

Chương 1

KHÁI NIỆM VỀ CÔNG TRÌNH CẦU NHÂN TẠO

1.1. ĐỊNH NGHĨA VÀ TẦM QUAN TRỌNG CỦA CÁC CÔNG TRÌNH NHÂN TẠO TRÊN ĐƯỜNG

1.1.1. Công trình nhân tạo trên đường là gì?

Công trình nhân tạo trên đường: là những sản phẩm do con người làm ra nhằm đảm bảo sự liên tục của tuyến đường để các phương tiện giao thông qua lại thông suốt. Các công trình này bao gồm: Cầu, hầm, cống, đường, tràn.

1.1.2. Cầu là gì?

Cầu là công trình vượt qua phía trên chướng ngại vật như sông suối, khe núi, thung lũng sâu, các tuyến đường khác hoặc các khu vực phải duy trì bình thường các hoạt động xã hội như sản xuất, giao thông, thương mại... (chẳng hạn như cầu bắc qua khu vực nhà máy, đi dọc trên một tuyến đường khác, đi qua khu chợ).

Ngoài mục đích chủ yếu là phục vụ sự qua lại của các phương tiện giao thông, có loại cầu còn được dùng vào mục đích khác như dẫn nước, dẫn dầu hoặc dẫn khí...

1.1.3. Hầm là gì?

Hầm cũng có nhiệm vụ như cầu nhưng được xây dựng trong lòng đất hoặc xuyên qua núi, và có trường hợp được xây dựng trong nước (hầm băng qua biển..)

1.1.4. Cống là gì?

Cống là công trình nằm trong nền đất của tuyến đường nhằm giải quyết cho dòng chảy lưu thông khi giao cắt với tuyến đường.

1.1.5. Đường tràn là gì?

Đường tràn được xây dựng khi tuyến đường cắt ngang dòng chảy có mức nước không lớn, lưu lượng có thể thoát qua kết cấu thân đường. Nhưng một năm chỉ có một vài giờ hoặc hạn hữu một vài ngày ngập và tràn qua mặt đường, song xe cộ vẫn qua lại được.

➤ Bền phà cũng có thể coi là một dạng công trình nhân tạo trên tuyến đường để các con phà chuyên chở hành khách và phương tiện qua sông. Tuy nhiên giao thông có thể bị gián đoạn, nhất là vào mùa lũ, có khi xe cộ phải chờ đợi một vài ngày.

➤ Công trình nhân tạo có ý nghĩa rất lớn trong việc đảm bảo sự thông suốt của các tuyến đường, phục vụ sự giao lưu vận tải hành khách và hàng hoá nên vai trò của chúng rất quan trọng đối với sự phát triển về kinh tế, văn hoá, xã hội cũng như đảm bảo an ninh quốc phòng. Từ đó đặt ra vấn đề thiết kế, xây dựng và duy tu bảo dưỡng các công trình phải đạt chất lượng cao và đáp ứng đầy đủ các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật đề ra.

1.2. CÁC BỘ PHẬN VÀ KÍCH THƯỚC CƠ BẢN CỦA CÔNG TRÌNH CẦU

Công trình cầu có hai bộ phận chính

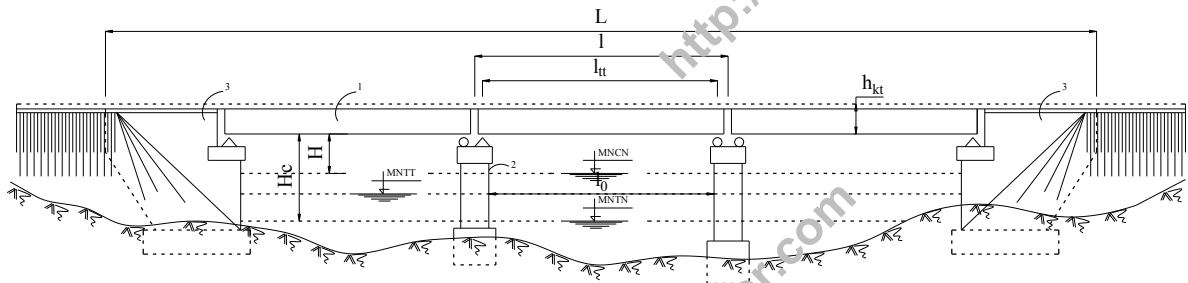
1.2.1. Kết cấu nhịp

KCN là bộ phận trực tiếp đỡ hoạt tải và vượt qua khoảng cách chướng ngại vật.

1.2.2. Mố, Trụ cầu

Mố trụ là bộ phận đỡ kết cấu nhịp tiếp nhận toàn bộ tải trọng và truyền xuống nền đất qua kết cấu móng. Nếu được xây dựng ở phía trong thì gọi là trụ, xây dựng hai đầu cầu thì gọi là mố. Mố còn có nhiệm vụ nối tiếp giữa đường với cầu. Như vậy, với cầu 1 nhịp chỉ có hai mố, cũng có trường hợp cầu không có mố mà kết cấu nhịp được kéo dài một đoạn mút thừa để nối vào nền đường đắp đầu cầu.

Liên quan đến công trình cầu còn có thể kể đến: Đường dẫn vào cầu, công trình dẫn dòng, công trình bảo vệ trụ khỏi bị tàu bè hoặc vật trôi va đập, mô đất đắp phần tư nón mố. Hệ thống lan can cột đèn, hệ thống thoát nước.



Hình 1.1 Các bộ phận cơ bản của công trình cầu
1. Kết cấu nhịp; 2 Trụ; 3. Mố; 4. Móng; 5. Lan can cột đèn

1.2.3. Các kích thước cơ bản của cầu

L - Chiều dài toán cầu, là khoảng cách từ đuôi mố này đến đuôi mố kia?

l - Chiều dài nhịp, là khoảng cách giữa tim của hai trụ.

l_{tt} - Chiều dài nhịp tính toán, là khoảng cách giữa tim các gối kê nhịp.

l_0 - Chiều dài nhịp tĩnh, là khoảng cách từ mép trụ này tới mép trụ kia (hoặc mố) xác định tại mực nước cao nhất.

➤ $\sum l_0$ - Khẩu độ thoát nước của cầu: là tổng các nhịp tĩnh. Trường hợp cầu có mố vùi thì mực nước cao nhất không tiếp xúc với tường thân mố, do đó thay vì nhịp tĩnh sát mố khẩu độ thoát nước sẽ được lấy trung bình cộng của hai trị số tương ứng mực nước cao nhất và mực nước thấp nhất.

➤ H_c - Chiều cao cầu, là khoảng cách từ mực nước thấp nhất tới mặt cầu. Nếu là cầu vượt hoặc cầu cạn thì tính từ mặt đường hoặc mặt đất bên dưới.

h_{kt} - Chiều cao kiến trúc, là khoảng cách từ đáy của kết cấu nhịp đến mặt cầu.

➤ H - Chiều cao khổ gầm cầu, là khoảng cách từ mực nước cao nhất đến đáy kết cấu nhịp, để đảm bảo cây trôi không va đập và tắc nghẽn. Nếu là cầu vượt thì được tính từ mặt đường bên dưới đến đáy kết cấu nhịp.

Đối với các cầu bắc qua sông có thông thương đường thủy phải thiết kế nhịp thông thuyền. Tùy theo cấp sông (quy định của cơ quan quản lý vận tải thủy) mà kích thước nhịp thông thuyền phải đảm bảo các khổ thông thuyền đường thủy tương ứng.

1.2.4. Các mực nước sử dụng trong thiết kế

MNLS - Mực nước lịch sử, là mực nước lớn nhất mà người ta điều tra được.

MNCN -Mức nước cao nhất, là kết quả tính toán ứng với một tần suất quy định (1% hay 2%) . Nếu nói: MNCN ứng với tần suất 1%, có nghĩa là mực nước của con lũ mà 100 năm mới xảy ra một lần.

MNTN -Mức nước thấp nhất, được đo trong mùa cạn ứng với tần suất quy định (1% hay 2%) căn cứ vào MNTN để bố trí nhịp thông thuyền.

MNTT -Mức nước thông thuyền, là mực nước cao nhất cho pheps tàu bè qua lại, thường lấy với tần suất 5% từ mực nước này xác định chiều cao khô gàn cầu của nhịp thông thuyền.

1.3 PHÂN LOẠI CÔNG TRÌNH CẦU

Có rất nhiều cách phân loại công trình cầu.

a. Phân loại theo chướng ngại vật phải vượt qua

- Cầu qua sông
- Cầu qua đường hay cầu vượt, là cầu bắc qua các tuyến đường giao cắt ngang
- Cầu cạn hay cầu dẫn, là cầu được xây dựng ngay trên mặt đất nhằm dẫn lên một cầu chính hoặc nâng cao độ tuyến đường lên để giải phóng không gian bên dưới.
- Cầu cao giá, là loại cầu có chiều cao trụ rất lớn được bắc qua thung lũng sâu.

b. Phân loại theo mục đích sử dụng

- Cầu ô tô (cầu đường bộ)
- Cầu xe lửa (cầu đường sắt)
- Cầu người đi bộ (cầu bộ hành)
- Cầu hỗn hợp
- Cầu thành phố
- Cầu tàu (dùng ở các bến cảng)
- Cầu đặc biệt dùng để dẫn khí, dẫn dầu, dẫn dây cáp điện.

c. Phân loại theo vị trí đường xe chạy

- Cầu có đường xe chạy trên.
- Cầu có đường xe chạy giữa
- Cầu có đường xe chạy dưới

d. Phân loại theo vật liệu làm kết cấu nhịp

- Cầu thép và cầu kim loại
- Cầu bê tông cốt thép
- Cầu gỗ
- Cầu đá.

e. Phân loại theo sơ đồ tĩnh học

Có thể phân chia công trình thành các hệ thống sau:

➤ Hệ dầm: Dưới tác dụng của tải trọng thẳng đứng kết cấu nhịp làm việc chịu uốn và truyền áp lực thẳng đứng xuống móng trụ. Hệ thống này bao gồm cầu dầm, giản đơn, cầu dầm liên tục, cầu dầm mút thừa.Theo cấu tạo kết cấu chịu lực chính có thể phân ra thành dầm có sườn đặc và dàn.

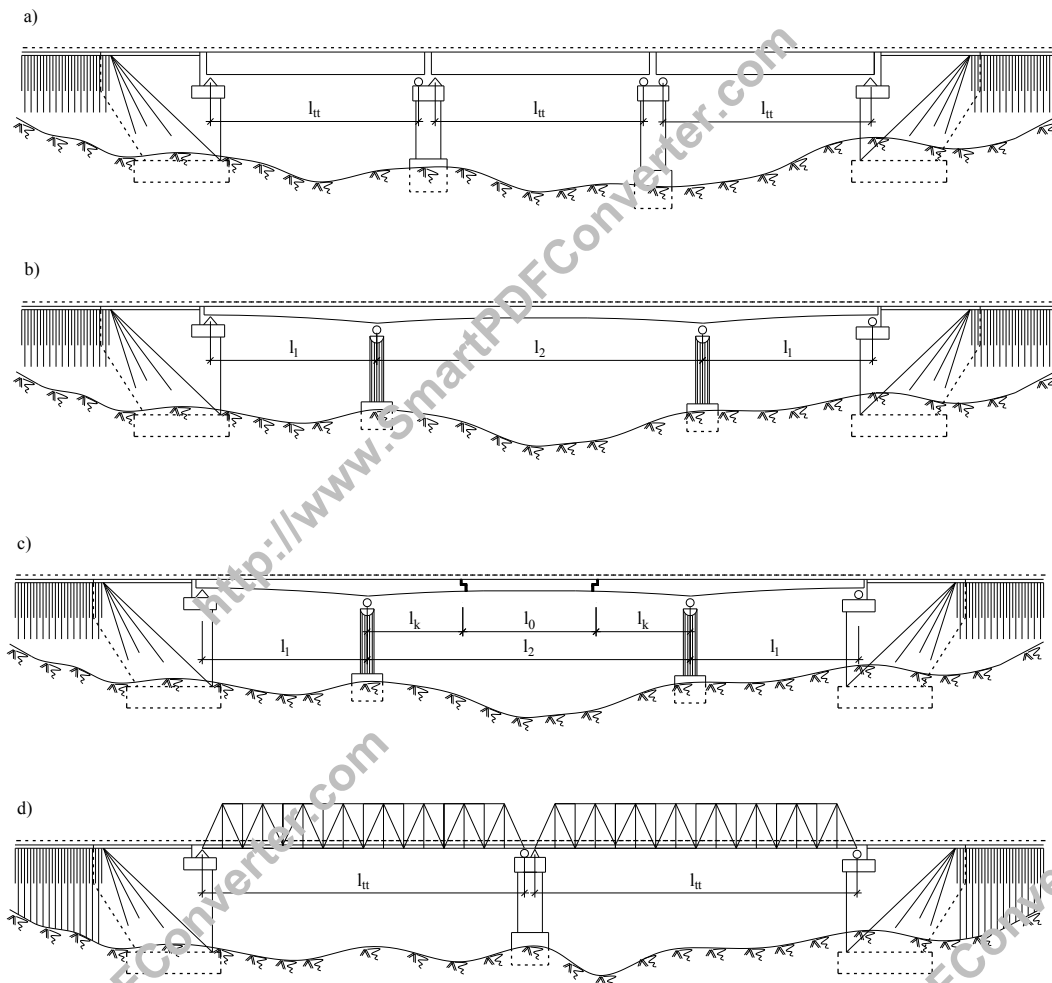
➤ Hệ khung: Kết cấu nhịp và trụ liên kết cứng với nhau cùng tham gia chịu lực dưới dạng một kết cấu thống nhất. Dầm và trụ đều chịu uốn.

➤ - Hệ vòm: cầu vòm có thể có ba dạng 3 khớp, hai khớp, dạng vòm không khớp. Đặc điểm của hệ thống này là tại vị trí chân vòm xuất hiện lực theo phương ngang (lực xô).

➤ - Hệ liên hợp: Cầu liên hợp là loại cầu được kết hợp từ các hệ đơn giản hoặc hệ đơn giản được tăng cường các bộ phận chịu lực. Bằng cách nào đó người ta thêm vào hệ đơn giản các liên kết hoặc gây ra các ứng suất ngược để kết cấu chịu lực hợp lý và có hiệu quả về phương diện kinh tế kỹ thuật đặc biệt trong các trường hợp nhịp lớn.

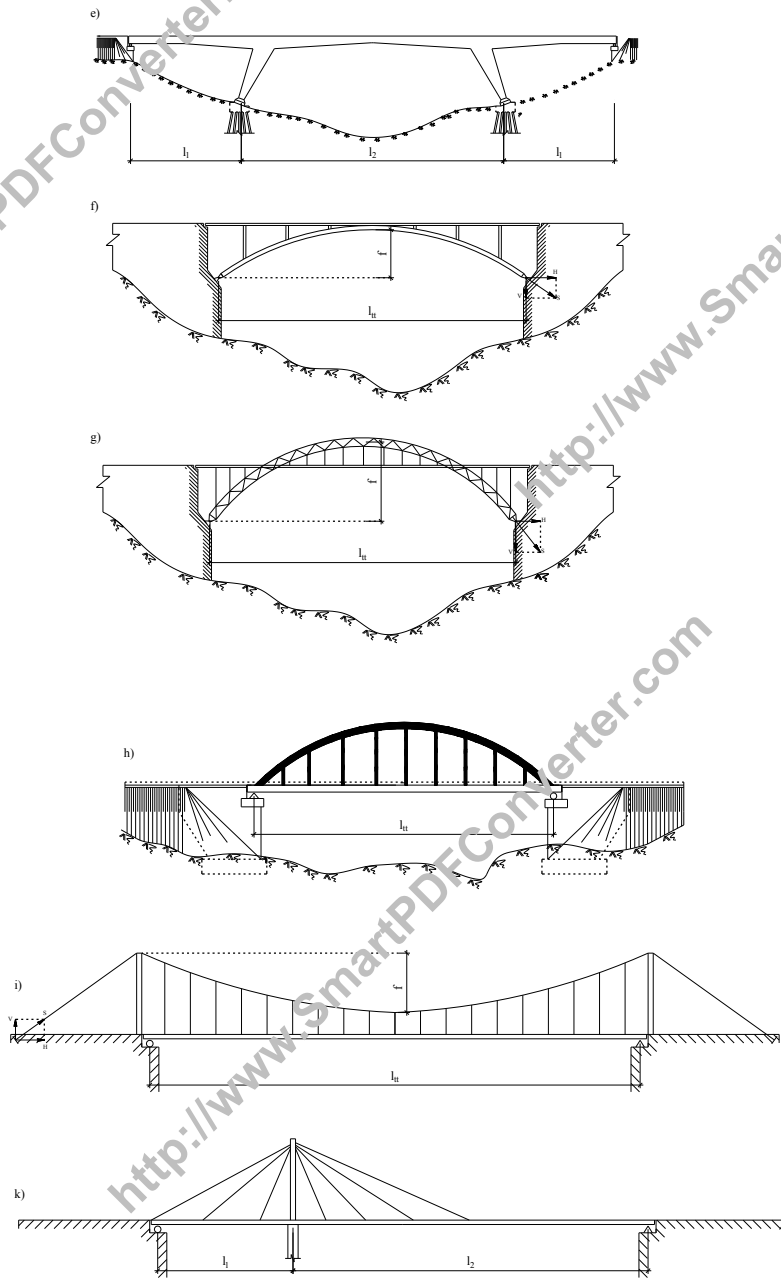
➤ Hệ treo (cầu dây parabol, cầu dây văng): là kết cấu trong đó các bộ phận chịu lực chính là dây làm việc chịu kéo. dưới tác dụng của hoạt tải hệ dầm mặt cầu và dây cùng làm việc như hệ liên hợp.

Ngoài ra còn phân loại theo đặc điểm riêng của công trình như: cầu phao, cầu quay, cầu cẩu hoặc theo quy mô công trình: Cầu nhỏ ($L \leq 25m$), cầu trung ($L = 25 \div 100m$), cầu lớn ($L \geq 100m$ hoặc có nhịp $L \geq 30m$) cầu vĩnh cửu và cầu bán vĩnh cửu.



Hình 1-2a. Các sơ đồ cầu

a,b,c. Cầu dầm đơn giản, liên tục, nút thừa; d. Cầu giàn



Hình 1-2b. Các sơ đồ cầu

- e. Cầu khung; f, g. Cầu vòm có đường xe chạy trên, và đường xe chạy giữa;
h. Cầu liên hợp (dầm vòm); i. cầu treo; k-Cầu dây văng.

1.4. SƠ LƯỢC VỀ LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CÔNG TRÌNH CẦU

Cầu là công trình nhân tạo, vì vậy lịch sử phát triển của nó gắn liền với sự phát triển của xã hội. Vào thời kỳ khai sơ của loài người, con người dựa vào tự nhiên để vượt qua các con suối, khe sâu nhờ những thân cây đổ vắt ngang, những dàn dây leo hoặc những cây trôi nổi mắc vào các vật chướng ngại. Có thể coi đó là hình ảnh đầu

tiên của cầu dầm, cầu treo và cầu phao ngày nay. Người cổ xưa bắt chước các hiện tượng tự nhiên để tạo ra các phương tiện vượt sông, côn suối. Di tích của chiếc cầu gỗ xưa nhất là cầu qua sông Euphrate ở Babilon được làm bằng thân cây cọ, nhịp dài 9 m với tổng chiều dài là 300m (xây dựng khoảng 2000 năm trước công nguyên).

Thời kỳ chiếm hữu nô lệ để phục vụ các cuộc chiến tranh giữa các bộ lạc cần thiết phải xây dựng những tuyến đường và những cây cầu, hệ thống giao thông vận tải bắt đầu phát triển. Đầu tiên là cầu gỗ xuất hiện, sau đó là cầu đá. Rất nhiều những công trình cầu cổ xưa được xây dựng cách đây hàng ngàn năm còn tồn tại ở các khu vực Babylone, Iran, La mã.

Trong xã hội Phong kiến, nếu như ở thời kỳ đầu giao thông vận tải chậm phát triển do chính sách đóng cửa, tự cung tự cấp của các tập đoàn phong kiến thì ở giai đoạn sau khi mầm móng tư bản chủ nghĩa xuất hiện, nhu cầu giao lưu buôn bán ngày càng tăng đã trở thành động lực thúc đẩy sự phát triển mạnh mẽ của giao thông vận tải. Tuy nhiên, ở thời kỳ này vẫn chỉ có cầu đá và cầu gỗ, lý luận tính toán chưa có.

Sau thời kỳ tư bản chủ nghĩa giao thông vận tải nói chung và cầu cống nói riêng đặc biệt phát triển. Cầu cống không chỉ tăng về mặt số lượng mà còn có nhiều thay đổi về dạng kết cấu và vật liệu. Bên cạnh cầu đá, cầu gỗ bắt đầu xuất hiện cầu gang, cầu thép và sau đó là cầu bê tông cốt thép. Về hình dạng kết cấu và thiết kế với tải trọng nặng hơn (đầu máy hơi nước ra đời) đồng thời vượt nhịp lớn. Năm 1776 một kỹ sư người Nga tên là Ku - li - bin. đã thực hiện đồ án thiết kế chiếc cầu vòm gỗ nhịp 310m bắc qua sông Nêva ở Pê - téc - bua. Cũng trong thời kỳ này xuất hiện cầu kim loại, đầu tiên là chiếc cầu bằng gang bắc qua sông Severn (Anh), nhịp 31m vào năm 1776 - 1779. Bằng dây xích sắt, năm 1741 người Anh đã xây dựng cầu treo đầu tiên nhịp 22m qua sông Tess.

Cầu treo có ưu điểm là có thể vượt nhịp lớn và hiệu quả kinh tế cao. Vào năm 1820 khi xây dựng chiếc cầu treo qua sông Tvid (Anh) nhịp dài 110m người ta đã so sánh và thấy giá thành rẻ hơn 4 lần so với phương án cầu đá. Do có nhiều ưu điểm nên sau khi ra đời cầu treo đã phát triển mạnh, chỉ trong một đã được ứng dụng nhiều và đạt nhịp 265m và đến năm 1848 cầu Virginia (Mỹ) đã đạt được nhịp 308m. Tuy nhiên thời kỳ này về lý thuyết tính toán, đặc biệt về ổn định học, còn nhiều vấn đề chưa được giải quyết, do đó đã xảy ra một số tai nạn đối với cầu treo, như cầu qua sông Meine (Pháp) đã bị sập khi một đoàn quân đi đều qua cầu làm chết 226 người. Những tai nạn cùng với sự hạn chế về khả năng chịu tải nặng so với hoạt tải nặng so với các loại cầu

khác khiến việc áp dụng cầu treo có xu hướng chững lại và chuyển sang những hệ thống cầu cứng như dầm, dàn, vòm.



Hình 1.3 Cầu dàn mút thừa qua vịnh Forth - năm 1890

Những năm cuối thế kỷ XIX, đầu thế kỷ XX ngành xây dựng cầu phát triển mạnh mẽ và phong phú về mọi phương diện, cầu bê tông cốt thép bắt đầu xuất hiện với những công trình được xây dựng ở Pháp, Đức. Hàng loạt các cầu kim loại (chủ yếu là thép) được xây dựng với các dạng dàn, vòm và đạt nhịp hàng trăm mét trong cuộc chạy đua sôi động về chiều dài nhịp kỷ lục. Về cầu dàn thép có cầu qua vịnh Forth (Scotland) dạng mút thừa nhịp 521m được xây dựng năm 1890 và cầu Quebec (Canada) vượt nhịp 549m (1917), năm 1931 cầu vòm thép qua vịnh Sydney (Australia) đạt được nhịp 503m và bốn tháng sau tại New York người ta thông xe cầu Bayonne có nhịp 504m, tiếp đến cầu Kill-wan -koul (New York) nhịp 511m.



Hình 1.4 Cầu vòm qua vịnh Sydney – năm 1931

Trước nhu cầu vượt qua các con sông rộng, sâu và các eo biển lớn, vào những năm nửa đầu thế kỷ XX cầu treo được chấp nhận trở lại trên cơ sở hoàn thiện hơn những nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm, chính thời kỳ này đã có bước nhảy vọt về khả năng vượt nhịp của cầu treo. Nếu như cho tới năm 1929 chiếc cầu treo có nhịp lớn nhất cầu Ambassador (Mỹ) vượt nhịp 564m thì sau đó 3 năm cầu G.Washington ở New York 1932 đã vượt nhịp dài 1067m và tiếp theo là Golden Gate nhịp 1280m San Francisco 1937.

Năm 1940 ở Mỹ đã xảy ra tai nạn cầu treo Tacoma nhịp 853m (Công trình mới hoàn thành được 6 tháng). Đây là vụ tai nạn gây nhiều chú ý và đã thu thập được nhiều số liệu liên quan, đặc biệt người ta đã quay phim được toàn bộ diễn biến của nạn.



Hình 1.5 Tai nạn cầu Tacoma – năm 1940

Vụ đổ cầu Tacoma không làm các nhà xây dựng lảng tránh cầu treo mà ngược lại đã bổ sung cho ngành xây dựng cầu những vấn đề nghiên cứu hoàn thiện. Với các phương hướng tăng độ cứng cho dầm chủ và tiến hành thực nghiệm để tìm ra các dạng thoát gió, các công trình cầu treo nhịp 1298,45m (1964), cầu Humber ở Anh nhịp 1410m (1981) và kỷ lục về nhịp cuối cùng của thế kỷ XX thuộc về cầu treo Akashi-Kaikyo (Nhật bản) với nhịp chính dài 1991m, công trình được hoàn thành 1998.



Hình 1-6. Cầu treo Akashi- Kaikyo



Hình 1.7 Cầu treo Golden – Gate

Một dạng cầu treo nữa là cầu treo dây văng dầm cứng được áp dụng phổ biến ở châu Âu bắt đầu từ thế kỷ XX và hiện đang được ưa chuộng. Vào khoảng những năm 70 của thế kỷ này những nghiên cứu cho thấy cầu dây văng có các chỉ tiêu kinh tế rất tốt đối với nhịp 200 - 300m. Tuy nhiên đến nay với những thay đổi về quan niệm kết cấu cũng như công nghệ thi công tính ưu việt của cầu dây văng còn được thể hiện ở những cầu có chiều dài nhịp lớn hơn: cầu Normandie bắc qua sông Sêin (Pháp) xây dựng xong năm 1994, nhịp chính dài 356m, cầu Tataru (Nhật Bản) nhịp 890m dự kiến hoàn thành năm 1999 - Đây cũng là nhịp lớn nhất thế kỷ đối với cầu dây văng.

Song song với cầu thép, cầu bê tông cốt thép ứng suất trước trong những năm cuối thế kỷ này đã chiếm lĩnh một vị trí quan trọng. Với việc sử dụng vật liệu có cường độ cao cùng sự phát triển của công nghệ thi công, kết cấu nhịp bê tông cốt thép ứng suất trước đến nay đã đạt được chiều dài nhịp hàng trăm mét.

1.5. MỘT SỐ PHƯƠNG HƯỚNG PHÁT TRIỂN TRONG NGÀNH XÂY DỰNG CẦU

Cho đến nay ngành xây dựng cầu đã đạt được những thành tựu rất lớn về mọi phương diện, từ những vấn đề về kết cấu công trình đến kỹ thuật công nghệ thi công, sự hoàn chỉnh của lý thuyết đi đôi với những nghiên cứu thực nghiệm đã mở ra khả năng ứng dụng vào thực tiễn những công trình đã đạt được các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật tốt, khả năng vượt nhịp ngày một lớn.

Thực vậy, một trong những phương án của dự án vượt eo biển Gibraltar nối Tây Ban Nha với Ma rốc là sử dụng cầu dây văng có sơ đồ 3100 + 8400 + 4700m đã cho thấy những tiến bộ vượt bậc trong lĩnh vực xây dựng nói chung và ngành cầu nói riêng.

Phân tích các công trình cầu hiện đại xây dựng trên thế giới trong những năm gần đây thấy rõ các khuynh hướng:

1. *Về vật liệu xây dựng:* Sử dụng vật liệu cường độ cao (thép cường độ cao, thép hợp kim, bê tông mac cao) và vật liệu nhẹ (bê tông cốt liệu nhẹ, hợp kim nhôm), nhằm mục đích giảm khối lượng vật liệu và giảm nhẹ trọng lượng bản thân kết cấu.

2. *Về kết cấu:* Sử dụng những kết cấu hợp lý và áp dụng các biện pháp điều chỉnh ứng suất nhằm tiết kiệm vật liệu.

- Kết cấu bản trực giao

- Kết cấu thép - bê tông cốt thép liên hợp

- Kết cấu ứng suất trước

- Kết cấu dầm tiết diện hộp

- Các sơ đồ cầu treo với các biện pháp tăng cường độ cứng, cầu dây văng, cầu khung - dầm bê tông cốt thép ứng suất trước.

3. *Về liên kết và ghép nối:* Sử dụng các biện pháp liên kết ghép nối có chất lượng cao, thực hiện đơn giản, tiết kiệm như liên kết hàn và bu lông cường độ cao cho kết cấu thép, dán keo epôxy với kết cấu bê tông.

4. *Về công nghệ thi công:* Tiên bộ về công nghệ thi công đóng một vai trò đặc biệt quan trọng trong sự phát triển của ngành xây dựng cầu trong thời gian gần đây. Các công nghệ thi công tiên tiến như lắp hẫng, đúc hẫng, đúc đẩy cùng với các thiết bị công nghệ hiện đại đã mang lại những hiệu quả cao về kinh tế cũng như kỹ thuật.

Ngoài ra, lý thuyết tính toán thiết kế vẫn tiếp tục được nghiên cứu và hoàn chỉnh. Với phương tiện máy tính điện tử quá trình tính toán ngày càng đạt được độ chính xác cao bằng cách xét đầy đủ hơn các yếu tố ảnh hưởng (vật lý, hình học). Bên cạnh đó, các nghiên cứu cho thấy những kết quả thực nghiệm có ý nghĩa rất lớn trong việc kiểm chứng, bổ sung và hoàn thiện lý thuyết tính toán.

Câu hỏi ôn tập chương 1:

Câu 1: Các công trình nhân tạo trên tuyến đường ô tô là gì? Trình bày khái niệm và nhiệm vụ của nó.

Câu 2: Có mấy cách phân loại công trình cầu? Ý nghĩa của việc phân loại để làm gì?

Câu 3: Trình bày sơ lược vài nét lịch sử phát triển trong ngành xây dựng Cầu.

Câu 4: Trình bày và phân tích các phương hướng phát triển ngành xây dựng Cầu?