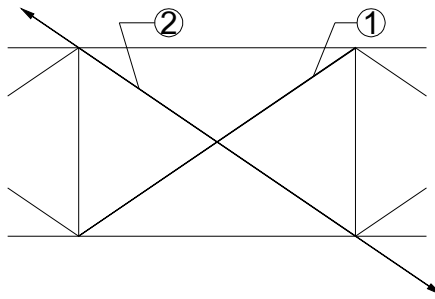
- Với dàn siêu tĩnh trong khi thay thế thanh đứng hoặc xiên chỉ cần làm thiết bị tạm để thay thế thanh trong suốt thời gian cho đến khi lắp xong thanh mới, còn với thanh biên cần phải tính toán cẩn thận để xác định xem có phải làm đà giáo không, nhưng nhất thiết vẫn phải làm thiết bị tạm.

- Trong suốt thời gian thay thế thanh cần phải ngừng giao thông nên nếu dưới tác dụng của tĩnh tải thanh chịu kéo, thiết bị tạm có thể cấu tạo như trên hình vẽ (hình 3-5), trong đó A là thanh cần thay thế, B là thiết bị tạm được lắp ở một hoặc hai bên thanh. Thiết bị tạm có thể bằng cáp với neo ở đầu, cũng có thể bằng cáp hoặc thanh với tăng đỡ ở giữa. Sau khi lắp và kiểm tra kết cấu tạm thời cần kéo cáp hoặc xiết tăng đỡ đến nội lực bằng nội lực trong thanh do tĩnh tải sinh ra để đảm bảo sau khi thay thế thanh mới có thể tham gia chịu tĩnh tải và không gây ra sự phân bố lại nội lực trong các thanh dàn.



Hình 3 – 5. Thiết bị tạm (B) để thay thế thanh (A)

- Khi thanh cần thay thế là một thanh chịu nén (chỉ dưới tác dụng của tĩnh tải) thì thiết bị tạm gồm một thanh chịu nén và kích. Nếu dàn là tĩnh định hoặc siêu tĩnh ngoài thì thiết bị tạm được lắp theo phương của thanh như thay thế thanh chịu kéo, sau khi lắp xong dùng kích để tạo ra lực nén trong thanh tạm bằng lực nén trong thanh cần thay thế rồi chèn chặt đầu thanh tạm. Nếu dàn là siêu tĩnh trong có thể làm cho nội lực trong thanh nén cần thay thế bằng không khi tác dụng lên thanh kéo cùng khoảng một lực nén đúng bằng nội lực kéo trong thanh này do tĩnh tải sinh ra, khi đó thiết bị tạm làm ở thanh kéo và hoàn toàn như khi thay thế thanh kéo. Trên hình 3-6 : 1 là thanh nén cần thay thế, 2 là thiết bị tạm để làm cho nội lực trong thanh kéo bằng không và do đó khi thiết bị tạm chưa được tháo ra thì nội lực trong thanh nén bằng không nên dễ dàng tháo thanh nén ra để thay thế bằng thanh mới.



Hình 3 – 6. Thiết bị tạm (2) để thay thế thanh (1) trong dàn siêu tĩnh

3.3.6.3. Phương pháp thi công.

- Chuẩn bị thanh mới để thay thế:

- + Chế tạo thanh theo kích thước của thanh cần thay thế.
- + Nếu là liên kết đỉnh tán hoặc bulông cường độ cao thì tiến hành khoan lỗ ở một đầu thanh, khoan với đường kính nhỏ hơn 3mm, khi lắp ráp mới khoan rộng cho đủ đường kính. Đầu còn lại không khoan lỗ trước mà đến khi lắp ráp mới khoan theo lỗ từ bản nút sang.
- + Làm sạch đầu thanh và nếu là liên kết bulông cường độ cao thì tạo bề mặt ma sát ở đầu thanh.

- Chế tạo và lắp thiết bị tạm và gia tải theo thiết kế để làm triệt tiêu nội lực trong thanh cần thay thế.

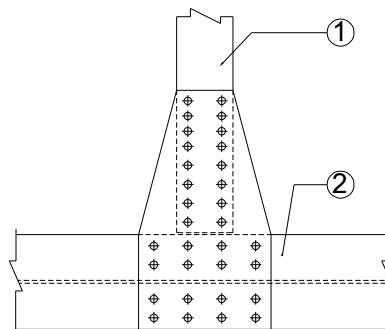
- Tháo thanh cũ, làm sạch bề mặt cần lắp ráp trên dầm (bản nút, lỗ đỉnh trên bản nút v.v...). Nếu trên bề mặt lắp ghép có khuyết tật như gỉ, nứt v.v... thì sửa chữa trước khi lắp thanh mới.
- Lắp thanh mới và liên kết vào bản nút, kiểm tra chất lượng liên kết (đỉnh tán, bulông cường độ cao hay đường hàn) nếu có hư hỏng cần sửa chữa ngay trước khi tháo thiết bị tạm.
- Tháo dỡ thiết bị tạm.
- Làm sạch bề mặt, sơn bảo vệ.

3.3.7. Thay thế bản nút dầm đã hư hỏng.

Thông thường bản nút dầm ít bị hư hỏng do tác dụng của tải trọng vì khi thiết kế người ta thường làm cho bản nút có cường độ lớn hơn cường độ của tất cả các thanh đồng quy ở nút, tuy nhiên do nhiều nguyên nhân khác, chẳng hạn do gỉ, do tác động của môi trường v.v... Bản nút có thể bị hỏng cần phải thay thế bằng bản nút mới để đảm bảo an toàn cho kết cấu nhịp. Tùy theo từng kết cấu cụ thể (tĩnh định hay siêu tĩnh trong) thanh biên là thanh liên hay nối ở nút mà có giải pháp thích hợp để thay thế bản nút, nhưng bằng giải pháp nào cũng áp dụng cùng một nguyên tắc như khi thay thế thanh tức là cần làm thêm các thiết bị tạm để triệt tiêu nội lực do tĩnh tải sinh ra ở phần đang thay thế vì khi thay thế ở nút phải ngừng giao thông trên cầu. Sau đây ta xét một số ví dụ cụ thể.

3.3.7.1 Thay thế bản nút của nút có 3 thanh

Xét nút có ba thanh như hình vẽ (hình 3-7), trình tự thay thế bản nút như sau:

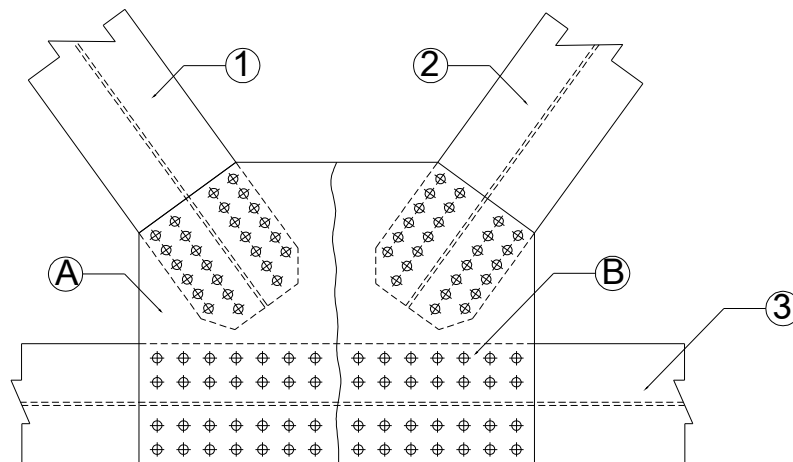


Hình 3-7. Thay thế bản nút ở nút có ba thanh

- Nếu thanh (2) là thanh liên ở nút (nối ở ngoài nút) thì chỉ cần làm thiết bị tạm ở thanh 1

- Nếu cần thiết phải có trụ tạm hoặc các thiết bị khác bảo đảm khi tháo thanh 1 hệ vẫn bất biến hình.
- Thay thế bản nút, khi cần thay thế cả hai bản nút thì thay thế một bản nút trước sau đó mới thay bản nút còn lại. Trường hợp liên kết bản nút với các thanh là đỉnh tán hoặc bulông cường độ cao thì lắp các bản nút dùng con lỏi và bulông thường để liên kết, sau khi đã thay thế cả hai bản nút mới lắp đỉnh tán hoặc bulông cường độ cao theo nguyên tắc lắp ở các lỗ đỉnh không có con lỏi và bulông thường trước, sau đó thay thế con lỏi bằng đỉnh tán hoặc bulông cường độ cao, cuối cùng là các bulông thường.
- Tháo thiết bị tạm.
- Làm sạch bề mặt, sơn bảo vệ.

3.3.7.2. Thay thế bản nút ở nút có 4 thanh (hình 3-8)



Hình 3-8. Thay thế bản nút ở nút có 4 thanh

- 1 – Thay thế nửa A của bản nút sau khi đã hàn liên kết tạm cho thanh 1
- 2 – Thay thế nửa B của bản nút sau khi đã hàn liên kết tạm cho thanh 2
- 3 – Hàn hai nửa mới thay thế của bản nút

Giả sử nút có 4 thanh như hình vẽ, nếu thanh 3 là thanh liên ở nút (nối ở ngoài nút) thì không cần làm thiết bị tạm cho thanh này, nếu thanh nối ở nút thì cần làm thiết bị tạm.

- Nếu cần thiết phải làm trụ tạm hoặc thiết bị khác để đảm bảo hệ bất biến hình trong suốt thời gian thi công.
- Lắp thiết bị tạm cho thanh 1 và dùng thiết bị tạm làm cho thanh 1 có nội lực bằng không.

- Cắt bản nút thành hai phần bằng đường cắt theo phân giác của hai thanh xiên.

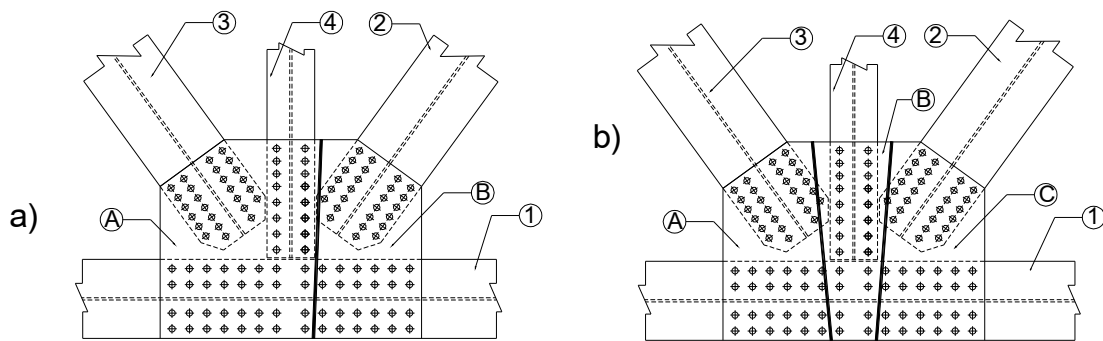
_ Tháo nửa bản nút đã cắt rời ở đầu thanh 1.

_ Thay thế bằng một nửa bản nút mới.

_ Tương tự như trên thay thế nửa bản nút ở đầu thanh 2.

- Hàn hai nửa bản nút mới thay thế với nhau. Chú ý là để hạn chế ứng suất do co ngót đường hàn khi nguội người ta lắp đỉnh tán hoặc bulông cường độ cao ở gần mối hàn sau khi đã hàn xong, nếu điều đó không thực hiện được có thể thay thế đường hàn nối hai nửa bản nút bằng liên kết đỉnh tán hoặc bulông cường độ cao.

3.3.7.3. Thay thế bản nút ở nút có 5 thanh (hình 3-9)



Hình 3-9. Thay thế bản nút có 5 thanh

Với cùng nguyên tắc như nút có 4 thanh, ở đây có thể xảy ra trường hợp:

- Khi thanh 4 (thanh đứng) là thanh không chịu lực, khi đó chỉ cần cắt bản nút thành hai phần (hình a).

- Khi thanh 4 (thanh đứng) có nội lực đáng kể do tĩnh tải, có thể cắt bản nút làm ba phần, thay thế xong phần A và B thì hàn liên kết hai phần lại, sau đó thay thế phần C rồi hàn hoặc liên kết với phần đã thay thế (hình b).

3.4. Sửa chữa các hư hỏng ở mố, trụ cầu

3.4.1. Các hư hỏng thường gặp ở mố, trụ.

- Nứt ở thân mố, trụ, nứt trên xà mũ trụ.

- Bê tông ở phạm vi mực nước lên xuống bị ăn mòn chất dính kết trơ cốt liệu, bê tông bị phong hoá, vỡ, tróc mảng.

- Cột thép, cọc thép bị gỉ.

- Móng bị xói, lở.

- Móng bị lún, nhất là lún không đều làm cho mố, trụ bị nghiêng lệch, bị nứt.

3.4.2. Nứt bê tông ở mố, trụ.

3.4.2.1. Nguyên nhân của tình trạng nứt ở móng trụ.

- Do co ngót bê tông, những vết nứt này thường nhỏ và nhọn dần về hai đầu.
- Nứt do lún không đều của nền, các vết nứt này có thể lớn và có phương thẳng đứng hoặc có góc nghiêng không lớn hơn so với phương thẳng đứng.
- Nứt do ứng suất pháp, ở trên xà mũ các vết nứt do ứng suất pháp có phương thẳng đứng hoặc gần như thẳng đứng, có độ mở rộng vết nứt nhỏ dần về phía chịu nén và thường xuất hiện ở mặt cắt giữa hoặc mặt cắt sát cột của trụ thân cột, trên thân móng, trụ các vết nứt này thường có phương nằm ngang và nhiều khi độ mở rộng vết nứt khá lớn..
- Do chiều dày lớp bê tông bảo vệ không đủ, nước thấm vào làm gỉ cốt thép, cốt thép gỉ trương nở thể tích đẩy nứt và đẩy vỡ lớp bê tông bên ngoài, các vết nứt hoặc vỡ bê tông này thường nằm dọc theo cốt thép ở bên trong.
- Do va chạm của thuyền bè. Khi thuyền bè va chạm vào thân cột trụ có thể gây ra nứt hoặc vỡ bê tông, nghiêm trọng hơn có thể làm gãy cọc hoặc làm sập đổ trụ dẫn đến sập cầu.

3.4.2.2. Phương pháp sửa chữa khi độ mở rộng vết nứt lớn hơn 0,3mm.

Khi độ mở rộng vết nứt nhỏ hơn hay bằng 0,3mm thì không thể bơm vữa hoặc keo, khi đó có thể phủ lên bề mặt vết nứt một lớp vữa hoặc keo như ở phần xử lý vết nứt cho kết cấu nhịp BTCT, ở đây chỉ xét trường hợp vết nứt có độ mở rộng vết nứt lớn hơn 0,3mm.

- Thi công kết cấu ngăn nước nếu tại thời điểm sửa chữa vết nứt nằm ở dưới nước.
- Bơm nước và làm sạch vết nứt. Trường hợp hai bên mép vết nứt có rêu bám cần đục hết phần bê tông có rêu bám trước khi làm sạch vết nứt. Khi xử lý bằng bơm keo thì cần làm khô vết nứt.
- Trám vá các vết nứt đã được đục rộng để làm sạch.
- Bơm keo, vữa vào vết nứt theo trình tự như đã nêu ở trên.
- Nếu trên thân trụ có nhiều vết nứt, vỡ bê tông có thể sửa chữa theo trình tự sau:
 - + Làm vòng vây ngăn nước, tùy theo mực nước thi công có thể làm vòng vây đất hoặc vòng vây cọc ván.
 - + Bơm nước ra để sao cho toàn bộ phần cần sửa chữa nằm trên mực nước.

- + Đục bỏ hết phần bê tông bị hư hỏng ở quanh vết vỡ hoặc rêu bám ở vết vỡ ở mép vết nứt.
- + Nếu có những vết nứt vỡ do cốt thép bên trong bị gỉ gây ra cần đục bỏ hết bê tông bên ngoài và làm sạch gỉ trên cốt thép, khi cốt thép bị gỉ đứt hoặc làm tiêu hao tiết diện ban đầu cần hàn bù cốt thép sau đó dùng vữa hoặc bê tông trám vá vào phần bê tông đã đục bỏ.
- + Khoan các lỗ trong bê tông cũ, chôn neo liên kết giữa bê tông cũ và bê tông của lớp vỏ sắp bọc.
- + Lắp đặt cốt thép của lớp bê tông bọc, cần hàn cốt thép với neo đã chôn trong bê tông cũ để định vị cốt thép.
- + Lắp đặt ván khuôn.
- + Đổ bê tông lớp bọc, khi bê tông lớp bọc đã đông cứng, tháo dỡ ván khuôn, hoàn thiện.
- + Tháo dỡ thiết bị ngăn nước.

3.4.3. Bê tông bị ăn mòn, bị phong hoá, cường độ bê tông suy giảm

3.4.3.1. Nguyên nhân.

- Chất lượng bê tông không tốt, trong nước hoặc trong cốt liệu của bê tông có muối, có tạp chất.
- Bị mài mòn. Bề mặt bê tông chịu tác động trực tiếp của nước chảy, sóng vỗ v.v... sẽ bị mài mòn dần, trước mắt chất kết dính bị mài mòn trơ cốt liệu.
- Điều kiện xấu của môi trường xung quanh, nước mặn, nước thải của khu công nghiệp, khu vực dân cư chưa được xử lý có muối, axit và các hoá chất khác làm cho bê tông bị ăn mòn, bị phong hoá nhất là ở những vị trí bê tông bị rỗ, bị nứt, ở đó bê tông sẽ bị suy giảm với tốc độ mạnh hơn.

3.4.3.2. Phương pháp sửa chữa.

- Làm thiết bị ngăn nước nếu vùng bị hư hỏng nằm dưới mực nước thi công.
- Đục bỏ hết phần bê tông đã bị hư hỏng, nếu tại đó có cốt thép và cốt thép đã bị gỉ cần hàn bù diện tích đã bị tiêu hao do gỉ.
- Làm sạch bề mặt cả bê tông và cốt thép.
- Nếu khối lượng ít có thể trám vá bằng vữa xi măng cát hoặc bê tông thường cốt liệu nhỏ.

- Nếu khối lượng nhiều có thể phun vữa hoặc bê tông vào bề mặt. Khi phun cần di chuyển sao cho vòi phun vuông góc với bề mặt cần phun, chiều dày mỗi lớp phun phụ thuộc vào phun từ dưới lên hoặc phun vào bề mặt thẳng đứng, thông thường chiều dày mỗi lớp từ 2cm đến 8cm, khi phun tùy tình hình cụ thể mà điều chỉnh chiều dày sao cho lớp phun không bị tróc mảnh và số lượng lớp phun ít. Sau khi phun đủ chiều dày dùng bay hoặc bàn xoa làm phẳng bề mặt.

- Bảo dưỡng vữa hoặc bê tông đến khi đông cứng.

- Hoàn thiện, tháo dỡ thiết bị phục vụ thi công.

3.4.4. Cột thép, cọc thép bị gỉ.

3.4.4.1. Nguyên nhân.

- Lớp sơn bảo vệ bị hư hỏng hoặc quá niên hạn mà chưa sơn lại.

- Tác động của môi trường: không khí ẩm, mặn, nước mặn, nước thải từ nhà máy, khu công nghiệp, khu dân cư có các thành phần gây gỉ như axit, muối v.v... trường hợp này gỉ phát triển mạnh nhất trên đoạn nằm trong phạm vi dao động của mực nước.

- Ở miền Nam nước ta nhiều cầu có cọc thép trong nhồi bê tông cốt thép, bê tông nhồi trong cọc thường bị rỗ, thậm chí có chỗ bê tông không chiếm hết không gian tạo thành những lỗ hổng. Vì một lý do nào đó chẳng hạn cọc bị gỉ thủng ở một chỗ nào đó nước sẽ vào trong cọc làm gỉ cốt thép và gỉ cột từ trong ra.

3.4.4.2. Phương pháp sửa chữa.

- Phần cột hoặc cọc nằm trên mực nước cao nhất có thể sửa chữa bằng sơn lại (xem phần trên), tuy nhiên nếu chiều dài phần này không lớn và phần dưới bọc bê tông thì cũng có thể bọc bê tông.

- Phần cột hoặc cọc ngập trong nước nhất là trong mực nước lũ hàng năm có thể sửa chữa bằng cách bọc bê tông.

+ Làm thiết bị ngăn nước.

+ Sửa chữa các hư hỏng nếu có, chẳng hạn hàn bù tiết diện chỗ đã bị gỉ thủng hoặc gỉ gần thủng, sau đó làm sạch bề mặt. Thông thường thì phần cọc thép chôn trong đất rất ít bị gỉ cho nên chỉ cần bọc đến mặt đất hoặc dưới mặt đất 0,5m là đủ, chú ý mặt đất ở đây là đã xét đến xói.

- + Lắp đặt cốt thép của lớp bê tông bọc, hàn các thanh thép liên kết giữa mặt ngoài của cột hoặc cọc với lưới cốt thép, các thanh thép hàn vừa để liên kết, để định vị lưới cốt thép và giữ khoảng cách giữa lưới thép với mặt ngoài của cột hay cọc.
- + Lắp đặt ván khuôn, nếu chiều cao lớp bê tông bọc lớn có thể lắp ván khuôn thành nhiều đợt hoặc lắp một đợt nhưng phải có cửa sổ để đổ và đầm bê tông.
- + Đổ bê tông, thông thường ở đây chỉ dùng bê tông thường có thể có thêm phụ gia như phụ gia đông cứng nhanh v.v...
- + Bảo dưỡng bê tông đến khi đông cứng, hoàn thiện và tháo dỡ các thiết bị phục vụ thi công.

3.4.5. Xói lở, lún sụt.

3.4.5.1 Nguyên nhân.

- Dòng chảy bị thu hẹp do các công trình xây dựng ở thượng và hạ lưu, nhiều cầu cũ dòng chảy không bị thu hẹp nhưng lưu lượng dòng chảy tăng lên vì nhiều lý do khác nhau như chặt, phá rừng v.v... khẩu độ thoát nước không đủ dẫn đến tăng chiều sâu xói làm xói lở móng mố, trụ, chân khay của phần tứ nón và mái dốc trước mố bị xói lở dẫn đến làm hư hỏng phần tứ nón và mái dốc trước mố.
- Sự thay đổi dòng chảy dẫn đến dòng nước hướng về một bên làm cho mố, trụ ở bên đó bị xói lở.
- Chất lượng thi công không tốt như đất ở phần tứ nón và mái dốc không được đầm chặt, móng của chân khay không đảm bảo (đặt trên đất không tốt, chưa nằm dưới đường xói lở), mái dốc của phần tứ nón không phải là đá xây mà chỉ xếp đá, miết mạch, khi ngập nước đất đắp bị lún, chân khay sụt lở làm mố bị xói lở.

3.7.5.2. Phương pháp sửa chữa.

- Sửa chữa mái dốc trước mố, mái dốc phần tứ nón.
 - + Phá bỏ phần đá xây hoặc đá lát đã bị sụt lở, nứt nẻ.
 - + Dọn sạch mặt đất ở dưới.
 - + Đổ cát, đất và đầm chặt cho đến cao độ thiết kế.

- + Xây đá. Đá xây phải sạch, đủ cường độ (400daN/cm^2) không bị nứt nẻ, không có kích thước quá nhỏ, vữa xây phải đủ cường độ. Tưới nước trước khi xây, phải xây mà không lát đá miết mạch. Nếu dùng đá cũ để xây lại phải đục bỏ phần vữa xây cũ còn bám trên đá, rửa sạch trước khi xây.
- + Bảo dưỡng vữa xây cho đến khi đông cứng.
- Sửa chữa chân khay bị sụt lở.
 - + Nếu chân khay nằm trong nước thì trước khi sửa chữa phải làm thiết bị ngăn nước, nên thi công vào mùa khô.
 - + Đục bỏ hết phần đá xây ở chân khay đã bị sụt lở và bị nứt nẻ.
 - + Đóng cọc gia cố chân khay, ở miền Bắc thường dùng cọc tre, miền Nam hay dùng cừ chàm hoặc cọc BTCT, chiều sâu mũi cọc và số lượng cọc tùy theo địa chất dưới chân khay. Nếu địa chất tốt và chân khay đã nằm dưới đường xói lở có thể không cần đóng cọc mà chỉ cần rải lớp lót bằng bê tông nghèo rồi tiến hành xây đá hoặc đổ bê tông chân khay.
 - + Xây đá hoặc đổ bê tông chân khay.
 - + Nếu phần mái dốc cũng bị hư hỏng thì sau khi thi công chân khay và vữa hoặc bê tông đã đông cứng mới sửa chữa mái dốc như trình tự đã nêu ở trên.
 - + Khi vữa đã đông cứng. Tháo bỏ thiết bị ngăn nước, thanh thải lòng sông.
- Sửa chữa xói lở dưới đáy móng.
 - + Làm thiết bị ngăn nước.
 - + Dọn sạch bề mặt, bùn, đất, rác bẩn.
 - + Xếp đá hoặc rọ đá dưới đáy móng, tốt nhất là sau khi xếp đá thì bơm vữa xi măng cát hoặc bê tông cốt liệu nhỏ vào khối đá đã xếp.
 - + Khi địa chất bên ngoài không tốt có thể khối đá đã xếp bị sụt lở cần đóng cọc (cọc ray hoặc cọc BTCT) ở phía ngoài dùng lưới B40 hoặc lưới thép chắn ngăn không cho sụt lở đá. Lưới B40 hoặc lưới thép chắn cần liên kết với các cọc đã đóng ở phía ngoài.

CHƯƠNG IV

TĂNG CƯỜNG CẦU

Ở nước ta hiện tại còn rất nhiều cầu yếu, không thể đồng thời thay thế các cầu yếu bằng các cầu mới, để phục vụ cho công cuộc xây dựng, hiện đại hoá đất nước trước mắt nhà nước đã thay thế một số cầu yếu và làm thêm nhiều cầu mới nhưng cũng phải sửa chữa và tăng cường các cầu yếu hoặc những cầu chưa đáp ứng được tải trọng khai thác trong thời gian lâu dài hoặc trong một thời gian nào đó. Trên đường sắt Thống nhất hầu hết các cầu lớn chưa thay thế đều được tăng cường bằng trụ tạm, cầu Long Biên trong thời gian chiến tranh cũng được tăng cường bằng trụ tạm, có trụ còn tồn tại cho đến ngày nay. Để xây dựng đường dây 500kV, phục vụ cho việc xây dựng nhà máy thủy điện Yaly người ta đã tăng cường hàng loạt các cầu trên quốc lộ 19(từ cảng Quy Nhơn đến Pleiku và từ thị xã Pleiku đến nhà máy), trên đó có cả kết cấu nhịp BTCT thường, BTCT dự ứng lực, kết cấu nhịp thép và mố, trụ. Như vậy rõ ràng là lúc không còn cầu yếu thì nhiều khi vẫn phải tăng cường cầu để phục vụ cho việc vận chuyển một số thiết bị hàng hóa nào đó mà hiệu ứng của hàng hóa và xe chở nó lớn hơn hiệu ứng do tải trọng thiết kế sinh ra. Khi tăng cường cầu nếu trên cầu có những hư hỏng thường kết hợp cả sửa chữa và tăng cường, việc sửa chữa các hư hỏng đã được nghiên cứu ở chương 3, ở đây chỉ nghiên cứu việc tăng cường cầu.

4.1. Cơ sở để tăng cường cầu.

Để thiết kế sửa chữa và tăng cường cầu cần thiết phải thực hiện các công việc chính như sau:

- Thu thập các tài liệu.
- Điều tra các hư hỏng hiện có trên cầu, nếu có điều kiện và kinh phí cho phép tốt nhất là tiến hành thử nghiệm cầu.
- Kiểm toán cầu để xác định khả năng chịu tải hiện tại.
- Xác định tải trọng cần khai thác sau khi tăng cường, từ đó xác định bộ phận kết cấu cần tăng cường và chọn giải pháp tăng cường.
- Thiết kế tăng cường.

4.1.1. Thu thập hồ sơ, tài liệu.

Để thiết kế tăng cường cầu việc thu thập hồ sơ, tài liệu về cầu cũ là rất quan trọng vì khi có nhiều tài liệu công tác điều tra thiết kế sẽ được tiến hành nhanh chóng và chính xác hơn, chẳng hạn nếu có hồ sơ thiết kế sẽ biết được năm xây dựng, số lượng cốt thép, loại cốt thép, cách bố trí cốt thép, số lượng cọc, chiều sâu chôn cọc..., những số liệu này điều tra sẽ rất khó khăn và độ chính xác hạn chế.

Các hồ sơ cần thiết và có thể thu thập được là :

- Hồ sơ thiết kế.
- Hồ sơ hoàn công.
- Hồ sơ sửa chữa, tăng cường đã thực hiện nếu có.
- Hồ sơ kiểm tra, kiểm định.

Nhờ các hồ sơ thu thập được có thể đánh giá :

- Cấu tạo chi tiết của các bộ phận cầu.
- Tình trạng hiện tại của công trình, các hư hỏng hiện có giúp cho việc khảo sát được nhanh chóng và chính xác hơn, chẳng hạn nếu ở lần kiểm tra hay kiểm định trước đã phát hiện ra vết nứt, đã đánh dấu điểm đầu và điểm cuối, đã đo độ mở rộng vết nứt thì khi khảo sát sẽ đánh giá được tình hình phát triển của vết nứt v.v...

4.1.2. Điều tra, đánh giá các hư hỏng và hiện trạng cầu.

Nếu các cầu có hồ sơ thiết kế, hồ sơ hoàn công thì công việc khảo sát, đánh giá hiện trạng cầu sẽ đơn giản hơn rất nhiều, khi đó công việc khảo sát chủ yếu là để xác định các hư hỏng trên cầu. Từ đó xác định được diện tích tiết diện thực tế để tính toán về cường độ (tiết diện thực) và ổn định (tiết diện nguyên, ở đây chỉ trừ các tiêu hao chung), để xác định các đặc trưng cơ học của vật liệu như cường độ tính toán, môđun đàn hồi v.v...

Khi cầu không có hồ sơ thì tốt nhất là tiến hành kiểm định để xác định được khả năng chịu tải của cầu, muốn vậy cần phải tiến hành các công việc chính như sau :

- Đo đạc kích thước các bộ phận để vẽ lại hồ sơ công trình.
- Điều tra xác định mực nước cao nhất, mực nước thấp nhất, mực nước thi công.

- Điều tra các hư hỏng, đánh giá nguyên nhân. Cần phải đo đạc chi tiết các hư hỏng để từ đó tính ra khối lượng sửa chữa, thay thế tăng cường.

- Làm các thí nghiệm để xác định các đặc trưng cơ học của vật liệu, ở nước ta thường sử dụng phương pháp không phá hoại mẫu.

- Đo đạc ứng suất, độ võng, dao động để làm cơ sở xác định khả năng chịu tải của công trình. Nếu trước đó không xa cầu đã được kiểm định thì có thể dùng các kết quả đó để đánh giá công trình.

4.1.3. Kiểm toán cầu

Trên cơ sở các tài liệu thu thập và kết quả khảo sát, đo đạc ở hiện trường tiến hành kiểm toán kết cấu nhịp, mố, trụ theo các quy trình hiện hành. Ở nước ta trong các quy trình kiểm định (Quy trình kiểm định cầu trên đường ô tô 22TCN-243-98, Quy trình kỹ thuật kiểm định cầu đường sắt 22TCN-258-1999) đều đã cho những công thức để tính ứng suất, độ võng...Tuy nhiên cũng có thể kiểm toán theo những công thức cho trong quy trình thiết kế với các đặc trưng hình học và cơ học thực của cầu. Kết quả của kiểm toán là xác định được khả năng chịu lực của các bộ phận cầu, khi không thử tải cầu thì kiểm toán là phương pháp duy nhất để đánh giá khả năng chịu tải.

4.1.4. Xác định bộ phận cần tăng cường và chọn giải pháp tăng cường.

Từ kết quả của kiểm toán và thử nghiệm cầu xác định được khả năng chịu lực của các bộ phận cầu.

Từ tải trọng cần khai thác sau khi tăng cường xác định được nội lực, biến dạng trong các bộ phận cầu.

Bộ phận nào có khả năng chịu tải (nội lực, chuyển vị...lớn nhất có thể chịu đựng được) lớn hơn nội lực, chuyển vị do tải trọng dự kiến khai thác sinh ra thì không phải tăng cường. Trong cầu đường sắt khi có tính đẳng cấp thì bộ phận nào có đẳng cấp lớn hơn đẳng cấp của tải trọng thì không phải tăng cường, ngược lại khi đẳng cấp của bộ phận nhỏ hơn đẳng cấp của tải trọng thì cần thiết phải tăng cường. Sau khi đã xác định bộ phận tăng cường người thiết kế cần phải lựa chọn tìm giải pháp tăng cường. Sau đây ta nghiên cứu các giải pháp tăng cường thường được sử dụng hiện nay.

4.2. Các giải pháp tăng cường kết cấu nhịp BTCT thường và BTCT DUL

4.2.1. Tăng cường kết cấu nhịp BTCT thường bằng cách thêm cốt thép chủ vào khu vực chịu kéo của bê tông.

Trong cầu BTCT thường khi cần tăng khả năng chịu lực không nhiều có thể thêm cốt thép chủ ở vùng chịu kéo. Khi tăng cốt thép chủ sẽ làm tăng chiều cao dầm do lớp cốt thép chủ mới thêm vào dưới cùng vẫn phải có lớp bê tông bảo vệ ở phía dưới, nếu việc tăng chiều cao không ảnh hưởng đến thông thuyền hay thông xe(với cầu vượt) thì có thể thêm nhiều thép và khả năng chịu lực của cầu cũng tăng thêm nhiều hơn. Trình tự tăng cường cầu theo phương pháp này như sau:

- Đục bỏ bê tông ở vùng cần đặt thêm cốt thép cho đến khi lộ cốt chủ và cốt thép đai.

- Đặt thêm cốt thép chủ:

+ Nếu cốt thép chủ cũ đặt rời có thể hàn cốt thép đặt thêm vào cốt thép dưới cùng và số cốt thép đặt thêm ở mỗi hàng không quá 3 thanh thì không cần hàn thêm các đoạn cốt thép đệm vì tổng số cốt thép trên một tệp chưa vượt quá 4 như quy định trong quy trình.

+ Nếu cốt thép chủ hàn thành tệp và không biết số thanh đã có ở tệp dưới cùng là bao nhiêu thì đầu tiên hàn các đoạn thép đệm sau đó mới đặt các cốt thép mới bằng cách hàn vào cốt thép đệm và hàn các cốt thép lại với nhau (Hình 4-1).

Dù cốt thép chủ cũ đặt rời hoặc hàn với nhau thành tệp thì với cốt thép chủ đặt thêm vẫn nên hàn để không làm tăng thêm chiều cao dầm lên nhiều.

- Đặt cốt thép đai:

+ Ở những vị trí có cốt đai cũ và có thể hàn được thì nên hàn phần cốt đai đặt thêm vào cốt đai cũ.

+ Ở những vị trí không có cốt đai cũ hoặc việc hàn với cốt thép đai cũ gặp khó khăn thì cốt thép đai mới ở mức tương ứng với cốt thép chủ cũ được uốn ngang ra và hàn vào cốt chủ cũ.

- Sau khi đặt xong cốt thép chủ mới và cốt đai làm sạch bề mặt của bê tông và cốt thép. Nếu bê tông bọc cốt thép là bê tông thường thì sau khi làm sạch cần tưới nước lên bề mặt, trái lại nếu dùng bê tông polyme cần làm khô bề mặt.

- Đổ bê tông:

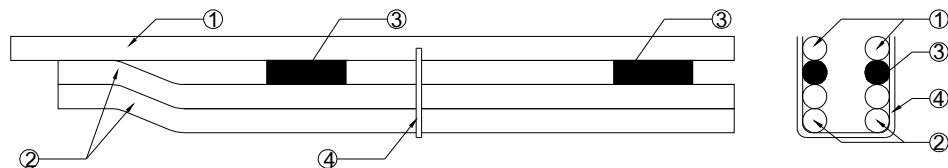
+ Nếu bê tông thường thì có thể dùng phương pháp đổ thủ công hoặc dùng phương pháp phun ướt hoặc phun khô.

+ Nếu dùng bê tông polyme thì nên dùng đổ thủ công và có ván khuôn treo để ép chặt bê tông mới vào bề mặt cần đổ.

+ Khi dùng phương pháp phun ướt hoặc phun khô nhất thiết phải ngừng giao thông từ lúc bắt đầu phun cho đến khi bê tông đã đông cứng.

+ Để tăng dính bám giữa bê tông mới đổ và bê tông cũ có thể quét lên bề mặt của bê tông và cốt thép cũ một lớp keo (chẳng hạn keo êpôxy).

+ Khi dùng phương pháp phun bê tông, sau khi phun đủ chiều dày thì cần dùng bàn xoa hoặc bay làm phẳng bề mặt, đặc biệt chú ý chỗ tiếp giáp giữa bê tông mới với bê tông cũ.



Hình 4-1 Hàn thêm cốt thép để tăng cường cầu BTCT thường.

1. Cốt thép chủ cũ ; 2. Cốt thép chủ đặt thêm

3. Thép đệm; 4. Cốt thép đai đặt thêm được hàn vào cốt thép chủ cũ.

4.2.2. Tăng cường kết cấu nhịp bê tông cốt thép thường bằng dán bản thép.

Phương pháp dán bản thép để tăng cường kết cấu nhịp thường được dùng trong cầu bê tông cốt thép thường và khi cần tăng cường khả năng chịu lực không nhiều, ưu điểm của phương pháp này là không cần phải đục bỏ bê tông cũ nếu bê tông còn tốt và bản thép dán làm tăng không đáng kể chiều cao dầm.

Phương pháp dán bản thép giống như đã nghiên cứu ở phần sửa chữa cầu bê tông, ở đây chỉ xét trình tự tính toán để xác định số lượng bản thép cần dán.

- Xác định mômen uốn mà dầm chịu đựng được (M_{gh}) ở một số mặt cắt ngang của dầm chủ.

- Xác định mômen uốn do tải trọng sinh ra, đó là mômen uốn do tĩnh tải tính toán, do người đi (nếu có) và do tải trọng dự định khai thác sau khi tăng cường (M_{tt}) ở những mặt cắt ngang đã tính M_{gh} .
- Xác định mômen cần phải tăng cường $M = M_{tt} - M_{gh}$.
- Chọn kích thước tiết diện bản thép và xác định:
 - + Số lượng bản thép.
 - + Chiều dài mỗi bản thép.
- Tính toán lực trượt ở mặt tiếp xúc giữa bản thép và dầm bê tông. Nếu gọi lực trượt trên một đơn vị chiều dài là T_0 ta có thể xác định T_0 theo công thức :

$$T_0 = \frac{Q_{tt} S_c}{J} \quad (4-1)$$

Trong đó: Q_{tt} : Lực cắt tính toán

S_c : Mômen tĩnh của phần mặt cắt tính từ đường tiếp xúc giữa bản thép và bê tông ra đến mép đối với trục trung hoà của tiết diện.

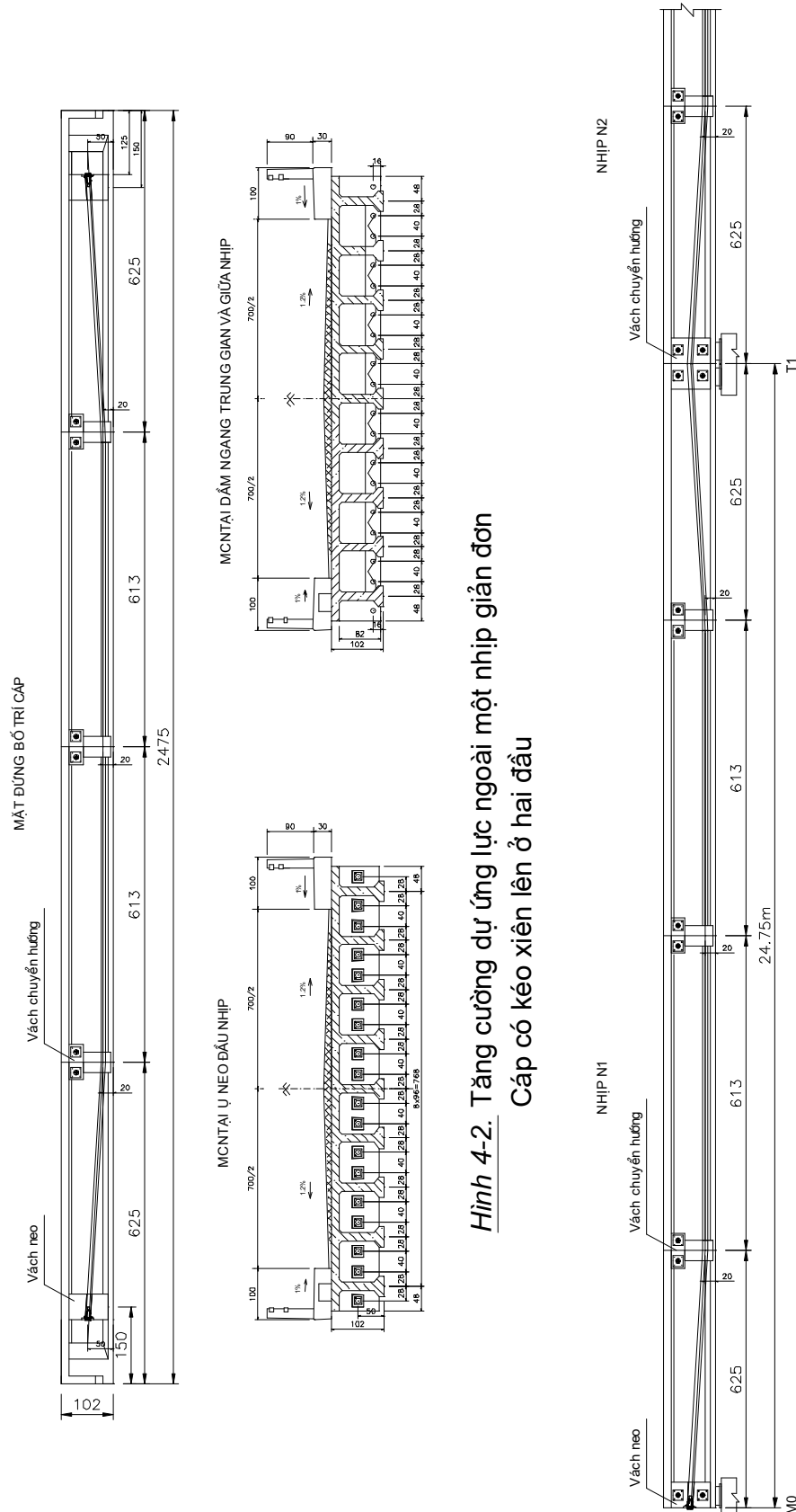
- Lực trượt do keo dán chịu, tuy nhiên theo thời gian keo có thể bị lão hoá, do đó có thể tính cho dính liên kết giữa bản thép và dầm chịu một phần hoặc toàn bộ lực trượt, từ đó tính được số dính cần thiết trên một đơn vị chiều dài. Khi chiều dài tấm thép dán không lớn có thể tính số dính ở đoạn có lực cắt tính toán lớn nhất sau đó bố trí với cùng số dính như trên cho các đoạn còn lại.

4.2.3. Tăng cường kết cấu nhịp bằng dự ứng lực ngoài.

Tăng cường bằng dự ứng lực ngoài là phương pháp có hiệu quả và được sử dụng nhiều nhất hiện nay và có thể dùng cho cả cầu BTCT thường cũng như cầu BTCT DƯL.

Lực nén do dự ứng lực sinh ra có thể là đúng tâm hoặc lệch tâm nhưng phải bảo đảm khi kéo dự ứng lực bê tông không bị nứt và tạo ra trong dầm một mômen trái dấu với mômen do tải trọng sinh ra. Với dầm giản đơn khi chiều dài không lớn các bố cáp dự ứng lực ngoài có thể kéo thẳng, còn khi chiều dài tương đối lớn có thể kéo xiên lên ở hai đầu (hình 4-2). Với những cầu có nhiều nhịp giản đơn thường nhờ dự ứng lực ngoài để nối liên tục các nhịp, khi đó ở đoạn giữa của nhịp cáp dự ứng lực ngoài nằm dưới trục trung hoà, còn ở đoạn gối cáp dự ứng lực ngoài được kéo lên trên trục trung hoà (hình 4-3), trong trường hợp

này ngoài ụ neo còn phải làm ụ chuyển hướng để đổi hướng cáp dự ứng lực và phải đổ bê tông nối liền đầu dầm ở các nhịp và trình tự thi công có thể như sau:



Hình 4-2. Tầng cường dự ứng lực ngoài một nhịp giản đơn
Cáp có kéo xiên lên ở hai đầu

Hình 4-3. Tầng cường dự ứng lực ngoài nhiều nhịp giản đơn

- Sửa chữa các hư hỏng hiện có trên cầu như tróc, vỡ bê tông, nứt bê tông v.v..., phương pháp sửa chữa như đã nghiên cứu ở chương 3.

- Thi công vách neo và vách chuyển hướng:

+ Vách neo chính là dầm ngang ở đầu nhịp hoặc ở gần đầu nhịp. Nếu có nối liên tục thì vách neo đặt ở đầu nhịp như trên hình 4-3, còn khi không nối liên tục vách neo được đặt cách đầu dầm hay dầm ngang đầu dầm một đoạn bằng chiều dài kích cộng với hành trình của kích và cộng với khoảng trống để thao tác, tổng cộng thường từ 1,3m đến 1,5m.

+ Vách chuyển hướng là dầm ngang ở vị trí cần uốn hay đổi hướng cáp dự ứng lực, vị trí của vách chuyển hướng được xác định bằng tính toán.

Trên vách neo và vách chuyển hướng có thể bố trí cáp dự ứng lực hoặc các thanh macalloy, chắc chắn số lượng cáp hoặc thanh macalloy cần thiết ở vách neo sẽ nhiều hơn ở vách chuyển hướng, số lượng này phụ thuộc vào số bó cáp dự ứng lực ngoài dọc cầu và lực kéo trong mỗi bó, riêng với vách chuyển hướng nó còn phụ thuộc vào góc ngoặt α của cáp, rõ ràng nếu α nhỏ cáp gần như thẳng thì có thể cần rất ít hoặc không cần cáp dự ứng lực, thanh macalloy.

- Khi có nối liên tục giữa các nhịp giản đơn thì tại vị trí đầu dầm giữa hai nhịp đục bỏ lớp vữa trát cũ, làm nhám và làm sạch bề mặt sau đó đổ bê tông nối liên sườn dầm và cánh dầm. Tốt nhất là dùng bê tông polyme.

- Kéo cáp dự ứng lực ngoài dọc cầu, trên mặt cắt ngang nên bố trí kéo đối xứng trừ trường hợp thi công từng nửa cầu.

- Bơm vữa hoặc keo vào ống bảo vệ cáp, hộp bảo vệ đầu neo.

- Tiến hành các công việc tiếp theo như rải lớp chống thấm, lớp phủ v.v...và hoàn thiện.

4.3. Các giải pháp tăng cường kết cấu nhịp thép.

4.3.1. Phương pháp giảm tĩnh tải.

Phương pháp này thường áp dụng cho cầu dầm thép bản kê BTCT hoặc cầu dầm thép có bản BTCT kê trên dầm dọc. Ở đây bản mặt cầu BTCT được thay thế bằng gỗ hoặc bằng thép. Khi thay mặt bản kê BTCT (thường dày 20cm và trọng lượng 500daN/m^2) bằng gỗ hoặc thép tĩnh tải mặt cầu sẽ giảm từ 200 đến 300 daN/m^2 , khả năng chịu tĩnh tải chuyển sang chịu hoạt tải tức là đã làm tăng khả năng chịu tải của cầu. Có thể tăng cường cầu theo trình tự sau :

- Tháo dỡ lớp phủ mặt cầu và bản bê tông cốt thép cũ.
- Sửa chữa các hư hỏng trên cầu cũ nếu có.
- Lắp bản mặt cầu mới, làm lại các lớp phủ mặt cầu.
- Sơn bảo vệ kết cấu thép.
- Hoàn thiện.

4.3.2. Thay thế cầu dầm thép bản kê bằng cầu liên hợp.

Ở nước ta hiện tại, nhất là ở miền Nam còn một số dầm bản kê, dầm thép tuy đã bị gỉ nhưng còn khả năng sửa chữa, có thể tăng cường bằng cách thay thế bản kê bê tông cốt thép bằng bản BTCT liên hợp với dầm thép. Trình tự tăng cường theo phương pháp này như sau :

- Tháo dỡ lớp phủ, hệ thống lan can, đường người đi nếu có.
- Tháo dỡ bản mặt cầu.
- Sửa chữa những hư hỏng ở hệ dầm thép, liên kết dọc, liên kết ngang, hàn neo.
- Sơn lại lớp sơn lót và lớp sơn phủ thứ nhất.
- Lắp đặt ván khuôn, cốt thép bản mặt cầu.
- Đổ bê tông bản mặt cầu.
- Khi bê tông bản đã đông cứng thi công tĩnh tải phân hai như gờ chắn, đường người đi, lớp phủ mặt cầu.
- Sơn lớp phủ thứ hai và hoàn thiện.

Khi tăng cường nếu cần thiết có thể hàn thêm bản tấp vào cánh dưới dầm thép, công việc này thường được tiến hành ở giai đoạn sửa chữa các hư hỏng trên dầm thép. Nếu không có giải pháp gì chẳng hạn đưa dầm thép lên bờ để hàn,

kích dầm thép lên trước khi hàn thì bản thép hàn thêm chỉ chịu tĩnh tải giai đoạn hai.

Với dầm bản kê nếu dầm có mối nối thì mối nối ở cánh trên và cánh dưới như nhau do đó cần kiểm tra kỹ mối nối ở cánh dưới, nếu cần phải tăng cường cả mối nối.

4.3.3. Tăng cường bằng trụ tạm.

Ở nước ta trên cầu đường sắt Thống nhất hầu hết các cầu dầm thép tương đối lớn khi chưa thay thế bằng cầu mới đều được tăng cường bằng trụ tạm, có nhịp đến hai trụ tạm.

Một dầm, dầm giản đơn hoặc siêu tĩnh khi có thêm trụ tạm sẽ làm kết cấu trở thành siêu tĩnh hoặc tăng thêm một bậc siêu tĩnh, tại mặt cắt đặt gối tạm mômen hoặc các thanh trong dầm đổi dấu (do hoạt tải) vì vậy cần tiến hành kiểm toán mặt cắt hoặc tiết diện thanh và tăng cường mặt cắt hoặc thanh nếu cần.

- Tăng cường kết cấu nhịp bằng trụ tạm có thể tiến hành theo trình tự sau:

- + Làm thêm trụ tạm ở vị trí theo thiết kế.
- + Lắp đặt gối (hình 4-4).
- + Tăng cường các thanh thiếu tiết diện chịu lực hoặc mối nối nếu cần thiết.

- Khi lắp đặt gối có thể xảy ra ba trường hợp:

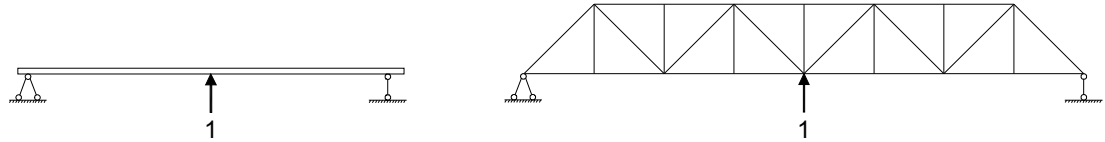
+ Trên trụ tạm không kích dầm hoặc dàn lên mà chỉ chèn chặt gối, khi đó trụ tạm chỉ chịu hoạt tải mà không chịu tĩnh tải. Tính toán nội lực do tĩnh tải sinh ra vẫn dùng sơ đồ kết cấu như chưa tăng cường. Tính toán nội lực do hoạt tải sinh ra dùng sơ đồ kết cấu có thêm gối ở trụ tạm. Thường gối trên trụ tạm là gối di động nên kết cấu mới có thêm một bậc siêu tĩnh cho mỗi gối mới đặt thêm.

+ Trên trụ tạm tiến hành kích dầm hoặc dàn lên mới lắp gối, khi đó trụ tạm có tham gia chịu tĩnh tải, phần tĩnh tải mà trụ tạm chịu phụ thuộc vào chiều cao kích dầm lên. Tính toán nội lực do hoạt tải sinh ra tương tự như ở trên dùng sơ đồ kết cấu đã có thêm gối trên trụ tạm.

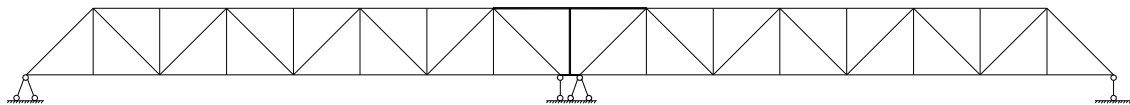
+ Trên trụ đặt gối còn hở so với đáy dầm một khoảng Δ , tất nhiên Δ phải nhỏ hơn độ võng ở vị trí đặt gối do do hoạt tải khai thác sinh ra, khi đó trụ tạm hoàn toàn không chịu tĩnh tải và chỉ chịu một phần hoạt tải. Trụ tạm bắt đầu chịu

hoạt tải khi độ võng do hoạt tải sinh ra (tính theo sơ đồ chưa có gối tạm) ở vị trí gối tạm bằng khoảng cách Δ .

- Với cầu liên hợp nếu có làm thêm trụ tạm thông thường không cho trụ tạm chịu tĩnh tải mà chỉ cho trụ tạm chịu hoạt tải hoặc một phần hoạt tải nhằm làm cho bê tông bản không bị nứt, muốn vậy phải khống chế ứng suất bất lợi nhất ở mép trên bản BTCT phải nhỏ hơn cường độ tính toán về kéo của bê tông trong kết cấu chịu uốn.



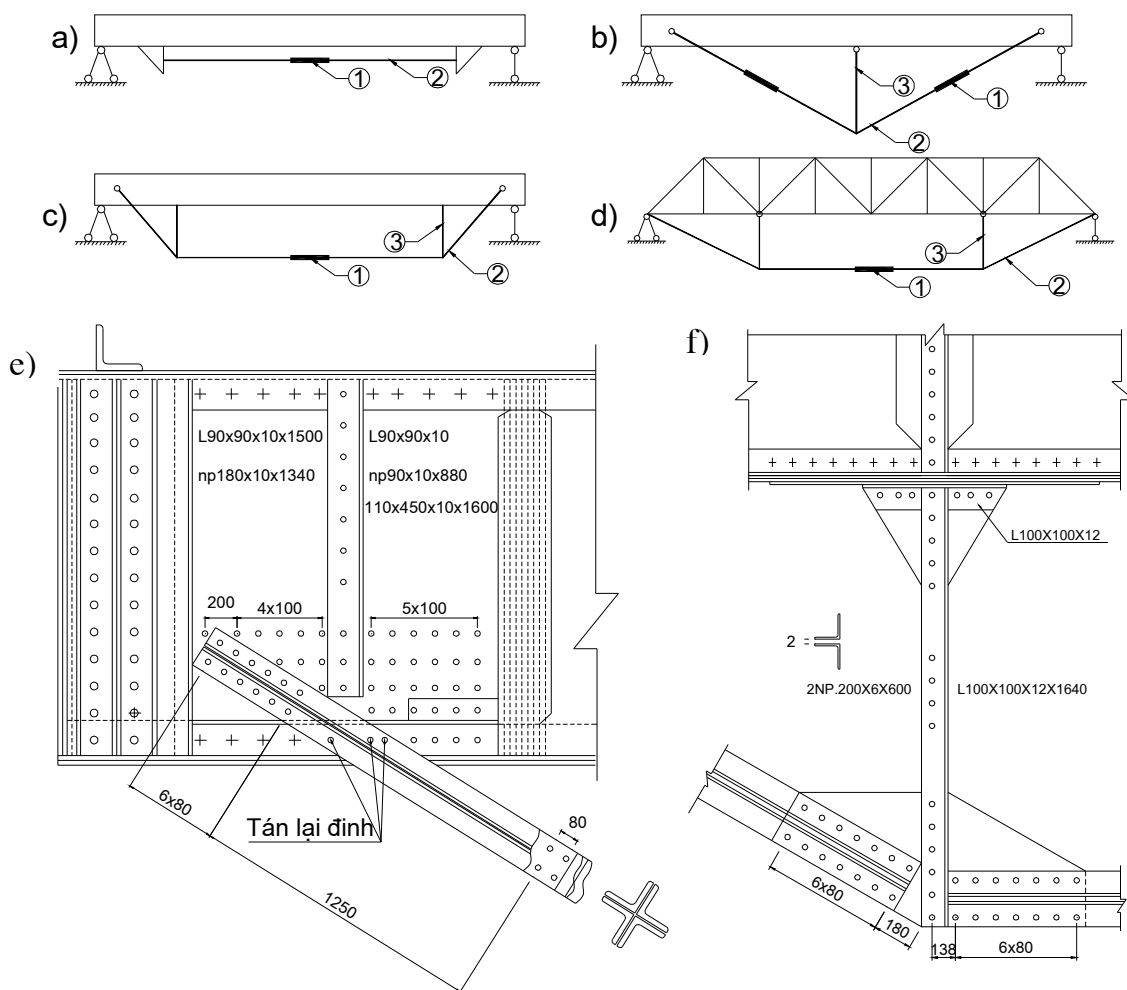
Hình 4-4.a. Tăng cường bằng cách đặt thêm gối. 1: là vị trí đặt gối.



Hình 4-4.b. Tăng cường bằng cách nối hai dầm giản đơn thành một dầm liên tục

4.3.4. Tăng cường bằng thanh kéo và tăng đơ

Người ta lắp thêm vào kết cấu nhịp một hệ thống gồm một hoặc hai thanh chống, thanh kéo và tăng đơ để khi xiết tăng đơ hệ thống sẽ tạo ra trên kết cấu nhịp một mômen uốn ngược dấu với mômen uốn do tải trọng sinh ra nhờ vậy mà làm tăng cường khả năng chịu lực của kết cấu nhịp (hình 4-5).



Hình 4-5. Tăng cường kết cấu nhịp bằng thanh kéo và tăng đỡ a; b; c; d

1 – Tăng đỡ, 2 – Thanh kéo, 3 – Thanh chống

e – Thí dụ liên kết thanh kéo với dầm chủ

f – Thí dụ liên kết thanh chống vào đáy dầm chủ và thanh chống với thanh kéo.

Phương pháp này thích hợp cho cả cầu dầm thép bản kê và cả dàn thép, với cầu dầm thép liên hợp phải tính toán sao cho mômen uốn sinh ra khi xiết tăng đỡ không làm nứt bản BTCT. Do thanh chống và thanh kéo làm giảm tĩnh không thông thuyền vì vậy những cầu có thông thuyền cần phải xét để không làm ảnh hưởng đến thông thuyền. Phương pháp này rất thích hợp khi chỉ cần tăng cường trong thời gian ngắn vì việc tháo lắp cả hệ thống thanh chống thanh kéo và tăng đỡ không cần nhiều thời gian.

Khi tăng cường bằng hệ thống thanh chống, thanh kéo và tăng đỡ có thể xảy ra các trường hợp sau:

- Nếu giữ nguyên hiện trạng cầu rồi lắp hệ thống tăng cường, sau đó chỉ xiết tăng đơ để không làm giảm độ võng tĩnh hay không làm thay đổi độ võng sẵn có thì hệ thống chỉ tham gia chịu hoạt tải. Nếu có xiết tăng đơ để làm giảm độ võng tĩnh hoặc tăng độ võng thì hệ thống chịu cả tĩnh tải và hoạt tải.

- Nếu muốn cho hệ có dự ứng lực có thể tháo dỡ hệ mặt cầu, lắp hệ thanh chống, thanh kéo và tăng đơ làm cho thanh kéo chịu lực và thanh chống sẽ đẩy kết cấu nhịp võng lên, tiến hành hàn bản tấp ở đáy. Tháo dỡ hệ thanh chống, thanh kéo và tung đơ, lắp ráp hệ mặt cầu ta cũng đã có kết cấu nhịp được tăng cường. Nếu để nguyên cả hệ thanh chống và tăng đơ kết cấu nhịp sẽ được tăng cường nhiều hơn.

- Thanh chống phải có đủ tiết diện để đảm bảo điều kiện cường độ và ổn định. Thanh kéo chỉ cần tính theo điều kiện cường độ, thanh kéo có thể làm bằng thép tròn, thép hình hoặc bó cáp cường độ cao. Cần phải sử dụng tăng đơ có khả năng chịu lực tương ứng với lực kéo lớn nhất có thể xuất hiện trong thanh kéo.

- Dù là hệ dầm hoặc dàn khi đã bố trí hệ thanh chống, thanh kéo và tăng đơ mà không tháo dỡ thì hệ trên đã làm tăng bậc siêu tĩnh của kết cấu nhịp lên một bậc, nếu hệ cũ là tĩnh định thì trở thành hệ siêu tĩnh bậc 1.

- Khi thanh kéo làm bằng thanh và không bố trí tăng đơ thì rất khó thực hiện cho hệ tham gia chịu tĩnh tải, trừ trường hợp tháo dỡ hệ mặt cầu, lắp hệ thanh chống, thanh kéo rồi lắp lại hệ mặt cầu.

4.3.5. Tăng cường kết cấu bằng cách thêm vật liệu cho dầm chủ, cho các thanh dàn.

- Với cầu dầm liên hợp thép – BTCT có thể tăng cường khả năng chịu lực của dầm chủ bằng cách thêm bản tấp vào cánh dưới dầm thép của cầu dầm giản đơn. Nếu không có giải pháp đặc biệt trong trường hợp này phải tính dầm liên hợp theo 3 giai đoạn:

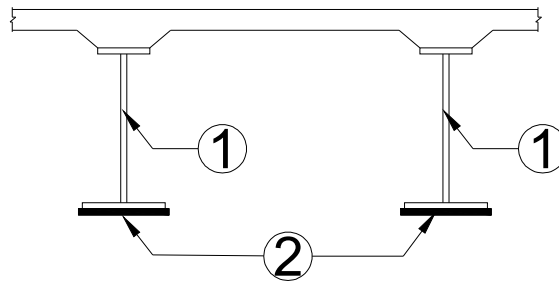
+ Giai đoạn I: Chỉ có tiết diện dầm thép cũ (chưa thêm bản tấp) làm việc, với tải trọng là tĩnh tải giai đoạn I gồm tĩnh tải của hệ dầm thép và tĩnh tải bản mặt cầu.

+ Giai đoạn II: Tiết diện tính toán là tiết diện liên hợp gồm dầm thép cũ (chưa thêm bản tấp) và bản BTCT tham gia làm việc với dầm chủ. Tĩnh tải gồm

tĩnh tải phân II (lớp phủ, gờ chắn, lan can...) và tĩnh tải của bản thép mới tấp thêm.

+ Giai đoạn III: Tiết diện tính toán là tiết diện liên hợp có thêm bản tấp mới. Tải trọng chỉ có hoạt tải.

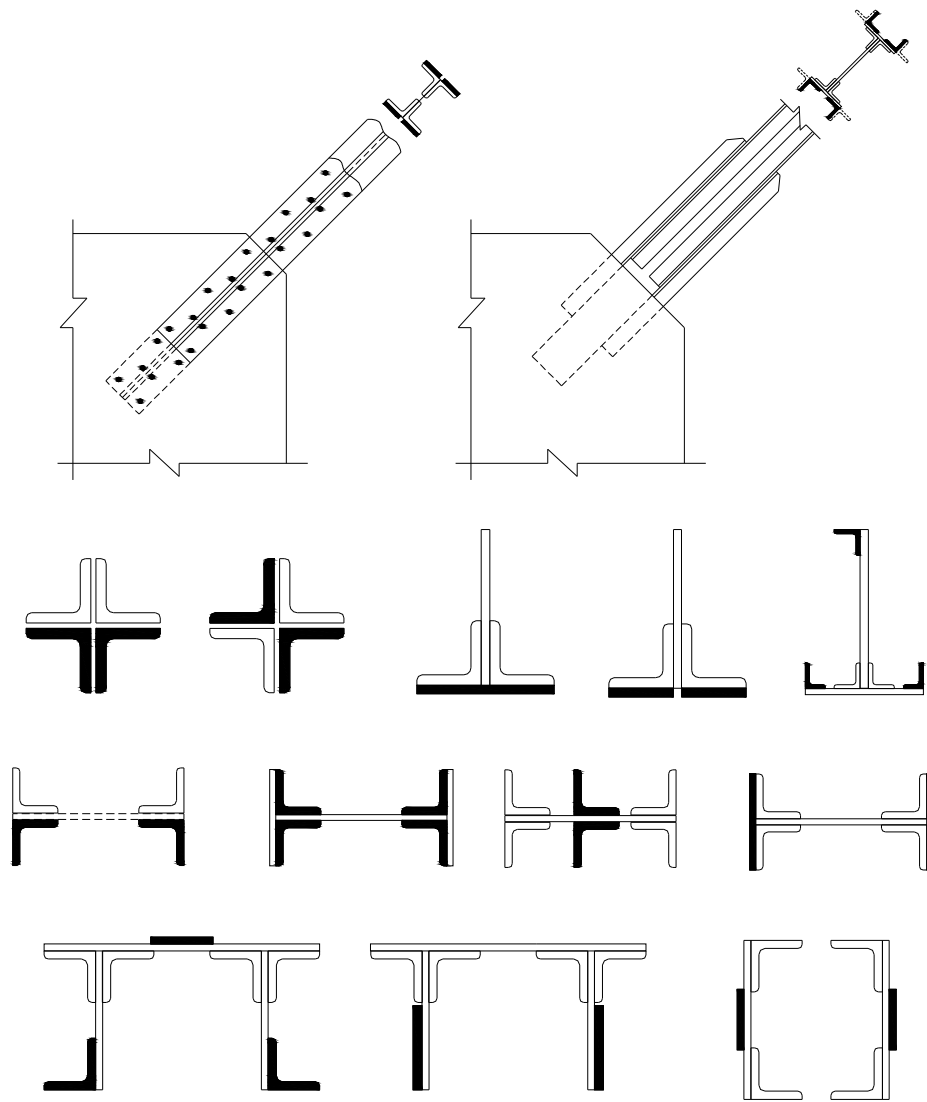
Căn cứ vào ba giai đoạn trên có thể kiểm tra được điều kiện cường độ, độ cứng và dao động của kết cấu nhịp.



Hình 4-6. Tăng cường cầu dầm liên hợp giản đơn bằng cách thêm bản thép vào cánh dưới dầm thép.

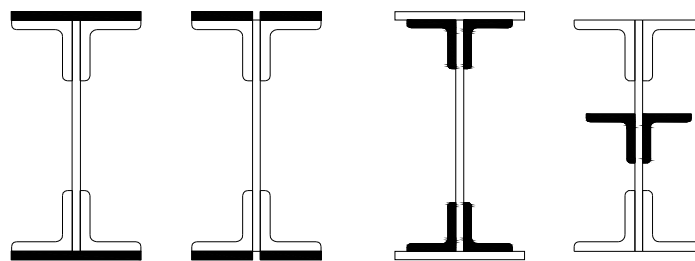
1. Dầm thép cũ; 2. Bản tấp mới thêm.

- Với cầu dầm để khai thác được với hoạt tải lớn hơn sẽ có thể có một số thanh nào đó có diện tích mặt cắt ngang không đủ khi đó cần tăng thêm diện tích mặt cắt bằng cách thêm bản thép. Để liên kết bản thép vào thanh có thể dùng đường hàn, bulông cường độ cao. Trên hình 4-7 giới thiệu một số cách đặt thêm bản thép để tăng cường diện tích mặt cắt các thanh, trong đó phân vẽ bằng nét đậm là diện tích mới được ghép thêm.



Hình 4-7. Một số sơ đồ tăng cường mặt cắt thanh

Trong cầu dàn thép sau khi đã tăng cường diện tích các thanh cần kiểm tra dầm dọc, dầm ngang và các liên kết, khi cần thiết phải tăng cường các bộ phận này. Trên hình 4-8 giới thiệu cách tăng cường dầm dọc, dầm ngang, trong đó phần vẽ đậm nét là diện tích mới được tăng thêm.



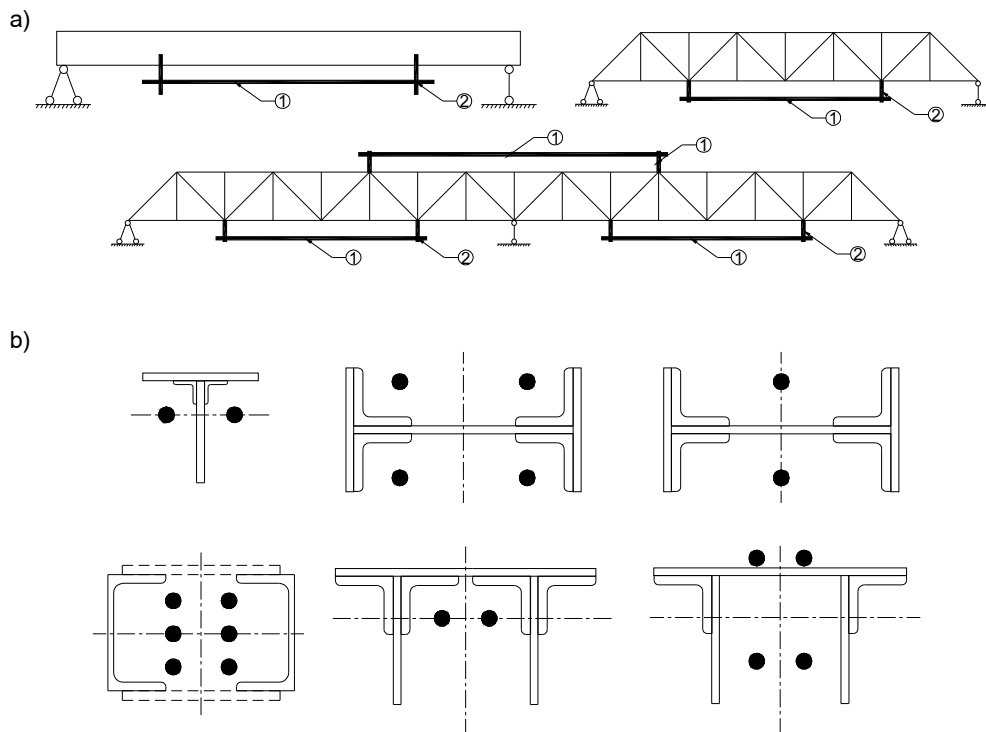
Hình 4-8. Tăng cường dầm ngang và dầm dọc

4.3.6. Tăng cường kết cấu nhịp thép bằng dự ứng lực ngoài.

Tương tự như trong kết cấu nhịp BTCT thường và BTCT dự ứng lực, ở kết cấu nhịp thép dự ứng lực ngoài là biện pháp tăng cường có hiệu quả và được sử dụng hiện nay. Trong kết cấu nhịp thép dự ứng lực ngoài nhằm tạo ra nội lực ngược dấu với nội lực do tải trọng sinh ra, nhưng do thép chịu kéo và nén đều tốt (trừ kết cấu nhịp liên hợp thép - BTCT) nên cáp dự ứng lực ngoài thường đặt lệch tâm để giảm số lượng cáp. Trình tự tăng cường theo phương pháp như sau:

- Lắp vấu neo, vấu neo hường dùng là vấu neo thép, liên kết với dầm, với nút dầm bằng bulông cường độ cao.
- Lắp cáp dự ứng lực trong các ống bảo vệ cáp.
- Kéo cáp dự ứng lực và neo cáp vào vấu neo.
- Bơm vữa hoặc mỡ bảo vệ cáp.
- Lắp hộp bảo vệ đầu neo và vấu neo.

Trên hình 4-9 giới thiệu cách tăng cường bằng dự ứng lực ngoài cho dầm giản đơn, dầm một nhịp và dầm liên tục.



Hình 4-9. Tăng cường bằng dự ứng lực ngoài.

4-9.a) Sơ đồ kết cấu 1. Cáp dự ứng lực; 2. Mấu neo (ụ neo)

4-9.b) Bố trí cáp trên mặt cắt ngang

4.4. Tăng cường móng, trụ cầu

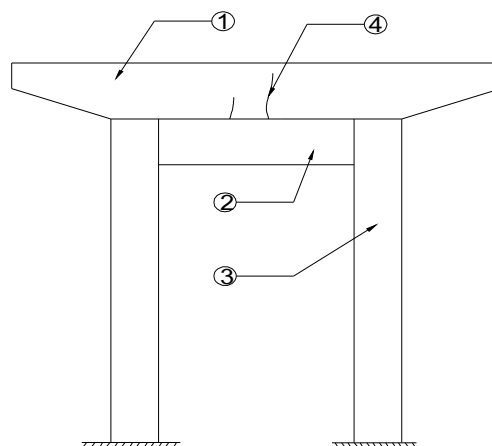
Tăng cường móng, trụ cầu là công việc khó khăn, ở đây chỉ giới thiệu một số phương pháp tăng cường đã được áp dụng tại Việt Nam.

4.4.1. Tăng cường xà mũ và thân trụ của trụ thân cột.

Trên nhiều cầu ở nước ta trụ cầu là trụ gồm xà mũ và hai cột tròn hoặc chữ nhật đặt trên bệ trụ, để tăng cường trụ có thể dùng một trong ba giải pháp sau đây.

- Làm thêm xà mũ phụ đỡ xà mũ chính (hình 4-10), phương pháp này được áp dụng khi chỉ cần tăng cường xà mũ, trình tự thi công theo phương pháp này như sau:

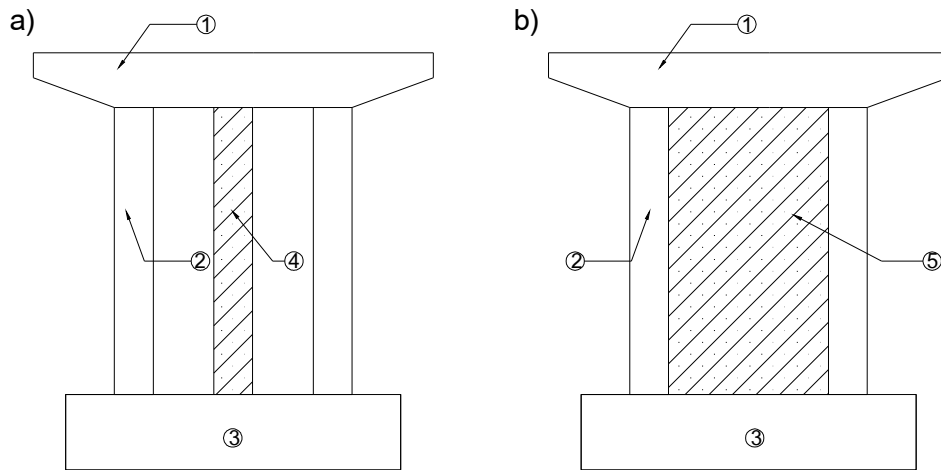
- + Đục đáy xà mũ cũ cho đến khi lộ cốt thép chủ và cốt thép đai.
- + Đục thân cột ở phần tiếp xúc với xà mũ mới cho đến khi lộ cốt thép, khoan lỗ để cắm cốt thép của xà mũ mới trên cả hai cột trên phần đã đục bê tông.
- + Lắp đặt cốt thép chủ và cốt thép đai cho phần xà mũ mới.
- + Làm sạch bề mặt của bê tông và cốt thép, sau đó có thể quét lên bề mặt cả bê tông và cốt thép một lớp keo để tăng dính bám giữa bê tông mới và bê tông cũ.
- + Lắp đặt ván khuôn và đổ bê tông xà mũ mới, tốt nhất là dùng bê tông có phụ gia chống co ngót.
- + Khi bê tông đã đông cứng, tháo dỡ ván khuôn, hoàn thiện.



Hình 4-10. Tăng cường xà mũ bằng cách đỡ thêm thanh ngang bên dưới xà mũ.

1. Xà mũ cũ; 2. thanh ngang đỡ thêm; 3. Cột; 4. vết nứt trên xà mũ.

- Làm thêm cột hoặc tường nối liền cột cũ (hình 4-11). Phương pháp này thường được áp dụng khi cần tăng cường cả xà mũ và cột (hình 4-11)



Hình 4-11a. Tăng cường trụ bằng cách đổ thêm cột.

Hình 4-11b. Tăng cường trụ bằng cách thêm tường nối hai cột.

1. xà mũ trụ; 2. Cột trụ cũ; 3. bệ trụ; 4. Cột mới đổ thêm;
5. Tường nối hai cột

Nhờ làm thêm cột hoặc tường nối xà mũ có chiều dài nhịp tính toán nhỏ đi hoặc phân xà mũ giữa hai cột không còn chịu uốn, hoạt tải tác dụng lên cột ứng sẽ giảm đi do số cột tăng lên hoặc diện tích chịu lực thực tế của cột tăng lên do có thêm tường nối các cột cùng tham gia chịu lực.

Phương pháp thi công cột hoặc tường nối các cột cũng tương tự thi công xà mũ mới nhưng nếu bệ móng nằm dưới mực nước thì công phải có giải pháp làm khô nước trong thời gian thi công.

4.4.2. Làm thêm trụ tạm.

Ở phần 4.3.3 đã nghiên cứu phương pháp dùng trụ tạm để tăng cường kết cấu nhịp, tuy nhiên trụ tạm còn để tăng cường mố, trụ, như vậy phương pháp làm thêm trụ tạm sẽ có lợi khi đồng thời tăng cường cả kết cấu nhịp và mố, trụ.

Tuỳ theo cách kê gối mà trụ tạm chỉ chịu hoạt tải hay chịu cả tĩnh tải và hoạt tải. Khi có trụ tạm sơ đồ tính thay đổi chẳng hạn nhịp giản đơn trở thành liên tục hai nhịp v.v...chiều dài nhịp nhỏ đi do đó lực tác dụng lên mố, trụ cũ sẽ nhỏ hơn so với sơ đồ không có trụ tạm.

4.4.3. Tăng cường móng, trụ bằng cách thêm cọc, mở rộng đáy bệ.

Để tăng cường khả năng chịu lực của móng cọc hoặc để mở rộng móng, trụ có móng là móng cọc người ta thường dùng biện pháp đóng thêm cọc hoặc khoan nhồi để tăng thêm cọc sau đó mở rộng đáy bệ, mở rộng thân móng hoặc thân trụ nếu cần. Trình tự thi công theo phương pháp này như sau:

- Đóng thêm cọc hoặc hạ thêm cọc khoan nhồi.
- Làm vòng vây ngăn nước nếu đáy bệ nằm dưới mực nước thi công và hút hết nước để toàn bộ bệ trụ, móng ở trên mực nước ít nhất 0,5m.
- Đúc bê tông xung quanh đáy bệ cho đến khi lộ cốt thép cũ, hàn nối cốt thép để mở rộng đáy bệ. Cũng có thể khoan bê tông đáy bệ để neo cốt thép vào đáy bệ.
- Xử lý đầu cọc mới đóng.
- Làm ván khuôn, đổ bê tông mở rộng bệ móng, trụ.
- Khi bê tông đã đông cứng, tháo dỡ ván khuôn và hoàn thiện.

Với cách thi công như trên các cọc mới thêm vào chỉ chịu hoạt tải mà không tham gia chịu tĩnh tải.