



ĐỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM  
ĐẠI HỌC VÀ TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG

NGUYỄN VĂN LẠP

Nghiên cứu ứng dụng  
**BẢN THÉP BÊ TÔNG LIÊN HỢP  
LÀM MẶT CẦU**

*Ngành chuyên môn 1411 Cầu và Hầm*  
Bản tóm tắt nội dung luận án bảo vệ  
Học vị phó tiến sĩ khoa học kỹ thuật

HÀ NỘI - 1980

NGUYỄN VĂN LẠP

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG  
BẢN THÉP BÊ TÔNG LIÊN HỢP  
LÀM MẶT CẦU

L 912 t

HÀ NỘI - 1980

CÔNG TRÌNH NÀY ĐƯỢC HOÀN THÀNH Ở BỘ MÔN  
CẦU HẦM TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG.

Người hướng dẫn hoàn thiện luận án:

1 — Phó giáo sư Phó tiến sĩ khoa học kỹ thuật:

Lê Văn Thương.

Người nhận xét luận án:

1 — Phó tiến sĩ khoa học kỹ thuật: Ngô Thế Phong.

2 — Phó tiến sĩ khoa học kỹ thuật: Phạm Hồng.

Cơ quan nhận xét luận án:

*Viện Thiết kế — Bộ Giao thông vận tải.*

Bản tóm 'á' nội dung luận án đã được gửi đi  
ngày *10* tháng *5* năm *1982*. Thời gian bảo vệ luận  
án trước Hội đồng chấm luận án Nhà nước *8*  
giờ ..... ngày *15* tháng *6* năm *1982*.

Tại: *Trường Đại học Xây dựng Hà Nội*.

Có thể đọc luận án tại:

1 — Thư viện Trường Đại học Xây dựng.

2 — Thư viện Viện kỹ thuật giao thông.

Trong những năm chống Mỹ cứu nước, ngoài cầu dầm và các phương tiện khác, cầu treo cũng là loại cầu được ứng dụng có hiệu quả cho công cuộc đảm bảo giao thông. Cầu Bản Đông và cầu Kiến An là hai cầu có khẩu độ lớn đã ứng dụng loại kết cấu này. Cầu Kiến An thiết kế dùng mặt cầu bằng gỗ, sau đó lại yêu cầu phải nâng cao chất lượng sử dụng, còn cầu Bản Đông trước đây thiết kế mặt cầu bằng bản bê tông cốt thép, nhưng sau lại phải xử lý kịp thời do nền móng yếu. Một vấn đề đặt ra trong quá trình nghiên cứu là giải quyết thay thế mặt cầu gỗ bằng một loại kết cấu nhẹ nhưng lại có chất lượng tốt hơn, có thể sử dụng lâu dài được và thay thế mặt cầu bê tông cốt thép bằng một loại mặt cầu nhẹ hơn.

Viện kỹ thuật giao thông đã kiến nghị sử dụng mặt cầu bằng bản thép bê tông liên hợp, tác giả luận án đã đảm nhiệm nghiên cứu vấn đề này. Kết quả nghiên cứu chỉ rõ bản thép bê tông liên hợp có những ưu điểm rất cơ bản như dễ thi công tiết kiệm vật liệu, trọng lượng mặt cầu nhẹ đã giải quyết cho cầu Bản Đông không cần tăng cường kết cấu phần dưới và vẫn giữ nguyên tiêu chuẩn thiết kế, còn cầu Kiến An có thể nâng cấp tải trọng nên đã được cơ sở sản xuất chấp thuận đưa vào sử dụng. Tác giả luận án đã dùng những kết quả nghiên cứu của mình trực tiếp thiết kế chi tiết mặt cầu Bản Đông và trực tiếp chỉ đạo thi công mặt cầu Kiến An.

Sau khi hoàn thành công trình tác giả đã từng kết báo cáo ở Viện và trong một số hội nghị khoa học được những người làm cầu trong nước đánh giá tốt. Sở Giao thông vận tải Hải Phòng đã triển khai áp dụng kết cấu này trên các cầu Đen, Đồi, Dụng

Cương. Qua nhiều năm sử dụng kết cấu này thể hiện chất lượng tốt. Trên cơ sở thực tế đó, được sự giúp đỡ của Viện Kỹ thuật giao thông và Trường Đại học xây dựng mà người trực tiếp hướng dẫn là các Phó giáo sư, Phó tiến sĩ khoa học kỹ thuật Lê Văn Trường, Phạm Hữu Phúc, Bùi Khương, tác giả đã nghiên cứu một cách có hệ thống và nâng cao nhằm đáp ứng yêu cầu của thiết kế sản xuất là xử lý một cầu dầm nâng cấp các cầu cũ hiện làm một cầu bằng gỗ và phục vụ cho những thiết kế mới sau này và tập hợp các kết quả đó thành luận án gồm 4 chương với 126 trang và 33 hình vẽ.

## Chương I

### GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ KẾT CẤU BẢN THÉP BÊ TÔNG LIÊN HỢP

Kết cấu thép bê tông liên hợp đã được ứng dụng vào thực tiễn sản xuất ở nhiều nước để làm các công trình ngầm, các bể chứa nước với mục đích lúc đầu là chống thấm. Để tận dụng phát huy khả năng chịu lực của vật liệu, người ta đã coi kết cấu như bê tông cốt thép mà cốt thép là tấm thép nằm ở thớ biên và đạt hiệu quả có thể tiết kiệm thép thành  $40 \div 60\%$  so với bê tông cốt thép thường, khi thi công tấm thép đã thay thế ván khuôn vừa tiết kiệm vật liệu vừa dễ thi công và rút ngắn được thời gian. So với kết cấu bê tông cốt thép thì loại kết cấu này có kích thước mỏng hơn mà độ cứng vẫn bảo đảm và tính chống nứt tốt hơn. Do những ưu điểm cơ bản đó, người ta đã sử dụng vào lĩnh vực xây dựng cầu như trong cầu treo Tancarville đã làm mặt cầu bằng loại kết cấu này rất có hiệu quả. Ở nước ta qua kết quả theo dõi ở cầu treo Bản Đông và cầu treo Kiến An cũng như một số cầu cứng do Sở Giao thông vận tải Hải Phòng xây dựng có thể thấy rằng loại bản mặt cầu này làm việc rất tốt và đem lại hiệu quả kinh tế cao tiết kiệm thép từ  $9 \div 35\%$ , khối lượng bê tông giảm  $2 \div 7\%$  giá thành giảm  $9,8 \div 14,2\%$  trong toàn bộ công trình.

Để sử dụng một cách có hiệu quả loại kết cấu này nhiều vấn đề cần được giải quyết như :

Trên cơ sở chịu lực thực tế nghiên cứu phương pháp tính toán chặt chẽ hơn vì rằng loại bản mặt cầu này trong dãi mỏng, lại là kết cấu liên hợp nên trạng thái ứng suất và biến dạng sẽ không giống như kết cấu bê tông cốt thép. Do đó một vấn đề đặt ra là phải nghiên cứu phương pháp tính toán nội lực trong kết cấu như thế nào. Về mặt này nhiều tác giả đã tính toán theo các phương pháp gần đúng như khi tính bản bê tông cốt thép và đã đưa vào độ cứng hình trụ để tính theo bản kiểu dầm. Phương pháp tính như vậy không xét hết trạng thái làm việc không gian của kết cấu, cũng có tác giả đã nghiên cứu ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn để tính toán, nhưng chưa xét đầy đủ tính chất làm việc của bản nhiều lớp liên kết với nhau bằng các loại neo khác nhau. Do đó một nhiệm vụ của luận án này là tiến thêm một bước nghiên cứu phương pháp tính toán nội lực một cách chặt chẽ hơn và thực dụng hơn.

Một vấn đề quan trọng để đảm bảo điều kiện cùng làm việc của kết cấu là nghiên cứu sự liên kết giữa bê tông và tấm thép. Sức dính bám tự nhiên giữa bê tông và bề mặt tấm thép thường không đủ bảo đảm cho hai loại vật liệu cùng làm việc. Do đó phải nghiên cứu những biện pháp tăng cường sự dính bám bằng cách bố trí thêm các neo liên kết. Trong cầu treo Tancarville đã dùng những mẫu thép hàn để tăng cường dính bám, một số tác giả khác đã kiến nghị dùng những neo mềm bằng các mẫu cốt thép râu hàn vào bề mặt tấm thép. Trong cầu treo Bản Đông và cầu treo Kiến An tác giả luận án đã sử dụng cách liên kết bằng lưới cốt thép hàn vào bề mặt tấm thép. Khi bản làm việc theo một chiều có tác giả đã kiến nghị dùng tấm thép uốn lượn

sống để giải quyết liên kết. Đây là một vấn đề cần được nghiên cứu một cách nghiêm túc vì nó ảnh hưởng rất lớn đến điều kiện làm việc và hiệu quả kinh tế của kết cấu.

Vấn đề thứ ba cần phải nghiên cứu là thực tế làm việc của bê tông và thép như thế nào để đưa ra phương pháp thiết kế tiết diện hợp lý, về vấn đề này nhiều tác giả đã quan niệm kết cấu làm việc trong trạng thái đàn hồi coi sơ đồ ứng suất trên tiết diện phân bố theo hình tam giác. Tất nhiên cách quan niệm như vậy chưa phù hợp với thực tế biến dạng của kết cấu. Các tác giả Liên Xô như Борошков lại quan niệm kết cấu làm việc gần như bê tông cốt thép nên đã chọn sơ đồ tính toán tương tự, nghĩa là đến trạng thái giới hạn ứng suất trong khu chịu nén phân bố theo hình chữ nhật trong khu kéo bê tông không làm việc và cốt thép tấm đạt tới cường độ giới hạn. Phương pháp tính như thế chưa thực phù hợp với tiêu chuẩn cấu tạo của kết cấu là bề dày tương đối mỏng và hàm lượng thép tương đối lớn. Khi nghiên cứu ứng dụng loại kết cấu này tác giả luận án đã đề xuất phương pháp tính toán của mình (xem chương 3) tương đối phù hợp với điều kiện làm việc thực của kết cấu.

Để áp dụng rộng rãi vào xây dựng cầu một vấn đề không kém quan trọng trong cầu phải giải quyết là nghiên cứu chọn kích thước hợp lý như tỷ lệ giữa bề dày bản với nhịp, tỷ lệ giữa bề dày lớp bê tông với tấm thép. Vấn đề này phải xác định qua thực tế chịu lực và điều kiện ổn định cũng như những yêu cầu về cấu tạo, điều kiện thi công và khai thác để định ra những tỷ số tương đối hợp lý, phục vụ cho người thiết kế có thể chọn kích thước một cách dễ dàng.

Việc ứng dụng bản thép bê tông liên hợp vào xây dựng cầu ở nước ta có ý nghĩa khá quan trọng vì trong

nhều cầu thép hiện nay một cầu làm bằng gỗ vừa lớn kèm lại không đảm bảo chất lượng, trong tương lai phải dần dần thay thế mà không hề ảnh hưởng xấu đến khả năng chịu tải của toàn cầu, trong những trường hợp đó giải pháp tương đối có hiệu quả sẽ là bản thép bê tông liên hợp. Trong những cầu mới sau này đặc biệt là các loại kết cấu nhẹ như cầu treo, cầu treo dây văng v.v... để bắc qua sông lớn thì việc ứng dụng loại bản mặt cầu này cũng sẽ rất có hiệu quả.

## *Chương II*

### **TRÌNH BÀY NHỮNG KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VỀ CẤU TẠO**

Những vấn đề về cấu tạo cơ bản của bản thép bê tông liên hợp là bề dày bản, sự liên kết giữa bê tông và thép, sự tham gia làm việc của bản với hệ dầm mặt cầu.

Trên cơ sở những kết quả nghiên cứu về lý luận tính toán đã được kiểm chứng qua nhiều mẫu thí nghiệm, tác giả luận án đã tiến hành nghiên cứu xác định kích thước bản mặt cầu bao gồm xác định quan hệ giữa bề dày và chiều dài nhịp khi bản làm việc theo một chiều và hai chiều, điều kiện gối được coi là liên kết cứng với dầm và chịu tác dụng của các loại tải trọng, đã lập ra các bảng tra phục vụ cho người thiết kế chọn kích thước ban đầu. Qua kết quả kiểm tra về khả năng chịu lực cũng như kiểm tra về độ cứng thấy rằng bề dày bản có thể lấy khá mỏng so với quy định của quy trình hiện hành.

Trên cơ sở nghiên cứu trạng thái ứng suất của tiết diện cũng như khả năng làm việc của 2 loại vật liệu tác

giả đã lập bảng để xác định mối quan hệ giữa bê dày lớp bê tông và bê dày tấm thép. Theo tính toán thì bê dày tấm thép có thể lấy khá mỏng nhưng để chiều cốt điều kiện khai thác (chống gỉ) tác giả đã kiến nghị lấy bê dày tấm thép là 5mm và từ đó suy ra bê dày bê tông cho các trường hợp khác nhau về tải trọng về chiều dài nhịp.

Để nghiên cứu sự liên kết giữa thép và bê tông tác giả đã tiến hành nhiều mô hình thí nghiệm với các biện pháp liên kết khác nhau. Qua 94 mẫu thử có thể rút ra kết luận là với những kích thước thường gặp trong thiết kế bản mặt cầu thì liên kết bằng lưới thép hàn trên bề mặt tấm thép cho kết quả tốt nhất. Lưới thép hàn có thể dùng loại cốt thép có đường kính  $\Phi 5$  bố trí ở  $100\text{mm} \times 100\text{mm}$  và rải đều trên bề mặt tấm thép. Liên kết này làm việc tương đối tốt lại dễ thi công và có thể tận dụng sử dụng các đoạn thép đầu mẫu mà ở các công trường thường có.

Trong phần này tác giả cũng đã nghiên cứu phân tích để xác định hệ số điều kiện làm việc dùng trong tính toán, với cấu tạo liên kết bằng lưới thép hàn trong tính toán tiết diện có thể sử dụng hệ số điều kiện làm việc  $m_c = 1$  và  $m_{c1} = 1$ .

Về việc tham gia cùng làm việc của bản với dầm tác giả cũng đã nghiên cứu nhiều mẫu thí nghiệm và đối chiếu với những kiến nghị của tác giả khác thì thấy rằng vì chiều dày của bản khá mỏng nên phạm vi cùng tham gia chịu lực với dầm rất hẹp. So sánh với kết quả kiến nghị của *Срвенскни* thì lấy hẹp hơn, kết quả nghiên cứu của tác giả tương đối phù hợp với những kiến nghị của CEB vì vậy trong tính toán có thể lấy như sau:

$$2b_e = \frac{L}{10}$$

### Chương III

## TRÌNH BÀY PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

Phương pháp tính toán chính xác loại bản mặt cầu này đến nay chưa được nghiên cứu đầy đủ. Trong thiết kế trước đây ở các cầu Bắc Đông và Kiến An tác giả đã bố trí cấu tạo bản thuộc dạng kiểu dầm nên đã dùng phương pháp tính toán gần đúng với độ cứng hình trụ qui đổi.

Nhằm đáp ứng việc tính toán cho mọi trường hợp cấu tạo của bản tác giả đã nghiên cứu độ cứng hình trụ, của bản hai lớp có hình thức biến dạng bất kỳ để sử dụng phương pháp tính bản một lớp thường vẫn sử dụng trong thiết kế hiện hành.

Khi xây dựng phương pháp tính toán độ cứng hình trụ, tác giả đã coi bản thép bê tông liên hợp là loại bản hai lớp mà vật liệu mỗi lớp là đồng nhất đẳng hướng đồng thời khi chịu lực tại mặt tiếp xúc của hai lớp biểu đồ biến dạng thì liên tục còn biểu đồ ứng suất thì gián đoạn. Khi tính toán bản hai lớp tác giả đã xét cả ảnh hưởng biến dạng ngang khác nhau của mỗi lớp và lập ra các công thức để tính cho các trường hợp bản có cấu tạo khác nhau.

Khi bản làm việc kiểu dầm biến dạng có dạng mặt trụ, phương trình xác định mô men uốn như sau:

$$M = -D \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

D là độ cứng hình trụ của bản lấy theo công thức

$$D = \frac{E}{1 - \nu^2} \cdot R + \frac{n_2^2 E}{3n_1 (n_2 - \nu) (n_2 + \nu)} \cdot S$$

Trong đó  $R = \frac{2(t^2\delta + \delta^3)}{12}$

$$S = \left[ \left( t - \frac{\delta}{2} \right)^3 + \left( h - t - \frac{\delta}{2} \right)^3 \right]$$

$$E_1 = E, \nu_1 = \nu, n_1 = \frac{E_1}{E_2}, n_2 = \frac{\nu_1}{\nu_2}$$

$$t = \frac{h^2 + (n_1 - 1)}{2\delta(n_1 - 1) + 2h} - \frac{\delta}{2}$$

$E_1, E_2, \nu_1, \nu_2$  mô đun đàn hồi và hệ số Poisson của lớp 1, 2 khi sử dụng công thức  $h, \delta, t$  là các kích thước hình học của tấm.

Khi bản có kích thước hai chiều như nhau thì biến dạng có dạng mặt cầu và phương trình xác định nội lực có liên quan đến độ cứng hình trụ như sau:

$$M_x = - \left[ D(1 + \delta) + \rho S \right] \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2}$$

$$M_y = - \left[ D(1 + \delta) + \rho S \right] \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2}$$

Trong đó  $\rho = \frac{\nu E n_2 (1 - n_2)}{3n_1 (n_2 - \nu) (n_2 + \nu)}$

Khi kích thước bản bất kỳ thì biến dạng sẽ là một mặt bất kỳ và phương trình xác định nội lực có liên quan đến độ cứng hình trụ như sau:

$$M_x = - \left[ D_x \frac{\partial \omega}{\partial x^2} + D_1 \frac{\partial \omega^2}{\partial y^2} \right]$$

$$M_y = - \left[ D_y \frac{\partial \omega^2}{\partial y^2} + D_1 \frac{\partial \omega^2}{\partial x^2} \right]$$

$$M_{xy} = - D_{xy} \frac{\partial \omega^2}{\partial x \partial y}$$

Trong đó  $D_x = D_y = D$

$$D_1 = \nu D + \rho S$$

$$D_{xy} = \frac{1}{2} \left[ D(1 - \nu) - \rho S \right]$$

Với các công thức trên có thể chuyển bài toán bản hai lớp để dùng các công thức tính bản một lớp cho kết quả sai số không đáng kể. Theo kết quả tính toán so sánh với các công thức của Timoshenko thì sự sai lệch khác nhau không quá 2%, so sánh với kết quả thực nghiệm của tác giả thì sự sai lệch lớn nhất không quá 10%.

Với phương pháp tính toán này những người thiết kế có thể sử dụng để tính toán cho tất cả các loại bản mặt cầu một cách khá thuận tiện mà sai số không đến nỗi quá lớn.

Về tính toán tiết diện, tác giả đã nghiên cứu phương pháp tính toán chặt chẽ hơn. Khi tính cầu treo Tancarville các kỹ sư Pháp đã lấy sơ đồ phân bố ứng suất theo hình tam giác. Các tác giả Liên Xô thì lại lấy sơ đồ phân bố ứng suất theo hình chữ nhật. Việc lấy theo hình tam giác là giả thiết vật liệu làm việc theo đàn hồi rất nhiên là không phù hợp với thực tế. Lấy theo sơ đồ hình chữ nhật là sơ đồ gần đúng nhưng tính toán đơn giản. Khi lấy sơ đồ hình chữ nhật đáng lẽ phải nghiên cứu điều chỉnh chiều cao khu vực chịu nén qua hệ số điều kiện làm việc  $\alpha_c = m_2 x$  và biểu đồ ứng suất lấy theo cường độ nén lang trụ lợp thì có thể hợp lý hơn,

nhưng các công thức của Бопиков đã không xét các yếu tố ấy. Tác giả luận án đã trực tiếp dùng sơ đồ phân bố theo đường Parabol là sơ đồ tương đối phù hợp với thực tế chịu lực và thiết lập công thức như sau:

$$M = R_{op}bh_0^2 \left( \frac{2}{3} \xi - 0,25\xi^2 \right) \text{ trong đó } \xi = \frac{x}{h_0} \text{ và được}$$

xác định từ phương trình:

$$\xi^2 + 3\mu m_c m_{cl} n\xi - 3\mu m_c m_{cl} n = 0$$

$$\mu = \frac{F_{th}}{bh_0}, \quad n = \frac{E_{th}}{E_{tb}}$$

$m_c$  — hệ số điều kiện làm việc kể đến sự phân bố các mẫu liên kết trong mặt tiếp xúc;  $m_{cl}$  — hệ số điều kiện làm việc kể đến tính chất của mặt tấm thép.

Tác giả đã tiến hành so sánh kết quả tính toán với thực nghiệm thấy rằng với số mẫu thử đã thí nghiệm thì phương pháp tính theo Бопиков cho sai số trong phạm vi từ  $-29\%$  đến  $+10\%$ , theo công thức của tác giả thì sai số từ  $+6\%$  đến  $+31\%$ . Qua kết quả đó thấy rằng tính theo công thức của tác giả sai số đều là (+) thiên về an toàn và phạm vi sai số cũng nhỏ hơn. Việc tính toán theo đường Parabol không có gì phức tạp lắm nên trong thực tế ta hoàn toàn có thể chấp nhận được.

## Chương IV

### TRÌNH BÀY NHỮNG THÍ NGHIỆM ĐÃ TIẾN HÀNH

Với mục đích thí nghiệm để kiểm chứng phương pháp tính toán và rút ra những kết luận về cấu tạo, tác giả đã tiến hành nhiều mẫu thí nghiệm khác nhau. Để kiểm tra tình hình chịu lực và kiểm chứng phương pháp tính toán, tác giả đã tiến hành trên 3 mẫu: một mẫu bê tông cốt thép, một mẫu bê tông thép liên hợp có liên kết bằng lưới hàn, một mẫu bê tông thép liên hợp có liên kết bằng lưới hàn kèm theo râu chống tách.

Qua thí nghiệm thấy:

Bản thép bê tông liên hợp so với bản bê tông cốt thép mỏng hơn nhiều, nhưng khả năng làm việc về cường độ cũng như độ võng tốt hơn.

So sánh kết quả tính toán với thực nghiệm thì kết quả tính toán nhỏ hơn từ 5 ÷ 10%, sự phá hoại xảy ra trước trong vùng bê tông chịu nén. Điều đó chứng tỏ cơ sở tính toán trình bày trong chương 3 là có thể chấp nhận được.

Để kiểm tra khả năng tham gia chịu lực với dầm đã tiến hành các thí nghiệm với các dầm có bản thép bê tông liên hợp mà tấm thép được hàn vào cánh dầm và sự liên kết giữa bê tông và thép qua lưới thép hàn, kết quả thí nghiệm cho thấy:

Độ trượt giữa bê tông và thép đến phá hoại  $\Delta_{tn} = 0,005 \div 0,07\text{mm}$ , phù hợp với kết quả tính toán  $\Delta_{tt} = 0,074\text{mm}$ .

Độ võng của bản và của dầm qua 28 điểm đo là phù hợp với kết quả tính toán.

Đến giới hạn thì độ võng vẫn nhỏ hơn giới hạn cho phép :

$$\frac{f}{l} = \frac{1}{630} < \frac{1}{400} \text{ (dầm)}$$

$$\frac{f}{l} = \frac{1}{220} < \frac{1}{200} \text{ (bản)}$$

Sự tham gia làm việc của cánh dầm khi tải trọng tập trung như vậy là nhỏ hơn kiến nghị của Стрелецких và so với CEB là  $2b_c = \frac{L}{10}$ , thì tương đối phù hợp.

Để kiểm tra sự dính kết giữa thép và bê tông đã tiến hành thí nghiệm 94 mẫu với các biện pháp liên kết như :

— Dùng keo épôxê quét lên mặt tấm thép một lớp dày 1mm, 28 mẫu.

— Dùng lưới thép hàn từng ô  $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ , 28 mẫu

— Gia công để mặt tấm thép có độ nhám tốt hơn bình thường, 28 mẫu.

— Mẫu không có biện pháp tăng cường dính bám, 10 mẫu.

Qua kết quả thí nghiệm thấy dùng lưới thép hàn cho kết quả tốt hơn. Do đó kiến nghị trong thực tế thiết kế có thể dùng liên kết này.

Qua kết quả thiết kế, xây dựng và theo dõi khai thác một số cầu trong thực tế, qua nghiên cứu lý thuyết và kết quả thực nghiệm trong phòng thí nghiệm có thể rút ra những kết luận sau:

1. Bản mặt cầu bằng thép bê tông liên hợp là một phương án có thể ưu tiên lựa chọn khi thiết kế cải tạo cầu cũ, thiết kế các cầu mới bằng các sơ đồ kết cấu nhẹ.

2. Chiều dày bản mặt cầu bằng thép bê tông liên hợp có thể lấy tương đối mỏng so với bản bê tông cốt thép; Có thể dùng đến 5cm, trong đó bê dày tấm thép nhỏ nhất có thể lấy là 5mm.

3. Việc liên kết giữa tấm thép và bê tông có thể dùng lưới hàn bằng cốt thép  $\varnothing 5\text{mm}$ , ô  $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ .

4. Việc tính toán nội lực trong bản mặt cầu thép bê tông liên hợp có thể dùng phương pháp tính toán bản một lớp với việc đưa vào độ cứng hình trụ của bản hai lớp.

5. Khi duyệt tiết diện có thể dùng sơ đồ phân bố ứng suất theo đường Parabol và cần phải đưa vào các hệ số điều kiện làm việc và hệ số chống trượt.

6. Để phát triển ứng dụng rộng rãi hơn trong các cầu vĩnh cửu, cần tiếp tục nghiên cứu ảnh hưởng của tải trọng động, ảnh hưởng của từ biến có ngót của bê tông và nghiên cứu thêm về lý luận tính toán chính xác hơn.

•

---

*In 100 cuốn khổ  $13 \times 19$  tại xưởng in trường Đại học Giao thông Đường sắt – Đường bộ Hà Nội. Song ngày 19 tháng 6 năm 1981*