

XÂY DỰNG

TẠP CHÍ XÂY DỰNG VIỆT NAM - BẢN QUYỀN THUỘC BỘ XÂY DỰNG
Vietnam Journal of Construction – Copyright Vietnam Ministry of Construction 57th Year

2-2018



QUẢN LÝ NGÀNH

XÂY DỰNG XANH

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

Võ Lê Ngọc Điện, Lương Nguyễn, Hồ Hữu Chính, Nguyễn Minh Long	32	Ảnh hưởng tỷ số nhịp cắt và chiều cao làm việc (a/de) đến ứng xử cắt dầm bê tông ứng suất trước gia cường tấm CFRP
Trần Minh Nhật, Lê Thanh Cường, Lê Văn Bình, Trần Tuấn Anh	37	Mô phỏng chuỗi phản ứng động đất với đặc tính vùng địa hình ở Việt Nam
Trang Thu Dam	43	Researching the form of morphology in landscapes
Đặng Vũ Hiệp	46	Mô phỏng ứng xử của dầm bê tông cốt thép bị ăn mòn
Đặng Xuân Hiến, Nguyễn Thị Ngọc Bích,	51	Tổng hợp, nghiên cứu tính chất của hạt nano TiO ₂ trên nền graphen oxit (GO)
Trần Minh Đức, Nguyễn Thị Thu Thủy		
Hứa Thành Thân, Nguyễn Ngọc Phúc, Phạm Thị Lan	55	Đánh giá hiện tượng hóa lỏng trong cát bão hòa nước theo kết quả xuyên tĩnh còn và xuyên tiêu chuẩn
Trang Thu Dam	61	Green Infrastructure
Lê Phước Lành	65	Ảnh hưởng của hàm lượng cốt thép đến sự hình thành và phát triển vết nứt trên dầm bê tông cốt thép
Đặng Xuân Hiến, Nguyễn Thị Ngọc Bích,	70	Nghiên cứu ứng dụng hệ nano TiO ₂ /GO (graphen oxit) để xử lý COD và độ màu trong nước rỉ rác
Trần Minh Đức, Nguyễn Thị Thu Thủy		
Đàm Thu Trang	74	Lý thuyết thẩm mỹ trong thiết kế kiến trúc cảnh quan đô thị
Nguyễn Anh Tuấn	79	Phân tích động lực học của khung bằng phương pháp khối lượng phân bố
Nguyễn Bá Thạch, Trương Hoài Chính	85	Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của cốt sợi và cốt thanh đến biến dạng co ngót của bê tông trong điều kiện khí hậu Gia Lai
Nguyễn Chí Hùng, Nguyễn Đình Hiến	89	Một phương pháp tính toán gia cường dầm bê tông cốt thép bằng thanh căng ứng lực trước
Nguyễn Hoài Thu	97	Đề xuất các giải pháp tổ chức không gian kiến trúc nhà ở nông thôn đồng bằng sông Hồng trong quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa
Đàm Thu Trang	102	Nghiên cứu kinh nghiệm truyền thống trong tổ chức cây xanh
Nguyễn Kiên Quang	106	Một số đề xuất áp dụng TCVN 9362-2012 cho tính toán nền móng công trình xây dựng trên sườn dốc
Nguyễn Ngọc Tình	110	Lực tác động lên mái nhà khi gió giật ở trong bão và giải pháp phòng chống
Tống Đức Sơn, Nguyễn Quang Tùng	114	Ảnh hưởng của sự suy giảm độ cứng kết cấu đến ứng xử của công trình cao tầng bê tông cốt thép
Nguyễn Thị Thu Nga, Vũ Ngọc Quang, Trần Nam Hưng	119	Giải pháp hiệu quả mô phỏng sự làm việc đàn nhớt của khối xây chịu nhiệt độ cao
Phạm Anh Đức, Nguyễn Hữu Hoàng Long, Hoàng Thùy Trang	124	Nghiên cứu xây dựng mô hình định lượng win-win cho dự án BOT
Phạm Thị Lan	130	Một số thay đổi trong dự thảo TCVN 5574:2017 khi tính toán kết cấu bê tông cốt thép thường
Bùi Trọng Phước, Nguyễn Quang Tùng	135	Ảnh hưởng của móng và đất nền đến ứng xử của công trình cao tầng bê tông cốt thép có tầng hầm chịu động đất
Vũ Ngọc Quang, Lê Quang Huy	139	Nghiên cứu ứng xử chịu uốn của tấm bê tông cốt thép tăng cường bê tông cốt lưới dệt (trc) khi chịu tác dụng của sóng nổ
Nguyễn Công Giang, Đỗ Tuấn Trung	143	Giải pháp không chế chuyển vị tường vây bằng hệ thanh chống cho khu vực đất nền tại thành phố Bắc Ninh

Bìa 1: Thủ trưởng Lê Quang Hùng kiểm tra và chúc tết trên công trường Metro và Landmark 81.

Chủ nhiệm:
Bộ trưởng Phạm Hồng Hà

Tổng Biên tập:
Trần Thị Thu Hà

Tòa soạn: 37 Lê Đại Hành, Hà Nội
 Liên hệ bài vở: 04.39740744; 0983382188
 Trình bày mỹ thuật: Thạch Cường, Quốc Khánh
 Giấy phép xuất bản: Số: 372/GP-BTTTT ngày
 05/7/2016
 Tài khoản: 113000001172
 Ngân hàng Thương mại Cổ phần Công thương
 Việt Nam Chi nhánh Hai Bà Trưng, Hà Nội
 In tại Công ty TNHH MTV in Báo nhân dân TP HCM

Hội đồng biên tập:
 TS. Thủ trưởng Lê Quang Hùng (Chủ tịch)
 PGS.TS Phạm Duy Hòa
 PGS.TS Nguyễn Minh Tâm
 PGS.TS Vũ Ngọc Anh
 TS. Trần Văn Khôi
 PGS.TS Hồ Ngọc Khoa (Thư ký)

Hội đồng khoa học:
 GS.TSKH Nguyễn Văn Liên (Chủ tịch)
 GS. TS Phan Quang Minh
 GS.TS Nguyễn Thị Kim Thái
 GS.TS Nguyễn Hữu Dũng
 GS.TS Cao Duy Tiến
 GS.TS Nguyễn Trọng Hòa
 GS.TS Nguyễn Việt Anh
 GS.TS Hiroshi Takahashi
 GS.TS Chien Ming Wang
 GS.TS Ryoichi Fukagawa
 GS.TS Nguyễn Quốc Thông (Thư ký)

DEPARTMENT MANAGEMENT

GREEN CONSTRUCTION

SCIENTIFIC RESEARCH

Võ Lê Ngọc Điển, Lương Nguyễn, Hồ Hữu Chính, Nguyễn Minh Long	32	The effectiveness shear- span to effective depth ratio (a/de) to shear behavior of prestressed concrete beam strengthened CFRP sheets
Trần Minh Nhật, Lê Thanh Cường, Lê Văn Bình, Trần Tuấn Anh	37	Generation earthquake ground motion based on Viet Nam's terrain.
Trang Thu Dam	43	Researching the form of morphology in landscapes
Đặng Vũ Hiệp	46	Modeling the behavior of corroded RC beams
Đặng Xuân Hiến, Nguyễn Thị Ngọc Bích,	51	Synthesise, research on characteristics of nano-sized particles of TiO ₂ supported on grapheme oxide (GO)
Trần Minh Đức, Nguyễn Thị Thu Thủy	55	Standard penetration testing and cone penetration testing for liquefaction potential evaluation of saturated sandy soil
Hứa Thành Thân, Nguyễn Ngọc Phúc, Phạm Thị Lan	61	Green Infrastructure
Trang Thu Dam	65	The affects of reinforcing rebar content to the formation and cracks of reinforced concrete beams
Lê Phước Lành	70	Research on photocatalytic oxydation processes based nano-sized TiO ₂ supported on GO (TiO ₂ /GO) for reduction of COD and color of leachate from landfill
Đặng Xuân Hiến, Nguyễn Thị Ngọc Bích,	74	The theories of aesthetics for designs of urban landscape architecture
Trần Minh Đức, Nguyễn Thị Thu Thủy	79	Dynamic analysis of plane frames by distributed mass method
Đàm Thu Trang	85	Experimental study on the effect of steel fiber and rebar on shrinkage of concrete under Gia Lai's weather condition
Nguyễn Anh Tuấn	89	A calculating method for reinforcing concrete beams in frame system by pre-stress steel bar
Nguyễn Bá Thạch, Trương Hoài Chính	97	Proposed solutions to organize architectural space for rural housing in the Red River Delta in industrialization and modernization process
Nguyễn Chí Hùng, Nguyễn Đình Hiến	102	Researching traditional experiences in green organizations
Nguyễn Hoài Thu	106	Some proposals to apply TCVN 9362-2012 to calculate the foundation of the works on the the slope
Đàm Thu Trang	110	Forces on roofs during storm gusts and solution of prevention and resistance
Nguyễn Kiên Quang	114	Effect of stiffness reduction on the response of the concrete high rise buildings
Nguyễn Ngọc Tinh	119	An effective solution to simulate the viscoelastic behavior of masonry structure exposed to high temperature
Tống Đức Sơn, Nguyễn Quang Tùng	124	Building a win-win quantative model for bot projects
Nguyễn Thị Thu Nga, Vũ Ngọc Quang, Trần Nam Hưng	130	Some advances in vietnamese standard tcvn 5574:2017 on calculation of reinforced concrete structures
Phạm Anh Đức, Nguyễn Hữu Hoàng Long, Hoàng Thùy Trang	135	Effect of foundation system on the response of the concrete high-rise buildings with deep basement
Phạm Thị Lan	139	Flexural behavior of reinforced concrete plate strengthened with textile reinforced concrete (trc) affected by explosive waves
Bùi Trọng Phước, Nguyễn Quang Tùng	143	Solution of Controlling the Diaphragm Wall Displacement by a Strutting System with Hydraulic Support for the Ground of Bac Ninh City
Vũ Ngọc Quang, Lê Quang Huy		
Nguyễn Công Giang, Đỗ Tuấn Trung		

First Cover: The Deputy Minister Le Quang Hung vistied and gave New Year's greetings to workers on The Metro and Landmark 81 construction sites.

Chairman:
Minister **Pham Hong Ha**

Editor-in-Chief:
Tran Thi Thu Ha

Office: 37 Le Dai Hanh, Hanoi
Editorial Board: 04.39740744; 0983382188
Design: Thac Cuong, Quoc Khanh
Publication: No: 372/GP-BTTTT date 5th, July/2016
Account: 113000001172
Joint Stock Commercial Bank of Vietnam Industrial and Commercial Branch, Hai Ba Trung, Hanoi
Printed in: Nhandan printing HCMC limited Company

Editorial commission:
Le Quang Hung, Ph.D
(Chairman of Editorial commission)
Assoc. Prof. Pham Duy Hoa, Ph.D
Assoc. Prof. Nguyen Minh Tam, Ph.D
Assoc. Prof. Vu Ngoc Anh, Ph.D
Tran Van Khoi, Ph.D
Assoc. Prof. Ho Ngoc Khoa, Ph.D

Scientific commission:
Prof. Nguyen Van Lien, Sc.D
(Chairman of Scientific Board)
Prof. Phan Quang Minh, Ph.D
Secretary of Scientific Council
Prof. Nguyen Thi Kim Thai, Ph.D
Prof. Nguyen Huu Dung, Ph.D
Prof. Cao Duy Tien, Ph.D
Prof. Nguyen Trong Hoa, Ph.D
Prof. Nguyen Viet Anh, Ph.D
Prof. Hiroshi Takahashi, Ph.D
Prof. Chien Ming Wang, Ph.D
Prof. Ryoichi Fukagawa, Ph.D
Prof. Nguyen Quoc Thong, Ph.D

Một phương pháp tính toán gia cường dầm bê tông cốt thép bằng thanh căng ứng lực trước

A calculating method for reinforcing concrete beams in frame system by pre-stress steel bar

Ngày nhận bài: 16/12/2017

Ngày sửa bài: 21/1/2018

Ngày chấp nhận đăng: 09/2/2018

Nguyễn Chí Hùng, Nguyễn Đình Hiến

TÓM TẮT:

Trong tình hình hiện nay, có thể thấy việc chuyển đổi công năng của một phần hoặc toàn bộ chung cư, cao ốc văn phòng sang các dạng khác như siêu thị, trung tâm ngoại ngữ, trường học đang xảy ra. Khi thay đổi công năng có thể làm thay đổi tải trọng công trình, điều đó đã làm ảnh hưởng đến kết cấu của công trình. Vì vậy, vấn đề cần thiết là tăng cường khả năng chịu tải của cấu kiện công trình hiện hữu sao cho đáp ứng tải trọng mới một cách bền vững lâu dài và tiết kiệm.

Phương pháp gia cường bằng dây căng, thanh căng ứng lực trước cho cấu kiện dầm và dàn đã được tính toán áp dụng nhiều nơi. Để thấy rằng: các cấu kiện được gia cường trong các công trình trước có mô hình làm việc là dầm đơn giản.

Bài này trình bày một phương án tính toán gia cường dầm bê tông cốt thép bằng phương pháp thanh căng ứng lực trước, khi dầm làm việc trong hệ khung siêu tĩnh. Trường hợp này sẽ có vấn đề phức tạp là phải xét đến ảnh hưởng của phương pháp căng ứng lực trước đến các cấu kiện xung quanh do sự phân phối nội lực trong các cấu kiện của kết cấu khung siêu tĩnh.

ABSTRACT:

Today, many buildings are constructed as apartment buildings. In future, there will be a shift in the function of a part or all of an apartment building, office building into other forms such as a supermarket, a foreign language center, a school will happen. When a change of function can change the work load, it affects the entire structure of the building. Therefore, it is necessary to increase the load capacity of the existing structural elements to meet the new load in a sustainable and economical manner.

Tension reinforcement method, pre-tensioned bars for beam and truss structure has been calculated to apply in several situations. It's easy to see that this approach is applied in a number of structures - such as bridges - with simple beams.

This paper presents a method for calculating reinforcement of reinforced concrete beams by pre-stressed bar method, when the beam is working in statically indeterminate structures. In this case, it is very complex to consider the effect of post-tensioning on surrounding structures due to the distribution of internal forces and moments on the structural components.

Nguyễn Chí Hùng – Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TPHCM

Nguyễn Đình Hiến – Viện Cơ học và Tin học ứng dụng.

1/. Các trường hợp cần gia cường dầm:

1.1. Trường hợp tăng tải tác dụng lên dầm:

Trong các công trình nhà nhiều tầng, dầm Bê tông cốt thép, thường chịu tải phân bố hình thang hoặc hình tam giác, chúng ta có thể qui đổi về tải phân bố đều. Do đó ở đây sẽ khảo sát trường hợp tải tác dụng phân bố đều trên dầm.

Khi dầm bê tông cốt thép chịu các tải trọng phân bố đều có tải trọng gia tăng, xem xét khả năng chịu tải của dầm với tải trọng cuối cùng (tải ban đầu + gia tải). Nếu nội lực cuối cùng vượt quá khả năng chịu tải của dầm (hoặc ứng suất do tải trọng cuối cùng gây ra lớn hơn cường độ cho phép của vật liệu) thì ta phải tiến hành tính toán gia cường.

Trường hợp này, ta có thể giả thiết là trên dầm chưa xuất hiện vết nứt.

1.2. Trường hợp giảm cường độ vật liệu:

Khi xác định vật liệu kết cấu bị giảm khả năng chịu lực, nghĩa là:

$$R_s = R_t \times \gamma$$

Trong đó :

R_s : Cường độ vật liệu sau suy giảm

R_t : cường độ vật liệu ban đầu

$\gamma < 1$: hệ số giảm cường độ

khi đó ta sẽ tính toán dùng phương pháp gia cường thanh căng ứng lực trước để đảm bảo dầm BTCT chịu tải trọng yêu cầu như ban đầu.

Trường hợp này, ta có thể xảy ra 2 tình trạng:

- **Tình trạng dầm chưa xuất hiện vết nứt (hoặc rất ít có thể bỏ qua).**
- **Tình trạng dầm xuất hiện vết nứt rất rõ. Trường hợp này phải xem xét độ cứng của dầm có kể đến sự xuất hiện vết nứt.**

2/. Trạng thái ứng suất trên tiết diện dầm trước và sau gia cường:

Cấu kiện được nghiên cứu gia cường ở đây là cấu kiện dầm chịu uốn. Nội lực tương ứng với suất pháp quá tải là momen uốn. Momen uốn gia tăng, nghĩa là tăng ứng suất pháp (nén) trong vùng bê tông chịu nén của tiết diện, đồng thời giá trị ứng suất kéo trong cốt thép chịu kéo cũng tăng.

Nếu ứng suất trong cốt thép tăng vượt giới hạn cho phép, ta xem như cấu kiện không đủ khả năng chịu lực. Theo yêu cầu thiết kế kết cấu bê tông cốt thép, ứng suất tới hạn trên tiết diện phải xuất hiện trên cốt thép trước bê tông, nghĩa là khi quá tải, cốt thép đạt trạng thái giới hạn trước.

Phương pháp gia cường - một cách sơ khởi- có thể xem là bổ sung thêm cốt thép chịu kéo song song với cốt thép chịu kéo ban đầu. Thông thường, khi thêm các thanh thép bổ sung, khi dầm tăng thêm biến dạng, các thanh thép gia cường mới nhận biến dạng và tham gia làm việc chung với dầm. Để các thanh thép mới tham

giữa làm việc và chia tải ngay tức thời với các thanh thép cũ, ta phải tạo cho chúng một độ dãn ban đầu, nghĩa là tạo ứng suất trước cho thanh thép gia cường. Để tận dụng khả năng chịu tải của thanh gia cường, ta cần căng thanh này sao cho khi dầm nhận tải toàn bộ (gồm tải trọng ban đầu và gia tải), thanh căng gia cường sẽ đạt trạng thái giới hạn.

Khi khảo sát trạng thái ứng suất trên mặt cắt ngang nguy hiểm (có giá trị ứng suất lớn, đòi hỏi phải gia cường) ta nhận thấy trạng thái ứng suất trước và sau khi gia cường căng cáp trên tiết diện đó có sự thay đổi về nguyên lý. Đó là nguyên nhân cơ bản tạo nên kết quả phương pháp gia cường.

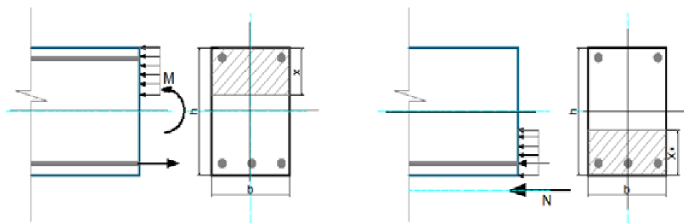
Trước khi căng cáp:

Dầm là cấu kiện chịu uốn: khảo sát ứng suất trên mặt cắt ngang ta thấy có vùng bê tông chịu nén ($x.b$) và cốt thép chịu kéo. Vùng bê tông còn lại ($(h-x).b$) xem như không làm việc (giả thiết bê tông không chịu kéo).

Sau khi căng cáp:

Lực căng cáp tác dụng lên dầm tạo hiệu ứng lực nén. Phương pháp căng phải tạo momen uốn ngược dấu với momen uốn do tải trọng gây ra. Nhờ vậy, tổng ứng suất kéo trong cốt thép ban đầu sẽ giảm sau khi căng cáp. Hơn nữa, hiệu ứng nén cũng tác động một phần lên cốt thép, gây ứng suất nén, làm giảm giá trị ứng suất kéo do tải trọng. Kết quả là ta có thể đưa giá trị ứng suất kéo trong cốt thép ban đầu về dưới cường độ cho phép thiết kế của thép.

Xét phần bê tông, lúc này, ứng suất nén không còn tác động cục bộ trong vùng ($x.b$) như ban đầu. Vùng chịu nén mở rộng trên tiết diện, vùng mở rộng này phụ thuộc độ lệch tâm. Như vậy ta đã huy động một phần bê tông không làm việc ban đầu vào tham gia chịu lực, giúp tăng khả năng chịu tải của dầm.



Hình 1: Phân bố ứng suất

Hình 1 (bên trái): là ứng suất trên mặt cắt ngang khi xét momen uốn. Hình 1 (bên phải) là ứng suất trên cùng mặt cắt ngang khi xét lực nén do thanh căng.

Ứng suất tổng hợp xác định theo phương pháp cộng tác dụng)

3/.Trạng thái chịu lực dầm gia cường

Qua khảo sát mô hình làm việc trên, ta thấy, trước khi gia cường thanh căng dầm chịu uốn, sau khi gia cường thanh căng dầm làm việc mô hình thanh chịu nén lệch tâm. Và đây sẽ là mô hình kiểm tra khả năng chịu tải của dầm trước và sau khi gia cường. **Sau khi gia cường căng cáp, dầm được kiểm tra theo** mô hình thanh chịu nén lệch tâm.

4/.Xây dựng mô hình chịu lực dầm khi gia cường trong Etabs:

Việc tính toán nội lực trong dầm đơn giản, là hệ tĩnh định, chỉ cần xác định trạng thái nội lực biến đổi trên một dầm dưới tác dụng của lực thanh căng. Nếu xét dầm trong hệ khung siêu tĩnh, việc căng cáp gia cường những gây biến đổi nội lực trên dầm cần gia cường mà còn gây hiệu ứng lên những cấu kiện chung quanh thông qua tác dụng phân phối nội lực theo tương quan độ cứng giữa các cấu kiện.

Các bài toán thanh căng gia cường trước đây đã đề cập trong phần tổng quan, hầu như được tính toán trên mô hình dầm đơn giản, được tính toán bằng thủ công. Để có thể khảo sát tổng quát ảnh hưởng của lực thanh căng tác động trên hệ khung siêu tĩnh, khó có thể tính bằng thủ công, ta cần trợ giúp của phần mềm tính toán. Do đó, cần xây dựng mô hình phù hợp trong chương trình tính toán. Ở đây kiến nghị sử dụng chương trình tính toán Etabs vì nó thông dụng và hỗ trợ tốt cho tính toán khung kết

cấu công trình.

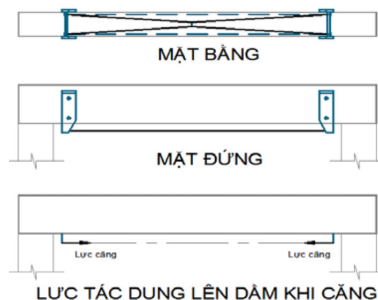
Để xây dựng mô hình, ta quan niệm lực thanh căng tác dụng lên dầm đóng vai trò ngoại lực. Lực này tác dụng đồng thời với hệ tải trọng khác như: tĩnh tải, hoạt tải, gia tải... Lực thanh căng sẽ tác dụng lên dầm khung thông qua liên kết của thanh căng với dầm.

Chúng ta cần xét các phương pháp căng thanh, xác định phương thức liên kết và xây dựng mô hình liên kết để quyết định cách thức **thanh căng tác dụng tải lên dầm. Từ đó, có thể** xây dựng mô hình tải **tác dụng của thanh căng** trên sơ đồ khung trong **mô hình Etabs.**

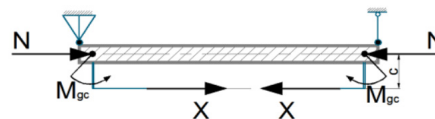
Có 2 phương pháp cơ bản tạo thanh căng là:

- 1/. Phương pháp thanh căng ngang.
- 2/. Phương pháp thanh căng vồng.

4.1 Phân tích lực căng và mô hình tác dụng lực căng trong Etabs khi dây căng ngang.



Hình 2: Sơ đồ thanh căng ngang

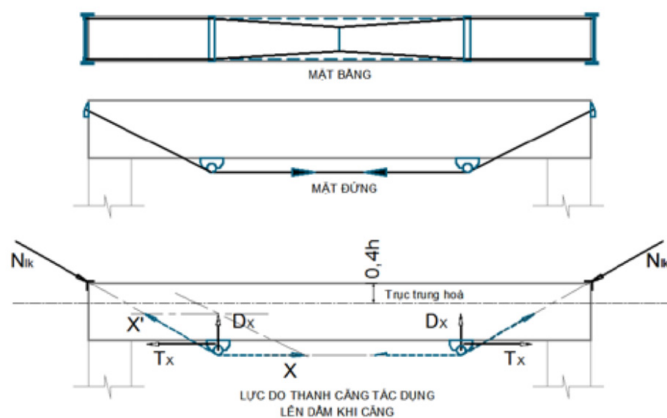


Hình 3: Sơ đồ lực tác dụng của thanh căng lên dầm

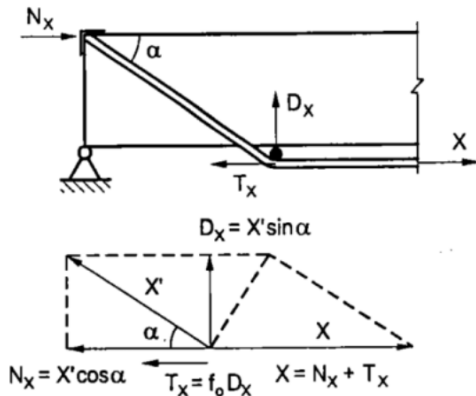
Ta thấy rằng, tại liên kết thanh căng vào dầm, lực căng sẽ tác dụng một lực và một momen lên dầm thông qua liên kết. Dùng phương trình cân bằng để xác định các lực liên kết này.

Như vậy, mô hình Etabs trường hợp thanh căng ngang, lực tác dụng của thanh căng được đưa vào mô hình tại liên kết thanh căng với dầm gồm lực dọc trục N và momen M_{gc} .

4.2 Phân tích lực căng và mô hình tác dụng lực căng trong Etabs khi dây căng vồng:



Hình 4: Sơ đồ thanh căng vồng



Hình 5: Sơ đồ lực liên kết thanh căng võng tác dụng lên dầm

Từ hình 5 ta xác định tác dụng của lực căng X trong dây căng lên dầm thông qua các liên kết như sau [2]:

$$\left. \begin{aligned} X &= T_x + N_x \\ N_x &= X' \cos \alpha \\ D_x &= X' \sin \alpha \\ T_x &= f_0 D_x = f_0 X' \sin \alpha \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} X' &= \frac{X}{f_0 \sin \alpha + \cos \alpha} \\ N_x &= \frac{X \cos \alpha}{f_0 \sin \alpha + \cos \alpha} \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

Góc α thường giới hạn từ 15° đến 35° . Như vậy giá trị N_x biến thiên từ $0,795X$ đến $0,895X$. Để đơn giản cho bài toán mà kết quả sai lệch trong phạm vi cho phép ta lấy giá trị trung bình bằng $N_x = 0,826X$, $T_x = 0,174X$, $D_x = 0,386X$.

(4.2)

Cũng theo [2], trục trung hòa của dầm dao động trong phạm vi $0,4h$ tới mép chịu nén của tiết diện (h - chiều cao của tiết diện), cho nên có thể đưa vào giá trị mômen đầu dầm dưới tác dụng của dây căng là: $M_x = 0,4h * 0,825X = 0,33Xh$

(4.3)

Khi chế tạo liên kết tại điểm uốn cong dây căng, ta có thể khử ma sát thanh căng và liên kết (ví dụ dùng con lăn để dây căng trượt trên liên kết). Khi đó $f_0 = 0$, và $T_x = 0$.

Như vậy, mô hình Etabs trường hợp thanh căng võng, lực tác dụng của thanh căng được đưa vào mô hình tại liên kết thanh căng với dầm gồm lực dọc trục N_x , D_x và momen M_x .

5/.Xác định độ cứng của dầm được gia cường

Trường hợp dầm chưa xuất hiện vết nứt

Dầm bê tông cốt thép không phải bằng vật liệu đồng chất. Tuy nhiên, xét hàm lượng cốt thép hợp lý trên mặt cắt ngang của dầm, hơn nữa bê tông là vật liệu giòn, có biến dạng rất bé từ khi chịu lực đến khi chưa xuất hiện vết nứt. Điều này cho thấy, biến dạng của dầm khi chưa xuất hiện vết nứt phụ thuộc chủ yếu vào độ cứng E_b của vật liệu bê tông. Do đó, ta xem độ cứng của dầm bê tông cốt thép khi chịu uốn chưa xuất hiện vết nứt là $(E_b \cdot J_b)$ trong đó:

E_b : là modun đàn hồi của vật liệu bê tông dầm.

J_b : là momen quán tính của tiết diện bê tông dầm, lấy đối với trục vuông góc mặt phẳng uốn.

Trong Sức bền vật liệu ta có công thức tính độ cong dầm chịu momen uốn M là:

$$\frac{1}{r} = \frac{M}{E_b J_b} \quad (5.1)$$

Với r là bán kính cong của dầm tại tiết diện khảo sát.

Trường hợp dầm đã xuất hiện vết nứt:

Ta có độ cứng B của dầm được tính theo công thức [3]:

$$B = \frac{Z_1 h_0}{\frac{\psi_s}{E_s A_s} \left(1 - \frac{Z_1}{e}\right) + \frac{\psi_b}{(\varphi_f + \xi) b h_0 E_b \gamma_{sp}}} \quad (5.2)$$

Z_1 - cánh tay đòn nội lực tại tiết diện có khe nứt (theo TCVN 5574-2012.

$\psi_s, \psi_b; \varphi_f; \xi; \gamma_{sp}$: Các đại lượng này xác định theo TCVN 5574-2012.

6/. Xác định lực căng trong thanh căng khi gia cường, dưới tác dụng của tải trọng q phân bố đều trên dầm đơn giản

6.1/. Sơ bộ chọn tiết diện dây căng

Xác định momen uốn nội lực gia tăng ΔM do tải trọng gia tăng q gây ra[2]:

$$\Delta M = M - M_{gh} \quad (6.1)$$

M_{gh} : Momen uốn tại tiết diện nguy hiểm của dầm đạt trạng thái giới hạn.

M : Momen uốn do tổng tải trọng gồm tải ban đầu và tải gia tăng..

Sơ bộ chọn tiết diện dây căng theo công thức sau:

$$A_{so} = \frac{\Delta M}{m_0 R_s Z} \quad (6.2)$$

trong đó: m_0 - hệ số điều kiện làm việc của dây căng lấy từ $0,6 \div 0,85$;

R_s - cường độ tính toán của cốt thép;

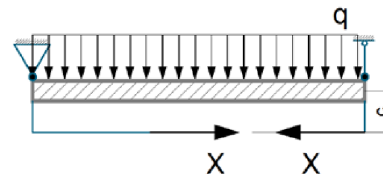
Z - cánh tay đòn nội lực của dây căng được xác định:

$$Z = (0,75 \div 0,85) h_c,$$

h_c - chiều cao từ biên chịu nén của tiết diện tới trọng tâm dây căng.

6.2/. Phương pháp thanh căng ngang:

• Trường hợp chưa xuất hiện vết nứt - hoặc vết nứt nhỏ (trong vùng bê tông của lớp bảo vệ)



Hình 6: Sơ đồ gia cường thanh căng ngang

Trường hợp này, ta có:

Dầm với các thông số: chiều dài l , diện tích tiết diện A_b , độ cứng uốn là $E_b J_b$ (gọi tắt là $E_b J_b$).

Thanh căng có tiết diện A_{tc} và E_{tc}

Sơ đồ tính - giả thiết đoạn C tuyệt đối cứng:

Ta tính X bằng phương pháp lực:

$$\delta_{11} X_1 + \Delta_{1p} = 0 \quad \Delta_{1p} = -\frac{1}{12} \frac{cl^3}{E_b J_b}$$

Khi tính δ_{11} ta kể đến biến dạng dọc trục của dầm và thanh căng.

$$\delta_{11} = \frac{c^2 l}{E_b J_b} + \frac{l}{A_{tc} E_{tc}} + \frac{l}{A_b E_b}$$

$$X = \frac{ql^2}{12\Omega} \quad \text{và} \quad \Omega = c + \frac{E_b J_b}{c A_{tc} E_{tc}} + \frac{E_b J_b}{A_b E_b}$$

Giải ra ta có:

(6.3)

• Trường hợp trên dầm đã xuất hiện vết nứt: [2]

Trường hợp này, ta có

Dầm với các thông số: chiều dài l , diện tích tiết diện A_b , độ cứng uốn là B .

Thanh căng có tiết diện A_{tc} và E_{tc}

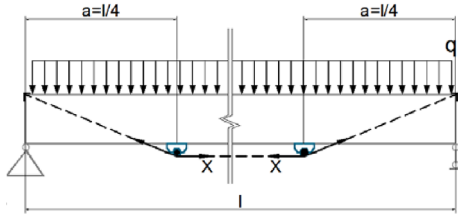
$$X = \frac{ql^2}{12\Omega} \quad \text{và} \quad \Omega = c + \frac{B}{cA_{tc}E_{tc}} + \frac{B}{A_bE_b} \quad (6.4)$$

Ta có công thức tính lực thanh căng là (tra bảng [2]): So sánh ta thấy sự tương ứng độ cứng B và E_bJ_b trong 2 trường hợp.

6.3./Phương pháp thanh căng võng:

- Trường hợp chưa xuất hiện vết nứt – hoặc vết nứt nhỏ (trong vùng bê tông của lớp bảo vệ)

Trường hợp này, ta có:



Hình 7: Sơ đồ gia cường thanh căng võng

Dầm với các thông số: chiều dài l, diện tích tiết diện A_b , độ cứng uốn là E_bJ_b (gọi tắt là E_bJ_b).

Thanh căng có tiết diện A_{tc} và E_{tc}

Sơ đồ tính:

Theo [1] và thay độ cứng dầm là E_bJ_b :

$$X = 0.0609\Psi ql^2 \quad \Psi = \frac{1}{0,4KK_o + 0,4h + 0,99K_1 + 0,87K} \quad (6.5)$$

$$K = \frac{E_bJ_b}{E_{tc}A_{tc}h} ; \quad K_o = \frac{1}{\cos^3 \alpha} ; \quad K_1 = \frac{E_bJ_b}{E_bA_bh} \quad (6.6)$$

- Trường hợp đã xuất hiện vết nứt: [2]

Trường hợp này, ta có

Dầm với các thông số: chiều dài l, diện tích tiết diện A_b , độ cứng uốn là B.

Thanh căng có tiết diện A_{tc} và E_{tc}

Tra bảng [2]:

$$X = 0.0609\Psi ql^2$$

$$\Psi = \frac{1}{0,4KK_o + 0,4h + 0,99K_1 + 0,87K} \quad (6.7)$$

$$\text{Trong đó: } K = \frac{B}{E_{tc}A_{tc}h} ; \quad K_o = \frac{1}{\cos^3 \alpha} ; \quad K_1 = \frac{B}{E_bA_bh} \quad (6.8)$$

Lưu ý: Khi xác định ứng lực trong dây căng không kể đến tính tải vì khi đặt thanh dây căng thì tính tải đã tác dụng lên kết cấu cho nên không ảnh hưởng đến lực căng dây.

7/. Xác định lực căng trong thanh căng khi gia cường, dưới tác dụng của tải trọng q phân bố đều trên dầm khung

Hiện nay, chưa có công thức tính lực căng gia cường cho dầm tổng quát, bài báo đề xuất một phương pháp để xác định lực căng trên dầm khung thông qua mô hình dầm đơn giản.

Trên dầm khung, tải tác dụng lên khung sẽ tạo momen uốn. So sánh giá trị momen uốn lớn nhất trong dầm khung và dầm đơn giản cùng nhịp (sau này gọi là dầm mô hình tương đương – Dầm MHTD)

Theo (4./) biểu đồ nội lực trong dầm với cùng một tải trọng sẽ phụ thuộc độ cứng 2 nút đầu dầm, có thể nói là: phụ thuộc vào độ cứng các liên kết (tức là độ cứng các cấu kiện chung quanh) nối vào dầm cần gia cường mà giá trị momen uốn (dương) lớn nhất trên dầm sẽ thay đổi dù cùng 1

tải trọng.

Như vậy, có thể nói, các cấu kiện chung quanh làm thay đổi hiệu ứng của tải trọng tác dụng lên dầm, chúng ta có thể thấy rõ điều này qua phương pháp phân phối momen trong cơ học kết cấu 2.

Gọi momen dương lớn nhất trên dầm đơn giản nhịp L tải phân bố đều q là M_{mh} .

Gọi momen dương lớn nhất trên dầm có nút cứng 2 đầu (dầm trong hệ khung) cùng nhịp L, cùng tải phân bố đều q là M_{tt} .

$$U = \frac{M_{tt}}{M_{mh}}$$

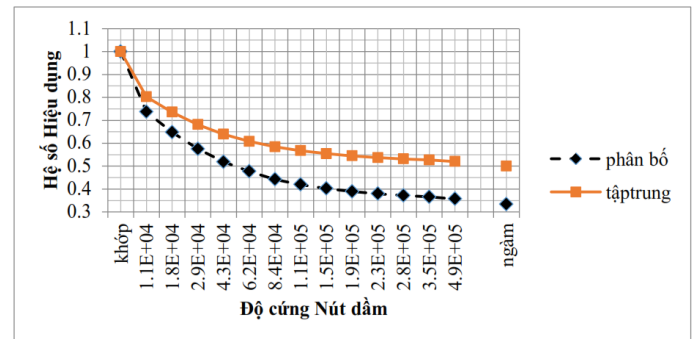
Khi đó, ta tính hệ số:

(6.9)

và gọi là hệ số hiệu dụng của tải trọng, lên momen uốn dương, phụ thuộc độ cứng đầu dầm.

Với tải phân bố và tải tập trung các giá trị này có sai khác. Gọi u_{pb} là hệ số hiệu dụng trường hợp tải phân bố, và u_{tt} là hệ số hiệu dụng trường hợp tải tập trung, ta có đồ thị (Hình 7)

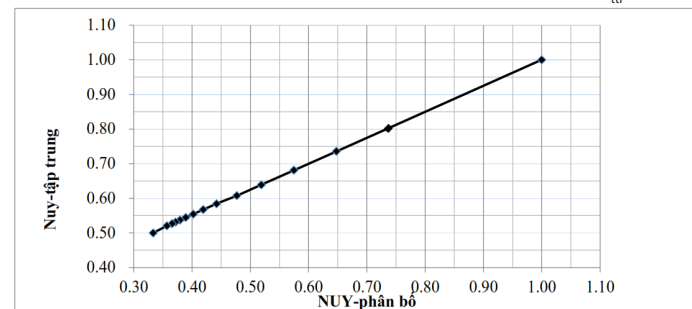
Để tìm lực căng cáp gần đúng, ta xây dựng dầm mô hình tương đương, là dầm đơn giản cùng nhịp. Tải trọng, là tải phân bố (hoạt tải gia tăng) đang tác dụng lên dầm khung, nhưng nhân với hệ số hiệu dụng u_{pb} (vì tải này là tải phân bố). Tính toán lực căng trên mô hình tương đương. Để tìm lực căng cáp gần đúng, ta xây dựng dầm mô hình tương đương, là dầm đơn giản cùng nhịp



Hình 8: Đồ thị u_{pb} và u_{tt} theo thay đổi độ cứng đầu dầm (dầm BTCT 250x500)

Tải trọng, là tải phân bố (hoạt tải gia tăng) đang tác dụng lên dầm khung, nhưng nhân với hệ số hiệu dụng u_{pb} (vì tải này là tải phân bố). Tính toán lực căng trên mô hình tương đương.

Đưa lực căng này vào khung để tính toán nội lực và kiểm tra kết quả gia cường. Lưu ý rằng, lực căng bị mất một phần hiệu dụng lên dầm do ảnh hưởng của các cấu kiện chung quanh. Khi đó, lực căng đặt vào dầm khung là lực căng trên dầm mô hình chia cho hệ số hiệu dụng u_{tt}



Hình 9: Đồ thị tương quan u_{pb} theo u_{tt} trên cùng 1 dầm.

8/. Xác định lực căng trước - ứng suất trước trong dây căng

Ứng suất trước trong dây căng được xác định theo biểu thức:

$$\sigma_o = m_o R_s - \sigma \quad (8.1)$$

Trong đó:

σ - ứng suất trong thanh căng khi dầm mô hình chịu hoạt tải.

m_o - hệ số điều kiện làm việc của dây căng, lấy $0,6 \div 0,85$

R_s - cường độ thép làm dây căng.

Lực căng ban đầu trên dầm mô hình trước khi tăng tải:

$$X_{o-mh} = \sigma_o A_{tc-mh} \quad (8.2)$$

Cũng như trên cần phải chia lực căng trước cho hệ số hiệu dụng u_{tt} .

$$X_{tc} = \frac{X_{1-mh}}{u_{tt}} + \frac{X_{o-mh}}{u_{tt}} \quad (8.3)$$

Lực căng đặt vào dầm khung là:

Do đó cần tăng tiết diện thanh căng tính từ dầm mô hình

$$A_{tc} = \frac{A_{tc-mh}}{u_{tt}} \quad (8.4)$$

9/. Xây dựng mô hình Etabs chịu tải của khung với toàn bộ tải trọng, kể cả tải gia tăng, và lực căng cáp.

Sau khi tính lực căng gia cường, ta tính tác dụng của lực này vào dầm thông qua liên kết dây căng vào dầm.

Hoàn tất mô hình Etabs, theo (4/.) và tính toán nội lực trong khung.

10/. Kiểm tra khả năng chịu lực của dầm sau gia cường

Kiểm tra khả năng chịu nén của dầm sau gia cường được thực hiện theo các công thức quy định trong tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông cốt thép đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm [3].

+ Đối với dầm đơn giản khi căng như vậy sẽ xảy ra 2 trường hợp: nén lệch tâm ở nhịp và nén lệch tâm rất bé ở đầu dầm.

+ Đối với dầm trong khung: Nén lệch tâm đối với moment âm tại gối, nén lệch tâm với moment dương ở nhịp.

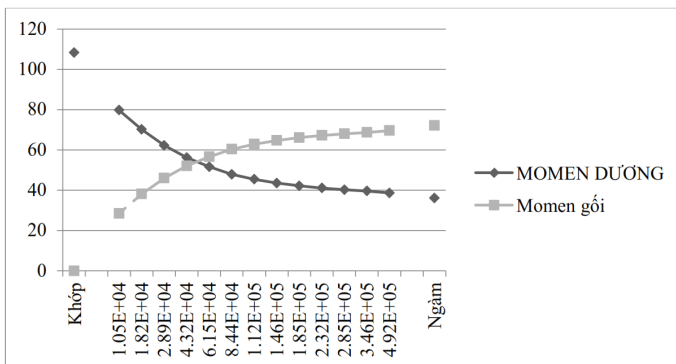
+ Khi gia cường căng vòng cũng cần kiểm tra lực cắt trên dầm.

Ngoài ra, cũng cần phải xem xét và kiểm tra ảnh hưởng của phương pháp thanh căng đến nội lực trong các cấu kiện chung quanh.

Tại đây có nhận xét là:

Trong trường hợp độ cứng nút đầu dầm gia cường là nhỏ, momen âm tại nút sẽ nhỏ, khi đó phương pháp căng ngang sẽ thích hợp.

Trong trường hợp độ cứng nút đầu dầm gia cường là lớn, momen âm do tải trọng tại nút sẽ lớn, khi đó phương pháp căng vòng sẽ hợp lý vì momen do lực căng sẽ làm giảm giá trị momen âm. Nếu dùng phương pháp căng ngang, momen âm sẽ bị tăng thêm do momen của dây căng gây ra.



Hình 10: Đồ thị giá trị momen (do tải phân bố $q=10\text{kN/m}$) thay đổi theo độ cứng nút đầu dầm.

11/. Các bước tính toán:

Bước 1. Từ tải trọng cần gia tăng tính momen gia tăng trên mặt cắt nguy

hiểm ΔM . Xây dựng dầm mô hình tương đương với hệ số u , như (...).

Bước 2. Chọn sơ đồ dây căng và chọn sơ bộ tiết diện dây căng.

Bước 3. Xác định độ cứng của dầm được gia cường.

Bước 4. Xác định ứng lực trong dây căng dưới tác dụng của các hoạt tải sau khi gia cường.

Bước 5. Xác định ứng lực căng trước trong dây căng.

Bước 6. Tính toán lực dây căng tác dụng lên dầm thông qua liên kết. Xây dựng mô hình tính toán trong Etabs. Tính nội lực kết cấu sau khi tăng tải và gia cường.

Bước 7. Kiểm tra lại khả năng chịu tải của dầm sau khi gia cường.

12/. Một số ví dụ

Ví dụ 1: Tính toán gia cường dầm đơn giản bê tông cốt thép (BTCT) bằng thanh căng ứng lực trước:

Dầm có sơ đồ tính cho trên hình,

tiết diện hình chữ nhật $25\text{cm} \times 50\text{cm}$, chiều dài của dầm $l = 6\text{ m}$, với cốt thép $A_s = 9,42\text{ cm}^2$ -(3 Φ 20),

$R_s = 28 \times 10^4\text{ kN/m}^2$, $m_s = 1,0$.

Bê tông B20 (mac250), $R_b = 11500\text{ kN/m}^2$

$m_o = 0,7$.

$R_{bt}^{tc} = 1400\text{ kN/m}^2$

$\alpha_b = 1,0$

Tải trọng tác dụng lên dầm: Tĩnh tải: $g = 15\text{ kN/m}$; Hoạt tải $p = 9\text{ kN/m}$

Yêu cầu gia cố để dầm có thể chịu thêm tải trọng $q_{gt} = 10\text{ kN/m}$

Tìm nội lực dầm bằng phương pháp tính toán ($q_2 = g + q + q_{gt}$):

$$\text{Moment giữa nhịp: } M = \frac{q_2 \times l^2}{8} = \frac{34 \times 6^2}{8} = 153\text{ kN.m}$$

Kiểm tra cốt thép cần thiết khi chịu q_2 (thêm tải gia tăng): $A_{s2} = 13,5\text{ cm}^2$

$A_{s2} > A_s = 9,42\text{ cm}^2$ (3 Φ 20),

Như vậy khi tăng thêm tải trọng, dầm không thoả bền.

Bài toán gia cường bằng thanh căng ngang

$$\Delta M = \frac{q_{gt} l^2}{8} = \frac{10 \times 6^2}{8} = 45\text{ kN.m}$$

Xác định sơ bộ tiết diện thanh căng. Trường hợp này $\mu_b = 1$. Ta không cần thiết lập dầm mô hình tương đương.

với $R_s = 28 \times 10^4\text{ kN/m}^2$; $m_o = 0,7$; $\xi = 0,85$; $h_o = 0,47\text{ m}$

$$A_{s0} = \frac{450000}{0,7 \times 0,85 \times 47 \times 2800} = 5,7\text{ cm}^2$$

Chọn 2 Φ 20 $A_{s0} = 6,28\text{ cm}^2$

Tính lực căng X trong thanh căng gia cường

Trường hợp dầm chưa xuất hiện vết nứt (dầm có độ cứng $E_b J_b$):

$E_b J_b = 2,7 \times 10^7 \times 260416 \times 10^{-8} = 70312\text{ kN.m}^2$

$$\text{Ta có: } \Omega = c + \frac{E_b J_b}{c A_{tc} E_{tc}} + \frac{E_b J_b}{A_b E_b} = 2,1\text{ m}$$

$$\text{Lực căng } X_{tt} \text{ trong thanh căng: } X_{tt} = \frac{q l^2}{12 \Omega} = 26,6\text{ kN}$$

(Khi tính lực căng ta không kể tĩnh tải)

Tính ứng suất trước (σ_o), lực căng trước trong thanh căng

$$\sigma = \frac{X_{tt}}{A_{tc}} = \frac{26,6}{6,28 \times 10^{-4}} = 42356,69\text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_o = m_o R_s - \sigma = 0,7 \times 28 \times 10^4 - 42356 = 153644\text{ kN/m}^2$$

\Rightarrow Lực căng ban đầu trước khi đặt hoạt tải:

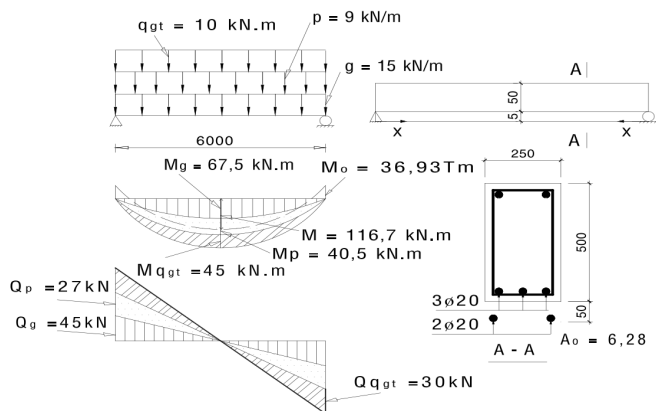
$$X_{o-tt} = \sigma_o A_o = 153644 \times 6,28 \times 10^{-4} = 96,48\text{ kN}$$

Tính nội lực dầm sau khi gia cường và căng thanh thép bằng tính toán thủ công:

Hai thanh căng ngang đặt lệch tâm đối với dầm, nên tại các gối tựa của

dầm phát sinh moment uốn M_0 ở 2 đầu nút:
 $M_0 = N_c \times C = 123,1 \times 0,3 = 36,93 \text{ kN.m}$

Momen uốn tính toán giữa nhịp dầm là:
 $\Sigma M = M_g + M_p + M_q - M_0 = 116,07 \text{ kN.m}$



Hình 11 là các biểu đồ momen uốn tính bằng phương pháp thủ công. Momen uốn sau khi gia cường được thể hiện bằng đường chấm chấm trong hình
 Tính nội lực dầm sau khi gia cường và căng thanh thép bằng mô hình Etabs:

Xây dựng mô hình như mục (4/) đã đề xuất:
 Với lực căng sau khi tăng tải $X_{mhtd} = 123,09 \text{ kN}$ khi đưa vào mô hình Etabs ta có kết quả như sau:

Bảng so sánh nội lực sau gia cường dầm khi tính bằng phương pháp tính toán và bằng phương pháp chạy mô hình Etabs

T/d Dầm (cm ²)	lực căng X_{mh} (kN)	Nội lực sau gia cường dầm bằng phương pháp tính toán			Nội lực sau gia cường dầm bằng chạy mô hình etab		
		M_0 (kN.m)	M_{nh} (kN.m)	Q (kN)	M_0 (kN.m)	M_{nh} (kN.m)	Q (kN)
25x50	123,08	36,93	116,07	102	36,92	116,08	102

Vậy từ kết quả trên nhận thấy cả 2 phương án đều cho kết quả nội lực là như nhau, chứng tỏ rằng việc xây dựng mô hình (điểm đặt lực căng của dầm) trong mô hình Etabs là hợp lý.

Kiểm tra khả năng chịu tải của dầm:

Từ kết quả trên kiểm tra khả năng chịu lực của dầm theo mô hình thanh chịu nén lệch tâm như sau [3]:

+ Khả năng chịu nén lệch tâm của dầm ở nhịp:

Dầm lúc này là một cấu kiện chịu nén lệch tâm với:

$N_c = 123,1 \text{ kN}$; $M_{nh} = 116,07 \text{ kN.m}$

$$R_s b h - R_s A_s = 11500 \times 0,25 \times 0,5 - 28 \times 10^4 \times 9,42 \times 10^{-4} = 1173,74 \text{ kN} > N_c = 123,10 \text{ kN}$$

$$x = \frac{N_c + R_s A_s}{b R_b} = \frac{123,1 + 28 \times 10^4 \times 9,42 \times 10^{-4}}{0,25 \times 11500} = 0,135 \text{ m}$$

$$\Rightarrow R_s b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) = 11500 \times 0,25 \times 0,135 \left(0,47 - \frac{0,135}{2} \right) =$$

$$= 155,73 \text{ kN.m} > N_c e = 123,1 \times 0,17 = 20,9 \text{ kN.m}$$

(các ký hiệu của các đại lượng theo TCVN 5574-2012)
 Vậy sau khi gia cường, tiết diện dầm đủ khả năng chịu lực khi tải trọng gia tăng.

+ Khả năng chịu nén lệch tâm của dầm tại gối:

Tại gối tựa ở vùng chịu kéo (phía trên dầm) chỉ có cốt thép cấu tạo:

$2\Phi 20 \Rightarrow A_s = 6,28 \text{ cm}^2$; $3\Phi 20 \Rightarrow A_s = 9,42 \text{ cm}^2$;
 $b = 0,25 \text{ m}$; $h = 0,5 \text{ m}$; $h_0 = 0,47 \text{ m}$; $a = a' = 0,03 \text{ m}$
 $M_0 = 36,93 \text{ kN.m}$; $N_c = 123,1 \text{ kN}$

$$R_s b h - R_s A_s = 11500 \times 0,25 \times 0,5 - 28 \times 10^4 \times 6,28 \times 10^{-4} = 1261,66 \text{ kN} > N_c = 123,1 \text{ kN}$$

$$x = \frac{N_c + R_s A_s}{b R_b} = \frac{123,1 + 28 \times 10^4 \times 6,28 \times 10^{-4}}{0,25 \times 11500} = 0,1 \text{ m}$$

$$\Rightarrow R_s b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) = 11500 \times 0,25 \times 0,1 \left(0,47 - \frac{0,1}{2} \right) =$$

$$= 124,88 \text{ kN.m} > N_c e = 123,1 \times 0,52 = 64,01 \text{ kN.m}$$

Vậy sau khi gia cường, tiết diện dầm đủ khả năng chịu tải khi tải trọng gia tăng.

+ Khả năng chống cắt của dầm

Thép đai $\Phi 6/0,15$, $R_{sw} = 175000 \text{ kN/m}^2$

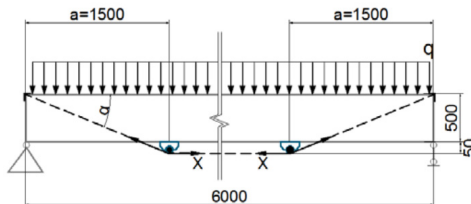
$$q_{sw} = \frac{n_s R_{sw} f_d}{u} = \frac{2 \times 175000 \times 0,28 \times 10^{-4}}{0,15} = 65,33 \text{ kN/m}$$

$$Q_{wb} = 2\sqrt{2} \gamma_b R_k b h_0 q_{sw} =$$

$$= 2\sqrt{2} \times 1 \times 900 \times 0,25 \times 0,47^2 \times 65,33 = 161, \text{ kN} > \Sigma Q = 102 \text{ kN}$$

\Rightarrow Dầm đạt yêu cầu về khả năng chống cắt.

Kết luận: Phương án gia cường đạt yêu cầu



Hình 12: Sơ đồ bố trí thanh căng

Ví dụ 2: Tính toán gia cường dầm đơn giản bê tông cốt thép (BTCT) bằng thanh căng vòng ứng lực trước Ví dụ 2: Tính toán gia cường dầm đơn giản bê tông cốt thép (BTCT) bằng thanh căng vòng ứng lực trước:

$$\tan \alpha = \frac{0,5 + 0,05}{1,5} = 0,37$$

$$\Rightarrow \alpha = 20^\circ 18'$$

Tính toán lực căng gia cường:

Trường hợp dầm chưa xuất hiện với nứt

Khi đó độ cứng uốn là $E_b J_b = 70312 \text{ kN.m}^2$:

Theo [2], thay cho B là $E_b J_b$ ta có:

$$K = \frac{E_b J_b}{E_s A_c h_c} = \frac{70312}{2,1 \times 10^8 \times 6,28 \times 10^{-4} \times 0,55} = 0,97 \text{ m}; \quad K_o = \frac{1}{\cos^3 \alpha} = \frac{1}{0,938^3} = 1,2$$

$$K_1 = \frac{E_b J_b}{E_b A_b h_c} = \frac{70312}{2,7 \times 10^7 \times 1250 \times 10^{-4} \times 0,55} = 0,038 \text{ m}$$

$$\Psi = \frac{1}{0,4 K K_o + 0,4 h + 0,99 K_1 + 0,87 K} = 0,52 \text{ m}^{-1}; \quad \text{Với } \frac{x}{l} = 1$$

ta có $\omega = 0,06092$.

Lực căng tính toán trên dầm:

$$\Rightarrow X_{1tt} = \psi q l^2 \omega = 0,52 \times (10 + 9) \times 6^2 \times 0,06092 = 21,66 \text{ kN}$$

Ứng suất trong dây căng do (p + q) tác dụng:

$$\sigma = \frac{X_{1tt}}{A_{dc}} = \frac{21,66}{6,28 \times 10^{-4}} = 34490,45 \text{ kN} / m^2$$

Tính lực căng trước:

Ứng lực trước trong dây căng:

$$\sigma_o = m_o R_s - \sigma = 0,7 \times 28 \times 10^4 - 34490,45 = 161509,55 \text{ kN} / m^2$$

Suy ra, lực căng trước khi đặt lực p + q:

$$X_{ott} = \sigma_o A_{dc} = 161509,55 \times 6,28 \times 10^{-4} = 101,42 \text{ kN}$$

Để đạt được ứng suất này, cần đặt cơ cấu nứu chập [xem 2]

Trước khi gia tải thì lực căng trong dây căng phải căng trước ứng với giá trị của ứng suất trước, tức là với lực căng trước $X_{ott} = 101,42 \text{ kN}$ và dầm được coi như một cấu kiện chịu nén lệch tâm với:

$$N_{ott} = 0,826 X_{ott} = 0,826 \times 101,42 = 83,77 \text{ kN}$$

$$D_{ott} = N_{ott} \alpha = 83,77 \times 0,37 = 30,99 \text{ kN}$$

$$M_{ott} = 0,33 X_{ott} = 0,33 \times 101,42 \times 0,55 = 18,41 \text{ kN.m}$$

Lực căng dây sau khi tăng tải là: $X_{1tt} = 21,66 \text{ kN}$

$$\text{Suy ra: } N_{1tt} = 0,826 X_{1tt} = 0,826 \times 21,66 = 17,89 \text{ kN}$$

$$D_{1tt} = N_{1tt} \alpha = 17,89 \times 0,37 = 6,62 \text{ kN}$$

$$M_{1tt} = 0,33 X_{1tt} = 0,33 \times 21,66 \times 0,55 = 3,93 \text{ kN.m}$$

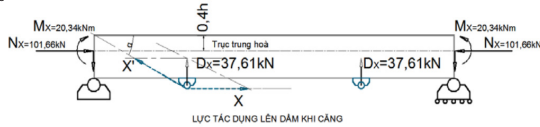
Tổng lực căng trong dây căng tác dụng lên cấu kiện ($u_{tr} = 1$):

$$X = X_{ott} + X_{1tt} = 101,42 + 21,66 = 123,08 \text{ kN}$$

$$N = N_{ott} + N_{1tt} = 83,77 + 17,89 = 101,66 \text{ kN}$$

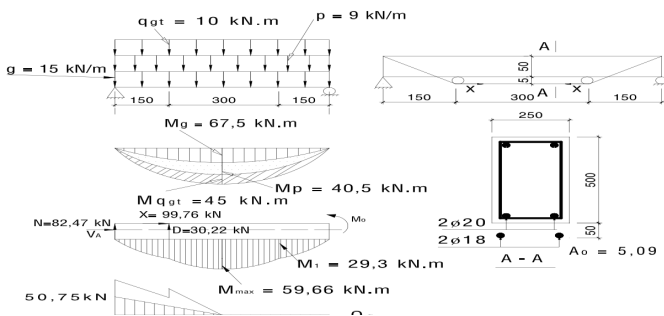
$$D = D_{ott} + D_{1tt} = 30,99 + 6,62 = 37,61 \text{ kN}$$

$$M_o = M_{ott} + M_{1tt} = 18,41 + 3,93 = 22,34 \text{ kN.m}$$



Hình 13: Sơ đồ tính lực liên kết thanh căng võng

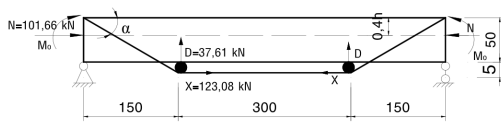
Tính toán nội lực sau gia cường bằng thủ công:



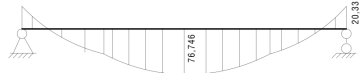
Hình 14: Các biểu đồ momen uốn tính bằng phương pháp thủ công

Tính toán nội lực sau gia cường bằng mô hình Etabs:

Sau khi tính lực căng gia cường, xây dựng mô hình Etas như mục (4/) và giải ra ta có:



Hình 15: Sơ đồ tải tác dụng lên dầm của thanh căng võng



Hình 16: Biểu đồ moment uốn dầm sau gia cường và đặt toàn bộ tải

Bảng so sánh nội lực sau gia cường dầm bằng tính toán thủ công và bằng Mô hình Etabs

T/d Dầm (cm ²)	Lực căng X (kN)	Nội lực sau gia cường dầm tính toán thủ công			Nội lực sau gia cường dầm Mô hình Etabs		
		M _o (kNm)	M _{nh} (kN.m)	Q (kN)	M _o (kN.m)	M _{nh} (kN.m)	Q (kN)
25x50	123,08	20,34	76,77	102	20,33	76,75	102

Từ kết quả của các số liệu trên, nhận thấy rằng kết quả nội lực gia cường ở phần tính toán thủ công và ở thiết lập mô hình là như nhau, vì thế mô hình trong Etabs là hợp lý.

Kiểm tra khả năng chịu tải sau gia cường theo mô hình thanh chịu nén lệch tâm [3]: Bao gồm: Kiểm tra khả năng chịu tải của dầm tại nhịp, Kiểm tra khả năng chịu nén của dầm tại gối, Kiểm tra khả năng chống cắt của dầm.

Các bước kiểm tra tương tự ví dụ trên, tất cả đều đạt yêu cầu.

Ví dụ 3: Tính toán gia cường dầm khung bê tông cốt thép (BTCT) bằng thanh căng ứng lực trước. Giả sử dầm khung có tiết diện (hình):

Cột 30x30 cm, $l_c = 3,3 \text{ m}$ chịu được tải trọng $q = 24 \text{ kN/m}$,

Dầm 25 x 50 cm², chiều dài $l_d = 6 \text{ m}$;

có tiết diện cốt thép dầm $As1 = 6,28 (2\Phi 20)$ và

moment giới hạn của dầm $M_{gh} = 73,45 \text{ kN.m}$,

$M_g = 34,55 \text{ kN.m}$.

Khi tăng thêm tải trọng $q_{gt} = 10 \text{ kN/m}$ thì nội lực trong dầm sẽ tăng lên

$$M_{tt} = 104,06 \text{ (kN.m)} > M_{gh} = 73,45 \text{ (kN.m)}$$

tức là $A_{s1} = 6,28 \text{ cm}^2 (2\Phi 20) < A_{s2} = 9,42 \text{ cm}^2$.

Như vậy dầm không đủ khả năng chịu lực nên cần phải gia cường cho hệ dầm khung.

Vậy gia cường cho dầm khung được tính toán như sau:

Xác định lực căng gia cường trên dầm mô hình tương đương.

Xác định hệ số u và chọn sơ bộ tiết diện dây căng

Moment do q gia tải tác dụng lên dầm khung (kết quả từ Etabs) ta được:

$$\Delta M_k = 30,6 \text{ kN.m}$$

Moment do q gia tải được tính toán theo sơ đồ dầm đơn giản:

$$\Delta M_d = \frac{q_{gt} l^2}{8} = \frac{10 \times 6^2}{8} = 45 \text{ kN.m}$$

Suy ra: Hệ số hiệu ứng giảm tải do lực phân bố tác dụng lên dầm

$$u_{pb} = \frac{\Delta M_k}{\Delta M_d} = \frac{30,6}{45} = 0,68$$

Tiết diện dây căng trên hệ dầm mô hình tương đương:

$$\Rightarrow A_{ic-mh} = \frac{306000}{0,7 \times 0,85 \times 47 \times 2800} = 3,9 \text{ cm}^2$$

chọn 2 $\Phi 16 A_{ic-mh} = 4,02 \text{ cm}^2$

Xác định lực căng gia cường cho dầm mô hình tương đương với độ cứng $E_b J_b$

$$\Omega = c + \frac{E_b J_b}{c E_{ic} A_{ic}} + \frac{E_b J_b}{c E_b A_b}$$

Ta có:

Trong đó

$E_b J_b$ – độ cứng của dầm

c – khoảng cách từ thanh căng đến trọng tâm tiết diện

$$\Omega = 0,3 + \frac{70312,5}{0,3 \times 2,1 \times 10^8 \times 4,02 \times 10^{-4}} + \frac{70312,5}{0,3 \times 2,7 \times 10^7 \times 1250 \times 10^{-4}} = 3,15 \text{ m}$$

Lực căng trong thanh căng tính bằng công thức:

$$X_{tt-mhđ} = \frac{v_{gr} q l^2}{12 \Omega} = \frac{0,68 \times (9+10) \times 6^2}{12 \times 3,15} = 12,3 \text{ kN}$$

Ứng suất trước trong thanh căng ($\sigma_{o-mhđ}$)

$$\sigma_{mhđ} = \frac{X_{tt-mhđ}}{A_{c-mhđ}} = \frac{112,3}{4,02 \times 10^{-4}} = 30597,01 \text{ kN / m}^2$$

$$\sigma_{o-mhđ} = m_o R_s - \sigma_{mhđ} = 0,7 \times 28 \times 10^4 - 30597,01 = 165402,99 \text{ kN / m}^2$$

Lực căng trước trong thanh căng:

$$X_{ott-mhđ} = \sigma_{o-mhđ} \times A_{c-mhđ} = 165402,99 \times 4,02 \times 10^{-4} = 66,49 \text{ kN}$$

Tính toán nội lực trong khung sau gia cường:

Với dầm khung, ta tính nội lực sau tăng tải và gia cường bằng mô hình Etabs

Xác định hệ số v_{tr} :

Moment dương lớn nhất do Pgt tác dụng lên dầm khung:

$$\Delta M_{tt-k} = 68,41 \text{ kN.m}$$

Moment dương lớn nhất do Pgt trên sơ đồ dầm đơn giản:

$$\Delta M_{tt-d} = \frac{P_{gt} l}{4} = \frac{60 \times 6}{4} = 90 \text{ kN.m}$$

$$\text{Hệ số hiệu dụng tải phân bố (theo (7/.): } v_{tr} = \frac{\Delta M_{tt-k}}{\Delta M_{tt-d}} = \frac{68,41}{90} = 0,76$$

(Giá trị 0,67 này có thể tìm được qua đồ thị hình 8 ở trên) (khi chuyển về dầm khung, do yêu cầu tăng lực căng để bù phần tổn thất do phân phối vào các cấu kiện liên quan, cần chia Atc-mh cho uttr để có giá trị Atc cho dầm khung)

Do đó cần tăng tiết diện thanh căng tính từ dầm mô hình

$$A_{c} = \frac{A_{c-mh}}{v_{tr}} = \frac{3,9}{0,76} = 5,13 \text{ cm}^2$$

chọn 2 Ø18 $A_c = 5,09 \text{ cm}^2$

Lực căng đặt vào dầm khung khi chịu tải là :

$$X_{1-tr} = \frac{X_{tt-mhđ}}{v_{tr}} = \frac{12,3}{0,76} = 16,18 \text{ kN}$$

Lực căng trước tác dụng lên dầm khung trước khi đặt gia tải:

$$X_{o-tr} = \frac{X_{ott-mhđ}}{v_{tr}} = \frac{66,49}{0,76} = 87,48 \text{ kN}$$

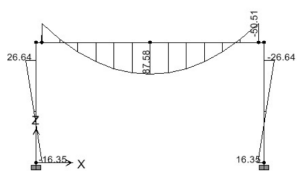
Tổng lực căng đặt vào dầm khung là :

$$X_{ic} = X_{1-tr} + X_{o-tr} = 16,18 + 87,48 = 103,66 \text{ kN}$$

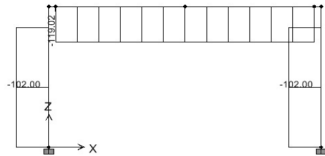
Moment do lực X_{tt} gây ra tại gối:

$$M_x = X_{tt} C = 103,66 \times 0,3 = 31,1 \text{ kN.m}$$

Tính nội lực bằng mô hình Etabs:



Hình 19: Biểu đồ moment sau gia cường



Hình 20: Biểu đồ lực dọc

Nội lực dầm khung sau gia cường bằng mô hình Etabs

T/d Dầm (cm ²)	Lực căng X (kN)	Nội lực dầm khung		
		M _o (kN.m)	M _{nh} (kN.m)	Q (kN)
25x50	103,66	50,51	87,58	102

Kiểm tra khả năng chịu tải sau gia cường theo mô hình thanh chịu nén lệch tâm:

Bao gồm: Kiểm tra khả năng chịu nén lệch tâm của dầm tại nhịp, Kiểm tra khả năng chịu nén lệch tâm của dầm tại gối, Kiểm tra khả năng chống cắt của dầm.

Các bước kiểm tra tương tự ví dụ trên, tất cả đều đạt yêu cầu.

Kiểm tra khả năng chịu nén của cột sau gia cường

Tại gối tựa ở vùng chịu kéo (phía trên dầm) chỉ có cốt thép cấu tạo: 8Ø16 $\Rightarrow A_s = 16,08 \text{ cm}^2$

$$b = 0,3 \text{ m}; h = 0,3 \text{ m}; h_o = 0,27 \text{ m}; a = a' = 0,03 \text{ m}$$

$$M = 26,64 \text{ kN.m}; N_c = 102 \text{ kN}$$

$$R_b b h - R_s A_s = 584,76 \text{ kN} > N_c = 102 \text{ kN} \quad x = \frac{N_c + R_s A_s}{b R_b} = 0,16 \text{ m}$$

$$R_b b x \left(h_o - \frac{x}{2} \right) = 104,88 \text{ kN.m} > N_c e = 49,98 \text{ kN.m}$$

Vậy sau khi gia cường, tiết diện cột đủ khả năng chịu nén khi tăng tải trọng

Kết luận và kiến nghị:

Bài báo đã trình bày một phương pháp tính toán gia cường cho dầm khung bê tông cốt thép khi chịu tải gia tăng vượt khả năng chịu lực của dầm. Phương pháp gia cường là thanh căng ứng lực trước. Bài báo đề xuất là tìm giá trị lực căng theo mô hình dầm đơn giản tương đương. Giá trị lực căng tìm được là giá trị tiệm cận, gần đúng. Giá trị lực căng được chấp nhận khi dầm thoả điều kiện kiểm tra khả năng chịu tải theo mô hình thanh chịu nén lệch tâm. Sau khi thoả kiểm tra với mô hình thanh chịu nén lệch tâm theo TCVN 5574-2012, kết quả của phương án gia cường là hợp lý và đáng tin cậy.

Sau khi gia cường thanh căng, nội lực của các cấu kiện lân cận cũng bị thay đổi. Qua mô hình Etabs, ta xác định được những thay đổi nội lực này. Kiểm tra các cấu kiện lân cận dầm gia cường với nội lực mới là điều cần thiết.

Giá trị tải gia tăng không thể lớn tùy ý, nó tùy thuộc khả năng chịu lực hiện hữu của cấu kiện, tỷ lệ gia tăng khả năng chịu lực khoảng 30% là hợp lý. Xét cấu kiện trong thực tế, việc tăng tải trọng do thay đổi công năng (TCVN-2737-1995) thực chất là tăng hoạt tải. Giá trị tăng khả năng chịu lực của phương pháp thanh căng được nghiên cứu ở đây cũng đáp ứng yêu cầu này.

Đối với trường hợp dầm đã có xuất hiện vết nứt, độ cứng (B) của dầm bị giảm, kết quả sẽ có sai số, hướng nghiên cứu tiếp theo là xem xét sai số và các mô phỏng độ cứng (B) của dầm đã xuất hiện vết nứt vào mô hình Etabs.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Xuân Bích. Sửa chữa và gia cố các công trình xây dựng. NXB KH&KT, Hà Nội, 1996.
- [2]. Lê Văn Kiểm. Hư hỏng sửa chữa và gia cường công trình. NXB Đại học Quốc gia TP. HCM, 2004.
- [3] KẾT CẤU BÊ TÔNG VÀ BÊ TÔNG CỐT THÉP - Tiêu chuẩn thiết kế - TCVN 5574 – 2012.
- [4]. Etabs, CSI . User interface Reference Manual -



PHIẾU NHẬN XÉT LUẬN VĂN THẠC SĨ

(Dành cho giảng viên hướng dẫn)

Tên đề tài luận văn thạc sỹ: Gia cường dầm khung bê tông cốt thép bằng thanh căng ứng suất trước

Tên tác giả: NGUYỄN CHÍ HÙNG

MSHV: 1580809

Ngành: Kỹ thuật xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp

Khóa: 2015

Họ và tên người hướng dẫn (học hàm, học vị): TS.Nguyễn Đình Hiến

Cơ quan công tác: Viên Cơ học và Tin học ứng dụng - VAST

Điện thoại liên hệ: 0903810811

PHẦN NHẬN XÉT

1. Nhận xét về tinh thần, thái độ làm việc và nghiên cứu của học viên:

Trong thời gian làm việc chung, tôi đã tìm thấy ở học viên Nguyễn Chí Hùng sự kiên trì, cẩn mẫn và quyết tâm trong nghiên cứu. Học viên đã thể hiện khả năng tìm tòi bổ sung kiến thức và năng lực để đi đến kết quả cuối cùng của luận văn. Bên cạnh đó, việc tìm hiểu khai thác sử dụng phần mềm Etabs của học viên cũng rất tốt.

2. Nhận xét về kết quả thực hiện của luận văn:

2.1 Ưu & nhược điểm:

Luận văn đã chuyển phản lực liên kết của phương pháp gia cố thanh căng vào mô hình tính toán trong Etabs, từ đó, thu được trạng thái nội lực, biến dạng trong hệ kết cấu sau khi gia tải và gia cường.

Luận văn cũng đã đề xuất phương pháp tính lực căng cần thiết của hệ gia cường khi tính toán biện pháp gia cố thanh căng.

Khuyết điểm là cách xác định lực căng của thanh gia cường cho dầm với dầm mô hình tương đương như trong luận văn là chỉ chính xác trong hệ khung đơn giản. Trong hệ khung phức tạp, nhiều thanh qui tụ vào nút sẽ cho kết quả gần đúng, nhất là khi độ cứng nút tại 2 đầu của dầm cần gia cường khác nhau nhiều.

Tuy nhiên, điều kiện kiểm tra cuối cùng là kiểm tra thanh chịu nén lệch tâm thỏa điều kiện bền theo TCVN 5574-2012, cho thấy việc áp dụng thực tế đáng tin cậy.

2.2 Điểm mới/giá trị thực của đề tài:

Với các hệ kết cấu đơn giản, việc xác định nội lực, biến dạng của hệ có thể thực hiện thủ công. Nhưng với hệ khung siêu tĩnh bậc cao việc sử dụng các phần mềm tính toán kết cấu là cần thiết. Việc xây dựng mô hình có thể đưa vào phần mềm tính toán (cụ thể tại đây là Etabs) là điểm nổi bật, đưa phương pháp gia cường thanh căng vào ứng dụng gia cường dầm trong hệ khung siêu tĩnh bê tông cốt thép. Trước đây phương pháp này, chủ yếu được áp dụng gia cường hệ dầm đơn giản – như hệ dầm cầu giao thông.

Đề xuất phương pháp tính lực căng trong thanh căng gia cường cho dầm khung bê tông cốt thép cũng là điểm mới, nó có ý nghĩa, mặc dù còn khuyết điểm như đã nói ở trên.

Phương pháp và quy trình tính toán, kiểm tra gia cường tuân thủ TCVN 5574-2012, cho thấy kết quả luận văn có nhiều khả năng ứng dụng vào thực tế.

2.3 Những tồn tại (nếu có):

Luận văn đề xuất 2 phương pháp thanh căng ngang và thanh căng võng, nhưng chưa biện luận khi nào áp dụng căng ngang, khi nào áp dụng căng võng.

Trong mô hình tính toán, tác giả đề xuất đưa phản lực liên kết thanh căng vào mô hình tính toán, vì thế luận văn cũng nên đề xuất vai mô hình liên kết tương ứng.

KẾT LUẬN

ĐỒNG Ý CHO BẢO VỆ . Kính chuyển hội đồng đánh giá nhận xét.

TP.HCM, ngày tháng năm

Giảng viên hướng dẫn

(Ký & ghi rõ họ tên)

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Nguyễn Đình Hiền', written on a light yellow background.

TS.Nguyễn Đình Hiền

BÀI BÁO KHOA HỌC

THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC SỸ

Bài báo khoa học của học viên

có xác nhận và đề xuất cho đăng của Giảng viên hướng dẫn



Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH và TÁC GIẢ

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

ĐỂ CÓ BÀI BÁO KHOA HỌC TỐT, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!