

Phần 4 - Phân tích và đánh giá kết cấu

4.1. PHẠM VI

Phần này mô tả các phương pháp phân tích thích hợp để thiết kế và đánh giá các loại cầu, nhưng chỉ giới hạn trong việc mô hình hoá kết cấu và xác định tác động của lực (hiệu ứng lực).

Cũng có thể sử dụng các phương pháp phân tích khác dựa trên các tính chất vật liệu được đưa ra trong các tài liệu và thoả mãn điều kiện cân bằng và tính tương hợp.

Nhìn chung, các kết cấu cầu được phân tích trên cơ sở tính đàn hồi. Tuy nhiên, phần này cho phép phân tích không đàn hồi hoặc phân bố lại hiệu ứng lực trong một số kết cấu nhịp dầm liên tục. Nó quy định rõ việc phân tích không đàn hồi đối với các cấu kiện chịu nén làm việc ở trạng thái không đàn hồi và được coi như là một trường hợp của các trạng thái giới hạn đặc biệt (cực hạn).

4.2. CÁC ĐỊNH NGHĨA

Phương pháp phân tích được chấp nhận - Phương pháp phân tích không đòi hỏi việc xác minh lại và đã trở thành thông dụng trong thực tế kỹ thuật kết cấu công trình.

Tỉ số mặt cắt - Tỉ số giữa chiều dài và chiều rộng của hình chữ nhật

Các điều kiện biên - Các đặc trưng hạn chế kết cấu về liên kết gối và/hoặc tính liên tục giữa các mô hình kết cấu

Đường bao - Lấy 2 hoặc nhiều hơn các cực trị của các tham số để vẽ đường bao đặc trưng nhằm đạt được một thiết kế thiên về an toàn..

Phương pháp biến dạng cổ điển - Phương pháp phân tích trong đó kết cấu được chia thành các thành phần mà độ cứng của chúng có thể được tính một cách độc lập. Điều kiện cân bằng và tính tương hợp giữa các thành phần được bảo đảm bằng cách xác định biến dạng tại các giao diện.

Phương pháp lực cổ điển - Phương pháp phân tích trong đó kết cấu được chia thành các thành phần tĩnh định và tính tương hợp giữa các thành phần được bảo đảm bằng cách xác định lực tại các giao diện.

Phương pháp giải đúng dần - Một hoặc nhiều phương trình, bao gồm cả những phương trình dựa trên các chuỗi hội tụ cho phép tính toán các hiệu ứng lực bằng cách đưa trực tiếp tải trọng và các tham số kết cấu vào phương trình.

Tính tương hợp (Điều kiện tương thích) - Sự tương đương hình học của chuyển động tại giao diện của các thành phần được nối với nhau.

Thành phần - Một đơn vị kết cấu đòi hỏi thiết kế riêng biệt, từ này đồng nghĩa với từ cấu kiện.

Phép khử dần - Quá trình làm giảm số phương trình phải giải bằng cách tạo mối liên hệ giữa các biến số phải khử dần nhờ việc phân tích các biến số giữ lại.

Chiều rộng của lõi - Chiều rộng kết cấu nhịp liền khối trừ đi phần hẫng của bản mặt cầu.

Mặt cầu - Cấu kiện, có hoặc không có lớp áo đường, trực tiếp chịu tải trọng của bánh xe

Hệ mặt cầu - Kết cấu phần trên, trong đó mặt cầu là một thể thống nhất với các cấu kiện đỡ, hoặc khi mà tác động hoặc biến dạng của các cấu kiện đỡ có ảnh hưởng đáng kể đến sự làm việc của mặt cầu.

Biến dạng - Sự thay đổi hình học của kết cấu do tác dụng của lực, bao gồm chuyển vị dọc trục, chuyển vị cắt hoặc xoay.

Bậc tự do - Một trong số những chuyển dịch tịnh tiến hoặc chuyển vị xoay cần thiết để xác định chuyển động của một nút. Dạng dịch chuyển của các cấu kiện và/ hoặc toàn bộ kết cấu có thể được xác định bằng số bậc tự do.

Thiết kế - Việc xác định kích thước và bố trí cấu tạo các cấu kiện và liên kết của cầu nhằm thoả mãn các yêu cầu của các Tiêu chuẩn kỹ thuật.

Bậc tự do động - Bậc tự do trong đó khối lượng hoặc hiệu ứng của khối lượng đã được xét đến.

Đàn hồi - Sự làm việc của vật liệu kết cấu trong đó tỉ lệ giữa ứng suất và biến dạng là hằng số, và khi lực thôi tác dụng thì vật liệu quay trở lại trạng thái ban đầu như khi chưa chịu tải.

Phần tử - Một phần của cấu kiện hoặc bộ phận được cấu tạo chỉ bằng một loại vật liệu.

Vùng biên - Vùng kết cấu không áp dụng được lý thuyết thông thường về dầm do tính gián đoạn của kết cấu và/hoặc do phân bố của tải trọng tập trung.

Trạng thái cân bằng - Trạng thái có tổng lực và mô men đối với bất kỳ điểm nào trong không gian đều bằng không.

Dầm tương đương - Dầm giản đơn cong hoặc thẳng chịu được cả tác động của lực xoắn và uốn.

Dải tương đương - Một phần tử tuyến tính nhân tạo được tách ra từ mặt cầu để phân tích, trong đó hiệu ứng của lực cực trị tính cho một đường của tải trọng bánh xe, theo phương ngang hoặc dọc, sẽ xấp xỉ bằng các tải trọng này xuất hiện thật trên mặt cầu.

Phương pháp sai phân hữu hạn - Phương pháp phân tích trong đó phương trình vi phân không chế được thoả mãn chỉ ở các điểm riêng biệt của kết cấu.

Phương pháp phần tử hữu hạn - Phương pháp phân tích trong đó kết cấu được tách ra thành các phần tử nối với nhau tại các nút, dạng của trường chuyển vị của các phần tử được giả định, tính tương hợp một phần hoặc đầy đủ sẽ được duy trì giữa giao diện của các phần tử, và các chuyển vị nút được xác định bằng cách sử dụng nguyên lý biến đổi năng lượng hoặc phương pháp cân bằng

Phương pháp dải hữu hạn - Phương pháp phân tích trong đó kết cấu được chia thành các dải nhỏ song song, dạng chuyển vị của dải được giả định và tính tương hợp từng phần được duy trì giữa các giao diện của các phần tử. các tham số chuyển vị của mô hình được xác định bằng cách sử dụng nguyên lý biến đổi năng lượng hoặc phương pháp cân bằng.

Phương pháp bản gập - Phương pháp phân tích trong đó kết cấu được chia thành các bản thành phần và cả hai yêu cầu về điều kiện cân bằng và tính tương hợp được thoả mãn tại các giao diện giữa các phần tử.

Vết bánh xe - Diện tích tiếp xúc giữa bánh xe và mặt đường

Hiệu ứng lực - Biến dạng, ứng suất hoặc hợp lực, có nghĩa là lực dọc trục, lực cắt, mô men uốn và mô men xoắn gây ra do tải trọng tạo nên biến dạng hoặc thay đổi thể tích.

Nền móng - Cấu kiện đỡ có được sức kháng bằng cách truyền tải trọng của nó lên nền đất hoặc nền đá.

Tác động khung - Tính liên tục ngang giữa bản mặt cầu và bản bụng của mặt cắt ngang rỗng hoặc giữa bản mặt cầu với các cấu kiện chịu lực chính của các cầu rỗng.

Tác động khung đối với gió - Sự uốn ngang của bản bụng dầm và của phần giằng khung nếu có, nhờ vậy mà tải trọng gió ngang được truyền một phần hoặc toàn bộ lên bản mặt cầu.

Sự phân tích tổng thể - Sự phân tích kết cấu như một tổng thể

Vị trí không chế - Vị trí và hướng của tải trọng tức thời để gây ra tác động cực trị của hiệu ứng lực.

Phương pháp mạng dầm tương đương - Phương pháp phân tích mà trong đó toàn bộ hoặc một phần của kết cấu phân trên được tách thành các phần tử trục hướng đại diện cho các đặc trưng của kết cấu.

Tính không đàn hồi - Mọi trạng thái làm việc của kết cấu mà ở đó tỉ lệ giữa ứng suất và biến dạng không phải là một hằng số và một phần của biến dạng vẫn tồn tại sau khi dỡ tải.

Hoạt tải làn xe - Sự tổ hợp giữa 2 trục của xe hai trục với tải trọng phân bố đều, hoặc sự tổ hợp của xe tải thiết kế với tải trọng phân bố đều theo thiết kế.

Lý thuyết biến dạng lớn - Mọi phương pháp phân tích mà các ảnh hưởng của biến dạng lên hiệu ứng lực luôn luôn được xét tới

Nguyên tắc đòn bẩy - Tổng mô men tĩnh tại một điểm để tính phản lực ở điểm thứ hai.

Ứng xử tuyến tính - Sự làm việc của kết cấu trong đó biến dạng tỉ lệ thuận với tải trọng

Phân tích cục bộ - Sự nghiên cứu theo chiều cao mặt cắt về quan hệ ứng suất và biến dạng bên trong cấu kiện hoặc giữa các cấu kiện bằng cách sử dụng các hiệu ứng lực đã tính toán được từ những phân tích tổng thể hơn

Bộ phận, cấu kiện - Như định nghĩa về cấu kiện.

Phương pháp phân tích - Phương pháp dùng toán học để xác định biến dạng, lực và ứng suất.

Mô hình - Sự lý tưởng hoá theo vật lý hoặc toán học của kết cấu hoặc một bộ phận của nó để phân tích.

Kết cấu liên khối - Các cầu một hộp thép và/hoặc một hộp bê tông kết cấu nhịp cầu bê tông đúc tại chỗ đặc hoặc rỗng, và kết cấu nhịp cầu đúc sẵn bao gồm các phần tử dọc đặc hoặc rỗng được liên kết chặt với nhau bằng cách tạo dự ứng lực căng sau theo chiều ngang.

Nút - Điểm mà ở đó các phần tử hữu hạn hoặc các cấu kiện của hệ mạng dầm gặp nhau. Trong phương pháp sai phân hữu hạn, nút là một điểm mà ở đó phương trình vi phân cơ bản được thoả mãn.

Ứng xử phi tuyến - Sự làm việc của kết cấu khi mà độ võng không tỉ lệ thuận với tải trọng do ứng suất ở trong phạm vi không đàn hồi, hoặc độ võng gây ra sự thay đổi khá lớn về hiệu ứng lực, hoặc do kết hợp cả hai tình huống trên.

Trục hướng - Vật thể mà theo hai hoặc nhiều phương vuông góc với nhau thì có tính chất vật lý khác nhau.

Nút dầm - Điểm mà ở đó đường tim của các cấu kiện giao nhau, thường gặp ở dầm, vòm, cầu dây xiên và cầu dây võng.

Liên kết chốt - Liên kết giữa các cấu kiện tại một điểm bằng chốt coi như không có ma sát.

Điều kiện biên chốt - Điều kiện biên cho phép quay tự do, nhưng không cho phép tịnh tiến trong mặt phẳng tác dụng.

Điểm uốn ngược - Điểm mà tại đó chiều của mô men uốn thay đổi; đồng nghĩa với từ điểm uốn.

Xe chuẩn xếp hạng - Dãy trục sử dụng như một cơ sở chung để thể hiện khả năng chịu tải của cầu.

Độ cứng - Hiệu ứng lực sinh ra bởi biến dạng đơn vị tương ứng trên đơn vị chiều dài của cấu kiện.

Mômen thứ cấp - Các mômen được sinh ra trong kết cấu siêu tĩnh do tác động của kéo sau.

Chuỗi hoặc Phương pháp điều hoà - Phương pháp phân tích trong đó mô hình tải trọng được phân chia thành các phần nhỏ thích hợp, những phần như vậy tương ứng với một số hạng của chuỗi vô hạn hội tụ, nhờ đó các biến dạng của kết cấu được mô tả.

Góc chéo - Góc giữa đường tim của gối đỡ và đường thẳng vuông góc với tim đường.

Lý thuyết biến dạng nhỏ - Cơ sở cho phương pháp phân tích mà trong đó có thể bỏ qua ảnh hưởng của biến dạng đến các hiệu ứng lực trong kết cấu.

Khoảng cách giữa các dầm - Khoảng cách tim tới tim của các đường gối đỡ

Dầm phân bố - Những dầm không có tiếp xúc vật lý trực tiếp, đỡ mặt cầu bê tông đúc tại chỗ.

Độ cứng - Hiệu ứng lực phát sinh từ biến dạng đơn vị.

Ứng biến - Độ giãn dài trên một đơn vị chiều dài.

Biên độ của ứng suất - Độ chênh đại số giữa các ứng suất cực trị.

Mô hình con - Thành phần cấu thành của mô hình kết cấu tổng thể.

Biến dạng cưỡng bức - Tác động của lún, từ biến và thay đổi nhiệt độ và/hoặc độ ẩm.

Xe Tandem - Xe có hai trục với trọng lượng bằng nhau, đặt kê sát nhau và nối cứng với nhau

Tải trọng bánh xe - Một nửa của tải trọng thiết kế của trục xe.

Đường chảy dẻo - Đường khớp nối dẻo.

Phương pháp đường chảy dẻo - Phương pháp phân tích trong đó một số đô thị đường chảy dẻo có thể có được xem xét để xác định khả năng chịu tải trọng.

4.3. KÝ HIỆU

A	=	diện tích dầm, dầm dọc hoặc bộ phận kết cấu (mm ²) (4.6.2.2.1)
A _s	=	diện tích tổng cộng của các sườn tăng cường (mm ²) (4.6.2.6.4)
a	=	chiều dài vùng chuyển tiếp của bề rộng bản cánh dầm hữu hiệu của dầm hộp bê tông (mm); cự ly giữa các cấu kiện tăng cường dọc, hoặc bề rộng sườn cứng trong mặt cầu thép trục hướng (mm) (4.6.2.6.2) (4.6.2.6.4)
B	=	khoảng cách giữa các dầm ngang (mm) (4.6.2.6.4)
b	=	chiều dài lớp xe (mm), bề rộng dầm (mm), bề rộng bản cánh dầm đo về mỗi phía của bản bụng dầm (mm) (4.6.2.1.8) (4.6.2.6.2)
b _c	=	bề rộng bản cánh hữu hiệu tương ứng với vị trí cụ thể của từng phân đoạn nhịp đang xét quy định ở hình 1 (mm) (4.6.2.6.2)
b _o	=	bề rộng bản bụng dầm chiếu lên mặt phẳng trung tuyến của kết cấu nhịp cầu (mm) (4.6.2.6.2)
b _m	=	bề rộng bản cánh hữu hiệu cho phân đoạn phía trong của nhịp xác định theo hình 2: Trường hợp đặc biệt của b _c (mm) (4.6.2.6.2)
b _n	=	bề rộng bản cánh hữu hiệu đối với các lực pháp tuyến tác dụng tại vùng neo (mm) (4.6.2.6.2)
b _s	=	bề rộng bản cánh hữu hiệu tại các gối đỡ phía trong hoặc đối với bản cánh hẫng như được xác định theo Hình 2: Trường hợp đặc biệt của b _c (mm) (4.6.2.6.2)
C	=	hệ số liên tục; Tham số độ cứng (4.6.2.1.8) (4.6.2.2.1)
C _m	=	hệ số gradien của mômen (4.5.3.2.2b)
C ₁	=	tham số của các gối đỡ chéo (4.6.2.2.2e)
D	=	D _x /D _y , bề rộng phân bố trên 1 làn (mm) (4.6.2.1.8) (4.6.2.2.1)
D _x	=	độ cứng chống uốn theo phương của các thanh cốt thép chủ (N.mm ² /mm) (4.6.2.1.8)
D _y	=	độ cứng chống uốn thẳng góc với các thanh cốt thép chủ (N.mm ² /mm) (4.6.2.1.8)
d	=	chiều cao của dầm hoặc dầm dọc phụ (mm) (4.6.2.2.1)
d _c	=	khoảng cách giữa bản bụng phía ngoài của dầm biên và mép trong của đá vữa hoặc rào chắn giao thông (mm) (4.6.2.2.1)
d _o	=	chiều cao của kết cấu nhịp (mm) (4.6.2.2.2)
E	=	mô đun đàn hồi (MPa); bề rộng tương đương (mm) (4.5.3.2.2b) (4.6.2.3)
E _{MOD}	=	mô đun đàn hồi của cáp, được cải biến cho các hiệu ứng phi tuyến (MPa) (4.6.3.7)

e	=	hệ số điều chỉnh phân bố tải trọng, khoảng cách sườn trong mặt cầu thép trực hướng (mm) (4.6.2.6.4)
e_g	=	khoảng cách giữa các trọng tâm của dầm và mặt cầu (mm) (4.6.2.2.1)
f_c	=	ứng suất tính toán đã nhân hệ số, được hiệu chỉnh để tính các hiệu ứng lực thứ cấp (MPa) (4.5.3.2.2b)
f_{2b}	=	ứng suất tương ứng với M_{2b} (MPa) (4.5.3.2.2b)
f_{2s}	=	ứng suất tương ứng với M_{2s} (MPa) (4.5.3.2.2b)
g	=	hệ số phân bố (4.6.2.2.1)
H	=	chiều cao trung bình của kết cấu phần dưới đỡ gối đang được xét (mm) (4.7.4.4)
H, H_1, H_2	=	thành phần nằm ngang của lực cấp (N) (4.6.3.7)
I	=	mô men quán tính (mm ⁴) (4.5.3.2.2b)
I_p	=	mô men quán tính cực (mm ⁴) (4.6.2.2.1)
I_s	=	mô men quán tính của dải tương đương (mm ⁴) (4.6.2.1.5)
J	=	hằng số xoắn St. Venant (mm ⁴) (4.6.2.2.1)
K	=	hệ số chiều dài hữu hiệu cho sườn vòm: hằng số đối với các loại kết cấu khác nhau: hệ số chiều dài hữu hiệu của cột (4.5.3.2.2b) (4.6.2.2.1) (4.6.2.5)
K_g	=	tham số của độ cứng dọc (mm ⁴) (4.6.2.2.1)
k	=	hệ số sử dụng để tính toán hệ số phân bố cho các cầu nhiều dầm (4.6.2.2.1)
k_s	=	hệ số cứng của dải (N/mm) (4.6.2.1.5)
L	=	chiều dài nhịp của bản mặt cầu (mm), chiều dài nhịp (mm), chiều dài nhịp của dầm (mm) (4.6.2.1.8) (4.6.2.2.1)
L_1	=	chiều dài nhịp đã được sửa đổi lấy bằng giá trị nhỏ nhất trong 2 giá trị hoặc chiều dài nhịp thực tế hoặc 18000 (mm) (4.6.2.3)
L_2	=	khoảng cách giữa các điểm uốn của dầm ngang (mm) (4.6.2.6.4)
l_i	=	chiều dài nhịp tương ứng (4.6.2.6.2)
l_u	=	chiều dài tự do của thanh chịu nén (mm); 1/2 chiều dài của sườn vòm (mm) (4.5.3.2.2b) (4.5.3.2.2c)
M	=	mômen do hoạt tải trên kết cấu kiểu hệ mạng dầm được lấp đầy một phần hoặc toàn phần (N.mm/mm) (4.6.2.1.8).
M_c	=	mô men tính toán đã nhân hệ số, được hiệu chỉnh để xét các hiệu ứng thứ cấp (N-mm); (4.5.3.2.2b)
MM	=	phương pháp đàn hồi nhiều dạng (4.7.4.3.1)
M_{1b}	=	mô men ở đầu thanh có giá trị nhỏ hơn của thanh chịu nén do tải trọng trọng lực sinh ra không bị oằn nhiều, mang giá trị dương nếu thanh bị uốn theo đường cong một chiều, mang giá trị âm nếu bị uốn theo đường cong hai chiều (N.mm) (4.5.3.2.2b).
M_{2b}	=	mô men trên thanh chịu nén do tải trọng trọng lực tính toán (đã nhân hệ số) không bị oằn lớn tính theo phân tích khung đàn hồi bậc nhất quy ước, luôn mang giá trị dương (N.mm) (4.5.3.2.2b)
M_{2s}	=	mô men trên thanh chịu nén do tải trọng trọng lực tính toán hoặc tải trọng ngang tính toán (đã nhân hệ số) sinh ra độ oằn lớn hơn $l_u/1500$, tính theo phân tích khung đàn hồi bậc nhất quy ước, luôn mang giá trị dương (N.mm) (4.5.3.2.2b)
M_{2s}	=	mô men trên thanh chịu nén do tải trọng trọng lực tính toán hoặc tải trọng ngang tính toán (đã nhân hệ số) sinh ra độ oằn lớn hơn $l_u/1500$ tính theo phân tích khung đàn hồi bậc nhất quy ước, luôn mang giá trị dương (N.mm) (4.5.3.2.2b)
N	=	chiều dài đỡ tựa tối thiểu (mm) (4.7.4.4)

N_b	=	số dầm, dầm dọc hay dầm tổ hợp (dàn) (4.6.2.2.1)
N_c	=	số ô trong dầm hộp bê tông (4.6.2.2.1)
N_L	=	số làn đường thiết kế (4.6.2.2.1)
n	=	tỷ số mô đun giữa dầm và mặt cầu (4.6.2.2.1)
P	=	tải trọng trục xe (N) (4.6.2.1.3)
P_c	=	tải trọng tới hạn (oằn dọc) Ổ le (N) (4.5.3.2.2b)
P_u	=	tải trọng tính toán (đã nhân hệ số) dọc trục (N) (4.5.3.2.2b)
p	=	áp lực lớp xe (MPa) (4.6.2.1.8)
r	=	hệ số chiết giảm tác dụng của lực dọc trong các cầu chéo (4.6.2.3)
S	=	khoảng cách của các cấu kiện đỡ (mm); khoảng cách của các dầm hoặc bản bụng dầm (mm), độ xiên của gối đỡ đo từ đường thẳng vuông góc với nhịp (DGE) (4.6.2.1.3) (4.6.2.2.1) (4,7,4,4)
S_b	=	khoảng cách giữa các thanh của mạng dầm (mm) (4.6.2.1.3)
SM	=	phương pháp dẻo dạng đơn (4.7.4.3.1)
TH	=	phương pháp lịch sử thời gian (4.7.4.3.1)
t	=	chiều dày của bản bản cánh trong mặt cầu thép trục hướng (mm) (4.6.2.6.4)
t_g	=	chiều dày lưới thép hoặc tấm thép hình lượn sóng (mm) (4.6.2.1.1)
t_o	=	chiều dày của lớp phủ kết cấu (mm) (4.6.2.2.1)
t_s	=	chiều dày của bản bê tông (mm) (4.6.2.2.1)
W	=	bề rộng từ mép tới mép của cầu (mm); tổng trọng lực của dây cáp (N) (4.6.2.2.1) (4.6.3.7)
W_c	=	một nửa khoảng cách các bản bụng dầm, cộng với tổng các phân hẫng (mm) (4.6.2.2.1)
W_1	=	bề rộng mép tới mép đã điều chỉnh của cầu, lấy bằng giá trị nhỏ nhất trong hai giá trị hoặc bề rộng thực tế hoặc 1800 (mm) (4.6.2.3)
W	=	khoảng cách từ tải trọng đến điểm gối tựa (4.6.2.1.3)
α	=	góc giữa dây cáp và phương nằm ngang (độ); (4.6.3.7)
δ_b	=	mô men hoặc ứng suất phóng đại cho sự uốn nổi (4.5.3.2.2b)
δ_s	=	mo men hoặc ứng suất phóng đại cho sự uốn không nổi (4.5.3.2.2b)
θ	=	góc chéo (độ) (4.6.2.2.1)
μ	=	hệ số Poisson (4.6.2.2.1)
φ	=	hệ số kháng cho nén dọc trục; (4.5.3.2.2b)

4.4. CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH KẾT CẤU ĐƯỢC CHẤP NHẬN

Có thể sử dụng bất cứ phương pháp phân tích kết cấu nào thoả mãn các yêu cầu về điều kiện cân bằng và tính tương hợp và sử dụng được mối liên hệ ứng suất - biến dạng cho loại vật liệu đang xét, chúng bao gồm các phương pháp sau và danh sách này còn có thể mở rộng hơn nữa:

- Phương pháp chuyển vị và phương pháp lực cổ điển.
- Phương pháp sai phân hữu hạn.
- Phương pháp phần tử hữu hạn.
- Phương pháp bản gập
- Phương pháp dải băng hữu hạn
- Phương pháp tương tự mạng dầm
- Phương pháp chuỗi hoặc các phương pháp điều hoà khác
- Phương pháp đường chảy dẻo

Người thiết kế có trách nhiệm sử dụng các chương trình máy tính để dễ phân tích kết cấu và giải trình cũng như sử dụng các kết quả.

Trong tài liệu tính toán và báo cáo thiết kế cần chỉ rõ tên, phiên bản và ngày phần mềm được đưa vào sử dụng

4.5. MÔ HÌNH TOÁN HỌC

4.5.1. TỔNG QUÁT

Các mô hình toán học phải bao gồm tải trọng, đặc trưng hình học và tính năng vật liệu của kết cấu, và khi thấy thích hợp, cả những đặc trưng ứng xử của móng. Trong việc lựa chọn mô hình, phải dựa vào các trạng thái giới hạn đang xét, định lượng, hiệu ứng lực đang xét và độ chính xác yêu cầu.

Việc xem xét đến các lan can giao thông liên hợp liên tục phải hạn chế chỉ xét trong các trạng thái giới hạn khai thác và trạng thái giới hạn mỏi và trong đánh giá kết cấu, trừ phi quy định cho phép khác.

Không xét đến độ cứng của các lan can, dải tường phân cách giữa và các lan can giao thông không liên tục về mặt kết cấu trong khi phân tích kết cấu.

Phải đưa cách thể hiện thích hợp về đất và/hoặc đá làm móng cầu vào trong mô hình toán học của nền móng.

Khi thiết kế về động đất, phải xét đến sự chuyển động tổng thể và sự hoá lỏng của đất.

4.5.2. SỰ LÀM VIỆC CỦA VẬT LIỆU KẾT CẤU

4.5.2.1. Đàn hồi và không đàn hồi

Khi phân tích phải xét vật liệu của kết cấu làm việc tuyến tính cho đến giới hạn đàn hồi rồi sau đó làm việc không đàn hồi.

Đối với các tác động ở trạng thái giới hạn đặc biệt có thể xét trong phạm vi cả đàn hồi và không đàn hồi.

4.5.2.2. Sự làm việc đàn hồi

Tính chất và các đặc tính của vật liệu đàn hồi phải phù hợp với các quy định trong các Phần 5 và 6. Sự thay đổi các giá trị này do phát triển cường độ của bê tông non tuổi và các tác động của môi trường cần được đưa vào mô hình thích hợp.

Các đặc trưng độ cứng của bê tông và các bộ phận liên hợp phải dựa trên các mặt cắt bị nứt và/hoặc không bị nứt tùy theo trạng thái làm việc của kết cấu dự kiến. Độ cứng của cầu dầm bản có thể dựa trên sự tham gia toàn phần của bản mặt cầu bằng bê tông.

4.5.2.3. Sự làm việc không đàn hồi

Các mặt cắt của cấu kiện có khả năng biến dạng không đàn hồi phải được thể hiện là có thể biến dạng dẻo bằng sự hạn chế hoặc bằng cách khác. Khi sử dụng phép phân tích không đàn hồi thì phải xác định cơ cấu phá huỷ dự tính trước và các vị trí khớp sẽ xuất hiện: Trong phân tích kết cấu phải xác nhận rằng sự phá huỷ do cắt, do mất ổn định khi uốn dọc và do mất dính kết trong các bộ

phần kết cấu chỉ xảy ra sau khi hình thành cơ cấu không đàn hồi khi uốn. Cần xét đến sự chịu tải quá mức dự kiến của cấu kiện mà trong đó khớp dẻo sẽ hình thành. Phải xét đến sự phá vỡ tính nguyên vẹn về hình học của kết cấu do các biến dạng lớn.

Mô hình không đàn hồi phải dựa trên hoặc là kết quả thử nghiệm vật lý hoặc dựa trên mối quan hệ tải trọng - biến dạng thu được bằng thí nghiệm. Ở chỗ nào sự làm việc không đàn hồi có thể xuất hiện bằng biện pháp hạn chế thì các mẫu thử phải bao gồm cả các phần tử tạo ra các hạn chế đó. Ở chỗ nào nội lực cực trị được dự kiến là lặp lại thì việc thử nghiệm cần phản ánh bản chất chu kỳ của chúng.

Ngoại trừ những chỗ được ghi chú, ứng suất và biến dạng phải dựa trên sự phân bố tuyến tính của ứng biến trong mặt cắt ngang của cấu kiện hình lăng trụ. Phải xét đến biến dạng do cắt của các cấu kiện cao. Không được vượt quá giới hạn về biến dạng bê tông, như đã nêu trong Phần 5.

Phải xét sự làm việc không đàn hồi của các cấu kiện chịu nén tại bất cứ chỗ nào thích hợp.

4.5.3. HÌNH HỌC

4.5.3.1. Lý thuyết biến dạng nhỏ

Nếu biến dạng của kết cấu không tạo ra sự thay đổi đáng kể của nội lực do sự tăng độ lệch tâm của các lực kéo hoặc nén thì có thể bỏ qua nội lực phụ thêm này.

4.5.3.2. Lý thuyết biến dạng lớn

4.5.3.2.1. Tổng quát

Nếu biến dạng của kết cấu gây ra thay đổi đáng kể về hiệu ứng lực thì phải xét các tác động của biến dạng trong các phương trình về điều kiện cân bằng.

Ảnh hưởng của biến dạng và tính chất không thẳng của các cấu kiện phải được xét khi phân tích về ổn định và các phân tích về biến dạng lớn.

Đối với các cấu kiện mảnh chịu nén, trong phân tích phải xem xét những tính chất vật liệu phụ thuộc vào thời gian và ứng suất gây ra những thay đổi đáng kể về hình học kết cấu.

Các hiệu ứng tương tác của các lực nén và kéo dọc trục trong các cấu kiện liên kế nhau phải được xem xét khi phân tích về khung và giàn.

Phải dùng tải trọng tính toán và không áp dụng nguyên lý cộng tác dụng của hiệu ứng lực trong phạm vi không tuyến tính. Thứ tự đặt tải trọng trong phân tích không tuyến tính phải theo đúng thứ tự đặt tải trên cầu thực tế.

4.5.3.2.2. Các phương pháp tính xấp xỉ

4.5.3.2.2a. Tổng quát

Ở những chỗ được phép trong Phần 5 và 6, những ảnh hưởng của biến dạng đối với hiệu ứng lực trên các cột kiểu dầm (cột chịu nén lệch tâm) và các vòm thoả mãn các quy định của Bộ Tiêu chuẩn này có thể tính xấp xỉ bằng phương pháp điều chỉnh bước đơn, thường gọi là phương pháp phóng đại mô men.

4.5.3.2.2b. Sự phóng đại mô men - cột kiểu dầm:

Mô men hoặc ứng suất tính toán có thể được tăng lên để phản ánh tác dụng của biến dạng như sau:

$$M_c = \delta_b M_{2b} + \delta_s M_{2s} \quad (4.5.3.2.2b - 1)$$

$$f_c = \delta_b f_{2b} + \delta_s f_{2s} \quad (4.5.3.2.2b - 2)$$

trong đó:

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi P_c}} \geq 1.0 \quad (4.5.3.2.2b - 3)$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi \sum P_c}} \quad (4.5.3.2.2b - 4)$$

ở đây:

P_u = tải trọng tính toán (đã nhân hệ số) dọc trục (N)

P_c = tải trọng uốn dọc tới hạn O_{lc} (N)

ϕ = hệ số kháng nén dọc trục lấy theo Phần 5 và 6 nơi phù hợp

M_{2b} = mô men trên thanh (cấu kiện) chịu nén do tải trọng trọng lực tính toán (đã nhân hệ số) mà không dẫn đến oằn đáng kể được tính toán bằng phương pháp khung đàn hồi bậc nhất quy ước, luôn luôn dương (N.mm)

f_{2b} = ứng suất tương ứng với M_{2b} (MPa)

M_{2s} = mô men trên thanh chịu nén do lực ngang tính toán hoặc tải trọng trọng lực tính toán (đã nhân hệ số) mà gây ra độ oằn, Δ lớn hơn $l_u/500$, được tính bằng phương pháp phân tích khung đàn hồi bậc nhất quy ước, luôn luôn dương (N.mm).

f_{2s} = ứng suất tương ứng với M_{2s} (MPa)

Đối với cột bê tông thép liên hợp tải trọng uốn dọc tới hạn O_{lc} , P_c phải được xác định như trong Điều 6.9.5.1. Với tất cả các trường hợp khác, P_c phải lấy như sau:

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(K l_u)^2} \quad (4.5.3.2.2b - 5)$$

trong đó:

- l_u = chiều dài tự do của thanh chịu nén (mm)
 K = hệ số chiều dài hữu hiệu lấy theo Điều 4.6.2.5
 E = mô đun đàn hồi (MPa)
 I = mô men quán tính đối với trục đang xét (mm⁴)

Đối với các thanh bê tông chịu nén, các quy định trong Điều 5.7.4.3 cũng áp dụng được

Đối với các thanh giằng chống oằn, δ_s lấy giá trị 1,0 trừ khi phân tích cho thấy có thể sử dụng giá trị nhỏ hơn có thể được sử dụng. Với các thanh không có giằng chống oằn, phải xác định δ_b như đối với các thanh được giằng và xác định δ_s như đối với các thanh không được giằng.

Đối với các thanh có giằng chống oằn và không có tải trọng ngang giữa các gối tựa, C_m có thể lấy như sau:

$$C_m = 0.6 + 0.4 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \geq 0.4 \quad (4.5.3.2.2b - 6)$$

trong đó:

- M_{1b} = mô men bé hơn tại đầu mút
 M_{2b} = mô men lớn hơn tại đầu mút

Tỉ số M_{1b}/M_{2b} được coi là dương nếu cấu kiện bị uốn theo độ cong một chiều và âm nếu nó bị uốn theo độ cong hai chiều .

Với tất cả các trường hợp khác, C_m phải được lấy bằng 1.0.

Trong các kết cấu không được giằng chống oằn, các cấu kiện chịu uốn và các phần móng tạo thành khung, cấu kiện chịu nén phải được thiết kế để chịu tổng các mô men đầu mút của cấu kiện chịu nén tại điểm nối.

Khi các cấu kiện chịu nén bị uốn theo cả hai trục chính, mô men tại mỗi trục phải được nhân với δ , được xác định từ các điều kiện hạn chế tương ứng đối với trục đó.

Khi nhóm các cấu kiện chịu nén trên một cao độ bao gồm mố kiểu khung hoặc khi chúng được nối chắc chắn với cùng một kết cấu phần trên và tất cả cùng chống sự oằn của kết cấu, giá trị của δ_s phải được tính cho một nhóm cấu kiện với ΣP_u và ΣP_c tương đương với tổng của tất cả các cột trong nhóm.

4.5.3.2.2c. Sự phóng đại mô men - các loại vòm

Mô men do hoạt tải và lực xung kích đã tính được nhờ phép phân tích biến dạng nhỏ phải được tăng lên bằng hệ số phóng đại mô men, δ_b , như chỉ ra trong Điều 4.5.3.2.2b, với các định nghĩa sau:

- l_u = 1/2 chiều dài của sườn vòm (mm)
 K = hệ số chiều dài hữu hiệu như chỉ ra trong Bảng 1
 C_m = 1,0

Bảng 4.5.3.2c-1- Giá trị K cho chiều dài hữu hiệu của các sườn vòm

Tỉ lệ chiều cao/ nhịp	Vòm 3 khớp	Vòm 2 khớp	Vòm ngàm cứng
0.1 - 0.2	1.16	1.04	0.70
0.2 - 0.3	1.13	0.70	0.70
0.3 - 0.4	1.16	1.16	0.72

4.5.3.2.3. Các phương pháp chính xác

Các phương pháp phân tích chính xác phải được dựa trên khái niệm về các lực thoả mãn sự cân bằng tại vị trí biến dạng

4.5.4. CÁC ĐIỀU KIỆN BIÊN CỦA MÔ HÌNH

Các điều kiện biên phải thể hiện được các đặc tính của gối tựa và tính liên tục.

Phải mô hình hoá các điều kiện của móng sao cho thể hiện được các tính chất của đất nằm dưới móng cầu, tác dụng tương hỗ của cọc với đất và các tính chất đàn hồi của cọc.

4.5.5. CẤU KIỆN TƯƠNG ĐƯƠNG

Có thể mô hình hoá các cấu kiện không có dạng hình lăng trụ bằng cách chia nhỏ các thành phần thành một số các phần tử khung có đặc trưng về độ cứng đại diện cho kết cấu thực tế tại vị trí của cấu kiện.

Có thể mô hình hoá các cấu kiện hoặc các nhóm cấu kiện của các cầu có hoặc không có mặt cắt thay đổi như một cấu kiện đơn tương đương, miễn là thể hiện tất cả các đặc trưng về độ cứng của các cấu kiện hoặc các nhóm cấu kiện. Các đặc trưng về độ cứng tương đương có thể đạt được bằng các phương pháp giải có nghiệm kín, tích phân số, phân tích mô hình con, phương pháp chuỗi và tương tự song song.

4.6. PHÂN TÍCH TÍNH HỌC

4.6.1. ẢNH HƯỞNG CỦA HÌNH HỌC PHẪNG

4.6.1.1. Tỷ số mặt cắt phẳng

Nếu chiều dài nhịp của kết cấu phân trên với các mặt cắt kín cứng chịu xoắn vượt quá 2.5 lần chiều rộng của nó, thì kết cấu phân trên đó có thể được lý tưởng hoá như dầm giản đơn. Các định nghĩa về kích thước sau đây phải được dùng để áp dụng tiêu chuẩn này:

- Bề rộng: Bề rộng phân lõi của bản mặt cầu liên khối hoặc khoảng cách trung bình giữa các mặt ngoài của các bản bụng biên.
- Chiều dài đối với các cầu tựa giản đơn, hình chữ nhật: khoảng cách giữa các mối nối của bản mặt cầu, hoặc

- Chiều dài đối với các cầu liên tục và/hoặc cầu chéo: chiều dài của cạnh dài nhất của hình chữ nhật mà có thể vẽ được trong mặt bằng của bề rộng của nhịp bé nhất, như định nghĩa ở đây.

4.6.1.2. Các kết cấu cong trong mặt bằng

4.6.1.2.1. Tổng quát

Các đoạn của kết cấu nhịp cong trong mặt bằng có các mặt cắt kín cứng chịu xoắn mà góc ở tâm được đối diện bởi một nhịp cong hoặc một phần của nó, nhỏ hơn 12.0° , có thể được phân tích như các đoạn thẳng.

Ảnh hưởng của độ cong có thể bỏ qua trong các mặt cắt hở với bán kính cong sao cho góc ở tâm được đối diện bởi một nhịp nhỏ hơn giá trị cho trong Bảng 1

Bảng 4.6.1.2.1-1 - Góc giới hạn ở tâm để cho phép bỏ qua độ cong khi xác định mô men uốn ban đầu

Số dầm	Góc cho 1 nhịp	Góc cho 2 nhịp và hơn 2 nhịp
2	2°	3°
3 hoặc 4	3°	4°
5 hoặc hơn	4°	5°

4.6.1.2.2. Kết cấu nhịp cứng chịu xoắn kiểu dầm đơn giản

Có thể phân tích kết cấu nhịp cong trong mặt bằng, kiểu dầm đơn giản cứng chịu xoắn uốn thỏa mãn điều kiện của Điều 4.6.1.1 về các hiệu ứng lực tổng thể như đối với dầm có sống cong.

Vị trí đường trục của loại dầm này phải lấy theo đường đi qua trọng tâm của mặt cắt, và phải tính độ lệch tâm của tải trọng bản thân theo phương pháp thích.

4.6.1.2.3. Kết cấu nhịp kiểu nhiều dầm

Kết cấu cong trong mặt phẳng nằm ngang mà không phải là các dầm giản đơn cứng chịu xoắn có thể được phân tích theo các mô hình, trong đó các đoạn của dầm dọc được giả thiết là thẳng giữa các giao điểm. Độ lệch tâm thực tế của phân đoạn giữa các giao điểm sẽ không được vượt quá 2,5% chiều dài của phân đoạn.

4.6.2. CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH GẦN ĐÚNG

4.6.2.1. Mặt cầu

4.6.2.1.1 Tổng quát

Phương pháp phân tích gần đúng trong đó mặt cầu được chia thành những dải nhỏ vuông góc với các cấu kiện đỡ phải được xem như chấp nhận được đối với các kết cấu nhịp không phải loại mạng dầm được lấp đầy một phần hoặc toàn phần khi áp dụng các quy định trong Điều 4.6.2.1.8.

Khi áp dụng phương pháp dải thì phải lấy mô men dương cực trị trong bất cứ pa-nen sàn giữa các dầm để đặt tải cho tất cả các vùng có mô men dương. Tương tự phải lấy mô men âm cực trị trên bất cứ dầm nào để đặt tải cho tất cả các vùng có mô men âm.

4.6.2.1.2. Khả năng áp dụng

Đối với những loại mặt cầu có những cấu kiện chế tạo sẵn, có thể được phép dùng các công cụ trợ giúp thiết kế thay cho phân tích kết cấu, nếu tính năng của kết cấu nhịp cầu đã được lập thành hồ sơ và có những luận cứ kỹ thuật thoả đáng. Người kỹ sư phải chịu trách nhiệm về độ chính xác và việc dùng của bất kỳ trợ giúp thiết kế nào đem áp dụng.

Đối với các cầu bản và các bản bê tông có nhịp lớn hơn 4600mm và có hướng nhịp tính toán là song song với hướng xe chạy, phải áp dụng điều 4.6.2.3.

4.6.2.1.3. Bề rộng của các dải tương đương bên trong

Có thể lấy bề rộng dải tương đương của mặt cầu theo bảng 1. Khi kết cấu nhịp cầu chủ yếu đặt theo hướng song song với hướng xe chạy, các dải nhỏ đỡ tải trọng trục xe không được lấy lớn hơn 1000mm cho hệ mạng dầm kiểu hở, và không được lấy lớn hơn 3600mm cho tất cả các loại mặt cầu khác mà ở đó xét việc chất tải trọng lên nhiều lần. Đối với phần hẫng của mặt cầu, khi thích hợp, có thể sử dụng các quy định trong Điều 3.6.1.3.4 để thay thế bề rộng dải như nêu trong bảng 1 cho phần hẫng của mặt cầu. Các dải tương đương cho mặt cầu mà có nhịp dài chủ yếu bắc qua theo hướng ngang thì không được giới hạn bề rộng. Những ký hiệu sau đây áp dụng cho Bảng 1:

- S = khoảng cách của các cấu kiện đỡ (mm)
- P = tải trọng trục xe (N)
- S_b = khoảng cách của các thanh trong hệ mạng dầm (mm)
- +M = mô men dương
- M = mô men âm
- X = khoảng cách từ tải trọng đến điểm gối tựa (mm)

Bảng 4.6.2.1.3-1- Các dải tương đương

LOẠI KẾT CẤU NHỊP CẦU	HƯỚNG CỦA DẢI CHÍNH LIÊN QUAN TỚI GIAO THÔNG	BỀ RỘNG CỦA DẢI CHÍNH
Bê tông: <ul style="list-style-type: none"> Đúc tại chỗ Đúc tại chỗ có ván khuôn bằng bê tông để lại vĩnh viễn Đúc sẵn, căng sau 	Phần hẫng Hoặc song song hoặc vuông góc Hoặc song song hoặc vuông góc Hoặc song song hoặc vuông góc	$1140 + 0,833X$ +M: $660 + 0,55S$ -M: $1220 + 0,25S$ +M: $660 + 0,55S$ -M: $1220 + 0,25S$
Thép: <ul style="list-style-type: none"> Hệ mạng dầm hở Hệ mạng dầm lấp đầy một phần hoặc toàn phần Hệ mạng dầm không lấp, liên hợp 	Các dầm chủ chịu lực Các dầm chủ chịu lực Các dầm chủ chịu lực	$0.007P + 4.0S_b$ Áp dụng Điều 4.6.2.1.8 Áp dụng Điều 9.8.2.4

4.6.2.1.4. Bề rộng dải tương đương tại các mép của bản**4.6.2.1.4a. Tổng quát**

Khi thiết kế, phải xem như có dầm biên quy ước là một dải băng có chiều rộng được quy định dưới đây công thêm bộ phận tăng chiều dày cục bộ gắn liền với nó hay bộ phận nhô ra có tác dụng tăng cứng cho bản mặt cầu. Phải giả thiết các dầm biên đỡ một hàng bánh xe, nếu thích hợp, đỡ thêm một phần nào đó của tải trọng làn thiết kế.

4.6.2.1.4b. Các mép dọc

Khi mặt cầu chủ yếu có nhịp bắc theo hướng xe chạy, bề rộng hữu hiệu của dải, có hoặc không có dầm biên, có thể được lấy giá trị bằng tổng của: Khoảng cách giữa mép của bản với bề mặt trong của lan can giao thông, cộng với 300 mm và cộng với 1/2 bề rộng của dải như trong Điều 4.6.2.1.3 hoặc 4.6.2.3 (lấy cho phù hợp), nhưng chiều rộng hữu hiệu không được vượt quá một trong hai giá trị: hoặc bề rộng toàn bộ dải hoặc 180mm.

4.6.2.1.4c. Các mép ngang

Bề rộng hữu hiệu của dải, có hoặc không có dầm biên có thể được lấy bằng tổng của: Khoảng cách giữa mép ngang của bản và đường trục của gối, thường là bản bụng dầm cộng với 1/2 bề rộng của dải như trong Điều 4.6.2.1.3, nhưng không vượt quá bề rộng dải tổng cộng, như Điều 4.6.2.1.3.

4.6.2.1.5. Phân bố tải trọng bánh xe

Nếu khoảng cách của các cấu kiện đỡ theo hướng phụ vượt quá 1.5 lần khoảng cách theo hướng chính, tất cả tải trọng bánh xe phải coi như được đặt lên dải chính, và các quy định trong Điều 9.7.3.2 có thể được áp dụng cho hướng phụ.

Nếu khoảng cách của các cấu kiện đỡ theo hướng phụ nhỏ hơn 1.5 lần khoảng cách theo hướng chính, thì mặt cầu phải được mô hình hoá như 1 hệ các dải giao nhau.

Bề rộng của các dải tương đương theo cả hai hướng có thể được lấy như trong Bảng 4.6.2.1.3-1. Mọi tải trọng bánh xe sẽ được phân bố giữa 2 dải giao nhau. Sự phân bố phải được xác định bằng tỉ số giữa độ cứng của dải và tổng của các độ cứng của các dải giao nhau. Nếu không có sự tính toán chính xác hơn thì độ cứng của dải có thể được ước lượng như sau:

$$K_s = \frac{EI_s}{S^3} \quad (4.6.2.1.5-1)$$

trong đó:

I_s = mô men quán tính của dải tương đương (mm^4)

S = khoảng cách giữa các cấu kiện đỡ (mm)

4.6.2.1.6. Tính toán các hiệu ứng lực

Các dải phải được coi như các dầm liên tục hoặc dầm đơn giản. Chiều dài nhịp phải được lấy bằng khoảng cách tâm đến tâm giữa các cấu kiện đỡ. Nhằm xác định hiệu ứng lực trong các dải, các cấu kiện đỡ phải được giả thiết là cứng vô hạn.

Các tải trọng bánh xe có thể được mô hình hoá như tải trọng tập trung hoặc như tải trọng vệt mà chiều dài dọc theo nhịp sẽ là chiều dài của diện tích tiếp xúc của lốp xe được chỉ ra trong Điều 3.6.1.2.5, cộng với chiều cao của bản mặt cầu. Các dải cần được phân tích bằng lý thuyết dầm cổ điển

Mặt cắt thiết kế cho các mô men âm và lực cắt có thể được lấy như sau:

- Cho dầm hộp bê tông và đúc liền khối : ở mặt cấu kiện đỡ,
- Cho dầm thép : ở 1/4 bề rộng bản cánh dầm kể từ đường tim của gối,
- Cho dầm bê tông đúc sẵn dạng T hoặc I : ở 1/3 bề rộng của bản cánh dầm, nhưng không quá 380 mm tính từ đường tim của gối,

Trong Điều này, mỗi bản bụng dầm của dầm hộp thép hoặc bê tông có thể được coi như là một cấu kiện đỡ riêng biệt

4.6.2.1.7. Hiệu ứng khung của mặt cắt ngang

Khi mặt cầu là một phần không tách rời của mặt cắt nhiều ngăn hoặc mặt cắt hình hộp, thì độ cứng uốn hoặc xoắn của các thành phần đỡ của mặt cắt, tức là các bản bụng dầm và bản đáy dầm có thể gây ra các nội lực đáng kể trong bản mặt cầu. Phải đưa các thành phần đó vào trong tính toán bản mặt cầu.

Nếu chiều dài của phân đoạn khung được mô hình hoá như bề rộng của dải tương đương, có thể sử dụng các quy định của các Điều 4.6.2.1.3, 4.6.2.1.5 và 4.6.2.1.6.

4.6.2.1.8. Sự phân bố hoạt tải trên hệ mạng dầm được lấp đầy một phần hoặc toàn phần

Các mô men tính theo đơn vị N.mm/mm của hệ mạng dầm do hoạt tải trong các mạng dầm được lấp đầy một phần hoặc toàn phần có thể được xác định như sau:

- Các thanh chính nằm ngang hướng xe chạy:

$$M = C_l p D^{0.25} [42.3 \ln(0.039 S) - 7] \quad (4.6.2.1.8-1)$$

- Các thanh chính song song với hướng xe chạy:

$$M = C_p [8060 D^{0.29} \ln(0.039 S) - 10200 D^{0.46}] \frac{\ell}{200} \quad (4.6.2.1.8-2)$$

trong đó:

- S = chiều dài nhịp (mm),
 500 mm < S < 10000 mm trong P/ trình 1, và
 500 mm < S < 5000 mm trong P/ trình 2.
- C = hệ số liên tục, bằng 1,0 cho nhịp giản đơn và 0,8 cho nhịp liên tục
- ℓ = chiều dài lớp xe dọc theo hướng xe chạy, như trong Điều 3.6.1.2.5 (mm).
- p = áp lực lớp xe lấy bằng 0.86 MPa
- D = D_x/D_y
- D_x = độ cứng uốn theo hướng của các thanh chính (N.mm²/mm)
- D_y = độ cứng uốn vuông góc với các thanh chính (N.mm²/mm)

Khi các kết quả thí nghiệm không có sẵn, thì hệ số độ cứng, D, có thể lấy như sau:

- Cho mạng dầm được phủ đầy toàn phần ít nhất bằng lớp phủ liên khối dày 38mm 2.0
- Cho tất cả các loại lưới được lấp đầy toàn phần khác 2,5
- Cho mạng dầm được phủ đầy một phần ít nhất bằng lớp phủ liên khối dày 38mm8.0
- Cho tất cả các loại mạng dầm được phủ đầy một phần khác 10.0

4.6.2.1.9. Phép phân tích không đàn hồi

Chủ đầu tư có thể cho phép dùng phương pháp phân tích phần tử hữu hạn không đàn hồi

4.6.2.2. Các loại Cầu Dầm - Bản

4.6.2.2.1. Phạm vi áp dụng

Nếu khoảng cách giữa các tim dầm vượt quá phạm vi áp dụng như chỉ ra trong các Bảng 4.6.2.2.2a-1 đến 4.6.2.2g-1, hoạt tải trên mỗi dầm là phản lực của các làn chịu tải dựa trên nguyên lý đòn bẩy trừ phi có quy định khác.

Quy định của Điều 3.6.1.1.2 không cho dùng các hệ số làn với phương pháp tải trọng xấp xỉ khác so với các phương pháp mô men tĩnh hoặc phương pháp đòn bẩy vì các hệ số đó đã được đưa vào trong các hệ số phân bố.

Các loại cầu nào không thoả mãn các quy định của Điều này phải được phân tích như Điều 4.6.3.

Sự phân bố hoạt tải, như trong trong các Điều 4.6.2.2.2 và 4.6.2.2.3, có thể được sử dụng cho các dầm tổ hợp, dầm và các dầm dọc phụ mà không phải là dầm thép nhiều hộp có mặt cầu bê tông thoả mãn các điều kiện sau đây và bất cứ điều kiện nào khác được đưa ra trong các bảng về các hệ số phân bố trong quy định ở đây:

- Bề rộng của mặt cầu là một hằng số
- Số dầm không nhỏ hơn 4, trừ phi được quy định khác
- Các dầm song song với nhau và có độ cứng xấp xỉ nhau
- Phân đường xe chạy của phân hẫng, d_c không vượt quá 910mm, trừ phi được quy định khác
- Độ cong trong mặt bằng nhỏ hơn giới hạn được nêu trong Điều 4.6.2.1.2
- Mất cắt ngang phù hợp với một trong những mặt cắt trong bảng 1

Nếu có sự khác biệt ở mức độ nhất định so với chiều rộng bản không đổi hoặc sự song song giữa các dầm thì có thể sử dụng các phương trình trong bảng hệ số phân phối và lấy theo giá trị thích hợp của cự ly dầm.

Các yêu cầu thêm về dầm thép nhiều hộp với bản mặt cầu bê tông được nêu trong Điều 4.6.2.2.2b.

Khi các cầu thoả mãn các điều kiện nêu ra ở đây, tải trọng thường xuyên của bản mặt cầu và trên bản mặt cầu có thể được phân bố đều trong số các dầm và/ hoặc các dầm dọc.

Hệ số phân bố hoạt tải nêu ở đây có thể được sử dụng để cho phép và đánh giá các loại xe mà tổng bề rộng của chúng so sánh được với bề rộng của xe tải thiết kế.

Các ký hiệu sau đây được áp dụng cho các bảng 4.6.2.2.2 đến 4.6.2.2.3:

A	=	diện tích của dầm dọc phụ, dầm hoặc dầm tổ hợp (mm^2)
b	=	bề rộng của dầm (mm)
C	=	tham số độ cứng
d	=	chiều cao của dầm hoặc dầm dọc phụ (mm)
d_0	=	khoảng cách giữa tim bản bụng phía ngoài của dầm biên và mép trong của bó vỉa hoặc lan can chắn xe (mm)
D	=	bề rộng phân bố trên làn (mm)
e	=	hệ số điều chỉnh
g	=	hệ số phân bố
I_p	=	mô men quán tính cực (mm^4)
J	=	mô men quán tính chống xoắn St. Venant
K	=	hằng số cho các loại kết cấu khác nhau
K_g	=	tham số độ cứng dọc (mm^4)
L	=	nhịp của dầm
N_b	=	số dầm, dầm dọc phụ hoặc dầm tổ hợp
N_c	=	số ngăn trong một dầm hộp bê tông
N_L	=	số làn thiết kế nêu trong Điều 3.6.1.1.1
S	=	khoảng cách của các dầm hoặc các bản bụng dầm (mm)
t_g	=	chiều dày của lưới thép hoặc tấm thép lượn sóng (mm)
t_0	=	chiều dày của lớp phủ (mm)
t_s	=	chiều dày của bản bê tông (mm)
W	=	bề rộng mép-đến-mép của cầu (mm)
W_c	=	1/2 khoảng cách bản bụng dầm, cộng với tổng phân hẫng (mm)
θ	=	góc chéo (Độ)

μ = hệ số Poisson

Trừ phi được quy định khác, các tham số độ cứng đối với diện tích, mô men quán tính và độ cứng chống xoắn được sử dụng ở đây và trong các Điều 4.6.2.2.2 và 4.6.2.2.3 phải được lấy theo mặt cắt ngang trên đó chịu tác dụng của tải trọng giao thông mà thông thường là mặt cắt liên hợp.

Tham số độ cứng dọc, K_g , phải được lấy theo:

$$K_g = n(I + A e_g^2) \quad (4.6.2.2.1-1)$$

Với:

$$n = \frac{E_B}{E_D} \quad (4.6.2.2.1-2)$$

trong đó:

E_B = môđun đàn hồi của vật liệu dầm (MPa)

E_D = mô đun đàn hồi của vật liệu bản (MPa)

I = mô men quán tính của dầm (mm^4)

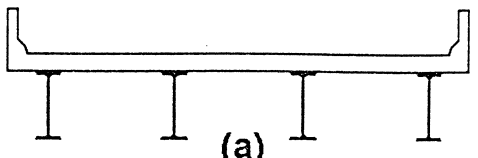
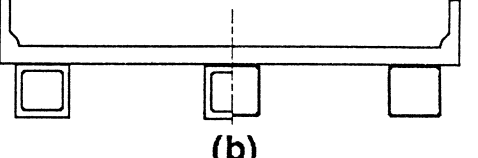
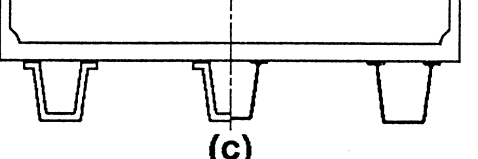
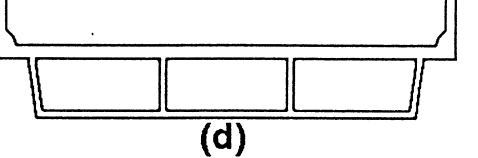
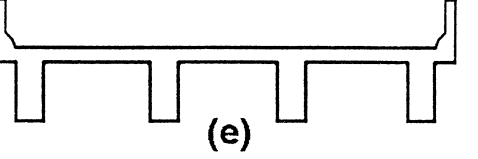
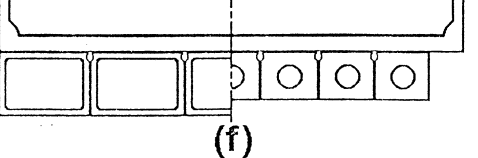
e_g = khoảng cách giữa các trọng tâm của dầm cơ bản và bản mặt (mm)

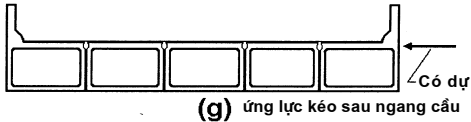
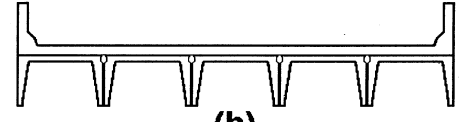
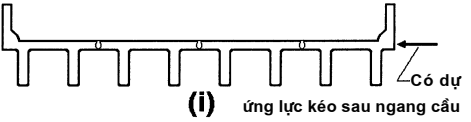
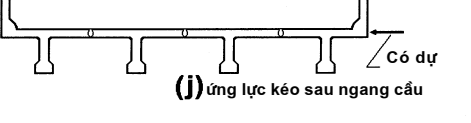
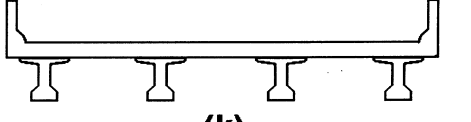
Các thông số A và I trong Phương trình 1 phải lấy theo dầm không liên hợp.

Tham khảo các loại cầu trong Bảng 4.6.2.2.2 đến 4.6.2.2.3 theo Hình 1, có thể đại diện cho loại cầu áp dụng cho mỗi phương trình tính toán gần đúng với nó.

Bất kể phương pháp phân tích nào được áp dụng, tức là phương pháp xấp xỉ hay phương pháp chính xác, các dầm biên của cầu nhiều dầm không được có sức kháng nhỏ hơn sức kháng của dầm trong, trừ khi Điều 2.5.2.7.1 cho phép áp dụng.

Bảng 4.6.2.2.1.1 Kết cấu phần trên của cầu thông thường được nêu trong các Điều 4.6.2.2.2 và 4.6.2.2.3

CẦU KIẾN ĐỠ	LOẠI MẶT CẦU	MẶT CẮT ĐIỂN HÌNH
Dầm thép	Mặt cầu bê tông đúc tại chỗ, đúc sẵn, lưới thép.	 <p style="text-align: center;">(a)</p>
Các hộp kín bằng bê tông đúc sẵn hoặc bằng thép	Mặt cầu bê tông đúc tại chỗ	 <p style="text-align: center;">(b)</p>
Các hộp hở bằng bê tông đúc sẵn hoặc bằng thép	Mặt cầu bê tông đúc tại chỗ, mặt cầu bê tông đúc sẵn	 <p style="text-align: center;">(c)</p>
Hộp bê tông đúc sẵn có nhiều ngăn	Bê tông toàn khối	 <p style="text-align: center;">(d)</p>
Dầm bê tông đúc tại chỗ hình chữ T	Bê tông toàn khối	 <p style="text-align: center;">(e)</p>
Các loại hộp bê tông lỗ rỗng, đặc hoặc có nhiều ngăn được đúc sẵn và có các khóa chống cắt	Lớp mặt bê tông đúc tại chỗ	 <p style="text-align: center;">(f)</p>

CẤU KIỆN ĐỠ	LOẠI MẶT CẦU	MẶT CẮT ĐIỂN HÌNH
Hộp bê tông dạng ngăn, rỗng đặc hoặc có nhiều ngăn được đúc sẵn và có các khoá chống cắt	Bê tông toàn khối	 (g) ứng lực kéo sau ngang cầu
Mặt cắt dạng máng bê tông đúc sẵn có các khoá chống cắt	Lớp mặt bê tông đúc tại chỗ	 (h)
Mặt cắt chữ T kéo bê tông đúc sẵn có khoá chống cắt có hoặc không có cáp dự ứng lực căng sau theo chiều	Bê tông toàn khối	 (i) ứng lực kéo sau ngang cầu
Mặt cắt chữ T bê tông đúc sẵn có khoá chống cắt có hoặc không có cáp dự ứng lực căng sau theo chiều ngang	Bê tông toàn khối	 (j) ứng lực kéo sau ngang cầu
Mặt cắt chữ I hoặc chữ T bèo bê tông đúc sẵn	Bê tông đổ tại chỗ, bê tông đúc sẵn	 (k)

4.6.2.2.2. Phương pháp hệ số phân bố dùng cho mô men và lực cắt

4.6.2.2.2.a. Các dầm giữa với mặt cầu bê tông

Có thể xác định mô men uốn do hoạt tải đối với các dầm giữa với mặt cầu bê tông bằng cách áp dụng phân số lần như trong Bảng 1.

Để thiết kế sơ bộ, các số hạng $K_g / (L_t^3)$ và I/J có thể lấy bằng 1.0.

Đối với các dầm bê tông, trừ dầm hộp được sử dụng trong các hệ mặt cầu nhiều dầm có khoá chống cắt:

- Phải dùng các vách ngăn cứng đầu dầm và dây để đảm bảo phân bố tải trọng hợp lý.
- Nếu cự ly các sườn của dầm có sườn nhỏ hơn 1200 hoặc lớn hơn 3000mm phải sử dụng phép phân tích chính xác tuân theo Điều 4.6.3.

Đối với dầm thép nhiều hộp có mặt cầu bê tông, mô men uốn do hoạt tải có thể được xác định bằng cách sử dụng hệ số phân bố nêu trong Bảng 1.

Khi cự ly của các dầm hộp biến đổi theo chiều dài của cầu, phải xác định giá trị của N_L theo Điều 3.6.1.1.1, bằng cách sử dụng bề rộng, W , lấy tại giữa nhịp.

Bảng 4.6.2.2.a-1- Phân bố hoạt tải theo làn đối với mô men trong các dầm giữa

Loại dầm	Mặt cắt thích hợp lấy từ bảng 4.6.2.2.1-1	Các hệ số phân số	Phạm vi áp dụng
Mặt bê tông mặt cầu kiểu mạng dầm lắp đầy hoặc mạng dầm lắp một phần trên dầm thép hoặc bê tông; dầm bê tông chữ T, mặt cắt T hoặc T kép	Cho a,e, k cũng cho i,j nếu được liên kết đủ để làm việc như một khối	Một làn thiết kế chịu tải: $0,06 + \left(\frac{S}{4300}\right)^{0,4} \left(\frac{S}{L}\right)^{0,3} \left(\frac{K_g}{L t_s^3}\right)^{0,1}$ Hai hoặc hơn hai làn thiết kế chịu tải: $0,075 + \left(\frac{S}{2900}\right)^{0,6} \left(\frac{S}{L}\right)^{0,2} \left(\frac{K_g}{L t_s^3}\right)^{0,1}$	$1100 \leq S \leq 4900$ $110 \leq t_s \leq 300$ $6000 \leq L \leq 73000$ $N_b \geq 4$
		Dùng giá trị nhỏ nhất trong hai giá trị hoặc tính từ phương trình trên với $N_b = 3$ hoặc theo nguyên tắc tròn bẩy.	$N_b = 3$
Dầm hộp bê tông nhiều ngăn	d	Một làn thiết kế chịu tải: $\left(1,75 + \frac{S}{1100}\right) \left(\frac{300}{L}\right)^{0,35} \left(\frac{1}{N_c}\right)^{0,45}$ Hai hoặc hơn hai làn thiết kế chịu tải: $\left(\frac{13}{N_c}\right)^{0,3} \left(\frac{S}{430}\right) \left(\frac{1}{L}\right)^{0,25}$	$2100 \leq S \leq 4000$ $18000 \leq L \leq 73000$ $N_0 \geq 3$ Nếu u $N_0 > 8$, dùng $N_0 = 8$
Mặt bê tông trên các dầm hộp bê tông mở rộng	b,c	Một làn thiết kế chịu tải $\left(\frac{S}{910}\right)^{0,35} \left(\frac{Sd}{L^2}\right)^{0,25}$ Hai hoặc hơn hai làn thiết kế chịu tải $\left(\frac{S}{1900}\right)^{0,6} \left(\frac{Sd}{L^2}\right)^{0,125}$	$1800 \leq S \leq 3500$ $6000 \leq L \leq 43000$ $450 \leq d \leq 1700$ $N_b \geq 3$
		Dùng nguyên tắc tròn bẩy	$S \geq 3500$

Loại dầm	Mặt cắt thích hợp lấy từ bảng 4.6.2.2.1-1	Các hệ số phân số	Phạm vi áp dụng													
Dầm bê tông được dùng trong mặt cầu nhiều dầm	f	Một làn thiết kế chịu tải $k \left(\frac{b}{2.8L} \right)^{0.5} \left(\frac{I}{J} \right)^{0.25}$ trong đó: $K = 2,5 (N_b)^{-0.2} \geq 1,5$ Hai hoặc hơn hai làn chịu tải: $k \left(\frac{b}{7600} \right)^{0.6} \left(\frac{b}{L} \right)^{0.2} \left(\frac{I}{J} \right)^{0.06}$	$900 \leq b \leq 1500$ $6000 \leq L \leq 37000$ $5 \leq N_b \leq 20$													
	g nếu được liên kết đủ để làm việc như một khối															
	h g; i, j Nếu chỉ được liên kết đủ để ngăn chặn sự chuyển dịch thẳng đứng tương đối tại mặt tiếp xúc	Số làn chịu tải bất kỳ: S/D trong đó: $C = K(W/L)$ $D = 300 [11.5 - N_c + 1.4 N_L (1 - 0.2C)^2 \dots \dots \dots]$ $D = 300(11.5 - N_L)$ $K = \sqrt{\frac{(1 + \mu)I}{J}}$ để thiết kế sơ bộ, có thể sử dụng các giá trị sau đây của K: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Loại dầm</td> <td style="text-align: right;">K</td> </tr> <tr> <td>Dầm chữ nhật không khoét lỗ</td> <td style="text-align: right;">0,7</td> </tr> <tr> <td>Dầm chữ nhật có lỗ tròn</td> <td style="text-align: right;">0,8</td> </tr> <tr> <td>Dầm mặt cắt hộp</td> <td style="text-align: right;">1,0</td> </tr> <tr> <td>Dầm hình máng</td> <td style="text-align: right;">2,2</td> </tr> <tr> <td>Dầm T</td> <td style="text-align: right;">2,0</td> </tr> <tr> <td>Dầm T kép</td> <td style="text-align: right;">2,0</td> </tr> </table>	Loại dầm	K	Dầm chữ nhật không khoét lỗ	0,7	Dầm chữ nhật có lỗ tròn	0,8	Dầm mặt cắt hộp	1,0	Dầm hình máng	2,2	Dầm T	2,0	Dầm T kép	2,0
Loại dầm	K															
Dầm chữ nhật không khoét lỗ	0,7															
Dầm chữ nhật có lỗ tròn	0,8															
Dầm mặt cắt hộp	1,0															
Dầm hình máng	2,2															
Dầm T	2,0															
Dầm T kép	2,0															
Mặt cầu dạng lưới thép đặt trên dầm thép	a	1 làn thiết kế chịu tải: S/2300 nếu $t_g < 100\text{mm}$ S/3050 nếu $t_g \geq 100\text{mm}$ Hai hoặc hơn hai làn thiết kế chịu tải: S/2400 nếu $t_g < 100\text{mm}$ S/3050 nếu $t_g \geq 100\text{mm}$	$S \leq 1800 \text{ mm}$ $S \leq 3200 \text{ mm}$													
	b, c	Số làn chịu tải bất kỳ: $0,05 + 0,85 \frac{N_L}{N_b} + \frac{0,425}{N_L}$	$0,5 \leq \frac{N_L}{N_b} \leq 1,5$													

4.6.2.2.2b. Các dầm giữa với mặt cầu thép lượn sóng

Có thể xác định mô men uốn do do hoạt tải đối với dầm giữa có mặt cầu là tấm thép lượn sóng bằng cách áp dụng phân số làn, g, nêu trong Bảng 1.

Bảng 4.6.2.2b-1- Phân bố hoạt tải trên làn đối với mô men trên các dầm giữa với mặt cầu là tấm thép lượn sóng

1 làn thiết kế chịu tải	2 hoặc hơn 2 làn thiết kế chịu tải	Phạm vi áp dụng
S/2800	S/2700	$S \leq 1700$ $t_g \geq 50$

4.6.2.2.c. Các dầm biên

Có thể xác định mô men uốn do hoạt tải đối với các dầm biên bằng cách áp dụng phân số làn, g, nêu trong Bảng C- 1.

Khoảng cách, d_c , phải được lấy giá trị dương nếu bản bụng dầm biên ở vào phía trong của mặt trong của tay vịn lan can và âm nếu ở về phía ngoài của bó vỉa hoặc lan can.

Trong các mặt cắt cầu loại dầm bản có vách ngăn hoặc khung ngang, hệ số phân bố đối với dầm biên không được lấy giá trị bé hơn giá trị tính theo giả thiết mặt cắt ngang võng xuống và quay như một mặt cắt cứng tuyệt đối. Phải áp dụng các quy định của Điều 3.6.1.1.2.

Bảng 4.6.2.2c-1- Phân bố hoạt tải theo làn đối với mô men trong dầm dọc biên

Loại kết cấu nhịp	Mặt cắt thích hợp lấy từ bảng 4.6.2.2.1-1	1 làn thiết kế chịu tải	2 hoặc hơn 2 làn thiết kế chịu tải	Phạm vi áp dụng
Mặt cầu bê tông, mặt cầu dạng lưới lắp đầy hoặc lắp một phần trên dầm bê tông hoặc thép; dầm bê tông chữ T, mặt cắt T hoặc T kép	Cho a, e, k và cũng có thể cho i, j nếu được liên kết chặt chẽ để làm việc như một khối	Quy tắc đòn bẩy	$G = e g_{\text{bên trong}}$ $e = 0,77 + \frac{d_e}{2800}$	$-300 \leq d_e \leq 1700$
			Dùng giá trị nhỏ nhất trong hai giá trị hoặc tính theo phương trình trên với $N_b = 3$ hoặc theo nguyên tắc đòn bẩy	$N_b = 3$
Dầm hộp bê tông nhiều ngăn, dầm hộp	d	$g = \frac{W_e}{4300}$	$g = \frac{W_e}{4300}$	$W \leq S$
Mặt cầu bê tông trên dầm hộp bê tông mở rộng	b, c	Quy tắc đòn bẩy	$g = e g_{\text{bên trong}}$ $c = 0,97 + \frac{d_c}{8700}$	$0 \leq d_e \leq 1400$ $1800 < S \leq 3500$
			Dùng quy tắc đòn bẩy	$S > 3500$
Dầm hộp bê tông sử dụng trong kết cấu nhịp nhiều dầm	f, g	Quy tắc đòn bẩy	$g = e g_{\text{bên trong}}$ $c = 1,04 + \frac{d_c}{7600}$	$-300 \leq d_e \leq 600$
Dầm bê tông, trừ dầm hộp, được sử dụng trong mặt cầu nhiều dầm	h	Quy tắc đòn bẩy	Quy tắc đòn bẩy	Không áp dụng
	i, j nếu chỉ liên kết đủ để ngăn chặn sự chuyển vị thẳng đứng tương đối tại mặt tiếp xúc			
Mặt cầu dạng lưới thép trên các dầm thép	a	Quy tắc đòn bẩy	Quy tắc đòn bẩy	Không áp dụng
Mặt cầu bê tông trên dầm thép nhiều hộp	b, c	Như trong Bảng b-1		

4.6.2.2d. Cầu chéo

Khi đường tim của các gối tựa là chéo và độ sai khác giữa các góc chéo của hai đường kẻ nhau của các gối tựa không vượt quá 10^0 thì có thể giảm mô men uốn trong dầm theo Bảng d-1.

Bảng 4.6.2.2d-1- Độ giảm của các hệ số phân bố tải trọng đối với mômen của các dầm dọc trên các gối tựa chéo

Dạng kết cấu nhịp	Mặt cắt thích hợp lấy từ Bảng 4.6.2.2.1-1	Số làn chịu tải bất kỳ	Phạm vi áp dụng
Mặt cầu bê tông, mặt cầu dạng lưới lắp đầy hoặc lắp một phần trên dầm bê tông hoặc thép; dầm bê tông chữ T, mặt cắt T hoặc T kép	Cho a, e, k và cũng dùng cho i, j nếu được liên kết đủ chặt chẽ để làm việc như một khối	$1 - c_1 (\tan \theta)^{1,5}$ $c_1 = 0,25 \left(\frac{K_g}{L t_g^3} \right)^{0,25} \left(\frac{S}{L} \right)^{0,5}$ Nếu $\theta < 30^\circ$ thì $c_1 = 0,0$ Nếu $\theta > 60^\circ$ sử dụng $\theta = 60^\circ$	$30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ $1100 \leq S \leq 4900$ $6000 \leq L \leq 73000$ $N_b \geq 4$
Mặt cầu bê tông trên dầm hộp bê tông mở rộng. Dầm hộp bê tông và mặt cắt T kép sử dụng trong các kết cấu nhiều nhịp	b, c, f, g	$1,05 - 0,25 \tan \theta \leq 1,0$ Nếu $\theta > 60^\circ$ sử dụng $\theta = 60^\circ$	$0 \leq \theta \leq 60^\circ$

4.6.2.2.e. Mô men uốn và lực cắt trong dầm ngang hệ mặt cầu

Nếu mặt cầu được tựa trực tiếp lên dầm ngang hệ mặt cầu thì hệ mặt cầu có thể được thiết kế cho các tải trọng được xác định theo Bảng e-1.

Các phân số cho trong Bảng 1 phải được sử dụng cùng với một tải trọng trục thiết kế 145kN. Đối với các cự ly của các dầm của hệ mặt cầu nằm ngoài phạm vi áp dụng đã cho, thì tất cả các hoạt tải thiết kế phải được xét và có thể sử dụng quy tắc đòn bẩy.

Bảng 4.6.2.2e-1 - Phân bố hoạt tải theo làn đối với mô men và lực cắt cho dầm ngang

Loại mặt cầu	Phân số của tải trọng bánh xe cho mỗi dầm sàn	Phạm vi áp dụng
Bê tông	$\frac{S}{1800}$	$S \leq 1800$
Lưới thép	$\frac{S}{1400}$	$t_g \leq 100$ $S \leq 1500$
Lưới thép	$\frac{S}{1800}$	$t_g \geq 100$ $S \geq 1800$
Tấm mặt cầu thép lượn sóng	$\frac{S}{1700}$	$t_g \geq 50$

4.6.2.2.3. Phương pháp hệ số phân bố cho lực cắt

4.6.2.2.3a. Các dầm giữa

Có thể xác định lực cắt do hoạt tải đối với các dầm giữa bằng cách áp dụng các phân số lần như chỉ ra trong Bảng a-1. Đối với các loại dầm giữa không được liệt kê trong Bảng 1, sự phân bố của bánh xe hoặc trục nằm kề giáp đầu nhịp dầm phải tính theo quy tắc tròn bầy.

Để thiết kế sơ bộ, số hạng I/J có thể lấy bằng 1,0.

Đối với các dầm hộp bê tông sử dụng trong các mặt cầu có nhiều dầm, nếu giá trị của I hoặc J không tuân theo các giới hạn trong Bảng 1, thì hệ số phân bố cho lực cắt có thể được lấy bằng giá trị dùng cho mô men.

Bảng 4.6.2.3a-1- Phân bố hoạt tải theo làn đối với lực cắt trong dầm giữa

Loại kết cấu nhịp	Mặt cắt thích hợp lấy từ bảng 4.6.2.2.1-1	1 làn thiết kế chịu tải	2 hoặc hơn 2 làn thiết kế chịu tải	Phạm vi áp dụng
Mặt cầu bê tông, đan lưới, lấp đầy hoặc lấp 1 phần trên dầm thép hoặc bê tông, dầm bê tông chữ T, mặt cắt T hoặc T kép	Cho a, e, k và cũng cho j nếu được liên kết chặt thì làm việc như một khối	$0,36 + \frac{S}{7600}$	$0,2 + \frac{S}{7600} \left(\frac{S}{10700} \right)^{2,0}$	$1100 \leq S \leq 4900$ $6000 \leq L \leq 73000$ $110 \leq t_s \leq 300$ $4 \times 10^9 \leq K_g \leq 3 \times 10^{12}$ $N_b \geq 4$
		Quy tắc tròn bầy	Quy tắc tròn bầy	$N_b = 3$
Phần hộp bê tông nhiều ngàm, dầm hộp	d	$\left(\frac{S}{2900} \right)^{0,6} \left(\frac{d}{L} \right)^{0,1}$	$\left(\frac{S}{2200} \right)^{0,9} \left(\frac{d}{L} \right)^{0,1}$	$1800 \leq S \leq 4000$ $6000 \leq L \leq 73000$ $890 \leq d \leq 2800$ $N_c \geq 3$
Mặt cầu bê tông trên dầm hộp bê tông mở rộng	b, c	$\left(\frac{S}{3050} \right)^{0,6} \left(\frac{d}{L} \right)^{0,1}$	$\left(\frac{S}{2250} \right)^{0,8} \left(\frac{d}{L} \right)^{0,1}$	$1800 \leq S \leq 3500$ $6000 \leq L \leq 43000$ $450 \leq d \leq 1700$ $N_b \geq 3$
		Quy tắc tròn bầy	Quy tắc tròn bầy	$S > 3500$
Dầm hộp bê tông trong kết cấu nhịp nhiều dầm	f, g	$0,70 \left(\frac{b}{L} \right)^{0,15} \left(\frac{I}{J} \right)^{0,05}$	$\left(\frac{b}{4000} \right)^{0,4} \left(\frac{b}{L} \right)^{0,1} \left(\frac{I}{J} \right)^{0,05}$	$900 \leq b \leq 1500$ $6000 \leq L \leq 37000$ $5 \leq N_b \leq 20$ $1,0 \times 10^{10} \leq J \leq 2,5 \times 10^{11}$ $1,7 \times 10^{10} \leq I \leq 2,5 \times 10^{11}$
Dầm bê tông, trừ dầm hộp được sử dụng trong mặt cầu nhiều dầm	h	Quy tắc tròn bầy	Quy tắc tròn bầy	Không áp dụng
	i, j nếu chỉ liên kết đủ để ngăn chặn chuyển vị thẳng đứng tương đối tại mặt tiếp xúc			
Mặt cầu dạng lưới thép trên các dầm thép	a	Quy tắc tròn bầy	Quy tắc tròn bầy	Không áp dụng
Mặt cầu bê tông trên dầm thép nhiều hộp	b, c	Như trong bảng 4.6.2.2a-1		

4.6.2.2.3b. Các dầm biên

Phải xác định lực cắt do hoạt tải đối với các dầm biên bằng cách áp dụng các phân số làn nêu trong Bảng b-1. Đối với các trường hợp không nêu ở bảng 4.6.2.2.3a-1 và Bảng b-1, sự phân bố hoạt tải trên các dầm biên sẽ được xác định bằng cách sử dụng quy tắc tròn bầy.

Tham số d_e phải được lấy giá trị dương nếu bản bụng dầm biên nằm vào phía trong của nó bó vỉa hoặc của lan can chắn xe và âm nếu nó nằm ra phía ngoài.

Phải áp dụng các quy định phụ cho các dầm biên của các loại cầu dầm bản có các khung ngang hoặc vách ngăn, như nêu trong Điều 4.6.2.2.2c.

Bảng 4.6.2.2.3b-1 - Sự phân bố hoạt tải theo làn đối với lực cắt trong dầm biên

Dạng kết cấu nhịp	Mặt cắt thích hợp lấy từ Bảng 4.6.2.2.1-1	1 làn thiết kế chịu tải	2 hoặc hơn 2 làn thiết kế chịu tải	Phạm vi áp dụng
Mặt cầu bê tông, mặt cầu dạng lưới lắp đầy hoặc lắp một phần trên dầm bê tông hoặc thép; dầm T bê tông, mặt cắt T hoặc T kép	Cho a, e, k và cũng cho i, j nếu được liên kết chắc chắn để làm việc như một khối	Quy tắc tròn bầy	$g = e g_{\text{bên trong}}$ $e = 0,6 + \frac{d_e}{3000}$	$-300 \leq d_e \leq 1700$
			Quy tắc tròn bầy	$N_b = 3$
Dầm hộp bê tông nhiều ngăn, Dầm hộp	d	Quy tắc tròn bầy	$g = e g_{\text{bên trong}}$ $e = 0,64 + \frac{d_e}{3800}$	$-600 \leq d_e \leq 1500$
Mặt cầu bê tông trên dầm hộp bê tông mở rộng	b, c	Quy tắc tròn bầy	$g = e g_{\text{bên trong}}$ $e = 0,8 + \frac{d_e}{3050}$	$0 \leq d_e \leq 1400$
			Quy tắc tròn bầy	$S > 3500$
Dầm hộp bê tông được sử dụng trong kết cấu nhịp nhiều dầm	f, g	Quy tắc tròn bầy	$g = e g_{\text{bên trong}}$ $e = 1,02 + \frac{d_e}{15000}$	$300 \leq d_e \leq 600$
Dầm bê tông trừ dầm hộp được sử dụng trong các kết cấu nhịp nhiều dầm	h	Quy tắc tròn bầy	Quy tắc tròn bầy	Không áp dụng
	i, j nếu chỉ liên kết đủ để ngăn chặn chuyển vị tương đối thẳng đứng tại mặt tiếp xúc			
Mặt cầu lưới thép trên dầm thép	a	Quy tắc tròn bầy	Quy tắc tròn bầy	Không áp dụng
Mặt cầu bê tông trên dầm thép nhiều hộp	b, c	Như chỉ ra trong bảng 4.6.2.2.2a-1		

4.6.2.2.3c. Các cầu chéo

Phải điều chỉnh lực cắt trong dầm biên tại góc tù của cầu khi đường tìm của gối tựa bị chéo, phải lấy giá trị của hệ số điều chỉnh từ bảng c-1 và áp dụng theo cách phân làn đã nêu trong bảng 4.6.2.2.3a-1 đối với dầm bên trong và trong bảng 4.6.2.2.3b-1 đối với dầm biên.

Khi xác định lực cắt đầu dầm trong các cầu nhiều dầm phải áp dụng sự điều chỉnh cho tất cả các dầm tại góc tù.

Bảng 4.6.2.2.3c-1 - Hệ số điều chỉnh cho các hệ số phân bố tải trọng đối với lực cắt tại góc tù

Dạng kết cấu nhịp	Mặt cắt thích hợp lấy từ Bảng 4.6.2.2.1-1	Hệ số điều chỉnh	Phạm vi áp dụng
Mặt cầu bê tông, mặt cầu dạng lưới lắp đầy hoặc lắp một phần trên dầm bê tông hoặc thép; dầm bê tông dạng chữ T, mặt cắt T hoặc T kép	Cho a, e, k hoặc dùng cho i, j nếu liên kết đủ chặt chẽ để làm việc như một khối	$1,0 + 0,20 \left(\frac{L t_s^3}{K_g} \right)^{0,3} \tan \theta$	$0^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ $1100 \leq S \leq 4900$ $6000 \leq L \leq 73000$ $N_b \geq 4$
Dầm hộp bê tông nhiều ngăn, các dầm hộp	d	$1,0 + \left(0,25 + \frac{L}{70d} \right) \tan \theta$	$0^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ $1800 \leq S \leq 4000$ $6000 \leq L \leq 73000$ $900 \leq d \leq 2700$ $N_b \geq 3$
Mặt cầu bê tông trên dầm hộp bê tông mở rộng	b, c	$1,0 + \frac{\sqrt{Ld}}{6S} \tan \theta$	$0^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ $1800 \leq S \leq 3500$ $6000 \leq L \leq 43000$ $450 \leq d \leq 1700$ $N_b \geq 3$
Dầm hộp bê tông sử dụng trong kết cấu nhịp nhiều dầm	f, g	$1,0 + \frac{L\sqrt{\tan \theta}}{90d}$	$0^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ $6000 \leq L \leq 37000$ $430 \leq d \leq 1500$ $900 \leq b \leq 1500$ $5 \leq N_b \leq 20$

4.6.2.3. Bề rộng dải tương đương đối với các loại cầu bản

Điều này phải được áp dụng cho các loại cầu bản bê tông đúc tại chỗ và cống đúc tại chỗ có bề dày lớp đất đắp trên cống không quá 600mm, các loại cầu bản có lỗ rỗng đúc tại chỗ có thể được coi là cầu bản.

Bề rộng tương đương theo làn của các dải dọc cho cả lực cắt và mô men cho một làn, tức là hai đường của bánh xe đặt tải có thể được xác định như sau:

$$E = 250 + 0,42 \sqrt{L_1 W_1} \quad (4.6.2.3-1)$$

Bề rộng tương đương theo làn của các dải dọc cho cả lực cắt lẫn mô men với số làn chịu tải lớn hơn một có thể được xác định như sau:

$$E = 2100 + 0,12\sqrt{L_1 W_1} \leq \frac{W}{N_L} \quad (4.6.2.3-2)$$

trong đó:

E = bề rộng tương đương (mm)

L_1 = chiều dài nhịp đã được điều chỉnh, lấy bằng giá trị nhỏ hơn của nhịp thực tế hoặc 18000 (mm)

W_1 = bề rộng mép-tới-mép đã được điều chỉnh của cầu, được lấy bằng giá trị nhỏ hơn của bề rộng thực tế hoặc 18000 mm nếu chịu tải trọng trên nhiều làn, hoặc 9000 mm nếu chịu tải trên một làn (mm)

W = bề rộng vật lý mép-tới-mép của cầu (mm)

N_L = số làn thiết kế, lấy theo Điều 3.6.1.1.1

Đối với cầu chéo, các hiệu ứng lực dọc có thể được giảm đi bằng hệ số r :

$$r = 1,05 - 0,25\text{tg } \theta \leq 1,00 \quad (4.6.2.3-3)$$

trong đó:

θ = góc chéo (độ)

4.6.2.4. Cầu giàn và vòm

Quy tắc đòn bẩy có thể được sử dụng để phân bố trọng tải trong giàn và vòm khi chúng được phân tích như các kết cấu phẳng. Nếu áp dụng kiểu phân tích không gian, thì hoặc quy tắc đòn bẩy hoặc cách chất tải trực tiếp lên mặt cầu hoặc hệ mặt cầu có thể được sử dụng.

Khi các tải trọng, không phải là trọng lượng bản thân của các cấu kiện và tải trọng gió trên đó, được truyền lên giàn tại các điểm nút, thì giàn có thể được phân tích như một tổ hợp kết cấu được liên kết chốt.

4.6.2.5. Hệ số chiều dài hữu hiệu, K

Chiều dài thực tế của cột phải được nhân với hệ số chiều dài hữu hiệu, K , để bù vào các điều kiện biên về chuyển động quay và tịnh tiến khác với các đầu cột liên kết chốt.

Nếu không có phân tích chính xác hơn, khi độ ổn định bên được gia cố bởi hệ giằng chéo hoặc các phương tiện chắc chắn khác, thì hệ số chiều dài hữu hiệu trong mặt phẳng giằng, K , đối với các thanh chịu nén trong giàn tam giác, giàn thường và khung có thể được tính như sau:

- với liên kết bu-lông hoặc hàn ở cả hai đầu: $K = 0,750$
- với liên kết chốt ở cả hai đầu: $K = 0,875$

Các loại giàn kiểu Vierendeel phải được coi như các khung không được giằng

4.6.2.6. Bề rộng bản cánh dầm hữu hiệu

4.6.2.6.1. Tổng quát

Khi không đủ điều kiện phân tích chính xác hơn và hoặc trừ phi được quy định khác thì phải tính như dưới đây đối với trị số giới hạn của bề rộng bản bê tông, xem như bề rộng hữu hiệu trong tác dụng liên hợp để xác định sức kháng của trạng thái giới hạn. Khi tính độ võng cần xét trên cơ sở toàn bộ chiều rộng bản cánh dầm khi tính độ võng do hoạt tải cần phải áp dụng Điều 2.5.2.6.2.

Khi tính bề rộng bản cánh dầm hữu hiệu, chiều dài nhịp hữu hiệu có thể lấy bằng nhịp thực tế đối với các nhịp giản đơn và bằng khoảng cách giữa các điểm thay đổi mômen uốn (điểm uốn của biểu đồ mômen) của tải trọng thường xuyên đối với các nhịp liên tục, thích hợp cả mômen âm và dương.

Đối với bề rộng bản cánh dầm hữu hiệu của các dầm giữa có thể lấy trị số nhỏ nhất của:

- 1/4 chiều dài nhịp hữu hiệu
- 12 lần độ dày trung bình của bản cộng với số lớn nhất của bề dày bản bụng dầm hoặc lấy 1/2 bề rộng của bản cánh trên của dầm hoặc.
- Khoảng cách trung bình của các dầm liên kề nhau.

Đối với các dầm biên, bề rộng bản cánh dầm hữu hiệu có thể được lấy bằng 1/2 bề rộng hữu hiệu của dầm trong kê bên, cộng thêm trị số nhỏ nhất của:

- 1/8 lần chiều dài nhịp hữu hiệu
- 6,0 lần độ dày trung bình của bản, cộng với số lớn hơn giữa 1/2 độ dày bản bụng dầm hoặc 1/4 bề rộng của bản cánh trên của dầm chính, hoặc.
- Bề rộng của phân hăng

4.6.2.6.2. Các dầm hộp và dầm bê tông phân đoạn và các dầm 1 hộp đúc tại chỗ.

Có thể giả thiết các bề rộng bản cánh dầm hữu hiệu bằng bề rộng bản cánh thực nếu như:

- $b \leq l_i$
- $b \leq 3 d_o$

Ngược lại, có thể lấy bề rộng hữu hiệu của các bản cánh còn lại như quy định trong Hình 1 đến 4

trong đó:

- d_o = chiều cao của kết cấu nhịp (mm)
- b = bề rộng thực của bản cánh tính từ bản bụng dầm ra mỗi phía nghĩa là b_1, b_2, b_3 trong Hình 3 (mm)
- b_c = bề rộng bản cánh dầm hữu hiệu tương ứng với vị trí cụ thể của đoạn nhịp khảo sát như quy định trong Hình 1 (mm)
- b_m = bề rộng bản cánh hữu hiệu của các phân nhịp bên trong như quy định ở Hình 2: là trường hợp đặc biệt của b_c (mm)
- b_s = bề rộng bản cánh hữu hiệu ở trụ phía trong hoặc bản cánh hăng được xác định theo Hình 2 trường hợp đặc biệt của b_c (mm)
- a = phân đoạn nhịp chịu một đường truyền theo bề rộng bản cánh hữu hiệu được tính bằng giá trị nhỏ nhất trong 2 giá trị hoặc là bề rộng bản cánh thực tính từ bản bụng dầm ra mỗi phía như trong hình 3 hoặc 1/4 chiều dài nhịp.
- l_i = chiều dài nhịp quy ước cho trong Hình 1 với mục đích xác định chiều rộng bản cánh hữu hiệu lấy theo Hình 2

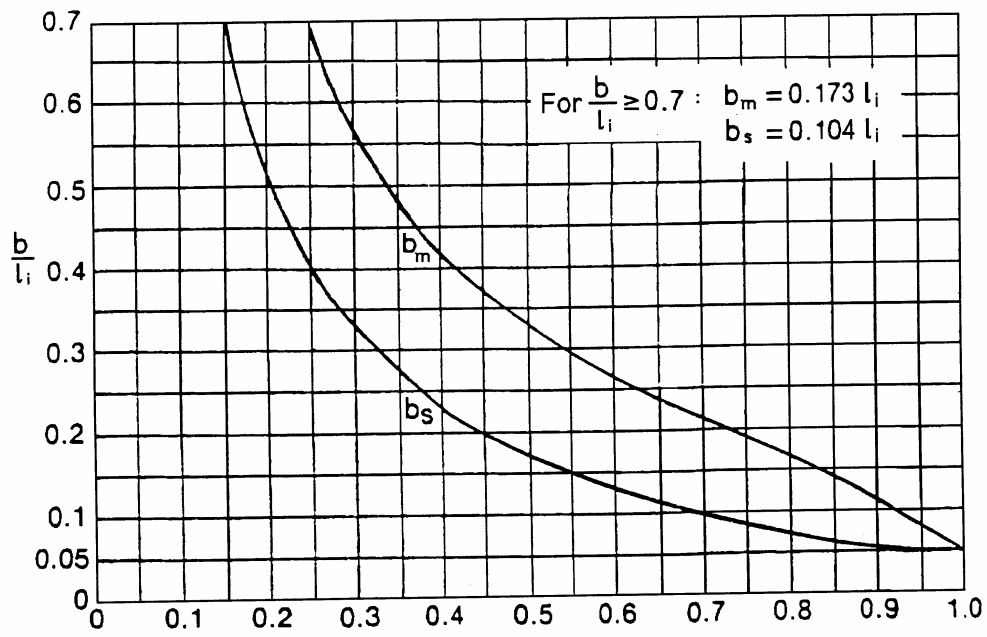
Chú ý các giải thích sau:

- Trong mọi trường hợp, bề rộng bản cánh hữu hiệu không được lấy lớn hơn bề rộng bản cánh thực.
- Có thể bỏ qua ảnh hưởng của việc chất tải không đối xứng đến bề rộng bản cánh hữu hiệu
- Phải tính giá trị của b_s bằng trị số lớn nhất trong 2 chiều dài nhịp liên kề với trụ
- Nếu b_m nhỏ hơn b_s trong 1 nhịp, có thể xác định sơ đồ bề rộng hữu hiệu bên trong nhịp bằng cách nối đường có bề rộng hữu hiệu b_s vào các điểm gối kê nhau để cộng tác dụng các nội lực cục bộ và nội lực tổng thể, có thể giả thiết sự phân bố ứng suất do nội lực tổng thể gây ra có 1 sơ đồ đường thẳng phù hợp với hình 3C. Cần xác định sự phân bố ứng suất tuyến tính là phân bố ứng suất không đổi với các điều kiện là lực trong bản cánh dầm không thay đổi và bề rộng cực đại của phân bố ứng suất tuyến tính trên mỗi bên của bản bụng bằng hai lần bề rộng của dầm hữu hiệu.

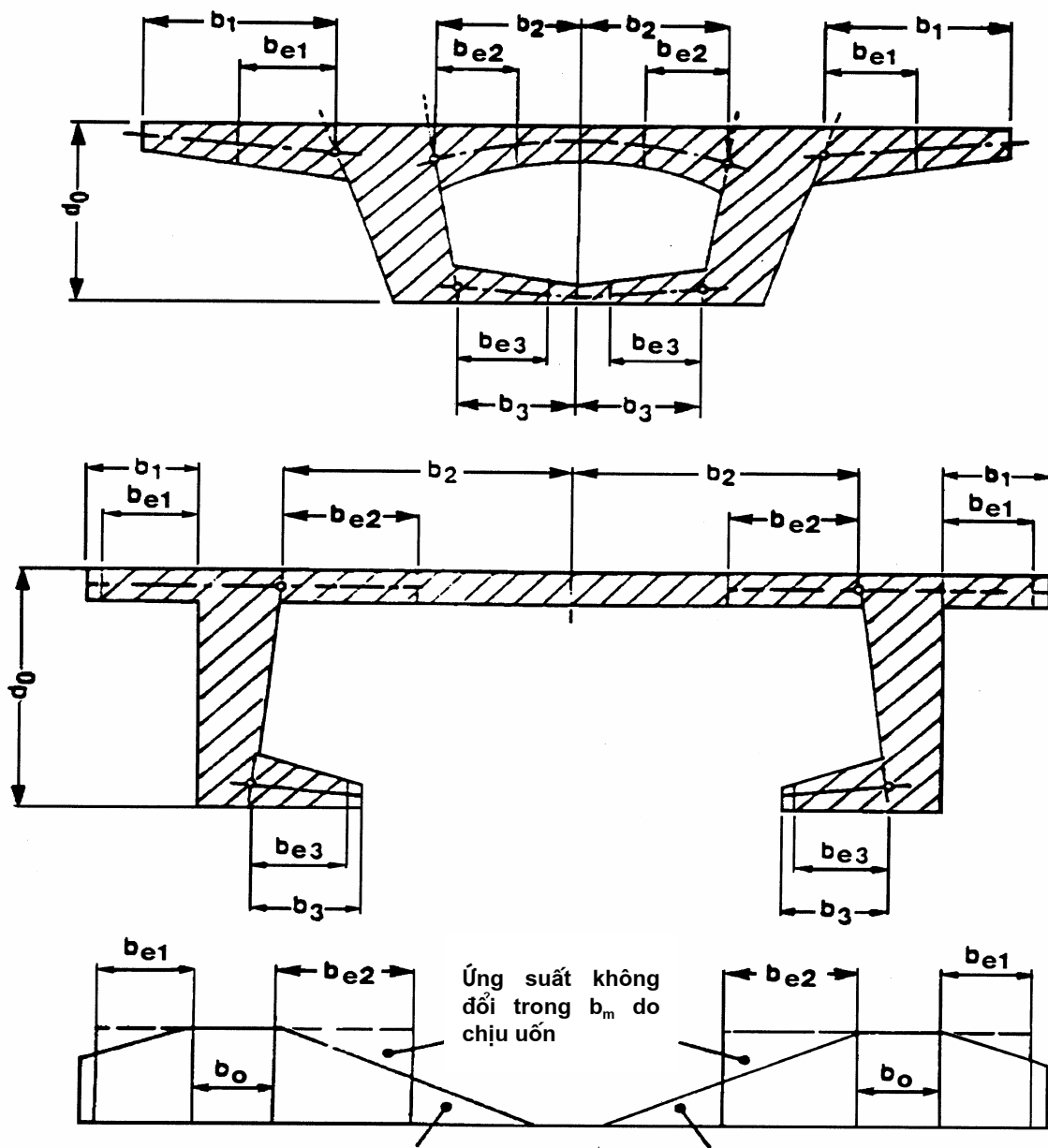
Các tính chất của mặt cắt đối với các lực pháp tuyến có thể dựa trên sơ đồ như hình 4 hoặc được xác định bằng phép phân tích chính xác hơn

Hệ		Sơ đồ b_m/b
Dầm giảm đơn $l_1 = 1.01l$		
Dầm liên tục	Nhịp cuối $L_1 = 0,8l$	
	Nhịp giữa $L_1 = 0,6l$	
Cánh hẫng $l_1 = 1,5 l$		

Hình 4.6.2.6.2-1- Sơ đồ của các bề rộng bản cánh dầm hữu hiệu b_e , b_m và b_s

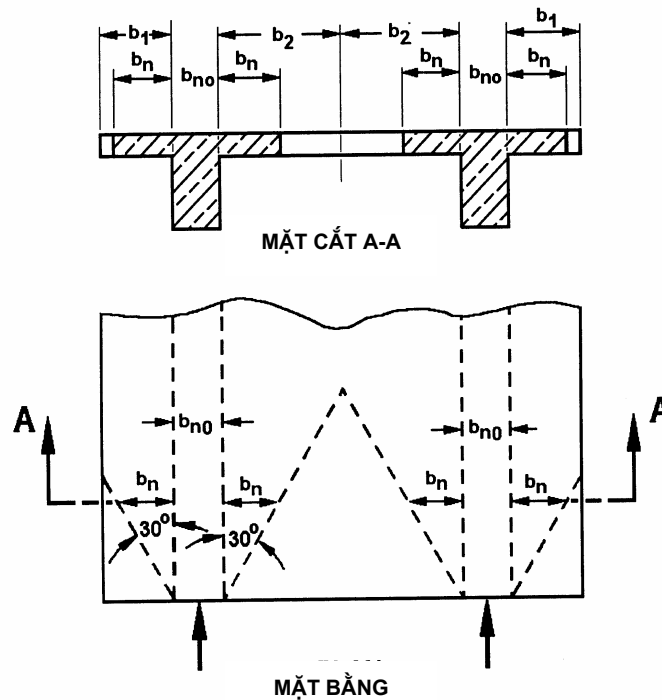


Hình 4.6.2.6.2-2 - Giá trị của hệ số bề rộng bản cánh dầm hữu hiệu b_m và b_s tính theo giá trị b/l_i cho trước



Phân bố tuyến tính của ứng suất trong bản cánh trên

Hình 4.6.2.6.2-3 - Các mặt cắt ngang và bề rộng bản cánh dầm hữu hiệu tương ứng b_e theo uốn và cắt.



Hình 4.6.2.6.2-4 - Bề rộng bản cánh dầm hữu hiệu, b_n theo lực pháp tuyến

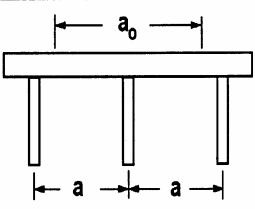
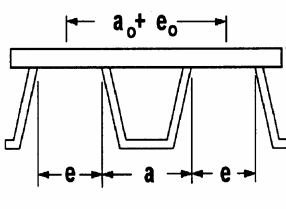
4.6.2.6.3. Kết cấu nhịp nhiều ngăn đúc tại chỗ

Bề rộng hữu hiệu của các kết cấu nhịp dạng nhiều ngăn đúc bê tông tại chỗ có thể lấy hoặc như trong Điều 4.6.2.6.1, với mỗi bản bụng coi như một dầm, hoặc bằng chiều rộng toàn phần của bản mặt cầu. Trong trường hợp sau, ảnh hưởng của lực cắt xuất hiện trong vùng biên phải được khảo sát lại.

4.6.2.6.4. Mặt cầu thép kiểu bản trực hướng

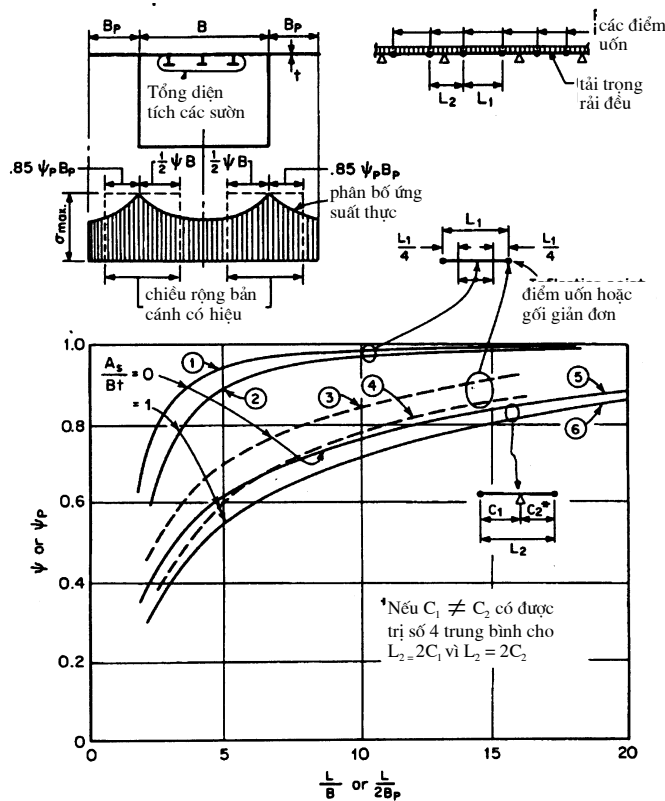
Bề rộng hữu hiệu của bản tác dụng như bản cánh trên của một sườn cứng dọc, hoặc của một sườn ngang, như chỉ ra trong Bảng 1

Bảng 4.6.2.6.4-1. Bề rộng hữu hiệu của bản mặt cầu cùng làm việc với sườn

Tính toán cho		
Các tính chất mặt cắt sườn để tính toán độ cứng của bản và hiệu ứng uốn do tĩnh tải	$a_0 = a$	$a_0 + e_0 = a + e$
Các tính chất mặt cắt sườn để tính toán hiệu ứng uốn do tải trọng bánh xe	$a_0 = 1.1a$	$a_0 + e_0 = 1.3(a + e)$

Bề rộng có hiệu của bản, bao gồm bản mặt cầu và các sườn, tác dụng như bản cánh trên của cấu kiện dọc hoặc dầm ngang của kết cấu phần trên có thể được xác định hoặc bằng phương pháp phân tích đã được chấp thuận, hoặc lấy theo Hình 1.

Nhịp hữu hiệu, như L_1 và L_2 trong Hình 1, phải được lấy bằng nhịp thực tế cho các nhịp đơn và khoảng cách giữa các điểm uốn của tĩnh tải cho các nhịp liên tục.



Hình 4.6.2.6.4-1 - Bề rộng hữu hiệu của bản mặt cầu

Ký hiệu sau đây áp dụng khi sử dụng Hình 1 để xác định bề rộng hữu hiệu của bản tác dụng cùng với dầm ngang:

B	=	khoảng cách như trong Hình 1 (mm)
L_1, L_2	=	khoảng cách giữa các điểm uốn như trong Hình 1 (mm)
A_s	=	tổng diện tích của sườn cứng tăng cường (mm^2)
t	=	độ dày của bản cánh (mm)

Đối với phân công xon của các dầm ngang, L phải được lấy bằng 2 lần chiều dài của công xon.

4.6.2.7. Phân bố tải trọng gió ngang trong cầu nhiều dầm

4.6.2.7.1. Mặt cắt chữ I

Trong các cầu có kết cấu nhịp liên hợp, kết cấu nhịp không liên hợp có vách bê tông và các loại kết cấu nhịp cầu khác có khả năng làm việc như một tấm cứng nằm ngang, phải giả thiết tải trọng gió lên nửa trên của dầm biên, lên mặt sàn, xe cộ, lan can, và các cấu kiện phụ trên cầu sẽ truyền lực trực tiếp lên kết cấu nhịp, đang làm việc như tấm cứng ngang, để rồi truyền tải trọng đến các gối tựa. Phải giả thiết tải trọng gió trên nửa dưới của dầm biên sẽ tác dụng hướng ngang vào bản cánh dưới của dầm.

Đối với các cầu có kết cấu nhịp không làm việc như một tấm cứng nằm ngang thì phải áp dụng quy tắc đòn bẩy cho việc phân bố tải trọng gió lên các bản cánh trên và dưới của dầm.

Phải giả thiết các bản cánh trên và dưới của dầm chịu tải trọng gió ngang truyền tải trọng đến các điểm giằng liên kê bằng tác động uốn. Những điểm giằng như vậy đặt tại các nút giằng gió hoặc tại các khung ngang và các vị trí vách ngăn.

Các lực ngang tác dụng lên các điểm giằng qua bản cánh dầm phải được truyền đến các gối tựa bằng một trong những đường truyền tải sau:

- Tác dụng giằng của giằng gió ngang trong mặt phẳng bản cánh dầm
- Tác dụng khung của các khung ngang hoặc các vách ngăn truyền lực lên mặt cầu hoặc giằng gió trong mặt phẳng của bản cánh dầm khác, và sau đó qua tác dụng vách ngăn của mặt cầu, hoặc tác dụng giằng của giằng gió lên các gối tựa.
- Sự uốn theo chiều ngang của bản cánh dầm do các lực ngang gây ra và tất cả các bản cánh dầm khác trong cùng một mặt phẳng sẽ truyền lực lên các đầu cuối của nhịp, ví dụ, khi mặt cầu không có tác dụng như một tấm cứng nằm ngang và không có giằng gió trong mặt phẳng của cả hai bản cánh dầm.

4.6.2.7.2. Các mặt cắt hình hộp

Một phần tư của lực gió tác dụng lên mặt cắt hình hộp sẽ tác dụng lên bản cánh dưới của dầm hộp bên ngoài. Mặt cắt được giả thiết để chống lại lực gió bao gồm bản cánh dưới và một phần của thân dầm như được xác định trong các phần 5 và 6, phải giả thiết ba phần tư còn lại của lực gió lên mặt cắt hình hộp, cộng với lực gió lên xe cộ, barie và các chi tiết phụ khác được truyền đến các gối tựa qua tác động vách ngăn của mặt cầu. Phải có các giằng ngang giữa các hộp nếu mặt cắt dự kiến để chống lại lực gió không thích hợp.

4.6.2.7.3. Thi công

Nhu cầu về giằng gió tạm trong quá trình xây dựng phải được khảo sát đối với các mặt cầu mặt cắt chữ I hoặc hộp.

4.6.2.8. Sự phân phối tải trọng ngang do động đất

4.6.2.8.1. Phạm vi áp dụng

Các điều khoản này được áp dụng cho các vách cứng, các khung giằng và các hệ giằng ngang tức là những bộ phận của hệ thống chịu lực ngang do động đất nói chung, đối với các dầm bản nằm trong các vùng động đất cấp 2 và 3. Các điều khoản trong Điều 3.10.9.2 được áp dụng đối với vùng động đất cấp 1.

4.6.2.8.2. Các Tiêu chí thiết kế

Người kỹ sư thiết kế phải chứng minh là đã có một đường truyền tải trọng rõ ràng và trực tiếp xuống kết cấu phần dưới của công trình và tất cả các thành phần kết cấu, các mối liên kết có đủ khả năng chịu tác dụng của tải trọng phù hợp với đường truyền tải trọng đã chọn.

Dòng truyền lực trên đường truyền tải trọng đã giả định phải phù hợp với tất cả các thành phần kết cấu và kể cả các chi tiết bị tác động, nhưng không phải chỉ giới hạn như thế, phải kể cả các bản cánh và vách đứng của các dầm hay giàn chủ, các khung giằng ngang, các liên kết, các mặt phân giới của các dầm - bản với tất cả các bộ phận của hệ thống gối cầu truyền từ mặt phân giới của bản cánh trên thông qua sự khống chế của các bu lông neo hoặc các bộ phận tương tự khác của kết cấu bên dưới.

Trong việc phân tích và thiết kế các vách ngăn ở đầu và các khung giằng, cần xét tới hệ gối đỡ theo phương nằm ngang với một số lượng gối đỡ thích hợp. Độ mảnh và các yêu cầu về liên kết của các cấu kiện giằng tham gia vào hệ thống chịu lực theo phương ngang phải phù hợp với các điều khoản được chỉ định cho việc thiết kế các cấu kiện chính.

Các bộ phận của các vách ngăn và khung giằng ngang do người thiết kế xác định và coi như là một phần của đường truyền tải trọng động đất từ kết cấu bên trên xuống, các gối đỡ phải được thiết kế và cấu tạo để vẫn giữ được tính đàn hồi (căn cứ vào các tiêu chuẩn áp dụng cho diện tích thô) khi chịu mọi trận động đất thiết kế bất kể là loại gối đỡ nào. Các điều khoản dùng thiết kế các cấu kiện chính sẽ được áp dụng cho các bộ phận trên.

4.6.2.8.3. Sự phân bố tải trọng

Cần phải thiết lập được một đường truyền tải trọng vững vàng để truyền các tải trọng theo phương ngang xuống tới móng, căn cứ vào các đặc điểm về độ cứng của mặt cầu, của các vách ngăn, các khung giằng ngang và hệ thống giằng ngang. Trừ trường hợp cần có sự phân tích nghiên cứu kỹ càng hơn thì cần phải giả định xấp xỉ một tuyến đường truyền tải trọng như dưới đây:

- Đối với những cầu có:

- + Mặt cầu bằng bê tông có khả năng tác dụng như một tấm cứng nằm ngang hoặc.
 - + Một hệ giằng nằm ngang trong mặt phẳng của bản cánh trên thì các tải trọng ngang tác dụng vào mặt cầu có thể coi như được truyền trực tiếp tới các gối đỡ thông qua các vách ở đầu hoặc khung giằng. Việc tính toán và phân tích đường truyền tải trọng thông qua mặt cầu hoặc thông qua hệ giằng ngang trên cùng nếu có, sẽ căn cứ vào các tác dụng về mặt kết cấu tương tự như khi phân tích đối với các tải trọng gió.
- Đối với những cầu mà:
 - + Các mặt cầu không đủ tác dụng như một tấm cứng nằm ngang và
 - + Không có hệ giằng ngang trong mặt phẳng của bản cánh trên thì các tải trọng ngang tác dụng lên mặt cầu phải được phân phối thông qua các vách ngăn và khung giằng trung gian tới hệ giằng ngang dưới và sau đó tới các gối đỡ thông qua các vách ngang đầu theo tỷ lệ với độ cứng tương đối của chúng và khối lượng tương ứng của mặt cầu.
 - Nếu không có hệ thống giằng ngang dưới và nếu bản bản cánh dưới không đủ chịu tác dụng của lực thì cần sử dụng giải pháp thứ nhất và mặt cầu cần được thiết kế và cấu tạo chi tiết sao cho có tác dụng như một tấm cứng nằm ngang cần thiết.

4.6.2.9. Phân tích các cầu bê tông phân đoạn

4.6.2.9.1. Tổng quát

Có thể áp dụng sự phân tích đàn hồi và lý thuyết dầm để xác định các mô men lực cắt và độ võng thiết kế. Phải xem xét các ảnh hưởng do co ngót và từ biến, thay đổi nhiệt độ cũng như những ảnh hưởng do biến dạng cất xuất hiện sau đó. Sự biến dạng do cất xuất hiện sau đó cần được nghiên cứu phù hợp với các điều khoản của Điều 4.6.2.9.3.

Đối với các nhịp lớn hơn 75000mm thì khi đánh giá các kết quả về phân tích đàn hồi cần đề cập tới các sự biến đổi có thể có về mô đun đàn hồi của bê tông, các sự biến đổi về tính chất co ngót, từ biến của bê tông và ảnh hưởng của những biến đổi trong tiến trình thi công tới các yếu tố này và các thông số thiết kế khác.

4.6.2.9.2. Các mô hình giàn ảo (mô hình chống và giằng)

Các "mô hình giàn ảo" có thể được áp dụng để phân tích trong các vùng tải trọng hoặc vùng có sự gián đoạn về hình học.

4.6.2.9.3. Chiều rộng hữu hiệu của bản cánh

Chiều rộng hữu hiệu của bản cánh dùng cho việc tính toán ứng suất khi chịu tải khai thác có thể được xác định theo các điều khoản của Điều 4.6.2.6.2.

Các đặc tính về mặt cắt đối với các lực pháp tuyến có thể được xác định theo hình 4.6.2.6.2-4 hoặc bằng cách phân tích chặt chẽ hơn.

Có thể tính toán lực uốn, lực cắt và lực pháp tuyến với các sức kháng có hệ số tương ứng.

Khả năng chịu tải của một mặt cắt ngang theo trạng thái giới hạn về cường độ có thể được xác định với giả thiết là toàn bộ bề rộng bản cánh chịu nén.

4.6.2.9.4. Phân tích theo phương ngang

Khi thiết kế theo phương ngang đối với các dốt dầm hộp, phải xem xét dốt đó như là một khung hộp cứng. Bản bản cánh hộp dầm sẽ được tính toán như là các mặt cắt có chiều dày thay đổi, có kể đến phần

tăng cường góc giữa bản cánh và sườn hộp. Các tải trọng do bánh xe tác dụng phải được đặt sao cho có mô men cực đại và phải dùng phương pháp phân tích đàn hồi để xác định sự phân bố thực tế theo chiều dọc của tải trọng bánh xe đối với mỗi vị trí đặt tải. Cần xem xét tới sự gia tăng của lực cắt ở vách và các ảnh hưởng khác đối với mặt cắt ngang do tải trọng lệch tâm hoặc do sự mất đối xứng hình học của kết cấu.

Có thể áp dụng theo các điều khoản của các Điều 4.6.2.1 và 4.6.3.2, khi thiết lập mặt ảnh hưởng, ví dụ như các mặt ảnh hưởng do Hemberg (1968) và Pucher (1964), hoặc các phương pháp phân tích đàn hồi khác, để tính hoạt tải cộng thêm với ảnh hưởng của mô men tác động vào bản cánh trên của mặt cắt hộp.

Khi phân tích theo phương ngang phải xem xét tới sự co rút đàn hồi và từ biến ngang do tác dụng của dự ứng lực gây ra cũng như xét đến co ngót.

Cần phải xét đến các mômen thứ cấp do dự ứng lực trong khi tính toán ứng suất theo trạng thái giới hạn khai thác và trong việc đánh giá lại kết cấu. Trong trạng thái giới hạn về cường độ, tác dụng của lực thứ cấp phát sinh do dự ứng lực, với hệ số vượt tải là 1,0, sẽ được cộng đại số thêm vào các tác dụng của lực gây ra do tĩnh tải và hoạt tải tính toán (có hệ số) và các tải trọng khác.

Khi tính toán theo phương ngang đối với kết cấu nhịp cầu dầm nhiều đốt thì có thể tiến hành phù hợp với các điều khoản của Điều 4.6.2.

4.6.2.9.5. Phân tích theo phương dọc

4.6.2.9.5.a. Tổng quát

Khi phân tích theo phương dọc các cầu bê tông có phân đoạn phải xem xét tới biện pháp thi công đặc biệt và tiến trình thi công cũng như ảnh hưởng theo thời gian, co ngót, từ biến bê tông và mất mát dự ứng lực.

Phải xét ảnh hưởng của các mômen thứ cấp phát sinh do dự ứng lực trong tính toán ứng suất ở trạng thái giới hạn về sử dụng. Trong trạng thái giới hạn về cường độ, tác dụng của lực thứ cấp gây ra do dự ứng lực với hệ số vượt tải 1.0 phải được cộng đại số thêm vào các tải trọng tính toán (có hệ số) khác cho thích hợp.

4.6.2.9.5..b. Phân tích kết cấu khi lắp dựng

Việc phân tích kết cấu trong bất kỳ giai đoạn thi công nào cũng phải xem xét tới các tổ hợp tải trọng, ứng suất và sự ổn định trong thi công như đã chỉ dẫn trong Điều 5.14.2.3.

4.6.2.9.5.c. Phân tích hệ thống kết cấu ở trạng thái đã hoàn thành

Áp dụng các điều khoản trong Điều 5.14.2.2.3

4.6.3. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH CHÍNH XÁC

4.6.3.1. Tổng quát

Có thể sử dụng các phương pháp chính xác liệt kê trong Điều 4.4 để phân tích các cầu. Trong phân tích như vậy, phải xem xét các tỷ lệ hình học của các cấu kiện, vị trí và số nút, và các đặc trưng khác về hình dáng có thể ảnh hưởng đến độ chính xác của lời giải thích .

Các lan can hoặc giải phân cách giữa có kết cấu liên tục làm việc liên hợp với các cấu kiện đỡ, có thể được coi có tác dụng về mặt kết cấu trong các trạng thái giới hạn sử dụng và trạng thái giới hạn mỏi.

Khi sử dụng phương pháp phân tích chính xác, bảng về các hệ số phân bố hoạt tải cho các nội lực cực trị trong mỗi nhịp phải được cung cấp trong các tài liệu báo cáo thiết kế để giúp cấp giấy phép và phân loại cầu.

4.6.3.2. Mặt cầu

4.6.3.2.1. Tổng quát

Trừ phi được quy định khác, phải xét đến biến dạng xoắn và uốn của mặt cầu, riêng biến dạng cắt thẳng đứng có thể bỏ qua trong tính toán.

Ở những vị trí gián đoạn uốn, tại đó lực cắt có thể truyền qua, phải mô hình hoá như các khớp.

Khi phân tích các loại mặt cầu có thể nứt và hoặc tách ra dọc theo các đường biên của cấu kiện khi chịu tải, hệ số Poisson có thể được bỏ qua. Tải trọng bánh xe sẽ được mô hình hoá như một vệt tải trọng phân bố trên diện tích theo quy định của Điều 3.6.1.2.5, và mở thêm một khoảng bằng nửa chiều dày của mặt sàn trên tất cả bốn phía.

4.6.3.2.2. Mô hình bản đẳng hướng

Trong mô hình bản đẳng hướng, kết cấu nhịp cầu đặc có chiều cao không đổi hoặc gần như không đổi, và độ cứng của chúng gần tương đương trong mỗi hướng trong mặt phẳng phải được coi là bản đẳng hướng.

4.6.3.2.3. Mô hình bản trục hướng

Trong mô hình bản trục hướng, độ cứng chống uốn của các phần tử có thể được phân bố đều dọc theo mặt cắt ngang của kết cấu nhịp cầu. Khi độ cứng chống xoắn của kết cấu nhịp cầu không chỉ được tạo ra bởi tấm bản đặc với độ dày không đổi, thì độ cứng chống xoắn phải được xác định bằng thí nghiệm vật lý hay bằng phép phân tích không gian hoặc các phương pháp gần đúng nói chung đã được xác minh và chấp nhận.

4.6.3.3. Cầu dầm bản

Tỉ lệ phương diện của các phần tử hữu hạn và pa-nen hệ mạng dầm không được vượt quá 5,0. Cần phải tránh sự thay đổi đột ngột về kích thước và/hoặc dạng của các phần tử hữu hạn.

Các tải trọng nút phải tương đương tĩnh học với tải trọng thực tế tác dụng.

4.6.3.4. Các cầu hình hộp và cầu nhiều ngăn

Phép phân tích chính xác về cầu nhiều ngăn có thể được thực hiện bằng bất cứ phương pháp phân tích nào như chỉ ra trong Điều 4.4, ngoại trừ phương pháp đường chảy dẻo, nó xét đến hai chiều trên mặt bằng và mô hình hoá các điều kiện biên. Các mô hình nhằm xác định độ vênh xoắn và tác động khung ngang phải là mô hình ba chiều.

Đối với các mặt cắt hộp đơn, kết cấu nhịp có thể được phân tích như dầm có sườn cho cả các hiệu ứng xoắn và uốn. Hộp thép không được coi là hộp cứng xoắn trừ phi có hệ giằng trong để duy trì mặt cắt hộp đủ cứng. Vị trí ngang của các gối tựa phải được mô hình hoá.

4.6.3.5. Cầu giàn

Phép phân tích khung không gian hoặc khung phẳng chính xác cần bao gồm việc xét đến các vấn đề sau:

- Tác động liên hợp với mặt cầu hoặc hệ mặt cầu;
- Tính liên tục giữa các cấu kiện;
- Các hiệu ứng lực do tải trọng bản thân của các cấu kiện, sự thay đổi hình học do biến dạng, và dịch chuyển dọc trục của các nút, và
- Sự oằn trong và ngoài mặt phẳng của các cấu kiện bao gồm cả độ vênh ban đầu, tính liên tục giữa các cấu kiện và ảnh hưởng của lực dọc trục có mặt trong các cấu kiện này.

Sự oằn ngoài mặt phẳng của mạ thượng của các cầu giàn thấp không có hệ giằng gió trên phải được khảo sát. Nếu giàn được ổn định bên nhờ các khung ngang mà các dầm ngang là một phần của chúng, thì biến dạng của các dầm ngang do tải trọng xe phải được xét đến.

4.6.3.6. Cầu vòm

Cần áp dụng các quy định trong Điều 4.6.3.5 ở chỗ thích hợp.

Hiệu ứng giãn dài của cáp treo phải được xét đến khi phân tích thanh giằng vòm.

Khi không khống chế được bằng cấu tạo hợp lý thì phải xét đến sự co ngắn của sườn vòm.

Phải sử dụng phép phân tích biến dạng lớn cho các vòm của các nhịp lớn hơn để thay cho sự điều chỉnh phóng đại mô men như trong Điều 4.5.3.2.2c.

Khi sự phân bố ứng suất giữa mạ thượng và mạ hạ của vòm giàn bị phụ thuộc vào cách lắp dựng, thì cách lắp dựng phải được chỉ rõ trong các tài liệu hợp đồng.

4.6.3.7. Cầu dây xiên

Có thể xác định sự phân bố nội lực cho các bộ phận của cầu dây xiên hoặc bằng phép phân tích phẳng hoặc phân tích không gian nếu được chứng minh thông qua nghiên cứu hình học của trụ tháp, số mặt phẳng dây và độ cứng chống xoắn của kết cấu mặt cầu

Phải khảo sát các cầu dây xiên về nội lực không tuyến tính có thể do các yếu tố sau gây ra:

- Thay đổi độ võng cáp xiên trong mọi trạng thái giới hạn,
- Biến dạng của kết cấu dầm cầu và các trụ tháp trong mọi trạng thái giới hạn, và
- Tính không tuyến tính của vật liệu trong các trạng thái giới hạn đặc biệt.

Có thể khảo sát độ võng của dây cáp bằng cách sử dụng cấu kiện tương đương được mô hình hoá như 1 thanh với mô đun đàn hồi được thay đổi theo phương trình 1 cho độ cứng tức thời và theo phương trình 2 theo cách tính lặp, ứng với sự thay đổi tải trọng cáp xiên.

$$E_{\text{MOD}} = E \left[1 + \frac{EAW^2(\cos \alpha)^5}{12H^3} \right]^{-1} \quad (4.6.3.7-1)$$

$$E_{\text{MOD}} = E \left[1 + \frac{(H_1 + H_2) EAW^2(\cos \alpha)^5}{24H_1^2 H_2^2} \right]^{-1} \quad (4.6.3.7-2)$$

trong đó:

- E = mô đun đàn hồi của dây cáp xiên (MPa)
W = tổng trọng lượng của dây cáp xiên (N)
A = diện tích mặt cắt của dây cáp xiên (mm²)
 α = góc giữa dây cáp xiên và phương nằm ngang (độ)
H, H₁, H₂, = thành phần nằm ngang của lực cáp xiên (N).

Sự thay đổi hiệu ứng lực do độ võng có thể khảo sát bằng cách sử dụng phương pháp bất kỳ thoả mãn các quy định trong Điều 4.5.3.2.1, và có xét đến sự thay đổi hướng của các đầu dây xiên.

Cầu dây xiên phải được tính toán đến tình huống mất một dây xiên bất kỳ.

4.6.3.8. Cầu treo dây võng

Các hiệu ứng lực trong cầu treo dây võng phải được phân tích bằng lý thuyết biến dạng lớn đối với tải trọng thẳng đứng. Các hiệu ứng của tải trọng gió phải được phân tích có xét sự tăng độ cứng do kéo căng của các dây cáp. Độ cứng chống xoắn của dầm cầu có thể bỏ qua khi đặt lực tác dụng lên các dây cáp võng, các thanh treo và các thành phần của giàn tăng cứng.

4.6.4. SỰ PHÂN BỐ LẠI MÔ MEN ÂM TRONG CẦU DẦM LIÊN TỤC

4.6.4.1. Tổng quát

Chủ đầu tư có thể cho phép xem xét phân bố lại các hiệu ứng lực trong các kết cấu nhịp dầm có nhiều nhịp, có nhiều dầm hoặc dầm tổ hợp. Sự làm việc không đàn hồi chỉ được giới hạn xét đối với chịu uốn của dầm hoặc dầm tổ hợp, không cho phép xét sự làm việc không đàn hồi do lực cắt và sự oằn dọc không kiểm soát được. Sự phân bố lại tải trọng không được xét đến trong phương ngang.

Sự giảm các mô men âm trên các gối tựa của các nhịp giữa do sự phân bố lại phải kèm theo tăng mô men dương tương ứng trong các nhịp.

4.6.4.2. Phương pháp chính xác

Các mô men âm trên gối tựa, được xác định bởi phép phân tích đàn hồi tuyến tính, có thể được giảm đi bằng quá trình phân bố lại khi xét đến các đặc tính mô men quay của mặt cắt, hoặc bằng phương pháp cơ cấu được công nhận. Mỗi quan hệ mô men - chuyển động quay phải được thiết lập bằng cách sử dụng các đặc tính của vật liệu, như chỉ ra trong tài liệu này, và/hoặc bằng thí nghiệm vật lý.

4.6.4.3. Phương pháp gân đúng

Thay cho phép phân tích như được mô tả trong Điều 4.6.4.2 có thể sử dụng phương pháp phân bố lại đã được đơn giản hoá cho các dầm thép và bê tông, như chỉ ra trong các Phần 5 và 6.

4.6.5. ĐỘ ỔN ĐỊNH

Khi tính toán độ ổn định phải sử dụng thuyết lý biến dạng lớn.

4.6.6. PHÂN TÍCH VỀ GRA-ĐI-EN NHIỆT ĐỘ

Khi việc xác định các hiệu ứng lực do gra-đi-en nhiệt thẳng đứng được đề ra, thì phép phân tích cần xét đến độ giãn dài dọc trục, biến dạng uốn và các ứng suất bên trong.

Các gra-đi-en phải như quy định trong Điều 3.12.3.

4.7. PHÂN TÍCH ĐỘNG LỰC HỌC

4.7.1. NHỮNG YÊU CẦU CƠ BẢN VỀ ĐỘNG LỰC HỌC KẾT CẤU

4.7.1.1. Tổng quát

Để phân tích sự làm việc động học của cầu, độ cứng, khối lượng và các đặc tính chống rung của các thành phần kết cấu phải được mô hình hoá.

Số bậc tự do ít nhất được tính đến trong phép phân tích phải dựa trên một vài tần số tự nhiên đã tìm được và độ tin cậy của các dạng dao động đã giả thiết. Mô hình phải tương thích với độ chính xác của phương pháp giải. Các mô hình động học phải bao hàm các khía cạnh liên quan đến kết cấu và sự kích rung. Các khía cạnh liên quan của kết cấu có thể bao gồm:

- Sự phân bố khối lượng,
- Sự phân bố độ cứng, và
- Các đặc tính giảm rung.

Các khía cạnh có liên quan của sự kích rung có thể bao gồm:

- Tần số của hàm số lực,
- Thời gian đặt tải, và
- Hướng đặt tải.

4.7.1.2. Sự phân bố khối lượng

Việc mô hình hoá khối lượng phải được thực hiện có xét đến mức độ của độ phân giải trong mô hình, và sự chuyển động dự kiến.

4.7.1.3. Độ cứng

Cầu phải được mô hình hoá để nhất quán với bậc tự do được chọn nhằm thể hiện các dạng tự nhiên và các tần số tự nhiên của dao động. Độ cứng của các phần tử của mô hình phải được quy định cho phù hợp với cầu đang được mô hình hoá.

4.7.1.4. Giảm rung

Bộ chống rung nhớt tương đương có thể được sử dụng để thể hiện tính tiêu năng.

4.7.1.5. Các tần số tự nhiên (tần số dao động riêng)

Để đáp ứng Điều 4.7.2, và trừ phi được Chủ đầu tư chỉ rõ, phải sử dụng các dạng và các tần số dao động tự nhiên không giảm rung đàn hồi. Để đáp ứng Điều 4.7.4 và 4.7.5, phải xét đến tất cả các dạng và các tần số chống rung liên quan .

4.7.2. ỨNG XỬ ĐỘNG HỌC ĐÀN HỒI

4.7.2.1. Dao động do xe cộ

Khi cần sự phân tích về tác động động học tương hỗ giữa cầu và hoạt tải, Chủ đầu tư cần chỉ rõ và chấp thuận độ nhám bề mặt, vận tốc và các đặc tính động học của xe cộ đưa vào trong phép phân tích. Hệ số xung kích phải được lấy bằng tỷ số giữa hiệu ứng lực động học cực trị và hiệu ứng lực tĩnh tương ứng.

Trong mọi trường hợp, tải trọng động cho phép sử dụng không được nhỏ hơn 50% tải trọng động cho phép được nêu trong Bảng 3.6.2.1-1, ngoài ra không cho phép giảm đối với các khe nổi mặt cầu.

4.7.2.2. Dao động do gió

4.7.2.2.1. Các vận tốc gió

Đối với các kết cấu quan trọng nhạy cảm với các tác động của gió, vị trí và độ lớn của các giá trị về áp lực cực trị và sức hút phải được xác định bằng các thí nghiệm trong tunen gió.

4.7.2.2.2. Các hiệu ứng động học

Các kết cấu nhạy cảm với gió phải được phân tích về các hiệu ứng động học như sự lắc do gió xoáy hoặc gió giật, và tác động tương hỗ gió-kết cấu không ổn định như sự rung, vẫy. Các kết cấu mảnh hoặc dễ uốn xoắn phải được phân tích về oằn ngang, nén quá mức và lệch.

4.7.2.2.3. Nghiên cứu thiết kế

Biến dạng dao động dưới tác động của gió có thể dẫn đến các ứng suất quá mức, sự mỏi kết cấu, và sự phiền phức hoặc bất tiện cho người dùng. Mặt cầu, dây xiên và cáp treo phải được bảo vệ tránh bị gió xoáy quá mức và các dao động do mưa gió. Khi áp dụng thực tế, việc sử dụng các bộ chống rung phải được xét để kiểm soát được những tác động động học quá mức. Khi các bộ chống rung hoặc sự thay đổi hình dạng không hiện thực, thì hệ kết cấu phải được thay đổi để đạt được sự kiểm soát đó.

4.7.3. ỨNG XỬ ĐỘNG HỌC KHÔNG ĐÀN HỒI

4.7.3.1. Tổng quát

Trong khi chịu tác động của động đất hoặc va chạm tàu thuyền, năng lượng có thể được làm tiêu đi bằng một hoặc nhiều cơ chế dưới đây:

- Biến dạng đàn hồi và không đàn hồi của vật thể có thể va chạm với kết cấu,
- Biến dạng không đàn hồi của kết cấu và các vật gắn liền với nó,
- Chuyển vị không hồi phục của các khối lượng của kết cấu và các vật gắn với nó, và
- Biến dạng không đàn hồi của các bộ phận tiêu năng cơ học chuyên dụng.

4.7.3.2. Các khớp dẻo và các đường chảy dẻo

Để phân tích, năng lượng hấp thụ được bởi biến dạng không đàn hồi trong thành phần kết cấu có thể được giả thiết là tập trung tại các khớp dẻo và các đường chảy dẻo. Vị trí của những mặt cắt này có thể xác định bằng phép xấp xỉ liên tiếp để đạt được lời giải sát hơn về năng lượng được hấp thụ. Đối với các mặt cắt này, các đường cong mô men-chuyển động quay có thể được xác định bằng cách sử dụng các mô hình vật liệu phân tích đã được kiểm tra.

4.7.4. PHÂN TÍCH VỀ TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT

4.7.4.1. Tổng quát

Phải thực hiện các yêu cầu phân tích tối thiểu về các hiệu ứng động đất theo quy định trong bảng 4.7.4.3.1-1.

Đối với các phương pháp phân tích theo kiểu dạng được quy định trong các Điều 4.7.4.3.2 và 4.7.4.3.3 phải tính phổ thiết kế đàn hồi theo phương trình 3.10.6.1-1.

Đối với các cầu nằm trong vùng động đất I không cần thiết phải phân tích về tải trọng động đất bất kể tầm quan trọng và hình dạng của nó. Tuy nhiên phải tuân theo các yêu cầu tối thiểu như trong các Điều 4.7.4.4 và 3.10.9

4.7.4.2. Các cầu một nhịp

Không cần phân tích động đất đối với các cầu một nhịp dù nó nằm trong vùng động đất.

Phải thiết kế liên kết giữa kết cấu cầu và các mố cầu theo các yêu cầu tối thiểu về lực như trong Điều 3.10.9.

Các yêu cầu về bề rộng tựa tối thiểu sẽ phải thoả mãn tại mỗi mố cầu như trong Điều 4.7.4.4.

4.7.4.3. Các cầu nhiều nhịp

4.7.4.3.1. Lựa chọn phương pháp

Đối với các kết cấu nhiều nhịp phải thực hiện các yêu cầu phân tích tối thiểu theo quy định trong bảng 1, trong đó :

- * = không cần đến phân tích động đất
- UL = phương pháp đàn hồi tải trọng phân bố đều
- SM = phương pháp đàn hồi dạng đơn
- MM = phương pháp đàn hồi dạng phức
- TH = phương pháp lịch sử thời gian

Bảng 4.7.4.3.1-1- Các yêu cầu tối thiểu đối với tác động của động đất

Vùng động đất	Cầu một nhịp	Cầu nhiều nhịp					
		Các cầu khác		Các cầu chủ yếu		Các cầu đặc biệt	
		Bình thường	Không bình thường	Bình thường	Không bình thường	Bình thường	Không bình thường
1	Không cần xét đến động đất	*	*	*	*	*	*
2		SM/UL	SM	SM/UL	MM	MM	MM
3		SM/UL	MM	MM	MM	MM	TH

4.7.4.3.2. Phương pháp phân tích dạng đơn**4.7.4.3.2a. Tổng quát**

Một trong hai phương pháp phân tích kiểu dạng đơn được chỉ định ở đây đều có thể được sử dụng trong trường hợp thích hợp.

4.7.4.3.2b. Phương pháp phổ dạng đơn (Single-mode)

Phương pháp dạng đơn để phân tích phổ dựa trên dạng dao động cơ bản theo phương dọc hoặc phương ngang. Hình dạng dao động này có thể thấy được khi ta tác động vào kết cấu một tải trọng nằm ngang rải đều và tính toán biến hình tương ứng. Có thể tính toán chu kỳ dao động riêng bằng cách cân bằng thế năng và động năng cực đại kết hợp với hình dạng dao động cơ bản. Biên độ của hình dạng chuyển vị có thể được tính ra nhờ hệ số ứng xử động đất đàn hồi C_{sm} như đã được nêu trong Điều 3.10.6. và từ chuyển vị phổ tương ứng. Biên độ này được dùng để xác định các hiệu ứng lực.

4.7.4.3.2c. Phương pháp tải trọng rải đều

Phương pháp tải trọng rải đều được dựa trên dạng dao động cơ bản theo phương dọc hoặc phương ngang. Chu kỳ của dạng giao động này phải được lấy bằng chu kỳ của một bộ chấn động khối - lò xo đơn tương đương. Để tính độ cứng của lò xo tương đương này phải sử dụng chuyển vị cực đại phát sinh khi cầu chịu tác dụng của một tải trọng ngang rải đều bất kỳ. Hệ số ứng xử động đất đàn hồi C_{sm} quy định trong Điều 3.10.6 phải được sử dụng để tính tải trọng rải đều tương đương do động đất mà từ đó tính được các tác dụng của lực do động đất.

4.7.4.3.3. Phương pháp phân tích phổ dạng phức

Phải sử dụng phương pháp phân tích phổ dạng phức đối với cầu trong đó có kết hợp xét 2 hay 3 hướng toạ độ trong mỗi dạng dao động. Ít nhất thì phép phân tích động học tuyến tính với mô hình không gian 3 chiều phải được sử dụng để thể hiện kết cấu.

Số dạng dao động đưa vào trong phép phân tích ít nhất phải bằng ba lần số nhịp trong mô hình. Phải sử dụng phổ ứng xử động đất đàn hồi theo Điều 3.10.6 cho mỗi dạng dao động.

Ước lượng các lực và các chuyển vị của các cấu kiện bằng cách sử dụng cách tổ hợp các ứng xử tương ứng của các đại lượng (mômen, lực, chuyển vị, hay chuyển vị tương đối) rút ra từ các dạng dao động riêng theo phương pháp tổ hợp căn bậc hai (CQC)

4.7.4.3.4. Phương pháp lịch sử thời gian

Bất cứ phương pháp lịch sử thời gian cập nhật nào được sử dụng cho phép phân tích đàn hồi hoặc không đàn hồi, phải thoả mãn các yêu cầu của Điều 4.7.

Phải xác định độ nhạy cảm của lời giải số cho kích thước của bước thời gian được sử dụng cho phép phân tích. Việc nghiên cứu độ nhạy cũng phải được thực hiện để khảo sát các hiệu ứng của sự biến đổi các tính chất trễ của vật liệu đã giả thiết.

Các lịch sử thời gian của gia tốc đưa vào sử dụng để mô tả các tải trọng động đất phải được lựa chọn với sự tư vấn của Chủ đầu tư. Trừ phi được chỉ dẫn khác đi, 5 lịch sử thời gian với phổ tương thích phải được sử dụng khi các lịch sử thời gian riêng tại vị trí xây dựng cầu là không có sẵn. Phổ được sử dụng để phát ra 5 lịch sử thời gian này sẽ giống như phổ được sử dụng cho các phương pháp dạng dao động như quy định trong Điều 3.10.6. được thay đổi cho địa tầng thích hợp

4.7.4.4. Các yêu cầu chuyển vị tối thiểu

Bề rộng gối phải lấy lớn hơn chuyển vị cực đại tính theo các quy định của Điều 4.7.4.3 hoặc phần trăm của bề rộng lấy theo kinh nghiệm, N, như cho trong Phương trình 1, hoặc phải đặt các ngàm dọc tuân theo Điều 3.10.9.5. Các gối được ngàm chặt chống chuyển động dọc phải được thiết kế theo Điều 3.10.9. Các phần trăm của N, áp dụng cho mỗi vùng động đất phải như trong Bảng 1.

Bề rộng gối lấy theo kinh nghiệm phải lấy như sau:

$$N = (200 + 0.0017 L + 0.0067 H) (1 + 0.000125 S^2) \quad (4.7.4.4-1)$$

trong đó:

- N = chiều dài tựa tối thiểu được đo vuông góc với đường trục của gối (mm)
- L = chiều dài của mặt cầu đến khe co giãn lân cận, hoặc đến điểm cuối của mặt cầu. Đối với các khớp trong nhịp, L phải là tổng các khoảng đến khớp ở hai bên. Đối với các cầu một nhịp, L tương đương với chiều dài của mặt cầu (mm)
- H = đối với các mố, chiều cao trung bình của các cột đỡ kết cấu nhịp cầu đến khe co giãn gần nhất (mm) đối với các cột và các trụ, là chiều cao của cột hoặc trụ (mm) đối với các khớp bên trong nhịp, chiều cao trung bình của 2 cột hoặc trụ lân cận (mm) cho các cầu một nhịp (mm)

S = độ chéo của gối đo được từ đường vuông góc với nhịp (Độ)

Bảng 4.7.4.4-1- Phần trăm của N theo vùng và hệ số gia tốc

Vùng	Hệ số gia tốc	Loại đất	%n
1	< 0.025	I hoặc II	≥ 50
1	< 0.025	III hoặc IV	100
1	> 0.025	Tất cả	100
2	Thích hợp tất cả	Tất cả	100
3	Thích hợp tất cả	Tất cả	150

4.7.5. PHÂN TÍCH TẢI TRỌNG VA TẦU

Trong phạm vi cho phép của các quy định của phần 3 có thể thay thế phép phân tích động học đối với các va tâu thuyền bằng phép phân tích đàn hồi tĩnh học tương đương. Khi có quy định dùng phép phân tích không đàn hồi thì phải xem xét tác động của các tải trọng khác có thể xảy ra.

4.8. PHÂN TÍCH THEO MÔ HÌNH VẬT LÝ

4.8.1. THÍ NGHIỆM TRÊN MÔ HÌNH CÓ TỶ LỆ THU NHỎ KẾT CẤU

Để thiết lập và kiểm tra sự làm việc của kết cấu, Chủ đầu tư có thể yêu cầu và làm thí nghiệm các mô hình tỷ lệ thu nhỏ kết cấu và các bộ phận của nó. các tính chất về kích thước và vật liệu của kết cấu, cũng như các điều kiện biên và tải trọng, phải được mô hình hoá càng chính xác càng tốt. Đối với phân tích lực học phải sử dụng hợp lý tỷ lệ quán tính nội bộ, các hàm tải trọng/ kích thích và hàm giảm chấn. Đối với các thí nghiệm về trạng thái giới hạn cường độ phải mô phỏng trong bản thân tính toán sự đo đạc bằng dụng cụ không được ảnh hưởng đáng kể đến lời giải và kết quả của mô hình.

4.8.2. THỬ CẦU

Để xác định hiệu ứng lực và khả năng chịu tải của các cầu hiện hữu người ta có thể thử bằng các dụng cụ đo và các kết quả đạt được dưới các điều kiện khác nhau của tải trọng của giao thông và của tải trọng môi trường hoặc tải trọng thí nghiệm bằng các xe chuyên dùng.