

MỘT SỐ VẤN ĐỀ VỀ CẤU TẠO VÀ PHÂN TÍCH KẾT CẤU NHỊP CẦU CONG THÉP LIÊN TỤC NHIỀU NHỊP CHO CẦU BÌNH (HẢI PHÒNG)

TS. HOÀNG HÀ

KS. NGUYỄN HỮU HUNG - KS. NGUYỄN TUYẾT TRINH

KS. NGUYỄN ĐỨC THỊ THU ĐỊNH - KS. TRẦN THỊ THU HẰNG

Bộ môn Công trình Giao thông Thành phố

Khoa Công trình - Trường Đại học Giao thông Vận tải

Tóm tắt: Bài viết giới thiệu một số kết quả nghiên cứu mô hình phân tích kết cấu cầu “*liên tục hoá*” nhiều nhịp hay “*toàn khối hoá*” áp dụng cho cầu Bình (Hải Phòng).

Summary: The report introduces some research results of the structural analysis model of continuous bridges and integral abutment bridges applied in Binh Bridge (Haiphong).

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

CT 2

Khái niệm về “cầu toàn khối” (Integral Abutment Bridge) với ý nghĩa là cầu không có điểm nối (jointless bridge), gồm nhiều nhịp, mố và trụ nối cứng với nhau được đề cập và ứng dụng xây dựng khá phổ biến ở Bắc Mỹ và Châu Âu, được coi như là “một bước phát triển có ý nghĩa của công nghệ cầu đường trong những năm cuối của thế kỷ XX”.

Ý tưởng về xây dựng những công trình cầu có tính toàn khối như vậy trên thực tế đã được triển khai từ lâu hơn trước đây với dạng cầu mố trụ dẻo với đặc điểm khi lực hay các tác động khác toàn bộ kết cấu đều tham gia chịu lực. Tuy nhiên do độ cứng không lớn nên dạng cầu mố trụ dẻo chỉ áp dụng chủ yếu cho các cầu bản nhịp ngắn 3 – 6 m, chiều dài cầu và bề rộng nhỏ.

Như đã biết, việc gián đoạn kết cấu nhịp cầu thành những nhịp giản đơn hay tổ chức thành nhiều liên nhịp liên tục, sử dụng hệ thống gối để liên kết kết cấu nhịp với mố trụ... nhằm tường minh hoá mô hình phân tích kết cấu khi tính toán chúng. Ngoài ra giải pháp kỹ thuật quen thuộc này còn giúp khống chế và kiểm soát các hiệu ứng thứ cấp như do thay đổi và gradien nhiệt, lún nền móng, co ngót, từ biến và trong nhiều trường hợp còn nhằm thoả mãn yêu cầu công nghệ xây dựng cầu.

Tuy nhiên, suy cho tới cùng thì việc chia cắt như vậy hoàn toàn không phải là mong muốn của các kỹ sư khi xây dựng cầu. Qua thực tế khai thác, các khe biến dạng dù đã được liên tục nghiên cứu cải tiến nhưng vẫn luôn là điểm yếu khó bỏ qua về mặt gây xung kích giảm độ êm thuận khai thác của các công trình cầu hay việc sử dụng các gối cầu với ý nghĩa như một khớp xoay cũng giảm bớt độ cứng của các kết cấu nhịp đồng thời phức tạp ở khâu cấu tạo và bảo dưỡng liên kết gối.

Giải pháp “liên tục hoá” thậm chí “toàn khối hoá” nhằm hướng tới mục tiêu đáp ứng công năng khai thác ngày càng hoàn thiện cho các công trình cầu bao gồm cả độ êm thuận khai thác và độ cứng chống biến dạng theo tất cả các phương. Như vậy, rõ ràng đã nảy sinh vấn đề cần phân tích một cách đầy đủ hiệu ứng gồm cả hiệu ứng thứ cấp với mô hình phức tạp, gần sát thực tế.

Bài viết giới thiệu một số kết quả bước đầu của việc nghiên cứu phân tích kết cấu cho dạng mô hình cầu phức tạp này qua mô hình cầu Bính (Hải Phòng) làm cơ sở cho việc nghiên cứu ứng dụng các dạng cầu toàn khối ở Việt Nam.

2. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO CỦA KẾT CẤU NHỊP CẦU BÍNH (HẢI PHÒNG)

Những ý tưởng và khái niệm cơ bản về dạng “cầu toàn khối” đã được các chuyên gia có kinh nghiệm về xây dựng cầu đề cập trong [1] và [2].

Trên thực tế, lần đầu tiên ở Việt Nam vừa hoàn thành công trình cầu Bính (Hải Phòng) với sơ đồ kết cấu nhịp (50 + 6 x 60 + 100 + 260 + 100 + 6 x 60 + 50) m. Đáng chú ý về cấu tạo là toàn bộ 17 nhịp cầu gồm cả các nhịp dầm thép liên hợp liên tục (7 nhịp mỗi bên) và cầu dầm văng (cầu chính) với tổng chiều dài 1280 m đều được nối liên kết cứng với nhau, không phân chia thành các liên nhịp, không sử dụng khe biến dạng trong phạm vi kết cấu nhịp (hình 1).



Hình 1. Chuẩn bị hợp long, nối liên chiều dài 17 nhịp cầu Bính



Hình 2. Cầu cong thép nhiều nhịp trong nhịp dẫn của cầu Bính

Về phương diện bình đồ cầu, quan niệm về giảm thiểu việc đặt cầu trong đoạn cong hay chéo góc cũng đã thay đổi rất đáng kể ở cầu Bính, các nhịp cầu dẫn được chủ động bố trí trên đường cong có bán kính 3500 m nhằm các mục đích giảm độ dốc dọc lên cầu, cải thiện tầm nhìn và tăng tính mỹ quan của công trình (hình 2).

Ở một khía cạnh khác, để bố trí xe phục vụ yêu cầu kiểm tra, duy tu, bảo dưỡng cầu, trụ cầu cũng có cấu tạo đặc biệt dạng 2 cột độc lập, không dùng xà mũ vì vậy mặc dù mặt cắt ngang của phần cầu dẫn gồm 4 dầm chủ nhưng chỉ tựa trên gối tại các dầm biên, các dầm trung gian hoàn toàn tựa trên các dầm ngang gần giống với trạng thái làm việc của các “dầm dọc phụ” ở những cầu thông thường khác (hình 3).



Hình 3. Kết cấu trụ và liên kết gối đặc biệt



Hình 4. Xếp xe thử tải nhịp cầu dẫn

Như vậy khác với nhiều công trình cầu thông thường đã xây dựng, kết cấu nhịp cầu Bính là dạng hỗn hợp về nhiều phương diện:

- + Liên tục nhiều nhịp gồm các nhịp cầu dầm và cầu dây văng
- + Hỗn hợp gồm các nhịp cầu thẳng và cong liên kết với nhau.
- + Liên kết gối đặc biệt (kết cấu nhịp chỉ tựa trên gối ở dầm biên).

CT 2

Phân tích kết cấu cầu hiện đại nói chung, đặc biệt là dạng kết cấu hỗn hợp, có xu thế “toàn khối” ở phần kết cấu nhịp như trên rõ ràng không phải là vấn đề đơn giản. Các mô hình phân tích kết cấu theo phương pháp gần đúng trong trường hợp này thường không phản ánh đúng trạng thái làm việc của kết cấu.

Để có được kết quả đủ độ tin cậy, nhóm nghiên cứu đã xây dựng mô hình kết cấu nhịp cầu không gian 3 chiều, mô phỏng gần sát cấu tạo của công trình thực tế. Công cụ tính toán sử dụng phần mềm MIDAS - Civil. Việc kiểm chứng kết quả phân tích lý thuyết đã tiến hành đối chứng với kết quả thực nghiệm thu được qua công tác thử tải cầu Bính (hình 4).

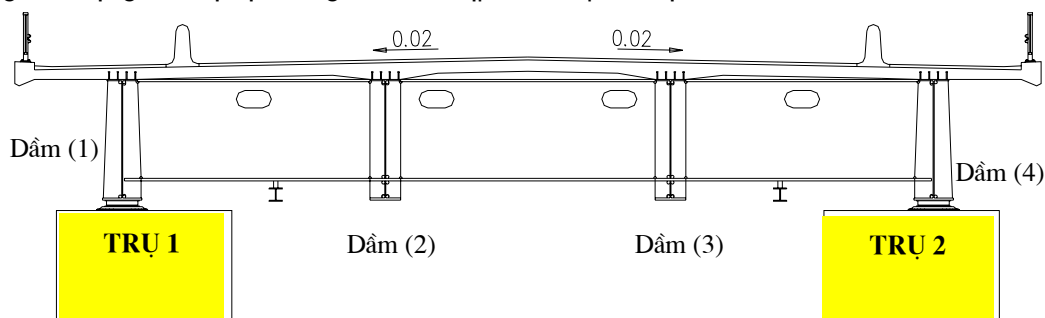
Nội dung nghiên cứu tập trung vào kết cấu nhịp cầu dẫn phía Hải Phòng với các đặc điểm liên tục nhiều nhịp, các nhịp thẳng nối liên tục với các nhịp dầm cong và có cấu tạo liên kết gối đặc biệt. Các phân tích đầy đủ hơn sẽ hoàn thành trong những nội dung tiếp sau của hướng nghiên cứu.

3. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH KẾT CẤU NHỊP CẦU DẪN - CẦU BÍNH

Kết cấu nhịp cầu dẫn gồm 7 nhịp có sơ đồ $(50 + 6 \times 60)$ m được nối liên tục cùng với cầu chính (dây văng).

Mô hình phân tích kết cấu được xây dựng gần sát với cấu tạo thực tế. Để có thể so sánh đối chiếu trạng thái nội lực trong kết cấu tương ứng với 2 trường hợp: các dầm được kê trên gối tại trụ thông thường và chỉ kê trên các gối biên như đã sử dụng ở cầu Bính trên thực tế.

Các kết quả tính toán cũng được phân tích cho các trường hợp đoạn kết cấu nhịp cầu dẫn đặt trên các đoạn đường cong có bán kính khác nhau để làm cơ sở phân tích ảnh hưởng của độ cong đến trạng thái nội lực trong kết cấu nhịp cầu thép liên tục.



Hình 5. Mặt cắt ngang nhịp dẫn cầu Bình

Kết quả phân tích ghi ở các bảng 1 đến 5.

Bảng 1

Tổng hợp kết quả tổng ứng suất với các bán kính cong khác nhau
(ứng với trường hợp 2 gối)

R=500m					R=2000m				
Tĩnh tải		Hoạt tải			Tĩnh tải		Hoạt tải		
Vị trí	thố trên (kN/m ²)	thố dưới (kN/m ²)	thố trên (kN/m ²)	thố dưới (kN/m ²)	Vị trí	thố trên (kN/m ²)	thố dưới (kN/m ²)	thố trên (kN/m ²)	thố dưới (kN/m ²)
giữa nhịp biên(1)	16164.28	48173.64	10762.32	34680.73	giữa nhịp biên(1)	15308.02	45290.40	10351.66	33370.85
giữa nhịp biên(2)	14151.26	63091.40	8363.14	33293.59	giữa nhịp biên(2)	14141.45	62401.22	8385.81	32812.30
giữa nhịp biên(3)	16763.64	57788.75	13444.00	27517.99	giữa nhịp biên(3)	16805.18	58779.90	13305.94	27821.49
giữa nhịp biên(4)	12669.64	42337.11	11193.33	31866.93	giữa nhịp biên(4)	13605.28	44919.76	11367.74	32932.32
giữa nhịp chính1	14595.56	52489.65	10534.92	34955.51	giữa nhịp chính1	13566.92	48968.93	10211.27	33528.18
giữa nhịp chính2	11630.33	63014.21	12681.09	34336.43	giữa nhịp chính2	11808.93	61123.52	12681.26	33183.89
giữa nhịp chính3	19139.11	52985.40	14918.70	30724.12	giữa nhịp chính3	19125.12	52909.40	14630.36	30594.04
giữa nhịp chính4	14949.23	43059.83	11656.81	32871.84	giữa nhịp chính4	15369.00	44480.96	11603.12	32996.87
R=1000m					R=2500m				
Tĩnh tải		Hoạt tải			Tĩnh tải		Hoạt tải		
Vị trí	thố trên (kN/m ²)	thố dưới (kN/m ²)	thố trên (kN/m ²)	thố dưới (kN/m ²)	Vị trí	thố trên (kN/m ²)	thố dưới (kN/m ²)	thố trên (kN/m ²)	thố dưới (kN/m ²)
giữa nhịp biên(1)	15574.99	46255.41	10482.90	33753.26	giữa nhịp biên(1)	15256.92	45097.02	10326.02	33299.58
giữa nhịp biên(2)	14136.62	62663.26	8377.42	32950.57	giữa nhịp biên(2)	14143.37	62345.16	8387.57	32786.91
giữa nhịp biên(3)	16783.51	58481.07	13345.75	27708.39	giữa nhịp biên(3)	16810.32	58835.88	13298.61	27845.30
giữa nhịp biên(4)	13273.04	44076.84	11305.20	32551.50	giữa nhịp biên(4)	13673.92	45086.05	11380.73	33011.62
giữa nhịp chính1	13835.70	50010.13	10292.20	33866.58	giữa nhịp chính1	13521.43	48775.55	10197.91	33474.43
giữa nhịp chính2	11746.05	61636.63	12672.89	33468.79	giữa nhịp chính2	11822.40	61034.97	12683.95	33137.54
giữa nhịp chính3	19088.24	52857.72	14686.46	30576.46	giữa nhịp chính3	19137.10	52929.72	14623.44	30606.37
giữa nhịp chính4	15172.72	43911.82	11598.19	32873.94	giữa nhịp chính4	15414.51	44607.23	11606.54	33030.91

CT 2

R=1500m		Tĩnh tải		Hoạt tải		cầu thẳng		Tĩnh tải		Hoạt tải	
Vị trí		thố trên (kN/m2)	thố dưới (kN/m2)	thố trên (kN/m2)	thố dưới (kN/m2)	Vị trí		thố trên (kN/m2)	thố dưới (kN/m2)	thố trên (kN/m2)	thố dưới (kN/m2)
giữa nhịp biên(1)		15394.98	45612.33	10394.80	33493.42	giữa nhịp biên(1)		15059.87	44323.24	10225.62	33029.81
giữa nhịp biên(2)		14138.99	62491.97	8382.93	32856.24	giữa nhịp biên(2)		14154.13	62109.25	8394.86	32692.59
giữa nhịp biên(3)		16797.14	58683.85	13318.60	27782.64	giữa nhịp biên(3)		16833.64	59046.95	13271.35	27944.52
giữa nhịp biên(4)		13492.49	44640.86	11346.44	32802.55	giữa nhịp biên(4)		13955.45	45743.20	11434.16	33339.74
giữa nhịp chính1		13648.79	49302.03	10235.59	33627.82	giữa nhịp chính1		13366.33	48048.46	10153.32	33302.74
giữa nhịp chính2		11787.19	61281.45	12677.53	33268.88	giữa nhịp chính2		11879.86	60726.81	12698.15	32985.97
giữa nhịp chính3		19108.50	52882.94	14645.00	30577.36	giữa nhịp chính3		19199.98	53044.37	14609.32	30672.83
giữa nhịp chính4		15297.72	44279.91	11599.20	32947.13	giữa nhịp chính4		15616.93	45154.83	11627.92	33198.93

Bảng 2

*Tổng hợp kết quả tổng ứng suất với các bán kính cong khác nhau
(ứng với trường hợp 4 gối)*

R=500m		Tĩnh tải		Hoạt tải		R=2000m		Tĩnh tải		Hoạt tải	
Vị trí		thố trên (kN/m2)	thố dưới (kN/m2)	thố trên (kN/m2)	thố dưới (kN/m2)	Vị trí		thố trên (kN/m2)	thố dưới (kN/m2)	thố trên (kN/m2)	thố dưới (kN/m2)
giữa nhịp biên(1)		15996.90	46390.32	10704.75	34456.52	giữa nhịp biên(1)		15052.71	42760.73	10256.74	33139.59
giữa nhịp biên(2)		14872.30	63355.57	8231.55	33103.22	giữa nhịp biên(2)		14802.39	62829.49	8236.33	32641.30
giữa nhịp biên(3)		15472.70	60764.19	12954.11	27567.27	giữa nhịp biên(3)		15571.27	61475.30	12823.54	27862.03
giữa nhịp biên(4)		11665.44	40949.92	11106.42	31539.78	giữa nhịp biên(4)		12698.71	43307.51	11311.40	32626.58
giữa nhịp chính1		14782.44	46651.75	10327.30	34697.69	giữa nhịp chính1		13770.91	43751.10	9964.98	33289.07
giữa nhịp chính2		11008.13	64566.78	12320.93	34766.96	giữa nhịp chính2		11147.21	62846.04	12304.83	33626.71
giữa nhịp chính3		17735.48	56480.75	14600.32	31093.52	giữa nhịp chính3		17679.87	55897.27	14331.24	30935.21
giữa nhịp chính4		14048.75	40246.03	11439.50	32533.76	giữa nhịp chính4		14394.40	41171.47	11429.97	32663.86
R=1000m		Tĩnh tải		Hoạt tải		R=2500m		Tĩnh tải		Hoạt tải	
Vị trí		thố trên (kN/m2)	thố dưới (kN/m2)	thố trên (kN/m2)	thố dưới (kN/m2)	Vị trí		thố trên (kN/m2)	thố dưới (kN/m2)	thố trên (kN/m2)	thố dưới (kN/m2)
giữa nhịp biên(1)		15348.79	43644.47	10400.08	33524.78	giữa nhịp biên(1)		14995.82	42583.25	10228.70	33067.70
giữa nhịp biên(2)		14816.65	63030.40	8233.19	32773.01	giữa nhịp biên(2)		14800.92	62776.42	8237.11	32617.26
giữa nhịp biên(3)		15531.30	61260.61	12861.52	27752.32	giữa nhịp biên(3)		15580.04	61515.52	12816.21	27885.15
giữa nhịp biên(4)		12335.84	42540.54	11238.59	32239.60	giữa nhịp biên(4)		12773.29	43458.54	11326.45	32707.01
giữa nhịp chính1		14032.04	44596.55	10058.81	33622.89	giữa nhịp chính1		13727.10	43595.77	9948.99	33236.04
giữa nhịp chính2		11091.85	63277.82	12300.09	33907.01	giữa nhịp chính2		11159.74	62777.08	12306.97	33581.34
giữa nhịp chính3		17653.65	55984.15	14382.78	30927.75	giữa nhịp chính3		17690.10	55892.85	14325.06	30946.05
giữa nhịp chính4		14220.30	40767.96	11410.97	32540.95	giữa nhịp chính4		14435.75	41264.23	11436.12	32697.72
R=1500m		Tĩnh tải		Hoạt tải		cầu thẳng		Tĩnh tải		Hoạt tải	
Vị trí		thố trên (kN/m2)	thố dưới (kN/m2)	thố trên (kN/m2)	thố dưới (kN/m2)	Vị trí		thố trên (kN/m2)	thố dưới (kN/m2)	thố trên (kN/m2)	thố dưới (kN/m2)
giữa nhịp biên(1)		14995.82	42583.25	10228.70	33067.70	giữa nhịp biên(1)		14775.71	41871.86	10118.77	32795.25

CT 2

giữa nhịp biên(2)	14800.92	62776.42	8237.11	32617.26	giữa nhịp biên(2)	14797.06	62604.95	8240.70	32528.38
giữa nhịp biên(3)	15580.04	61515.52	12816.21	27885.15	giữa nhịp biên(3)	15617.77	61667.01	12790.30	27981.51
giữa nhịp biên(4)	12773.29	43458.54	11326.45	32707.01	giữa nhịp biên(4)	13078.16	44054.44	11388.15	33039.04
giữa nhịp chính1	13727.10	43595.77	9948.99	33236.04	giữa nhịp chính1	13579.07	43017.76	10153.32	33066.68
giữa nhịp chính2	11159.74	62777.08	12306.97	33581.34	giữa nhịp chính2	11215.29	62549.85	12698.15	33433.99
giữa nhịp chính3	17690.10	55892.85	14325.06	30946.05	giữa nhịp chính3	17747.10	55918.35	14609.32	31006.91
giữa nhịp chính4	14435.75	41264.23	11436.12	32697.72	giữa nhịp chính4	14622.46	41676.27	11627.92	32864.65

Bảng 3

Tổng hợp kết quả độ võng với các bán kính cong khác nhau

Vị trí	dầm	R= 500m	R= 1000m	R= 1500m	R= 2000m	R= 2500m	cầu thẳng
Giữa nhịp biên	dầm1	0.024	0.024	0.024	0.023	0.023	0.023
	dầm2	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
	dầm3	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
	dầm4	0.022	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023
Giữa nhịp chính	dầm1	0.032	0.028	0.028	0.027	0.027	0.027
	dầm2	0.040	0.036	0.035	0.035	0.035	0.035
	dầm3	0.040	0.036	0.035	0.035	0.035	0.035
	dầm4	0.031	0.028	0.027	0.027	0.027	0.027

Ghi chú:

Kết quả độ võng ở Bảng 3 đo bằng (m).

Kết quả mô men uốn ngang ở Bảng 4 đơn vị là KN.m

Kết quả ứng suất ở Bảng 5 có đơn vị là KN/m²

Dầm 1 phía lưng đường cong dầm 4 phía bụng đường cong

Bảng 4

Tổng hợp kết quả mô men uốn ngang với các bán kính cong khác nhau

Vị trí	dầm	R= 500m	R= 1000m	R= 1500m	R= 2000m	R= 2500m	cầu thẳng
Giữa nhịp biên	dầm1	-4.604	-5.308	-5.532	-5.642	-5.708	-5.964
	dầm2	6.936	7.189	7.266	7.303	7.325	7.410
	dầm3	-7.781	-7.605	-7.542	-7.510	-7.490	-7.410
	dầm4	7.149	6.577	6.376	6.275	6.214	5.964
Giữa nhịp chính	dầm1	8.443	9.878	10.209	10.349	10.423	10.659
	dầm2	48.159	52.936	54.257	54.886	55.256	56.690
	dầm3	-63.770	-60.169	-59.007	-58.429	-58.082	-56.690
	dầm4	-10.188	-10.795	-10.824	-10.810	-10.792	-10.659

Ghi chú:

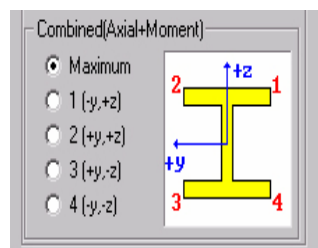
Các dầm có số (1,2,3 và 4) trong bảng 1, 2 trên tương ứng với các dầm được thể hiện trong hình 5 và ứng suất được lấy ở điểm 1 (xem hình 6) của trường hợp thô trên và điểm 4 (xem hình 6) của trường hợp thô dưới.

CT 2

Bảng 5

Tổng hợp kết quả ứng suất khi lún trụ với các trường hợp bán kính cong khác nhau

Vị trí	dầm	R= 500m	R= 1000m	R= 1500m	R= 2000m	R= 2500m	cầu thẳng
Giữa nhịp biên	dầm1	6845.61	6763.99	6298.18	6679.86	6660.01	6161.72
	dầm2	6417.86	6547.00	6565.76	5792.56	6572.60	6569.72
	dầm3	6316.27	6494.13	6530.34	6544.27	6551.32	6569.72
	dầm4	5998.73	6333.76	6424.92	6466.62	6490.37	6161.72
Giữa nhịp chính	dầm1	5384.88	5357.32	5347.21	5340.42	5318.50	5241.52
	dầm2	4849.70	5214.31	5230.64	5228.17	5223.39	5179.83
	dầm3	4644.17	4946.30	5037.77	5070.58	5097.37	5179.83
	dầm4	4358.84	4891.80	5023.33	5092.76	5127.40	5241.52



Hình 6. Mặt cắt dầm dọc

4. NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN

1. Kết cấu cầu “liên tục hoá” nhiều nhịp hay “toàn khối hoá” có nhiều ưu điểm về công năng khai thác, phù hợp với các công trình cầu hiện đại, đặc biệt là các công trình cầu trên các tuyến vận tải cao tốc nên cần được nghiên cứu ứng dụng ở Việt Nam.

2. Do tính phức tạp về cấu tạo của kết cấu cầu “liên tục hoá” nhiều nhịp hay “toàn khối hoá” nên cần có sự phân tích kết cấu một cách đầy đủ, thích hợp với các mô hình không gian 3 chiều với sự hỗ trợ của các phần mềm chuyên dụng.

3. Các kết quả phân tích thu được trên đây mới ở mức độ thử nghiệm bước đầu song cũng làm rõ được một số vấn đề sau đây:

+ Việc bố trí liên kết gối chỉ ở các dầm biên của kết cấu nhịp không làm thay đổi đáng kể sự phân bố nội lực cho các bộ phận kết cấu. Một số kết quả phân tích còn cho thấy trạng thái phân bố nội lực hài hoà hơn so với giải pháp bố trí gối thông dụng (đầy đủ liên kết gối cho các dầm). Trị số về độ võng của giải pháp bố trí gối đặc biệt tăng lên so với giải pháp liên kết gối thông dụng. Kết quả này phù hợp nguyên lý của cơ học kết cấu do tính “mềm dẻo” của kết cấu được tăng cường. Cần lưu ý thêm rằng theo nguyên lý của Tiêu chuẩn thiết kế cầu mới 22TCN -272-05 việc tăng tính dẻo có thể coi là đồng nghĩa với gia tăng mức độ an toàn của công trình.

+ Việc khảo sát nhiều bán kính khác nhau cũng bổ sung về phương diện định lượng cho việc phân tích ảnh hưởng của bán kính cong tới trạng thái nội lực trong kết cấu.

4. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy sự cần thiết bổ sung nội dung lựa chọn mô hình, công cụ tính toán cho việc phân tích các công trình cầu hiện đại.

CT 2

Tài liệu tham khảo

- [1] GS. TS Nguyễn Phúc Trí. Cầu Toàn Khối - Một kiểu cầu cần được nghiên cứu ứng dụng. Tuyển tập Hội nghị khoa học, công nghệ “Xây dựng bền vững công trình đường bộ - Hội cầu đường Việt Nam - 2003.
- [2] GS. TSKH Nguyễn Trâm. Cầu nửa tiền chế, liên tục hóa và toàn khối với mố trụ. Tuyển tập Hội nghị khoa học, công nghệ “Xây dựng bền vững công trình đường bộ - Hội cầu đường Việt Nam - 2003.
- [3] Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22 TCN-272-01. Bộ GTVT, 2001.
- [4] M. E. GIBSMAN. Proektirovanie Transpornuk Xooruzenyi - Transport- Moskva, 1980 (Tiếng Nga).
- [5] M. E. GIBSMAN. Tablysudlia raxtrieta proletnukh stroenyi Transpornuk Xooruzenyi – Transport - Moskva, 1985 (Tiếng Nga).
- [6] Hiroshi Nakai, Chai Hong Yoo. Analysis and design of curved steel Bridges. McGraw- Hill. New York, 1988.
- [7] E. C. Hambly Feng, FICE. Bridge deck behaviour- E&FN SPON, London, 1991.
- [8] Dương Văn Hiệp. Nghiên cứu tổng quan về thiết kế và công nghệ xây dựng cầu cong. Luận văn Thạc sỹ kỹ thuật, Đại học GTVT, Hà nội, 11-2002.
- [9] Kết quả thử tải cầu Bính - Hải Phòng - Đại học GTVT - 8/2005♦