

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

**LÊ QUANG VŨ**

**ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CHỊU LỰC CỦA SÀN  
BÊ TÔNG ỨNG LỰC TRƯỚC KHI SỬ  
DỤNG CÁC PHƯƠNG ÁN BỐ TRÍ CẤP  
KHÁC NHAU**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp  
Mã số: 60.58.02.08**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**Đà Nẵng - Năm 2015**

**Công trình được hoàn thành tại**  
**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

Người hướng dẫn khoa học: **PGS.TS. Trương Hoài Chính**

Phản biện 1: GS.TS. Phan Quang Minh

Phản biện 2: TS. Lê Khánh Toàn

Luận văn đã được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ Kỹ thuật xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 22 tháng 8 năm 2015

***Có thể tìm hiểu luận văn tại:***

- Trung tâm Thông tin-Học liệu, Đại học Đà Nẵng
- Thư viện trường Đại học Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng

## MỞ ĐẦU

### 1. Sự cần thiết của đề tài nghiên cứu

- Hiện nay, sàn bê tông ứng lực trước căng sau là một trong những giải pháp được ứng dụng ngày càng phổ biến trong các công trình xây dựng. Trong quá trình thiết kế người kỹ sư không thể nào bỏ qua giai đoạn chọn phương án bố trí cáp trên mặt bằng kết cấu. Việc lựa chọn luôn hướng đến mục đích đạt được khả năng chịu lực lớn nhất của cáp và hệ kết cấu vẫn ổn định.

- Cáp ứng lực trước trong sàn bê tông có thể bố trí theo nhiều phương án khác nhau, như bố trí tập trung theo dải và bố trí theo kiểu phân bố đều.

- Với mục đích cần đánh giá khả năng chịu lực của sàn bê tông ứng lực trước khi sử dụng những phương án bố trí cáp khác nhau trong thiết kế kết cấu sàn bê tông ứng lực trước. Để từ đó có thể chọn ra phương án bố trí cáp sao cho đảm bảo độ võng và khả năng chịu cắt của sàn, mang lại hiệu quả cho công trình là có ý nghĩa và cần thiết.

### 2. Mục tiêu nghiên cứu đề tài

- Trong luận văn này tác giả tập trung nghiên cứu hiệu quả chịu lực (khả năng chịu cắt cục bộ và độ võng) của sàn phẳng bản kê 4 cạnh bê tông ứng lực trước khi sử dụng 2 phương án bố trí cáp khác nhau: cáp bố trí tập trung dải trên cột theo 2 phương và cáp phân bố đều.

- Đưa ra nhận xét, so sánh giữa 2 phương án bố trí cáp, từ đó có thể đưa ra việc chọn phương án bố trí cáp hợp lý ứng với từng phương án mặt bằng kết cấu.

### **3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của đề tài**

- Đối tượng nghiên cứu: Phương án bố trí cáp trong sàn phẳng bê tông ứng lực trước căng sau.

- Phạm vi nghiên cứu : Nghiên cứu thay đổi phương án bố trí cáp cho mỗi loại sàn 2 phương có nhịp lớn, nhỏ khác nhau với dải cáp tập trung trên cột và cáp phân bố đều ảnh hưởng đến độ võng và khả năng chịu cắt. So sánh 2 phương án bố trí cáp cho sàn phẳng bê tông ứng lực trước.

### **4. Phương pháp nghiên cứu**

- Phương pháp lý thuyết: Tìm hiểu lý thuyết tính toán sàn bê tông ứng lực trước căng sau theo tiêu chuẩn Mỹ ACI 318 – 2008.

- Phương pháp tính toán: sử dụng phần mềm Safe và để phân tích sàn phẳng bê tông ứng lực trước, tìm ra nội lực, số lượng bó cáp tương ứng và bố trí cáp theo 2 phương án khác nhau. Với mỗi phương án bố trí khác nhau kiểm tra lại điều kiện chuyển vị bằng phần mềm Safe.

- Tổng hợp số liệu, nhận xét, rút ra kết luận và kiến nghị.

### **5. Bố cục luận văn**

- Chương 1: Tổng quan về sàn bê tông ứng lực trước.

- Chương 2: Các phương pháp tính toán sàn bê tông ứng lực trước.

- Chương 3: Ví dụ tính toán.

## CHƯƠNG 1

### TỔNG QUAN VỀ SÀN BÊ TÔNG ỨNG LỰC TRƯỚC

#### 1.1. LỊCH SỬ HÌNH THÀNH VÀ PHÁT TRIỂN BÊ TÔNG ỨNG LỰC TRƯỚC TRÊN THẾ GIỚI

Trong những năm 1928-1929, kỹ sư nổi tiếng người Pháp E. Freyssinet đã lần đầu tiên chứng minh được có thể và cần sử dụng loại thép có cường độ cao để nâng cao lực gây ứng lực trước trong bê tông lên tới trên 4000 kG/cm<sup>2</sup> mới có thể triệt tiêu được toàn bộ các tổn hao ứng suất do các nguyên nhân xảy ra trong quá trình thi công và sử dụng kết cấu.

Đến năm 1939, E. Freyssinet đã sáng chế ra công cụ căng thép bằng loại kích rỗng hai thì và bộ neo hình côn có độ tin cậy cao trong việc giữ hai hoặc một đầu cốt thép được căng không bị tuột đảm bảo cho sự truyền lực căng vào kết cấu trong quá trình thi công và sử dụng. Năm 1940, giáo sư người Bỉ G. Magnel cũng đã sáng chế ra một hệ thống mang tên ông, trong đó hai sợi dây thép được kéo căng đồng thời và được neo bởi các nêm kim loại ở hai đầu.

Tại Nga, các nhà khoa học A.A. Gvodiep, B.B. Mikhailốp, P.L. Pasternác... từ năm 1930 đã công bố những công trình đầu tiên trên thế giới về kết cấu bê tông ULT. Ở Châu Âu, kết cấu bê tông ULT phát triển nhanh chóng ở Pháp, Bỉ rồi đến Anh, Đức, Thụy Sĩ, Hà Lan. Trong gần 500 cầu được xây dựng ở Đức từ năm 1949 đến 1953 đã có 350 cầu bê tông ứng lực trước.

Ở Châu Á, nhất là các nước trong khu vực, các kết cấu BT ULT được ứng dụng phổ biến một phần nhờ đã sản xuất được các loại thép cường độ cao, các loại cáp ULT, các loại neo và phụ kiện kèm theo phù hợp với các tiêu chuẩn tiên tiến.

Hiện nay, trong lĩnh vực xây dựng nhà cao tầng, sử dụng bê tông ULT cho phép tăng kích thước lưới cột hoặc giảm chiều dày sàn, khối lượng thép cũng được giảm đáng kể.

## **1.2. TÌNH HÌNH SỬ DỤNG BÊ TÔNG ỨNG LỰC TRƯỚC Ở VIỆT NAM**

Kết cấu bê tông ứng lực trước được nghiên cứu ứng dụng ở Việt Nam từ những năm 60 thế kỷ XX. Cầu Phú Lỗ và các kết cấu chịu lực nhà máy đóng tàu Bạch Đằng là những công trình ứng dụng công nghệ bê tông ứng lực trước đầu tiên do các đơn vị thiết kế trong nước thực hiện.

Từ những năm 80 thế kỷ trước đến nay, công nghệ bê tông ứng lực trước đã phát triển ở Việt Nam khá nhanh chóng với trình độ tiên tiến thế giới. Trong xây dựng cầu, trước năm 1990 đã thực hiện việc chế tạo các dầm khẩu độ lớn phục vụ cho các công trình cầu lớn mà điển hình là cầu Thăng Long. Trong giai đoạn gần đây (sau 1990) trong xây dựng cầu ngoài việc chế tạo các hệ dầm đúc sẵn nhịp lớn, công nghệ bê tông ứng lực trước căng sau đang được áp dụng cho các kết cấu cầu nhịp lớn

Trong xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp, hàng loạt các silô, tháp chứa trong các nhà máy xi măng Hoàng Thạch, Hà Tiên... đều có đường kính lớn từ 24 đến 30m và cao tới 63m, đều

được thiết kế dùng bê tông ULT căng sau. Nhờ vậy, chiều dày thành silô giảm đáng kể từ 30cm xuống 20-25cm so với các silô dùng bê tông thường (từ 40cm đến 50cm). Trước đây, công tác thiết kế và gây ứng lực trước đều do các công ty nước ngoài đảm nhận. Nhưng từ khi, công trình Nhà Điều Hành Đại học Quốc Gia Hà Nội được các đơn vị thiết kế, thi công và giám sát trong nước thực hiện vào năm 1995 đã đánh dấu một bước phát triển mới trong lĩnh vực xây dựng nhà cao tầng ở Việt Nam.

Cho đến nay nhiều nhà cao tầng, các công trình công nghiệp, công trình công cộng đã và đang được các đơn vị thiết kế, xây dựng trong nước ứng dụng công nghệ bê tông ứng lực trước ngày càng có hiệu quả:

+ Trung tâm Thông tin Thương mại Hàng Hải Quốc tế 21 tầng, trong đó có 2 tầng hầm với tổng diện tích trên 10000m<sup>2</sup>.

+ Hệ khung côngxon có độ vưon tới 8m và 12m đỡ khán đài Cung thể thao tổng hợp Quận Ngựa Hà Nội, chung cư cao tầng 27 Huỳnh Thúc Kháng...

Qua đó, có thể nói rằng công nghệ bê tông ULT đã và đang là trở nên phổ biến trong xây dựng các nhà cao tầng tại các đô thị lớn và thành phố trong nước.

### **1.3. NHỮNG ƯU ĐIỂM CỦA SÀN BÊ TÔNG ỨNG LỰC TRƯỚC**

Giải pháp sàn bê tông ULT trong nhà cao tầng có những ưu điểm so với sàn bê tông cốt thép thông thường như sau:

- **Cung cấp giải pháp cho không gian kết cấu nhịp lớn**

Với công nghệ bê tông ULT, lưới cột của kết cấu cao tầng

ngày nay không còn bị giới hạn mà có thể lên đến trên 10m. Nhờ vậy, các kiến trúc sư có thể dễ dàng trong việc xây dựng phương án mặt bằng theo hướng công năng linh hoạt, thoáng đãng mà vẫn không làm tăng giá thành công trình.

#### • Giảm giá thành xây dựng

Theo số liệu của các hãng xây dựng nước ngoài và một số công trình xây dựng trong nước gần đây cho thấy giá thành xây dựng công trình có thể giảm từ 7 đến 12% (so với kết cấu bê tông thường) tùy thuộc vào tổng diện tích sàn được sử dụng bê tông ULT.

Hiệu quả kinh tế trong việc sử dụng sàn bê tông ULT trong nhà cao tầng có thể thấy rõ trên đồ thị so sánh với kết cấu dầm sàn thông thường không gây ứng lực trước.

#### • Giảm thời gian thi công

Thời gian thi công kết cấu sàn bê tông ULT giảm đáng kể so với kết cấu bê tông thường do:

+ Giảm công tác ván khuôn do ván khuôn đóng phẳng rất đơn giản.

+ Giảm công tác cốt thép do lượng thép trong kết cấu ứng lực trước ít và cấu tạo đơn giản.

+ Tiến độ thi công sàn tăng nhanh do sử dụng bê tông mác cao kết hợp với phụ gia. Một số công trình đã được xây dựng cho thấy tiến độ thi công trung bình 7-10 ngày/ tầng cho diện tích xây dựng 400-500m<sup>2</sup>/sàn.

• **Giảm chiều cao của tầng, do đó có thể nâng được số tầng cho các cao ốc**



Thường các công trình cao tầng bị khống chế ở chiều cao đỉnh công trình, với phương án dùng sàn bê tông ULT cho phép giảm chiều cao của tầng nên ta có thể nâng thêm một số tầng cho công trình.

#### **1.4. KẾT LUẬN CHƯƠNG 1**

Thông qua các nội dung nghiên cứu ở Chương 1, có thể thấy rằng bê tông ứng lực trước đã được ứng dụng rộng rãi trên toàn thế giới và ở Việt Nam. Chương 2 sẽ nghiên cứu về phương pháp thiết kế sàn phẳng bê tông ứng lực trước.

## CHƯƠNG 2

### CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN SÀN BÊ TÔNG ỨNG LỰC TRƯỚC

#### 2.1. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ SÀN BÊ TÔNG ỨNG LỰC TRƯỚC

Ngày nay, sàn bê tông ULT là một trong những giải pháp tối ưu cho kết cấu nhà cao tầng cũng như sàn của nhà công nghiệp chịu tải trọng động lớn. So với phương pháp căng trước thường được chế tạo trong nhà máy thì thi công sàn bê tông ULT theo phương pháp căng sau được sử dụng phổ biến hơn trong thực tế.

Bên cạnh đó, vật liệu dùng cho sàn bê tông ULT cũng phải đáp ứng được những tiêu chuẩn cao hơn so với bê tông cốt thép thông thường.

**2.1.1. Về bê tông:** Bê tông ULT yêu cầu bê tông có cường độ chịu nén cao vào độ tuổi sớm hợp lý với cường độ chịu kéo cao hơn so với bê tông thường, sự co ngót nhỏ, đặc tính từ biến nhỏ và giá trị môđun đàn hồi cao, đảm bảo về cường độ và biến dạng.

##### 2.1.2. Về cốt thép

Trong thép cường độ cao, do có hàm lượng cacbon cao hơn so với thép cán nên có cường độ cao hơn. Thép cường độ cao sử dụng cho cấu kiện bê tông ULT nói chung bao gồm dạng sợi, cáp hoặc dạng thanh.

##### 2.1.3. Các vật liệu khác

+ Ống gen: Đối với bê tông ULT căng sau dính kết thì cần đặt sẵn ống gen trong bê tông.

+ Vữa phụt: Khi sử dụng công nghệ dính kết, sau khi căng cáp và neo, cần lấp đầy kẽ hở trong ống gen bằng vữa xi măng.

## **2.2. CÁC QUAN NIỆM PHÂN TÍCH KẾT CẤU BÊ TÔNG ỨNG LỰC TRƯỚC**

### **2.2.1. Quan niệm thứ nhất**

Quan niệm này coi bê tông ULT như vật liệu đàn hồi, tính toán theo ứng suất cho phép.

### **2.2.2. Quan niệm thứ hai**

Quan niệm này coi bê tông ULT làm việc như BTCT thường với sự kết hợp giữa bê tông và thép cường độ cao, bê tông chịu nén và thép chịu kéo và gây ra một cặp ngẫu lực kháng lại mô men do tải trọng ngoài gây ra.

### **2.2.3. Quan niệm thứ ba**

Quan niệm này coi ULT như là một thành phần cân bằng với một phần tải trọng tác dụng lên cấu kiện trong quá trình sử dụng, tính toán theo phương pháp cân bằng tải trọng. Đây là phương pháp khá đơn giản và dễ sử dụng để tính toán, phân tích cấu kiện bê tông ULT.

## **2.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN NỘI LỰC CỦA SÀN BÊ TÔNG ỨNG LỰC TRƯỚC**

### **2.3.1. Phương pháp trực tiếp**

Phương pháp phân phối trực tiếp xác định trực tiếp các giá trị nội lực ở các dải giữa nhịp và dải trên cột.

### **2.3.2. Phương pháp khung tương đương**

Theo phương pháp này, tưởng tượng cắt toàn bộ sàn dọc theo đường tim của sàn, tạo thành khung theo cả 2 phương, gọi là khung tương đương.

### 2.3.3. Phương pháp phần tử hữu hạn

Phương pháp PTHH là một công cụ có hiệu lực để giải các bài toán từ đơn giản đến phức tạp trong nhiều lĩnh vực. Thực chất của phương pháp này là chia vật thể biến dạng thành nhiều phần tử có kích thước hữu hạn gọi là phần tử hữu hạn. Các phần tử này được liên kết với nhau bằng các điểm gọi là nút. Các phần tử này vẫn là các phần tử liên tục trong phạm vi của nó, nhưng do có hình dạng đơn giản nên cho phép nghiên cứu dễ dàng hơn dựa trên cơ sở của một số quy luật về sự phân bố chuyển vị và nội lực. Kết cấu liên tục được chia thành một số hữu hạn các miền hoặc các kết cấu con có kích thước càng nhỏ càng tốt nhưng phải hữu hạn. Các miền hoặc các kết cấu con được gọi là các PTHH, chúng có thể có dạng hình học và kích thước khác nhau, tính chất vật liệu được giả thiết không thay đổi trong mỗi phần tử nhưng có thể thay đổi từ phần tử này sang phần tử khác.

Kích thước hình học và số lượng các phần tử không những phụ thuộc vào hình dáng hình học và tính chất chịu lực của kết cấu (bài toán phẳng hay bài toán không gian, hệ thanh hay hệ tấm vỏ...) mà còn phụ thuộc vào yêu cầu về mức độ chính xác của bài toán đặt ra. Lưới PTHH càng mau, nghĩa là số lượng phần tử càng nhiều hay kích thước của phần tử càng nhỏ thì mức độ chính xác của kết quả tính toán càng tăng, tỷ lệ thuận với số phương trình phải giải.

Các đặc trưng của các PTHH được phối hợp với nhau để đưa đến một lời giải tổng thể cho toàn hệ. Phương trình cân bằng của toàn

hệ kết cấu được suy ra bằng cách phối hợp các phương trình cân bằng của các PTHH riêng rẽ sao cho vẫn đảm bảo được tính liên tục của toàn bộ kết cấu. Cuối cùng, căn cứ vào điều kiện biên, giải hệ phương trình cân bằng tổng thể để xác định giá trị của các thành phần chuyển vị của các nút. Các thành phần này được dùng để tính ứng suất và biến dạng của các phần tử.

## **2.4. MÔ HÌNH CẤP ỨNG LỰC TRƯỚC**

### **2.4.1. Quỹ đạo cấp ứng lực trước và tải trọng cân bằng**

Quỹ đạo cấp thường được lựa chọn tuân theo dạng biểu đồ mômen do tác dụng của tải trọng tiêu chuẩn nhằm đạt hiệu quả tốt nhất về hạn chế độ võng.

### **2.4.2. Mô hình cấp ULT trong phương pháp PTHH**

Trong phương pháp PTHH, cấp ULT trong kết cấu bê tông có thể được mô hình theo: mô hình phân bố, mô hình bao và mô hình rời rạc.

## **2.5. KIỂM TRA KHẢ NĂNG CHỐNG CẮT CỦA SÀN**

Sau khi tính toán nội lực trong kết cấu phải tiến hành kiểm tra khả năng chống cắt của sàn tại vị trí đầu cột.

## **2.6. KIỂM TRA ĐỘ VÕNG SÀN BAO GỒM ĐỘ VÕNG NGẮN HẠN VÀ ĐỘ VÕNG DÀI HẠN**

## **2.7. QUY TRÌNH TÍNH TOÁN SÀN BÊ TÔNG ỨNG LỰC TRƯỚC**

Bước 1: Tính toán sơ bộ chiều dày của sàn .

Bước 2: Xác định tải trọng cân bằng.

Bước 3: Cơ sở chọn hình dạng cấp.

Bước 4: Xác định độ lệch lớn nhất.

Bước 5: Xác định hình dạng cáp và lực ULT.

Bước 6: Tính tổn hao ứng suất.

Bước 7: Xác định số lượng và sự phân bố cáp.

Bước 8: Phân tích sàn bằng phương pháp PTHH (sử dụng phần mềm SAFE).

Bước 9: Kiểm tra ứng suất dưới các trường hợp tải trọng.

Bước 10: Kiểm tra khả năng chịu cắt

Bước 11: Kiểm tra độ võng

## **2.8. KẾT LUẬN CHƯƠNG 2**

Để tính toán nội lực của sàn bê tông ứng lực trước 3 phương pháp tính toán là phương pháp trực tiếp, phương pháp khung tương đương và phương pháp phần tử hữu hạn. Trong đó, với sự phát triển của khoa học máy tính thì phương pháp phần tử hữu hạn được ứng dụng rộng rãi và cho kết quả chính xác hơn cả. Phương pháp phần tử hữu hạn mô hình hóa được sự làm việc của kết cấu trong thực tế, đặc biệt là các kết cấu siêu tĩnh phức tạp. Thiết kế sàn theo phương pháp PTHH giúp cho người kỹ sư dễ dàng tính toán khả năng chịu cắt và độ võng của sàn hay sự thay đổi của các giá trị trên khi ta thay đổi các thông số đầu vào. Phương pháp PTHH kết hợp với phương pháp tính toán theo cân bằng tải trọng giúp cho việc thiết kế sàn trở nên đơn giản và đạt được kết quả tin cậy.

## CHƯƠNG 3

### VÍ DỤ TÍNH TOÁN

#### 3.1. SỐ LIỆU TÍNH TOÁN

#### 3.2. CÁC THÔNG SỐ ĐẦU VÀO

**Vật liệu:** Bê tông C30, cấp T15 (ASTM 416M-Grade 186).

**Tải trọng:** Tải ULT cân bằng:  $w=0,8 \times 6,25 = 5,0$  (KN/m<sup>2</sup>)

#### 3.3. CHỌN HÌNH DẠNG ĐƯỜNG CÁP ỨNG LỰC TRƯỚC THEO HÌNH DẠNG BIỂU ĐỒ MÔMEN (ĐỘ TREO CÁP)

Để xác định mômen trong toàn sàn, ta sử dụng phần mềm Safe.v12 với tải trọng cân bằng = 0,8 trọng lượng bản thân.

#### 3.4. XÁC ĐỊNH CÁC TỔN HAO ỨNG SUẤT

##### 3.4.1. Do tính chùng ứng suất của cốt thép: $\sigma_1$

Khi căng bằng phương pháp cơ học, ứng suất hao được tính bằng công thức sau (đối với thép sợi cường độ cao):

$$\sigma_1 = \left( 0,22 \cdot \frac{\sigma_{sp}}{R_{s,ser}} - 0,1 \right) \sigma_{sp}$$

Trong đó  $\sigma_{sp}$  là trị số ứng suất trước giới hạn trong thép kéo căng, trị số này chọn theo quy phạm, đối với sợi thép cường độ cao khi căng bằng phương pháp cơ học ta có

$$\begin{cases} \sigma_{sp} + p \leq R_{s,ser} \\ \sigma_{sp} - p \geq 0.3R_{s,ser} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 1.05\sigma_{sp} \leq 1680 \\ 0.95\sigma_{sp} \geq 1680 \times 0.3 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \sigma_{sp} \leq 1600(MPa) \\ \sigma_{sp} \geq 530.5(MPa) \end{cases}$$

với  $p = 0.05\sigma_{sp}$  Chọn  $\sigma_{sp} = 1460(MPa)$

Ta có:

$$\sigma_1 = \left( 0,22 \cdot \frac{1460}{1680} - 0,1 \right) \cdot 1460 = 133,14 (MPa)$$

### 3.4.2. Do sự chênh lệch nhiệt độ giữa cốt thép và thiết bị

**căng:  $\sigma_2$**

Ứng suất hao  $\sigma_2$  xảy ra khi bê tông đông cứng trong điều kiện được dưỡng hộ nhiệt. Do công trình thi công trong điều kiện bình thường nên  $\sigma_2 = 0$ .

### 3.4.3. Do sự biến dạng của neo đặt ở thiết bị căng: $\sigma_3$

Khi đóng neo xuất hiện lực trượt nhẹ, các tấm đệm ép sát vào kết cấu trước khi neo chốt chặt, sự trượt này làm giảm ứng suất trong cáp căng.

$$\sigma_3 = \frac{\Delta l_1 + \Delta l_2}{l} E_s (MPa)$$

Trong đó:

-  $l$ : chiều dài của cốt thép căng, mm. Trong phương pháp căng sau thì  $l$  là chiều dài đoạn thép trong cấu kiện. Để thiên về an toàn ta tính hao tổn  $\sigma_3$  lớn nhất trong các đoạn thép bằng cách chọn  $l = l_{\min}$ ;  $l_{\min}$  là đoạn thép ngắn nhất trong các đoạn thép ứng suất trước. Dựa trên mặt bằng sàn, ta lấy  $l = 17000$  (mm)

-  $\Delta l_1$  biến dạng của êcu hay các bản đệm giữa các neo và bê tông, lấy bằng 1 (mm).

-  $\Delta l_2$  biến dạng neo hình cốc, êcu neo, lấy bằng 1 (mm).

Ta có: 
$$\sigma_3 = \frac{1+1}{17000} 2 \cdot 10^6 = 235,3 (MPa)$$



### 3.4.4. Do sự ma sát của cốt thép với thành ống: $\sigma_4$

Trong phương pháp căng sau,  $\sigma_{ms}$  được tính theo công thức:

$$\sigma_4 = \sigma_{sp} \left( 1 - \frac{1}{e^{\delta\chi + \omega\theta}} \right)$$

Trong đó:

$e = 2.7183$  là cơ số logarit tự nhiên.

$\delta, \omega$ : hệ số, tra bảng 7 TCVN356:2005 có

$$\delta = 0.003, \omega = 0.35$$

$\chi$ : chiều dài tính từ thiết bị căng đến tiết diện tính toán, m;

$\theta$ : Tổng góc chuyển hướng của trục cốt thép, radian;

$\sigma_{sp}$ : lầy không kể đến hao tổn ứng suất;

- Do ứng suất hao tổn tính trên toàn sợi cáp nên để thiên về an toàn ta tính cho sợi dài nhất có  $l_{max} = 34\text{m (m)} > 25\text{ (m)}$ , cáp căng hai đầu nên hao tổn chỉ tính đến giữa nhịp, ta có  $\chi = 34/2 = 17\text{ (m)}$ .

-  $\theta$  (rad): tổng số góc quay của trục cốt thép từ đầu đến giữa quỹ đạo. Có thể đo trực tiếp bằng thước tỷ lệ hoặc tính gần đúng bằng cách sau: Coi các đoạn cáp uốn cong là cạnh huyền của các tam giác tương ứng.

$$\text{Ta có: } \theta = 2\theta_1 + 10.\theta_2$$

Dựa vào sơ đồ ta có giá trị các góc xoay sau:

$$\theta_1 = \text{tg}\theta_1 = \frac{60}{4200} = 0.0143 \text{ (rad)}$$

$$\theta_2 = \text{tg}\theta_2 = \frac{60 + 80}{4200} = 0.0333 \text{ (rad)}$$

Vậy có:  $\theta = 2 \times 0.0143 + 10 \times 0.0333 = 0.3616$  (rad)

Ta có:

$$\sigma_4 = 1460 \left( 1 - \frac{1}{e^{0.003 \times 14 + 0.35 \times 0.3616}} \right) = 226.47 \text{ (MPa)}$$

**3.4.5. Do từ biến nhanh của bê tông:  $\sigma_5 = 0$ .**

**3.4.6. Do co ngót của bê tông:  $\sigma_6$**

$$\sigma_6 = 30 \text{ (MPa)}$$

**3.4.7. Do từ biến của bê tông:  $\sigma_7$**

Xây ra sau một quá trình chịu nén lâu dài; đối với bê tông nặng:

$$\sigma_7 = 150 \alpha \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} \text{ khi } \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} \leq 0.75$$

$$\sigma_7 = 300 \alpha \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} \text{ khi } \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} > 0.75$$

Trong đó:

$\alpha = 1$ : hệ số với bê tông đóng rắn tự nhiên

$\sigma_{bp}$ : ứng suất nén trong bê tông trong quá trình nén trước, có kể đến các tổn hao ứng suất trong cốt thép ứng với từng giai đoạn làm việc của cầu kiện.

$R_{bp}$ : Cường độ bê tông khi bắt đầu chịu ứng lực trước

Ta được:  $\sigma_7 = 300 \times 1 \times 0.8 = 240$  (MPa)

**3.4.8. Tổng tổn hao ứng suất**

- Tổng hao tổn ứng suất:  $\sigma_h = \sum_{i=1}^7 \sigma_i = 865 \text{ (MPa)}$

- Ứng suất hiệu quả trong thép là:

$$\sigma_{hq} = \sigma_{sp} - \sigma_h = 1460 - 865 = 595(MPa)$$

### 3.5. TÍNH TOÁN SỐ LƯỢNG CÁP TRONG CÁC DẢI

- Lực ứng lực trước yêu cầu cho dải:  $P_{yc} = \frac{M}{s} (kN)$

*Trong đó:* M là mômen do tải cân bằng gây ra, được tính toán bằng phần mềm safe.

- Lực ứng lực trước cho 1 cáp:

$$P_1 = \sigma_{hq} \times \frac{140}{1000} = 595 \times \frac{140}{1000} = 83,3(kN)$$

- Số lượng cáp cần thiết:  $n = \frac{P_{yc}}{P_1}$

### 3.6 . VÍ DỤ TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA SÀN KHI SỬ DỤNG PHƯƠNG ÁN BỐ TRÍ CÁP TẬP TRUNG DẢI TRÊN CỘT TRÊN 2 PHƯƠNG (THAY ĐỔI NHỊP KHÁC NHAU)

#### 3.6.1. Phương pháp tính toán

- *Bố trí lại cáp:* Từ số lượng cáp ban đầu tính toán được, bố trí cáp tập trung dải trên cột với số lượng là 70% số cáp tính được, bố trí cáp phân bố giữa nhịp là 30% số cáp tính được.

- *Phân tích lại mô hình:* Bố trí (mô hình hóa) số cáp tính toán trên vào Safe với tải trọng và vật liệu ban đầu. Phân tích mô hình để lấy được nội lực của các dải tính toán.

- *Lấy kết quả nội lực:* Độ võng, khả năng chống cắt của sàn.

#### 3.6.2. Kiểm tra ứng suất cho sàn:

Khi sử dụng, sàn chịu các tải trọng: Lực ứng lực trước, hoạt tải, tĩnh tải.

- Lực ứng lực trước:  $P = nA_c \sigma_{hq}$

Trong đó:

n: Số lượng cáp

$A_c=140$  (mm<sup>2</sup>): Diện tích cáp

Tùy thuộc vào hình dạng cáp, lực ứng lực trước sẽ gây ra tải trọng cân bằng tác dụng lên sàn hướng xuống hoặc hướng lên, tải cân bằng có giá trị:

$$w = \frac{8 \times P \times s}{l^2 \times b_d} \text{ (MPa)}$$

Tại nhịp, lực hướng lên:

$$w = \frac{8 \times P \times e_2}{l^2 \times b_d} \text{ (MPa)}$$

Tại đầu cột, lực hướng xuống:

Trong đó:

-  $b_d$  : Bề rộng dải

-  $l$ : khoảng cách giữa 2 điểm uốn của cáp

### 3.6.3. Khả năng chịu lực

#### a. Kiểm tra khả năng chịu cắt

**Kiểm tra cắt (chọc thủng) B2** [Theo tiêu chuẩn ACI 318-08]

Điều kiện chịu cắt:

$$v_c = \frac{V_{uA}}{\phi A_c} + \frac{\gamma \times M_{ue} \times c}{\phi J_c} \leq v_u$$

$$v_c = \frac{207,1}{0,75 \times 1,12} + \frac{206 \times 0,7}{0,75 \times 0,368} = 0,77 \text{ (MPa)}$$

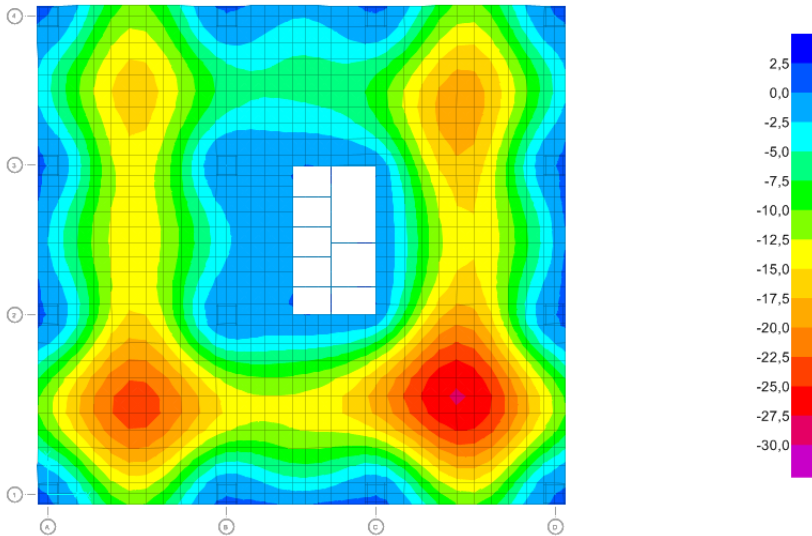
$$v_u = 0,29 \times \sqrt{30} + 0,3 \times 1,066 = 1,908 \text{ (MPa)}$$

Có  $v_c < v_u$ ; vậy thỏa điều kiện chịu cắt.

Vậy sàn đủ khả năng chịu cắt.

### ***b. Kiểm tra độ võng***

Độ võng lớn nhất với tổ hợp DCONN2 (1,0DEAD+1,0LIVE+1,0LPAT1) là : **27,87** mm. Không đảm bảo độ võng giới hạn theo ACI 318-08.



Max = 0,557457 mm at [34,7 m, 13,85 m]; Min = -27,86814 mm at [27,41111 m, 6,58889 m]

## **3.7 VÍ DỤ TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA SÀN KHI SỬ DỤNG PHƯƠNG ÁN BỐ TRÍ CẤP PHÂN BỐ ĐỀU (THAY ĐỔI NHỊP KHÁC NHAU)**

### **3.7.1 Phương pháp tính toán**

- *Mô hình hóa mặt bằng kết cấu*: Mô hình cột, sàn, vách... Tạo các dải tính toán vào trong mô hình safe.

- *Xác định số lượng cáp ban đầu*: Theo số lượng cáp đã chọn ở bài toán 3.3. Lấy số cáp đó phân bố đều (gần đều) trên các nhịp.

- *Bố trí lại cáp*: Bố trí cáp phân bố đều trên mặt bằng kết cấu.

- *Phân tích lại mô hình*: Bố trí (mô hình hóa) số cáp tính toán trên vào Safe với tải trọng và vật liệu ban đầu. Phân tích mô hình để lấy được nội lực của các dải tính toán.

- *Lấy kết quả nội lực*: Độ võng, khả năng chống cắt của sàn.

### **3.7.2 . Bố trí cáp trên mặt bằng kết cấu**

- Theo tiêu chuẩn ACI thì số lượng tối thiểu bó cáp đi qua gối tựa là 02 bó không phụ thuộc vào số lượng cáp trong mỗi bó.

- Khoảng cách giữa các bó cáp: khoảng cách lớn nhất giữa các bó cáp là 8 lần chiều dày sàn ( $8 \cdot 300 = 2400\text{mm}$ ) và 1,5m trừ trường hợp bố trí cáp hỗn hợp (vừa tập trung vừa phân bố theo từng phương).

- Việc bố trí cáp phải đảm bảo điều kiện ứng suất nén trước trung bình hiệu quả ứng  $0,9\text{Mpa}$ . Để hạn chế các ứng suất gây ra do co ngót, nhiệt độ,...khi khoảng cách giữa các bó cáp lớn hơn 1,4m cần bổ sung cốt thép thường.

- Khoảng cách nhỏ nhất giữa các cáp không lấy nhỏ hơn 45mm khi sử dụng cáp có đường kính danh nghĩa đến 12,7mm và 50mm cho các cáp có đường kính lớn hơn.

- Tại các đầu cầu kiện, khoảng cách giữa các tim cáp không nhỏ hơn  $4d_s$  (đường kính cáp).

- Theo phương X: 95 cáp chia thành 31 bó.

- Theo phương Y: 87 cáp chia thành 29 bó.
- Cáp đơn (strand) được đặt trong các ống gen chứa 3 cáp.

### 3.7.3. Khả năng chịu lực

#### a. Kiểm tra khả năng chịu cắt

**Kiểm tra cắt (chọc thủng) B2** [Theo tiêu chuẩn ACI 318-08]

Điều kiện chịu cắt:

$$v_c = \frac{V_{uA}}{\phi A_c} + \frac{\gamma \times M_{ue} \times c}{\phi J_c} \leq v_u$$

Trong đó:

$$v_c = \frac{223,3}{0,75 \times 1,12} + \frac{229,8 \times 0,7}{0,75 \times 0,368} = 0,85(MPa)$$

$$v_u = 0,29 \times \sqrt{30} + 0,3 \times 0,893 = 1,856(MPa)$$

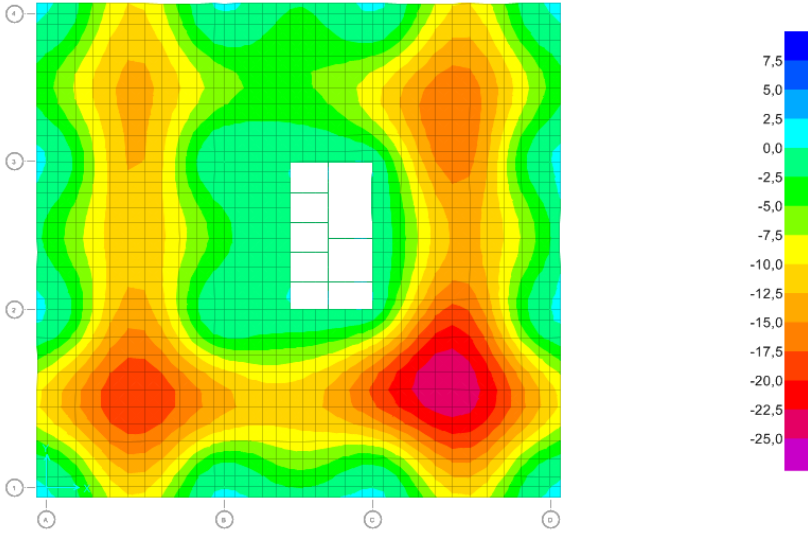
Có  $v_c < v_u$ ; vậy thỏa điều kiện chịu cắt.

Vậy sành đủ khả năng chịu cắt.

#### b. Kiểm tra độ võng

Độ võng lớn nhất với tổ hợp DCONN2

(1,0DEAD+1,0LIVE+1,0LPAT1) là : **24,72** mm. Đảm bảo độ võng giới hạn theo ACI 318 : 08.



Max = 0,429954 mm at [34,7 m, -0,7 m]; Min = -24,717117 mm at [27,41111 m, 6,58889 m]

### 3.8. SO SÁNH, ĐÁNH GIÁ VÀ ĐƯA RA NHẬN XÉT

*Bảng 3.6. Bảng so sánh giá trị nội lực và chuyển vị 2 phương án bố trí cáp trên mặt bằng*

Phương án bố trí cáp	Nội lực		Ứng suất cắt	Chuyển vị	
	$Q_{max}$	$M_{tu}$		TC	TT
	(KN)	(KN.m)	(KN/m <sup>2</sup> )	(mm)	
Tập trung dải trên cột	207	390,3	$0,77 \times 10^3$	25,00	27,87
Phân bố đều	223	440,6	$0,85 \times 10^3$	25,00	24,72

### 3.9. KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

- Về độ võng: Độ võng của sàn theo phương án bố trí cáp tập trung dải trên cột, có phân bố một phần cáp giữa nhịp (theo tỷ lệ cáp



tập trung dải trên nhịp là 70% cấp tính toán ban đầu, cấp phân bố giữa nhịp là 30%) có độ võng lớn hơn phương án bố trí cấp phân bố đều với cùng một lượng cấp như nhau.

- Về nội lực: Nội lực (bao gồm lực cắt tại đầu cột và mô men tương đương) và lực cắt theo phương án bố trí cấp tập trung dải trên cột là nhỏ hơn so với phương án bố trí cấp phân bố đều với cùng một lượng cấp giống nhau.

## KẾT LUẬN

Đối với sàn phẳng bê tông ứng lực trước căng sau, khi tính toán với một tải trọng cân bằng hợp lý thì sử dụng phương án bố trí cáp phân bố đều thỏa mãn cả về độ võng ở nhịp và ứng suất cắt tại gối, trong khi đó phương án bố trí tập trung dải trên cột lại không đảm bảo độ võng. Điều đó chứng tỏ phương án bố trí cáp phân bố đều hiệu quả hơn về khả năng chịu lực so với phương án bố trí cáp tập trung dải trên cột.