

# Ảnh hưởng của cường độ bê tông đến hiệu quả kinh tế, kỹ thuật của dầm bê tông dự ứng lực mặt cắt chữ U chiều dài nhịp 30m

■ **THS. PHẠM MỸ LINH** - Trường Đại học Giao thông vận tải - Phân hiệu tại TP. Hồ Chí Minh

**TÓM TẮT:** Bài báo nghiên cứu hiệu quả kinh tế kỹ thuật của dầm bê tông dự ứng lực mặt cắt chữ U chiều dài nhịp 30m khi thay đổi cường độ bê tông sử dụng. Việc thay đổi cường độ bê tông cho phép giảm bớt chiều cao dầm, số lượng dầm trên mặt cắt ngang mà vẫn đảm bảo khả năng chịu lực, đồng thời tiết kiệm vật liệu xây dựng.

**TỪ KHÓA:** Dầm bê tông dự ứng lực mặt cắt chữ U, cường độ bê tông

**ABSTRACT:** This article studied about the effectiveness of economy and technology of U-section prestressed concrete 30m beam when change the strength of concrete. The change of concrete strength allows the reduction in height and the number of beams on the cross section while ensuring bearing capacity, also saving construction materials.

**KEYWORDS:** U-section prestressed concrete beam, concrete strength

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dầm U được Sở GTVT bang Texas của Mỹ bắt đầu phát triển vào những năm 80 của thế kỷ 20 và hiện nay đã được ứng dụng rất phổ biến tại Mỹ, Nhật Bản, Hàn Quốc, châu Âu, Canada... Tại Việt Nam, dầm U đang được Trường Đại học GTVT kết hợp cùng Công ty Cổ Phần Beton 6 nghiên cứu và đề xuất đưa vào sử dụng. Dầm U có nhiều ưu điểm như tiết kiệm chi phí, an toàn trong thi công, hình dáng đẹp, hiệu quả về kết cấu, ổn định...

Bên cạnh đó, việc sử dụng bê tông cường độ cao đã được sử dụng rộng rãi trong xây dựng. Dầm U với cấu tạo phần bầu dầm mở rộng cho phép bố trí nhiều cốt thép dự ứng lực, rất phù hợp với việc sử dụng bê tông cường độ cao.

Bài báo tính toán khả năng chịu lực, nội lực, khối lượng vật liệu của dầm bê tông cốt thép dự ứng lực mặt

cắt chữ U khi thay đổi cường độ bê tông, chiều cao dầm, số lượng dầm và số lượng tạo cấp dư ứng lực.

## 2. CƠ SỞ TÍNH TOÁN, PHÂN TÍCH DẦM U THEO TIÊU CHUẨN 22TCN 272-05

### 2.1. Mục đích tính toán thiết kế dầm U

Các phân tích và tính toán theo Tiêu chuẩn 22TCN 272-05 hướng tới mục tiêu:

- Đảm bảo an toàn cho người và phương tiện tham gia giao thông;
- Đáp ứng yêu cầu khai thác chủ yếu về các mặt: Độ bền, dễ kiểm tra, thuận tiện duy tu, thuận tiện thông xe, các tiện ích công cộng khác (tải đường ống dẫn nước, dẫn đường điện...), độ cứng (khả năng chống biến dạng), xét tới khả năng mở rộng cầu trong tương lai;
- Khả năng thi công;
- Tính kinh tế;
- Tính mỹ quan, kiến trúc.

### 2.2. Triết lý thiết kế tổng quát

Mục đích thiết kế của dầm U theo Tiêu chuẩn 22TCN 272-05 nêu trên được cụ thể hóa bằng hai khái niệm:

- Trạng thái giới hạn: Tình huống nguy hại: Đặc trưng dự kiến có thể xảy ra cho kết cấu. Khi vượt qua trạng thái giới hạn ngừng thỏa mãn yêu cầu thiết kế. Các trạng thái giới hạn được coi là ngang nhau;
- Điều kiện đảm bảo an toàn: Đối với mọi trạng thái giới hạn phải thỏa mãn bất phương trình sau:

$$\sum q_i \gamma_i Q_i \leq \phi R_n = R$$

Với ý nghĩa tổng các tác động có thể xảy ra trong tình huống cụ thể đều phải nhỏ hơn sức kháng của kết cấu được thiết kế.

Trong đó:

- $\phi$  - Hệ số sức kháng được xác định trên cơ sở thống kê ( $\phi \leq 1$ ) nhằm tăng mức độ an toàn. Hệ số sức kháng được lấy theo điều 5.5.4.2 và bảng 5.5.4.2.2-1 phụ thuộc vào phương pháp thi công, vật liệu kết cấu mức độ dự ứng lực (một phần hay toàn phần).

$R_n$  - Sức kháng danh định của vật liệu;

$\gamma_i$  - Hệ số tải trọng lấy theo các bảng 3.4.1.1 và 3.4.1.2;

$\eta_i$  - Hệ số điều chỉnh tải trọng theo điều: 1.3.2.1.

Tuổi thọ thiết kế công trình là 100 năm.

2.3. Sơ đồ khối tính toán thiết kế



2.4. Lựa chọn chiều cao dầm U, cường độ bê tông và số lượng tạo cấp để phân tích

- Dầm U chiều cao dầm 1.20m sử dụng cường độ bê tông 45Mpa; (42 tạo);
- Dầm U chiều cao dầm 1.10m sử dụng cường độ bê tông 55Mpa; (48 tạo);
- Dầm U chiều cao dầm 1.00m sử dụng cường độ bê tông 60Mpa; (52 tạo);
- Dầm U chiều cao dầm 0.90m sử dụng cường độ bê tông 65Mpa; (59 tạo).

3. TÍNH TOÁN NỘI LỰC VÀ KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA DẦM CHỦ

3.1. Tính toán khả năng chịu lực của dầm U30 sử dụng cáp 15.24mm theo Tiêu chuẩn 22TCN 272-05

**Bảng 3.1. Kết quả tính toán khả năng chịu lực của dầm U30**

Cường độ bê tông f <sub>c</sub> (Mpa)	Chiều cao dầm (m)	Số lượng dầm trên mặt cắt	Số tạo cấp 15.2mm (tạo)	M <sub>u</sub> (kN.m)
45	1.20	5	42	1 190.7 10 <sup>4</sup>
50	1.10	4	48	1 262.3 10 <sup>4</sup>
55	1.00	4	52	1 171.5 10 <sup>4</sup>
65	0.900	4	59	1 199.1 10 <sup>4</sup>

3.2. Tính toán nội lực dầm chủ

Tính toán nội lực dầm chủ với mặt cắt cấu Bc = 16m (khô cấu 4 làn xe). Kết cấu làm việc theo hai giai đoạn:

- Giai đoạn I (Giai đoạn chưa liên hợp): Sau khi thi công xong bản mặt cầu và bản mặt cầu chưa hình thành cường độ.

+ Đặc trưng hình học: Mặt cắt làm việc chỉ có dầm chủ.

- Giai đoạn II (Giai đoạn liên hợp): Sau khi thi công xong bản mặt cầu và bê tông bản đã đảm bảo khả năng chịu lực.

+ Đặc trưng hình học: Mặt cắt làm việc là mặt cắt liên hợp dầm chủ bản mặt cầu.

Kết quả tính toán nội lực của dầm U30.

**Bảng 3.2. Kết quả tính toán nội lực của dầm U30**

Cường độ bê tông f <sub>c</sub> (Mpa)	Chiều cao dầm (m)	Số lượng dầm trên mặt cắt	Số tạo cấp 15.2mm (tạo)	M <sub>u</sub> (kN.m)
45	1.20	5	42	1 167.0 10 <sup>4</sup>
50	1.10	4	48	1 246.7 10 <sup>4</sup>
55	1.00	4	52	1 121.8 10 <sup>4</sup>
65	0.900	4	59	1 084.0 10 <sup>4</sup>

4. PHƯƠNG PHÁP THỐNG KÊ VÀ VẼ BIỂU ĐỒ ĐỂ SO SÁNH, ĐÁNH GIÁ CÁC CHỈ TIÊU KINH TẾ - KỸ THUẬT

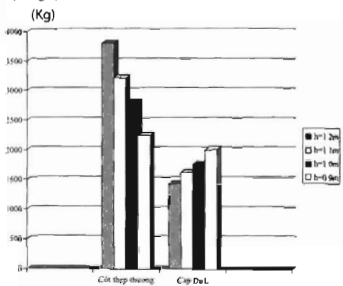
4.1. Chỉ tiêu về kinh tế

4.1.1. So sánh khối lượng vật liệu cho 1 dầm U30

**Bảng 4.1. So sánh khối lượng bê tông cho 1 dầm U30**

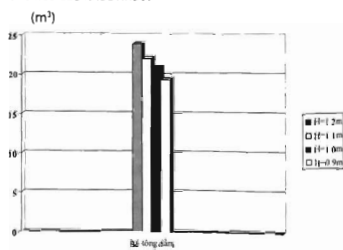
Khối lượng tính toán cho 1 dầm	U30			
	H = 1.2	H = 1.1	H = 1.0	H = 0.9m
Bê tông (m <sup>3</sup> )	23.96	22.24	21.06	19.55
Cốt thép (kg)	3798	3219	2825	2257
Cáp dự ứng lực (kg)	1431	1635	1772	2010

Biểu đồ so sánh khối lượng cốt thép thường và cáp dự ứng lực của 1 dầm U30 với chiều cao khác nhau.



**Biểu đồ 4.1: So sánh khối lượng cốt thép thường và cáp dự ứng lực cho dầm U30 với chiều cao H = 1.2m, H = 1.1m, H = 1.0m, H = 0.9m (1 dầm)**

Biểu đồ so sánh khối lượng bê tông của 1 dầm U30 với chiều cao khác nhau.



**Biểu đồ 4.2: So sánh khối lượng bê tông cho dầm U30 với chiều cao H = 1.2m, H = 1.1m, H = 1.0m, H = 0.9m (1 dầm)**

4.1.2. So sánh khối lượng vật liệu cho 1 nhíp  
So sánh khối lượng vật liệu cho một nhíp được thực hiện với các khổ cầu 4 lần xe:  $Bc = 16m$ .

\* Dầm U30 chiều cao dầm 1.2m sử dụng bê tông cường độ 45MPa

Bảng 4.2. Các tham số kinh tế kỹ thuật chính của 1 nhíp dầm U30 chiều cao dầm 1.2m

Tham số chính	Giá trị
Tổng chiều dài dầm	30m
Số dầm chủ	5 dầm
Khoảng cách tim dầm	3200mm
Cường độ bê tông dầm /f	45MPa
Cường độ bê tông dầm lúc cắt cáp /f	36MPa
Cường độ bê tông bản mặt cầu	30MPa
Chiều cao dầm chưa kể bản mặt cầu	1200mm
Chiều dày bản mặt cầu	200mm
Khối lượng bê tông dầm	119.81m³
Số tạo dư ứng lực 15.2mm, cấp 1860MPa, loại có độ chùng thấp	210
Khối lượng cốt dư ứng lực	7154kg
Khối lượng cốt thép thường cho dầm cầu	18992kg
Khối lượng thép thường cho 01m² cầu (chưa kể bản mặt cầu)	39.60kg
Khối lượng thép thường cho 01m² cầu (kể cả bản mặt cầu)	83kg
Khối lượng thép dư ứng lực cho 01m² dầm cầu	15kg
Chiều dày bê tông quy đổi cho toàn cầu (m³/m²)	0.45

\* Dầm U30 chiều cao dầm 1.1m sử dụng bê tông cường độ 50MPa

Bảng 4.3. Các tham số kinh tế kỹ thuật chính của 1 nhíp dầm U30 chiều cao 1.1m

Tham số chính	Giá trị
Tổng chiều dài dầm	30m
Số dầm chủ	4 dầm
Khoảng cách tim dầm	4000mm
Cường độ bê tông dầm /f	50MPa
Cường độ bê tông dầm lúc cắt cáp /f	40MPa
Cường độ bê tông bản mặt cầu	30MPa
Chiều cao dầm chưa kể bản mặt cầu	1100mm
Chiều dày bản mặt cầu	200mm
Khối lượng bê tông dầm	81.976m³
Số tạo dư ứng lực 15.2mm, cấp 1860MPa, loại có độ chùng thấp	192 tạo
Khối lượng cốt dư ứng lực	6541kg
Khối lượng cốt thép thường cho dầm cầu	12876kg
Khối lượng thép thường cho 01m² cầu (chưa kể bản mặt cầu)	26.8kg
Khối lượng thép thường cho 01m² cầu (kể cả bản mặt cầu)	70kg
Khối lượng thép dư ứng lực cho 01m² dầm cầu	14kg
Chiều dày bê tông quy đổi cho toàn cầu (m³/m²)	0.39

\* Dầm U30 chiều cao dầm 1.0m sử dụng bê tông cường độ 60MPa

Bảng 4.4. Các tham số kinh tế kỹ thuật chính của dầm U30 chiều cao 1.0m

Tham số chính	Giá trị
Tổng chiều dài dầm	30m
Số dầm chủ	4 dầm
Khoảng cách tim dầm	4000mm
Cường độ bê tông dầm /f	60MPa
Cường độ bê tông dầm lúc cắt cáp /f	48MPa
Cường độ bê tông bản mặt cầu	30MPa
Chiều cao dầm chưa kể bản mặt cầu	1000mm
Chiều dày bản mặt cầu	200mm
Khối lượng bê tông dầm	84.256m³
Số tạo dư ứng lực 15.2mm, cấp 1860MPa, loại có độ chùng thấp	208 tạo
Khối lượng cốt dư ứng lực	7086kg
Khối lượng cốt thép thường cho dầm cầu	11301kg
Khối lượng thép thường cho 01m² cầu (chưa kể bản mặt cầu)	23.50kg
Khối lượng thép thường cho 01m² cầu (kể cả bản mặt cầu)	67kg
Khối lượng thép dư ứng lực cho 01m² dầm cầu	15kg
Chiều dày bê tông quy đổi cho toàn cầu (m³/m²)	0.38

\* Dầm U30 chiều cao dầm 0.9m sử dụng bê tông cường độ 65MPa

Bảng 4.5. Các tham số kinh tế kỹ thuật chính của dầm U30 chiều cao 0.9m

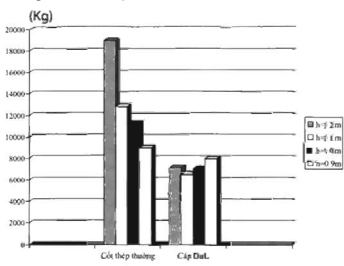
Tham số chính	Giá trị
Tổng chiều dài dầm	30m
Số dầm chủ	4 dầm
Khoảng cách tim dầm	4000mm
Cường độ bê tông dầm /f	65MPa
Cường độ bê tông dầm lúc cắt cáp /f	52MPa
Cường độ bê tông bản mặt cầu	30MPa
Chiều cao dầm chưa kể bản mặt cầu	900mm
Chiều dày bản mặt cầu	200mm
Khối lượng bê tông dầm	78.204m³
Số tạo dư ứng lực 15.2mm, cấp 1860MPa, loại có độ chùng thấp	236 tạo
Khối lượng cốt dư ứng lực	8040kg
Khối lượng cốt thép thường cho dầm cầu	9026kg
Khối lượng thép thường cho 01m² cầu (chưa kể bản mặt cầu)	18.80kg
Khối lượng thép thường cho 01m² cầu (kể cả bản mặt cầu)	62kg
Khối lượng thép dư ứng lực cho 01m² dầm cầu	17kg
Chiều dày bê tông quy đổi cho toàn cầu (m³/m²)	0.36

\* Tổng hợp khối lượng vật liệu chính dùng cho 1 nhíp 30m,  $Bc = 16m$

Bảng 4.6. Tổng hợp khối lượng vật liệu chính dùng cho 1 nhíp 30m với khổ cầu 16m (4 lần xe)

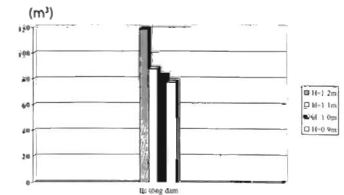
Khối lượng tính toán cho 1 nhíp	U30			
	H = 1.2	H = 1.1	H = 1.0	H = 0.9m
Bê tông (m³)	119.810	88.976	84.256	78.204
Cốt thép (kg)	18992	12876	11301	9026
Cáp dư ứng lực (kg)	7154	6541	7086	8040

Biểu đồ so sánh khối lượng cốt thép thường và cáp dư ứng lực của 1 nhíp U30 với chiều cao khác nhau.



Biểu đồ 4.3: So sánh khối lượng cốt thép thường và cáp dư ứng lực cho 1 nhíp U30 với chiều cao H = 1.2m, H = 1.1m, H = 1.0m, H = 0.9m (1 nhíp)

Biểu đồ so sánh khối lượng bê tông của 1 nhíp U30 với chiều cao khác nhau.



Biểu đồ 4.4: So sánh khối lượng bê tông cho 1 nhíp U30 với chiều cao H = 1.2m, H = 1.1m, H = 1.0m, H = 0.9m (1 nhíp)

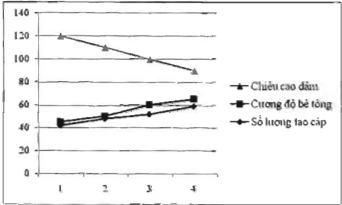
4.2. Chi tiêu về kỹ thuật

Kết quả tính toán khả năng chịu lực của dầm U30 theo chiều cao dầm, số lượng tào cáp 15.24mm và cường độ bê tông dầm.

Bảng 4.7. Mối quan hệ giữa chiều cao dầm, số tào cáp với cường độ bê tông dầm U30

Chiều cao dầm (M)	Cường độ bê tông dầm MPa	Số lượng tào cáp dự ứng lực (tào)
1.2	45	42
1.1	50	48
1.0	60	52
0.9	65	59

Biểu đồ quan hệ giữa chiều cao dầm, số tào cáp với cường độ bê tông dầm:



Biểu đồ 4.5: Mối quan hệ giữa chiều cao dầm U30, cường độ bê tông, số lượng tào cáp

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã phân tích, tính toán thiết kế, so sánh dầm U30 với chiều cao, cường độ bê tông dầm và số tào cáp khác nhau, qua đó cho thấy:

- Khi tăng cường độ bê tông dầm U, tăng số lượng tào cáp của dầm U ta thấy có thể hạ đáng kể chiều cao dầm U, từ đó giảm được tình tải tác dụng lên dầm mà vẫn đảm bảo khả năng chịu lực cho cầu, hơn nữa còn làm giảm chiều cao kiến trúc của cầu, làm giảm chiều dài cầu góp phần giảm chi phí xây dựng cầu.
- Tăng cường độ bê tông, tăng số lượng tào cáp của dầm thì khối lượng các loại vật liệu chủ yếu như cốt thép thường (chỉ tính kết cấu phần trên) nhỏ hơn đáng kể so với dầm U khi chưa tăng cường độ bê tông và số lượng tào cáp (83kg/1m<sup>2</sup> cầu về 62kg/1m<sup>2</sup> cầu đối với dầm U30 chiều cao 1.2m về chiều cao 0.9m). Đặc biệt, chiều dày bê tông quy đổi cho toàn cầu giảm rất lớn (0.45 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> về 0.36 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> đối với dầm U30m chiều cao 1.2m về chiều cao 0.9m), khối lượng thép dự ứng lực có tăng lên một ít (15kg/1m<sup>2</sup> cầu lên 17kg/1m<sup>2</sup> cầu đối với dầm U30 chiều cao 1.2m về chiều cao 0.9m), qua đó tiết kiệm được đáng kể nguồn vật liệu đang ngày càng khan hiếm, từ đó góp phần giảm đáng kể chi phí xây dựng cầu.

Tài liệu tham khảo

[1]. Bộ GTVT (2005), *Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN272-05*, NXB. GTVT, Hà Nội.  
[2]. Ngô Đăng Quang, Trần Ngọc Linh, Bùi Công Độ,

Nguyễn Trọng Nghĩa (2008), *Mô hình hóa và phân tích kết cấu cầu với Midas/Civil*, NXB. Xây dựng, Hà Nội.

[3]. Nguyễn Viết Trung (2008), *Công nghệ hiện đại trong xây dựng cầu bê tông cốt thép*, NXB. Xây dựng, Hà Nội.

[4]. Nguyễn Viết Trung, Hoàng Hà, Nguyễn Ngọc Long (2010), *Cầu bê tông cốt thép*, tập 1, NXB. GTVT, Hà Nội.

[5]. Ngô Đăng Quang, Nguyễn Duy Tiến (2010), *Kết cấu bê tông cốt thép*, NXB. GTVT.

[6]. Tống Trần Tùng (2012), *Nghiên cứu thiết kế một số dạng dầm dự ứng lực sử dụng bê tông cường độ cao cho các công trình cầu*.

[7]. <http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/lrf/prestressed concrete u beam type u40 and u54.htm>.

[8]. Mary Beth D. Hueste, Mohammed Safi Uddin Adil, Mohsin Adnan and Peter B. Keating (2006), *IMPACT OF LRFD SPECIFICATIONS ON DESIGN OF TEXAS BRIDGES VOLUME 1: PARAMETRIC STUDY*, Texas Department of Transportation Research and Technology Implementation Office P.O.Box 5080 Austin, Texas 78763-5080.

[9]. *Instructions for Design Standards Index 20210 Series Florida U Beams*.

[10]. Transportation Research Board, *Application of the LRFD Bridge Design Specifications to High-Strength Structural Concrete: Flexure and Compression Provisions*, nchrp\_rpt\_595.

[11]. *The new German concrete standards DIN EN 1045-2 as basis for the design of durable constructions*.

[12]. Quyết định số 3384/QĐ-UBND ngày 02/7/2016 của UBND TP. Hồ Chí Minh về việc Công bố đơn giá xây dựng khu vực TP. Hồ Chí Minh.

Ngày nhận bài: 01/4/2019

Ngày chấp nhận đăng: 19/4/2019

Người phản biện: TS. Trần Xuân Hòa

TS. Trần Thị Trúc Liễu