

KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA DẦM NGANG ĐẾN SỰ PHÂN BỐ NGANG CỦA HOẠT TẢI ĐỐI VỚI KẾT CẤU NHỊP CẦU DẦM I

TS. LÊ BÁ KHÁNH

SV. VÕ HOÀI BẢO

Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Bách khoa
Đại học Quốc gia TP. HCM

Tóm tắt: Mục tiêu của bài báo là khảo sát tham số một số yếu tố ảnh hưởng đến sự phân bố ngang của hoạt tải đối với cầu dầm I - bê tông cốt thép (BTCT) ứng suất trước (UST). Bài báo áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn để phân tích sự phân bố ngang của hoạt tải đối với cầu dầm I. Toàn bộ kết cấu nhịp cầu được rời rạc hoá bằng các phần tử 3D solid dạng chóp tứ diện. Vật liệu kết cấu nhịp được giả thiết làm việc ở vùng đàn hồi - tuyến tính. Kết quả phân tích cho thấy dầm ngang có ảnh hưởng nhất định đến sự phân bố ngang của hoạt tải.

Từ khoá: Phân bố ngang, phần tử hữu hạn, dầm ngang, ANSYS.

Abstract: The content of this paper focuses on considering the factors which effect the transverse distribution of the Live Load for I-girder - prestressing reinforced concrete. The article is applied the finite element method to analyze the transverse distribution factor of the Live Load for I-girder. The entire span bridge structure is analyzed as 3D solid tetrahedral pyramid shape. The material is assumed working in the elastic zone - linear. Analysis results showed that the cross beam influence to the horizontal distribution of live load.

Keywords: Live Load Distribution, FEM, diaphragm, ANSYS.

1. GIỚI THIỆU

Việc xác định chính xác hệ số phân bố ngang (HSPBN) của hoạt tải có ý nghĩa quan trọng trong thiết kế cầu.

Hệ số phân bố ngang thể hiện phần tải trọng đặt trên mặt cầu truyền lên một phần tử (dầm chủ) của mặt cắt ngang kết cấu nhịp [1].

Từ những năm 2000, các phần mềm và phần cứng máy tính cá nhân đủ mạnh để phân tích kết cấu tương đối phức tạp. Nhờ đó mà việc phân tích kết cấu nhịp cầu thuận tiện hơn nhiều. Do vậy vai trò của phương pháp HSPBN bị giảm đi đáng kể. Tuy nhiên trong các tính toán sơ bộ, phương pháp HSPBN vẫn còn cần thiết. Điều này thể hiện trong bộ tiêu chuẩn thiết kế

cầu AASHTO 2014 của Mỹ - vẫn dành sự quan tâm đáng kể đến tính toán hệ số phân bố tải trọng.

Theo 22 TCN 272-05 (AASHTO-1998), đối với kết cấu nhịp cầu dầm BTCT DƯL tiết diện chữ I thì hệ số phân bố hoạt tải đối với mô men cho các dầm giữa được xác định theo 2 công thức:

HSPBN đối với 1 làn xe:

$$0,06 + \left(\frac{S}{4300} \right)^{0,4} \left(\frac{S}{L} \right)^{0,3} \left(\frac{K_g}{L^3} \right)^{0,1} \quad (1.1)$$

HSPBN đối với 2 làn xe hay nhiều hơn:

$$0,075 + \left(\frac{S}{2900} \right)^{0,6} \left(\frac{S}{L} \right)^{0,2} \left(\frac{K_g}{L^3} \right)^{0,1} \quad (1.2)$$

Trong đó:

S: Khoảng cách giữa các dầm chính, S=1100-4900mm

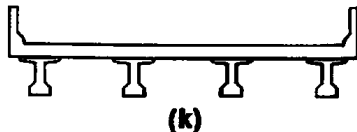
t_c: Chiều dày bản mặt cầu, t_c = 110 - 300 mm.

L: Chiều dài tính toán của nhịp, L = 6000 - 73000mm.

K_g: Hệ số độ cứng theo phương dọc.

d_g: Khoảng cách giữa bản bụng phía ngoài dầm biên và mép trong đá vữa.

Điều kiện để lựa chọn các công thức này là tùy theo loại hình mặt cắt ngang kết cấu nhịp. Theo bảng Bảng 4.6.2.2.1.1 kết cấu phần trên của cầu có cấu kiện đỡ mặt cắt chữ I hoặc chữ T béo, bê tông đúc sẵn và có loại mặt cầu bê tông đổ tại chỗ, bê tông đúc sẵn thì thuộc nhóm (k). Ứng với mỗi nhóm hay vài nhóm mặt cắt ngang, trong 22-TCN 272-05 sẽ đưa ra một số các công thức tính HSPBN [2].



Hình 1.1. Phân nhóm (k) theo mặt cắt ngang điển hình

Như vậy 22-TCN 272-05 chưa chú trọng nhiều đến vai trò của hệ liên kết ngang. Do đó nội dung của bài báo này tập trung khảo sát tham số một số yếu tố ảnh hưởng đến sự phân bố ngang của hoạt tải đối với cầu dầm I - bê tông cốt thép (BTCT) ứng suất trước (UST).

2. TỔNG QUAN MỘT SỐ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG HSPBN

Đã có nhiều công trình nghiên cứu về sự phân bố tải trọng áp dụng cho các trường hợp khác nhau từ đơn giản đến chính xác. Hầu hết các phương pháp đều dựa trên 3 nguyên lý: Cân bằng tương thích và vật liệu được coi là đàn hồi tuyến tính. Mục đích của các phương pháp này là xác định sự phân bố tải trọng trên cơ sở độ cứng tương đối của các bộ phận khác nhau. Các phương pháp đi từ đơn giản (đơn bẫy, nén lệch tâm, gối tựa đàn hồi) đến chính xác (mạng dầm, dải hữu hạn, phần tử hữu hạn, sai phân hữu hạn). Điều kiện cân bằng được dùng cho mọi phương pháp và mọi phương pháp đều được mô hình sao cho kết cấu làm việc gần đúng với thực tế [3].

2.1. Ứng dụng HSPBN trong 22 TCN 18-79

Theo 22 TCN 18-79, thường dùng nhất là phương pháp đơn bẫy, phương pháp nén lệch tâm, phương pháp dầm liên tục trên các gối đàn hồi. Theo quan điểm của 22 TCN 272-05, các kỹ sư có thể dùng bất cứ phương pháp cơ học hợp lý nào để tính toán sự phân bố tải trọng. Các phương pháp đơn bẫy, phương pháp nén lệch tâm, phương pháp dầm liên tục trên các gối đàn hồi đều dựa trên nền tảng cơ học và được thực tế xác nhận có độ chính xác chấp nhận được. Do đó vẫn có thể tiếp tục dùng các phương pháp trên để tính sự phân bố tải trọng [2], [4].

2.2. Sự phát triển cách tính hệ số phân bố tải trọng theo tiêu chuẩn AASHTO

Từ những năm 1930 hệ số phân bố tải trọng đã được nghiên cứu rộng rãi trong một vài thập kỉ gần đây [3].

Theo hướng nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số khác không được xác định trong tiêu chuẩn AASHTO LRFD có một số tác giả đại diện như: Mabsout et al. 1997b, 1998; Tabsh and Tabatabai 2001; Chen 1995a, 1995b...

Theo hướng nghiên cứu thực nghiệm để kiểm tra độ chính xác của cách tính hệ số phân bố tải trọng tính theo AASHTO LRFD có một số tác giả đại diện như: Kennedy and Grace 1983; Kim and Nowak 1997; Eomand and Nowak 2001, Barr et al. 2001...

Dựa theo kết quả của dự án NCHRP 12-26 (Zokaie et al 1991). Zokaie và cộng sự nhận xét các thông số

chính ảnh hưởng đến HSPBN là: Khoảng cách dầm S, chiều dài nhịp L, độ cứng dầm K_g , chiều dày bản t_f . Ảnh hưởng của các thông số được giả định theo quy luật hàm mũ $a.x^n$.

Trên cơ sở kết quả của dự án NCHRP 12-26 và các nghiên cứu tiếp theo, AASHTO LRFD dùng biểu thức tính giá trị phân bố tải trọng có dạng:

$$D.F. = A - B(x)(y)(z)^M \quad (2.1)$$

3. MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU

3.1. Thông số hình học của mô hình

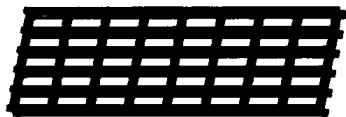
- Xét nhịp dầm I dài 36m, bề rộng cầu 12m, bố trí 6 dầm chính cao 1.6m, đặt cách nhau 2m.
- Dầm ngang được bố trí có bề rộng 0.24m.
- Đặc trưng hình học của tiết diện dầm.

Khoảng cách từ tiết diện liên hợp đến đáy dầm:

$$y_{h,h} = 1.0881 \text{ m}$$

Moment quán tính tiết diện liên hợp:

$$I_{h,h} = 0.3578 \text{ m}^4$$



Hình 3.1. Bố trí dầm chính và dầm ngang



Hình 3.2. Mặt cắt ngang kết cấu nhịp cầu

3.2. Thông số vật liệu của mô hình

(Bê tông cốt thép - Linear Elastic)

- Vật liệu bê tông làm dầm chính, dầm ngang:

$$f'_c = 45 \text{ MPa};$$

$$E = 33914.98 \text{ MPa};$$

$$\mu = 0.2;$$

$$W_{ac} = 2500 \text{ kN} \cdot \text{m}^2;$$

$$W_c = 2400 \text{ kN} \cdot \text{m}^2;$$

- Vật liệu bê tông làm bản mặt cầu:

$$f'_c = 28 \text{ MPa};$$

$$E = 72696.21 \text{ MPa};$$

$$\mu = 0.2;$$

$$W_{ac} = 2500 \text{ kN} \cdot \text{m}^2;$$

$$W_c = 2400 \text{ kN} \cdot \text{m}^2;$$

- Vật liệu thép làm gối cầu:

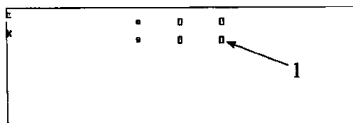
$$E = 200000 \text{ MPa};$$

$$\mu = 0,3;$$

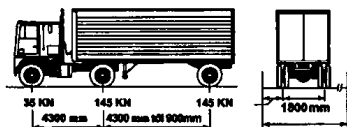
$$W_x = 9850 \text{ kN/m}^3;$$

3.3. Tải trọng

Tải trọng được sử dụng để phân tích là hoạt tải xe 3 trục được lấy dựa trên Tiêu chuẩn 22TCN272-05.



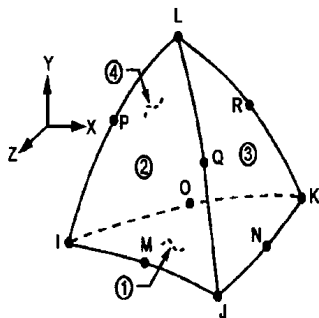
1 - Diện truyền tải của "bánh xe"
Hình 3.3. Mặt bằng kết cấu nhịp cầu



Hình 3.3. Đặc trưng xe tải thiết kế

3.4. Mô hình hoá kết cấu

Dùng phần tử khối chóp SOLID 187 (Hình 3.5) của phần mềm ANSYS để phân tích cục. Khi phân tích, lưới phần tử được chia mịn hơn ở những chỗ có khả năng tập trung ứng suất, những chỗ cần khảo sát chi tiết hơn.



Hình 3.5. Cấu trúc của phần tử khối chóp SOLID 187 [5]



Hình 3.6. Lưới phần tử

4. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH

4.1. Kết quả phân tích về ứng suất

Khảo sát ứng suất kéo thớ dưới dầm tại mặt cắt giữa nhịp (xét cho các dầm giữa) khi bố trí dầm ngang có chiều cao 1.2m, khoảng cách giữa các dầm ngang 4.4m.

Bảng 4.1: Hệ số phân bố hoạt tải theo làn đối với moment dầm giữa

Loại tải trọng	1 làn xe xếp tải	≥ 2 làn xe xếp tải
Xe 3 trục	0.4083	0.5793

Bảng 4.2: Ứng suất kéo trong các dầm giữa khi tính toán bằng mô hình ANSYS

Trường hợp xếp tải	S_{y2} (kPa)	S_{y3} (kPa)	S_{y4} (kPa)	S_{y5} (kPa)
1 xe 3 trục	2226.77	1707.96	1235.35	825.04
2 xe 3 trục	3238.04	2820.54	2332.90	1835.96
3 xe 3 trục	3504.62	3374.14	3200.88	2972.08

Bảng 4.3: Ứng suất kéo trong các dầm giữa khi tính toán theo HSPBN theo 22TCN272-05

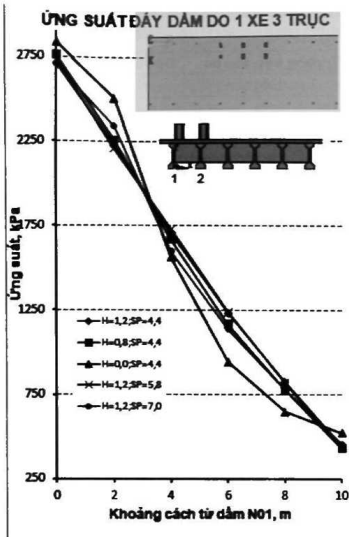
Trường hợp xếp tải	Ứng suất trong dầm giữa (kPa)
1 xe 3 trục	3070.26
≥ 2 xe 3 trục	4355.85

Bảng 4.4: Ứng suất kéo trong các dầm giữa trường hợp xếp tải 1 xe 3 trục khi tính toán bằng mô hình ANSYS

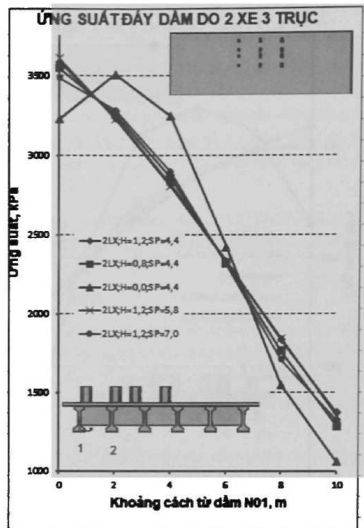
Phương án	S_{y2} (kPa)	S_{y3} (kPa)	S_{y4} (kPa)	S_{y5} (kPa)
H=1.2, SP=7.0	2340.31	1597.87	1138.61	777.91
H=1.2, SP=5.8	2205.60	1728.19	1241.25	818.49
H=1.2, SP=4.4	2226.77	1707.96	1235.35	825.04
H=0.8, SP=4.4	2256.70	1665.24	1167.87	773.93
H=0.0, SP=4.4	2505.31	1562.42	942.45	648.18

H - chiều cao dầm ngang (m)

SP - khoảng cách giữa các dầm ngang (m)



Hình 4.1. Biểu đồ ứng suất trường hợp xếp 1 xe 3 trục theo mô hình trong ANSYS



Hình 4.2. Biểu đồ ứng suất trường hợp xếp 2 xe 3 trục theo mô hình trong ANSYS

Phương án	S_{y2} (kPa)	S_{y3} (kPa)	S_{y4} (kPa)	S_{y5} (kPa)
H=1.2; SP=7.0	3284.58	2897.26	2314.28	1711.24
H=1.2; SP=5.8	3232.14	2806.18	2329.92	1845.30
H=1.2; SP=4.4	3238.04	2820.54	2332.90	1835.96
H=0.8; SP=4.4	3260.52	2858.68	2320.82	1764.26
H=0.0; SP=4.4	3509.54	3246.36	2424.64	1550.42

H - chiều cao dầm ngang (m)

SP - khoảng cách giữa các dầm ngang (m)

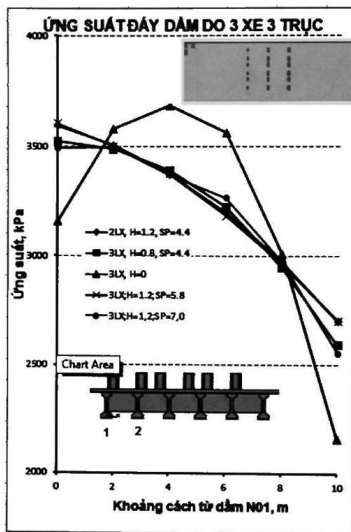
Bảng 4.5: Ứng suất kéo trong các dầm giữa trường hợp xếp tải 2 xe 3 trục khi tính toán bằng mô hình ANSYS

Phương án	S_{y2} (kPa)	S_{y3} (kPa)	S_{y4} (kPa)	S_{y5} (kPa)
H=1.2; SP=7.0	3495.37	3370.40	3265.75	2970.78
H=1.2; SP=5.8	3500.44	3376.30	3184.71	2960.58
H=1.2; SP=4.4	3504.62	3374.14	3200.88	2972.08
H=0.8; SP=4.4	3487.40	3390.77	3225.26	2946.32
H=0.0; SP=4.4	3580.00	3684.43	3562.40	3007.93

H - chiều cao dầm ngang (m)

SP - khoảng cách giữa các dầm ngang (m)

Bảng 4.6: Ứng suất kéo trong các dầm giữa trường hợp xếp tải 3 xe 3 trục khi tính toán bằng mô hình ANSYS



Hình 4.3. Biểu đồ ứng suất trường hợp xếp 3 xe 3 trục theo mô hình trong ANSYS

4.2. Độ võng

Khảo sát độ võng các dầm giữa khi bố trí dầm ngang có chiều cao 1.2m, khoảng cách giữa các dầm ngang 4.4m



Hình 4.4. Biểu dạng của kết cấu nhịp dưới tác dụng của hoạt tải đặt lệch tâm

Bảng 4.7: Độ võng các dầm giữa khi tính toán bằng mô hình ANSYS

Trường hợp xếp tải	Δ_{22} (mm)	Δ_{23} (mm)	Δ_{24} (mm)	Δ_{25} (mm)
3 xe lệch tâm	12.67	12.08	11.47	10.82
3 xe đúng tâm	11.74	11.79	11.79	11.74

Bảng 4.8: Độ võng các dầm giữa khi tính toán theo 22TCN272-05

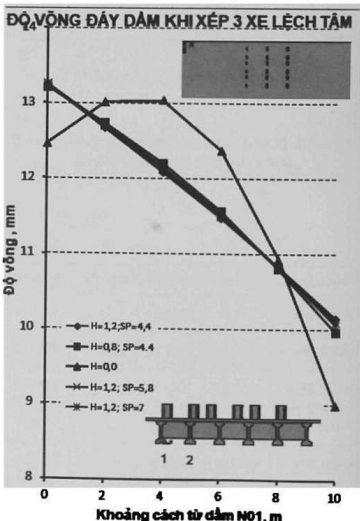
Trường hợp xếp tải	Độ võng của dầm (mm)
3 xe đúng tâm	11.37

Bảng 4.9: Độ võng các dầm giữa trường hợp xếp tải 3 xe 3 trục lệch tâm khi tính toán bằng mô hình ANSYS

Phương án	Δ_{22} (mm)	Δ_{23} (mm)	Δ_{24} (mm)	Δ_{25} (mm)
H=1.2; SP=7.0	12.71	12.15	11.54	10.82
H=1.2; SP=5.8	12.70	12.12	11.50	10.81
H=1.2; SP=4.4	12.67	12.08	11.47	10.82
H=0.8; SP=4.4	12.73	12.20	11.57	10.80
H=0.0; SP=4.4	13.02	13.03	12.37	10.92

H - chiều cao dầm ngang (m)

SP - khoảng cách giữa các dầm ngang (m)



Hình 4.5. Biểu đồ độ võng trường hợp xếp 3 xe 3 trục lệch tâm theo mô hình trong ANSYS

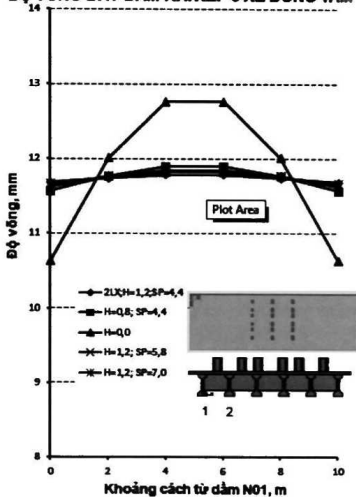
Bảng 4.10: Độ võng các dầm giữa trường hợp xếp tải 3 xe 3 trục đúng tâm khi tính toán bằng mô hình ANSYS

Phương án	Δ_{22} (mm)	Δ_{33} (mm)	Δ_{44} (mm)	Δ_{55} (mm)
H=1.2; SP=7.0	11.77	11.85	11.85	11.77
H=1.2; SP=5.8	11.76	11.82	11.82	11.76
H=1.2; SP=4.4	11.74	11.79	11.79	11.74
H=0.8; SP=4.4	11.77	11.90	11.90	11.77
H=0.0; SP=4.4	12.01	12.76	12.76	12.01

H - chiều cao dầm ngang (m)

SP - khoảng cách giữa các dầm ngang (m)

ĐỘ VÔNG ĐÁY DẦM KHI XẾP 3 XE ĐÚNG TÂM



Hình 4.6. Biểu đồ độ võng trường hợp xếp 3 xe 3 trục đúng tâm theo mô hình trong ANSYS

4.3. Nhận xét kết quả

Ứng suất trong các dầm giữa khi tính theo HSPBN trong 22TCN272-05 có giá trị như nhau giữa các dầm, tuy nhiên kết quả thực tế là khác nhau do sự làm việc giữa các dầm không đều. Kết quả tính từ mô hình ANSYS cho kết quả thấp hơn nhiều và có

sự phân chia rõ giữa các dầm nằm trong và nằm ngoài vùng tác dụng của tải trọng xe.

Khi tiến hành thay đổi độ cứng của dầm ngang (thay đổi khoảng cách giữa các dầm hoặc thay đổi chiều cao dầm) thì ứng suất trong các dầm cũng có sự thay đổi theo. Độ cứng dầm ngang giảm thì sự chênh lệch ứng suất giữa các dầm càng tăng lên và ngược lại.

Độ võng các dầm khi tính theo 22TCN272-05 thì có giá trị nhỏ hơn so với kết quả tính được từ mô hình ANSYS.

5. KẾT LUẬN

Từ các số liệu thu được ta có thể thấy sự làm việc của dầm ngang có ảnh hưởng nhất định đến HSPBN của hoạt tải. Tuy nhiên công thức tính toán HSPBN theo Bảng 4.6.2.2.2 của 22TCN272-05 lại không xét đến điều này.

Sự làm việc thực tế giữa các dầm chính cũng không đồng đều mà có sự chênh lệch nhất định.

Vì vậy việc mô phỏng sự làm việc của các kết cấu trong không gian bằng phần tử hữu hạn có đúng phần tử khối sẽ phản ánh chi tiết hơn sự làm việc thực tế của các cấu kiện dẫn đến kết quả tính toán chính xác hơn. Tuy nhiên việc mô phỏng sẽ rất phức tạp, đặc biệt đối với các cầu nhịp lớn, nhiều chi tiết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] B.B. Ушаков, Справочник дорожных терминов, Москва: ЭКОН-ИНФОРМ, 2005.
- [2] Bộ GTVT, Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN 272-05, Bộ GTVT, 2005.
- [3] Lê Bá Khánh, "Bài giảng lý thuyết phân bố tải trọng", 2010.
- [4] Giải thích tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN 272-05, Hà Nội: Bộ Giao thông vận tải, 2005.
- [5] A. Help, SOLID 187 Element Description, Contains proprietary and confidential information of ANSYS, Inc.