

# NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN THIẾT KẾ BÀN MẶT CẦU BẰNG BÊ TÔNG CỐT SỢI THÉP

STUDY ON DESIGNING BRIDGE DECK BY USING STEEL FIBER CONCRETE

**ThS. Lương Vĩnh Phú**

*Trường Đại Học Đông Á*

## TÓM TẮT

Sử dụng bê tông cốt sợi thép làm tăng độ bền cơ, giảm tính giòn của bê tông. Loại bê tông này có thể ứng dụng cho những lớp phủ bề mặt cần cường độ cao, như: đường băng sân bay, đường bê tông cao cấp, đập tràn, chống thấm sửa chữa và gia cường kết cấu. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu việc sử dụng bê tông cốt sợi thép để làm bản mặt cầu

*Từ khóa: bê tông cốt sợi thép, bản mặt cầu, cường độ chịu uốn, độ bền*

## ABSTRACT

Steel fiber concrete is used not only for increasing mechanical strength but also for decreasing brittle feature of concrete. This product can be applied for constructing many kinds of surface coating requiring high strength such as runway, highway, spillways' waterproofing, structural repair and structural consolidation, and so on. This paper presents the finding of using steel fiber concrete to design bridge deck.

*Key words: steel fiber concrete, deck, bending strength, strength.*

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, bê tông nặng được sử dụng phổ biến trong các công trình xây dựng. Bê tông nặng có ưu điểm là có khả năng làm việc rất tốt với cốt thép trong kết cấu bê tông cốt thép; đạt được yêu cầu kỹ thuật do thiết kế đề ra; khá bền vững và ổn định với mưa, nắng, nhiệt độ, độ ẩm; có giá thành hợp lý. Bên cạnh những ưu điểm trên thì bê tông nặng thường dễ phát sinh vết nứt do co ngót và từ biến, cường độ chịu kéo, chịu uốn, độ mài mòn và khả năng chống va đập kém. Vì vậy, cần phải nghiên cứu bổ sung các loại vật liệu mới có khả năng khắc phục những nhược điểm trên của bê tông nặng. Giải pháp tăng cường khả năng chịu lực của bê tông thông qua việc thay đổi một số tính chất cơ lý của vật liệu, như trộn thêm vào bê tông các loại sợi là một ý tưởng đang được quan tâm nghiên cứu trên thế giới. Việc pha trộn cốt sợi vào

bê tông đã cải thiện một số tính chất của bê tông, như: tăng cường độ chịu uốn, tăng độ dẻo dai cho bê tông, tăng khả năng chịu va chạm mạnh; tăng khả năng chịu biến dạng khi kéo uốn; tăng khả năng kháng nứt do chịu tải trọng, từ biến, co ngót và các tính chất khác, trong đó rõ rệt nhất là tăng cao cường độ chịu kéo khi uốn 50-70%, thậm chí lớn hơn 100% [1].

Xuất hiện vào đầu những năm 1960, bê tông cốt sợi thép được ứng dụng rất nhiều trong lĩnh vực xây dựng: mặt đường ô tô, mặt đường sân bay, đường hầm, giữ ổn định mái dốc, sàn nhà công nghiệp, các kết cấu chịu tải trọng động,... Vào năm 1970, nhà xe sân bay Lockbourne bang Ohio ở Mỹ được xây dựng từ những tấm bê tông cốt sợi đúc tại chỗ, những tấm bê tông cốt sợi này có kích thước là 10.7x14x0.15m và 1.5x6.7x0.15m. Loại sợi được sử dụng

trong công trình này là sợi thép, hàm lượng sợi sử dụng là  $106\text{kg/m}^3$ . Sau khi đổ xong tấm bê tông cốt sợi, người ta phủ lên mặt của những tấm bê tông cốt sợi này bằng những lớp lưới sợi PP có bề dày  $0.2\text{mm}$  để làm lớp đệm chống mài mòn trong quá trình sử dụng công trình; Năm 1970 ở Michigan của Mỹ, đường Niles dẫn vào khu công nghiệp được xây dựng bằng bê tông cốt sợi thép phân tán với chiều dày của đường là  $100\text{mm}$ . Sợi thép thẳng được đưa sử dụng với hàm lượng là  $120\text{ kg/m}^3$ . Sau khi đưa công trình vào sử dụng, người ta tiến hành so sánh đường làm bê tông cốt sợi và đường làm bằng bê tông bình thường thì thấy rằng: mặc dù đường làm bằng bê tông cốt sợi có chiều dày ( $100\text{mm}$ ) nhỏ hơn so với đường làm bằng bê tông thông thường ( $180\text{mm}$ ) nhưng khả năng chịu tải, chịu mài mòn và chống nứt tốt hơn so với đường bê tông thông thường không sử dụng cốt sợi. Năm 1983, tại Frankfurt ở Đức, người ta tiến hành xây dựng sân bay Frankfurt. Sân bay này có lớp phủ mặt đường băng làm bằng bê tông có cốt sợi thép phân tán, hàm lượng sợi sử dụng là  $60\text{kg/m}^3$  để góp phần làm tăng khả năng chống mài mòn và chống co ngót cho đường băng. Bên cạnh những lĩnh vực ứng dụng như trên, từ những năm 1980 trở lại đây, sợi thép; sợi polypropylene được sử dụng rất phổ biến cho bê tông bơm phụt theo cả qui trình khô và qui trình ướt. Bê tông bơm phụt gia cường cốt sợi được sử dụng để ổn định mái dốc tự nhiên của những công trình đường hầm, để bao phủ bề mặt nền đá chống lại hiện tượng hóa mềm của đá bùn trong khi xây dựng đập, bao phủ bề mặt của những hồ rác để giảm

thiểu sự xâm nhập của nước và sự rò rỉ của chất độc có hại ra bên ngoài [2].

Hiện nay, ở Việt Nam việc nghiên cứu bê tông cốt sợi thép đa phần mới chỉ dừng ở bước nghiên cứu tính chất cơ học của BTCS thép mà chưa nghiên cứu thiết kế ứng dụng bê tông cốt sợi để chế tạo những cấu kiện của công trình xây dựng nói chung và công trình cầu đường nói riêng. Vì vậy, cần phát triển và ứng dụng BTCS vào việc chế tạo các cấu kiện của công trình cầu đường.

Bản mặt cầu là bộ phận thường xuyên chịu sự tác động của các yếu tố thời tiết, các tác động của các phương tiện giao thông lưu thông trên cầu. Vì thế bản mặt cầu dễ bị nứt do co ngót, tác động cơ học của phương tiện giao thông. Do đó, khi nghiên cứu thiết kế BTCS vào bản mặt cầu làm tăng khả năng chống nứt của mặt cầu, giảm chiều dày bản mặt cầu. Từ đó giảm được một phần trọng lượng kết cấu nhịp tính toán của cầu, làm cho kết cấu nhịp thanh mảnh hơn mà vẫn chịu lực tốt hơn. Tức là nâng cao hiệu quả kinh tế sử dụng vật liệu và thẩm mỹ của công trình.

## II. ĐẶC ĐIỂM VÀ CƠ CHẾ LÀM VIỆC CỦA BÊ TÔNG CỐT SỢI THÉP

### 2.1. Các loại sợi thép

Sợi thép được sản xuất từ thép cacbon hay thép không gỉ, cường độ chịu kéo trong khoảng  $345\div 1380\text{ MPa}$ ., mô đun đàn hồi khoảng  $200\text{ GPa}$ , tiết diện sợi thép có thể là tròn, vuông, chiều dài sợi thép thường nhỏ hơn  $75\text{mm}$ . Tỷ số chiều dài sợi trên đường kính sợi từ  $30\div 100$  thường hay sử dụng để gia cường cho bê tông xi măng.

Sợi tròn, thẳng được sản xuất bằng cách cắt hoặc chặt dây thép (đường kính từ  $0.25\div 1\text{mm}$ )

Các sợi lượn sóng được sản xuất bằng cách uốn lượn sóng trên toàn chiều dài hoặc chỉ uốn cong hai đầu. Làm biến dạng cốt sợi là để tăng độ dính bám cơ học.

Các sợi được tập hợp thành từng bó bằng cách nhúng vào dung dịch keo để dễ dàng vận chuyển và trộn. Trong quá trình trộn, keo sẽ bị hòa tan và bó sợi được tách ra thành từng sợi riêng rẽ [3].

## 2.2. Kiểu sợi

Các loại sợi rất đa dạng và phong phú. Tùy thuộc vào quá trình sử dụng mà người ta sản xuất ra các loại sợi có sự khác nhau về cường độ kéo, hình dạng và đặc tính bề mặt.

Vì vết nứt phát triển qua khối, như đã trình bày ở trên, bề rộng các vết nứt sẽ tăng. Đối với các sợi thép đi qua và chống lại sự mở rộng của vết nứt, sự phát triển của ứng suất trong sợi được hình thành bởi hai yếu tố:

+ Liên kết bề mặt giữa hồ xi măng và cốt sợi.

+ Sự neo cơ học do hình dạng của sợi thép làm tăng cường liên kết giữa xi măng và sợi thép có tác động khi ứng suất trong bê tông lớn hơn sức liên kết bề mặt được đánh giá vào khoảng 3MPa.

Với các sợi thẳng, chiều dài cần thiết của sợi thép để cung cấp đủ diện tích tiếp xúc phát triển ứng suất kéo trong sợi thép có thể trở nên quá lớn. Điều này có dẫn đến các sợi thép bị rời và khó bố trí trong bê tông cũng như khó khăn khi đổ và đầm bê tông.

Những nhà sản xuất sợi cũng cố gắng cải thiện hiệu ứng của sợi, tạo các cơ cấu neo cơ học khác nhau thông qua những tính chất đặc biệt, có thể xếp thành hai loại: uốn

cong (dập lượn sóng) liên tục và loại có neo (bê móc) ở đầu và cuối sợi.

Sự uốn cong liên tục cung cấp một cơ cấu neo rõ ràng quanh vị trí phát triển vết nứt, dẫn đến một sức kháng lớn hơn và sự phân bố lại ứng suất trong khối bê tông bao quanh.

Những hiệu ứng như trên ảnh hưởng đáng kể đến những đặc trưng của bê tông gia cường cốt sợi thép và cần phải được tính đến khi lựa chọn kiểu sợi.

## 2.3. Tính chất của bê tông tươi (có trộn sợi thép)

Hiểu rõ tính chất của quá trình trộn bê tông là rất quan trọng và tạo điều kiện thuận lợi trong các công tác liên quan trong quá trình sử dụng bê tông. BTCS khó trộn lẫn và khó đổ hơn bê tông thường. Tuy nhiên, chúng ta dễ dàng khắc phục bằng nhiều phương pháp. Tuy nhiên các phương pháp vẫn phải đảm bảo tính chất của bê tông cốt sợi thép. Sự sai lầm có thể dẫn đến kết quả là phá hoại thành phần bê tông và như vậy sẽ gây mất mát cường độ và tính dẻo của bê tông. Những tham số ảnh hưởng tới sự thay đổi trong tính chất của quá trình trộn bê tông tươi:

- + Kiểu sợi
- + Hàm lượng sợi
- + Cốt liệu lớn nhất
- + Phương pháp đưa sợi vào quá trình trộn.

Các tham số này được xác định bằng thực nghiệm và có thể điều chỉnh bằng cách thêm vào bê tông phụ gia hóa dẻo hoặc phụ gia siêu dẻo.

**2.4. Tính chất của bê tông cốt sợi thép đã hóa cứng.**

Tính chất của bê tông đông cứng được cải thiện một cách đáng kể thông qua việc thêm một thể tích thích hợp sợi thép.

Các sợi thép ảnh hưởng đến cường độ kéo, cường độ cắt và nén, tính chất của vết nứt và quá trình biến dạng của bê tông. Những sự biến đổi những thành phần khác trong quá trình trộn bê tông hoặc quá trình sử dụng bê tông có thể ảnh hưởng quan trọng đối với tính chất này. Đặc trưng hình học của những cấu kiện và điều kiện thí nghiệm cũng có một ảnh hưởng quan trọng và phải được tính đến bằng các hệ số tính toán.

Như bê tông thông thường, những ảnh hưởng của môi trường ảnh hưởng đến tính chất của bê tông đông cứng. Ảnh hưởng này có thể xuất hiện do sự bốc hơi nước bề mặt, do quá trình rửa trôi bề mặt ngoài, do tải trọng xung kích, tải trọng lặp hay các tác động hóa học khác. Nếu bỏ qua quá trình bảo dưỡng bê tông dưới những tác động trên có thể làm suy yếu tính chất của bê tông đông cứng. Như vậy, bảo dưỡng có một vị trí rất quan trọng để đảm bảo chất lượng bê tông.

**III. MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP TÍNH BÊ TÔNG CỐT SỢI THÉP**

**3.1. Phương pháp tính toán khả năng chịu uốn của kết cấu bê tông cốt thép có gia cường sợi thép phát triển từ tiêu chuẩn ACI 318-05**

Việc gia cường sợi thép vào trong bê tông sẽ nâng cao tính chất cơ lý cho bê tông, đặc biệt làm cho bê tông dẻo hơn.

Trong nghiên cứu này, các tác giả Hồ Đức Duy, Hồ Hữu Chính, Bùi Công Thành – Trường Đại học Bách Khoa thuộc Đại học Quốc gia, thành phố Hồ Chí Minh đã đưa ra phương pháp tính toán khả năng chịu uốn của kết bê tông cốt thép có gia cường sợi thép.

Phương pháp này được phát triển trên cơ sở tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông cốt thép thông thường, không có sợi thép, của Hoa Kỳ 318-05. So với tiêu chuẩn ACI 318-05, phương pháp này có hai sự hiệu chỉnh như sau:

(1) Cường độ chịu kéo sau khi nứt của bê tông cốt sợi thép,  $f_{pc}$ , được đưa vào tính toán. Theo Lok và Xiao:

$$f_{pc} = \eta V_f \tau_d \frac{L_f}{d_f}$$

Trong đó:

$\eta$ : hệ số phân sợi,  $\eta = 0.5$  đối với sàn và  $\eta = 0.405$  đối với dầm.

$V_f$ : hàm lượng sợi theo thể tích.

$L_f$ : chiều dài sợi thép.

$d_f$ : đường kính sợi.

$\tau_d$ : cường độ bám dính giữa sợi thép và bê tông, theo Khaloo và Afshari,  $\tau_d$  tính bằng:

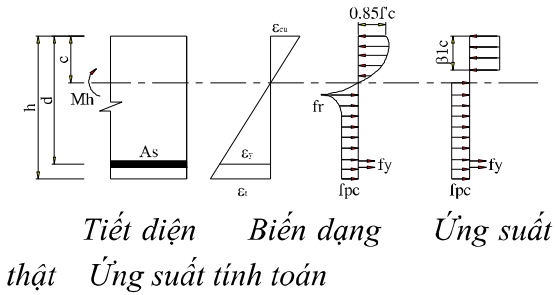
$$\tau_d = 0.6(f_c')^{2/3}$$

$f_c'$ : cường độ chịu nén bê tông cốt sợi thép xác định từ thí nghiệm nén mẫu trụ.

(2) Biến dạng nén cực hạn của bê tông cốt sợi thép  $\epsilon_{cu}$  được phép lấy lớn hơn giá trị 0.003 của bê tông thường. Một số nghiên cứu đã đưa ra kiến nghị cho giá trị  $\epsilon_{cu}$ . Theo Williamson (1973) và Pearlman (1979) lấy  $\epsilon_{cu} = 0.0033$ ; Swamy và Al-Ta'an (1981) lấy  $\epsilon_{cu} = 0.0035$ ; Hassoun và Sahebjam (1985) lấy  $\epsilon_{cu} = 0.0035$  khi  $V_f =$

1% và  $\epsilon_{cu} = 0.004$  khi  $V_f = 1 \div 3\%$ . Trên cơ sở này, các tác giả đề nghị đối với các hàm lượng sợi trung gian có thể nội suy để xác định  $\epsilon_{cu}$  như sau:  $\epsilon_{cu} = 0.0005V_f + 0.003$

Chọn trường hợp phá hoại cân bằng làm cơ sở tính toán. Khi kết cấu đạt đến trạng thái giới hạn, bê tông vùng nén bị ép vỡ  $\epsilon_c \rightarrow \epsilon_{cu}$ , đồng thời cốt thép vùng kéo bị chảy dẻo  $\epsilon_s \rightarrow \epsilon_y$  và ứng suất trung bình của bê tông cốt sợi vùng kéo đạt giá trị  $f_{pc}$ . Sơ đồ ứng suất – biến dạng được giới thiệu ở hình 2.26



Hình 1: Sơ đồ ứng suất biến dạng trong trường hợp phá hoại cân bằng

Khả năng chịu uốn của tiết diện:

$$M_n = f_y A_s \left( d - \frac{\beta_1 c}{2} \right) + f_{pc} b (h - c) \left( \frac{h + (1 - \beta_1) c}{2} \right) \quad (2.13)$$

với chiều cao vùng bê tông cốt sợi thép chịu nén:

$$c = \frac{\frac{f_y A_s}{b} + f_{pc} h}{0.85 \beta_1 f'_c + f_{pc}} \quad (2.14)$$

Trong đó:

- $M_n$ : Momen danh nghĩa của tiết diện.
- $b$ : Chiều rộng tiết diện.
- $h$ : Chiều cao tiết diện.
- $d$ : Chiều cao có ích của tiết diện.
- $c$ : Chiều cao vùng bê tông cốt sợi thép chịu nén.
- $A_s$ : Diện tích cốt thép chịu kéo.
- $f'_c$ : Cường độ chịu nén của bê tông cốt sợi thép.
- $f_y$ : Cường độ chảy dẻo của cốt thép.

$f_{pc}$ : Cường độ chịu kéo sau khi đứt của bê tông cốt sợi thép.

$\epsilon_{cu}$ : Biến dạng cực hạn của bê tông cốt sợi thép vùng nén.

$\epsilon_y$ : Biến dạng chảy dẻo của cốt thép.

$\epsilon_t$ : Biến dạng của bê tông cốt sợi thép vùng kéo.

$\beta_1$ : Hệ số hiệu chỉnh chiều cao vùng nén, xác định theo công thức:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \left( \frac{f'_c - 30}{7} \right) \quad 0.65 \leq \beta_1 \leq 0.85$$

Trong tính toán thiết kế, điều kiện sau đây cần được thỏa mãn:  $M_u \leq \phi M_n$

Trong đó:

$M_u$ : Momen ngoại lực tác dụng.

$M_n$ : Momen danh nghĩa của tiết diện.

$\phi$ : Hệ số giảm độ bền.

### 3.2. Phương pháp tính bê tông cốt sợi thép theo ACI 544.4R-88

Theo hướng dẫn bê tông cốt sợi thép ACI 544.4R-88:

Công thức xác định cường độ của hỗn hợp bê tông cốt sợi thép khi xuất hiện vết nứt đầu tiên:

$$\sigma_{cf} = 0.843 f_r V_m + 425 V_f l / d_f \quad (\text{psi}) \quad (2.15)$$

Công thức xác định cường độ uốn cực đại:

$$\sigma_{cu} = 0.97 f_r V_m + 494 V_f l / d_f \quad (\text{psi}) \quad (2.16)$$

Trong đó:

$\sigma_{cf}$ : Ứng suất kéo

$f_r$ : Ứng suất trong vật liệu nền (môđun phá hoại của vữa hay bê tông) (psi)

$V_m$ : Tỷ lệ của vật liệu nền theo thể tích;

$$V_m = 1 - V_f$$

$V_f$ : Tỷ lệ sợi theo thể tích;  $V_f = 1 - V_m$

$l/d_f$ : Tỷ số chiều dài và đường kính của sợi (tỷ số hình dạng)



## IV. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 4.1. Kết quả

Phương án	Chiều dày BMC (m)	Vật liệu	Giá thành (VND/1m <sup>2</sup> )
BMC bê tông CT thường	0.2	- Bê tông 25MPa - Lưới trên: Thép $\phi$ 16 cách khoảng 150mm - Lưới dưới: Thép $\phi$ 16 cách khoảng 150mm	1.215.968
BMC bê tông CT thường gia cường sợi thép	0.14	- Bê tông 30MPa - Sợi thép ZHITAI chiều dài 37mm, đường kính 0.55mm hàm lượng 0.8% - Lưới trên: Thép $\phi$ 14 cách khoảng 150mm - Lưới dưới: Thép $\phi$ 12 cách khoảng 150mm	1.180.178
BMC bê tông cốt sợi thép	0.15	- Bê tông 30MPa - Sợi thép ZHITAI chiều dài 37mm, đường kính 0.55mm hàm lượng 2.5%	1.444.608

### 4.2. Thảo luận

Sau khi nghiên cứu chúng ta thấy khi trộn sợi thép vào bê tông thường thì cường độ kháng kéo, kháng uốn, kháng cắt, cường độ chống va đập, chống mòn, chống mỏi, chống nứt... của bê tông đều tăng lên rõ rệt. Tuy nhiên, nếu hàm lượng sợi thép tăng lên thì tính công tác của bê tông bị ảnh hưởng đáng kể, làm cho bê tông khó trộn hơn và khó đổ hơn. Vấn đề này có thể khắc phục bằng cách sử dụng các loại phụ gia tăng dẻo mạnh hơn.

Rõ ràng khi ứng dụng bê tông cốt sợi thép vào làm vật liệu bản mặt cầu thì có thể giảm chiều dày, giảm đường kính cốt thép thanh, cải thiện tính năng sử dụng của kết cấu lên nhiều. Tuy nhiên, hiện nay ở Việt Nam chưa sản xuất được các loại cốt sợi thép nên hầu hết các loại sợi thép hiện nay có trên thị trường đều được nhập khẩu từ Trung Quốc, Malaysia,... nên từ bảng tổng

hợp ta có thể giá thành của bê tông cốt sợi thép cao hơn so với bê tông thường. Bên cạnh đó, khi thi công bê tông cốt sợi thép điều khó nhất là công nghệ thi công phải đảm bảo được sợi thép phân tán đều trong bê tông. Từ những tài liệu thu thập và kết quả ứng dụng vật liệu này vào thiết kế bản mặt cầu, tác giả đưa ra các kiến nghị sau:

+ Trong điều kiện công nghệ, vật liệu hiện nay ở Việt Nam chỉ nên ứng dụng thiết kế bản mặt cầu bê tông cốt thép thường có gia cố sợi thép. Vì theo kết quả tính toán, đây là phương án vừa đáp ứng về mặt kỹ thuật, như: giảm chiều dày bản mặt cầu, các chỉ tiêu cơ lý của vật liệu đều tăng. Ngoài ra, ở phương án này còn đạt hiệu quả kinh tế cao khi nó có giá thành thấp nhất so với hai phương án còn lại.

+ Cần nghiên cứu và thí nghiệm thêm điều kiện làm việc thực tế của bản mặt cầu

dùng bê tông cốt sợi thép để đảm bảo tính toán lý thuyết là hoàn toàn xác thực với thực tiễn.

+ Cần mở rộng phạm vi ứng dụng của loại vật liệu này trong nhiều lĩnh vực, như:

bến cảng, hàng không, nhà dân dụng,... Ngoài ra, còn ứng dụng trộn sợi thép vào không những hỗn hợp bê tông xi măng mà còn vào hỗn hợp bê tông nhựa ở Việt Nam.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TS. Nguyễn Thanh Bình (2007), *Ảnh hưởng của cường độ bê tông và loại sợi thép đến hiệu quả sử dụng sợi thép trong bê tông cốt sợi thép*, Viện Khoa học công nghệ Xây dựng.
- [2] TS. Nguyễn Văn Chánh, Trần Văn Miên (2003), *Nghiên cứu chế tạo bê tông cốt sợi trên nền vật liệu xây dựng địa phương*, Khoa Kỹ thuật Xây dựng - Trường Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh.
- [3] TS. Nguyễn Quang Chiêu (2008), *Bê tông cốt sợi và bê tông sợi thép*, Nhà xuất bản giao thông vận tải.
- [4] PGS.TS Nguyễn Viết Trung, TS. Nguyễn Ngọc Long, ThS. Phạm Duy Anh (2005), *Bê tông cốt sợi thép*, NXB. Xây dựng.
- [5] Hồ Đức Duy, Hồ Hữu Chính, Bùi Công Thành (2009), *Phương pháp tính toán khả năng chịu uốn của kết cấu bê tông cốt thép có gia cường sợi thép*, Trường Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh.
- [6] Bộ Giao thông vận tải (2005), *Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN 272-05*, NXB. Giao thông vận tải.