

BÀN VỀ MÔ HÌNH ỨNG XỬ CỦA HỆ KẾT CẤU KHUNG BÊ TÔNG CỐT THÉP THIẾT KẾ THEO QUAN NIỆM KHÁNG CHẤN Ở VIỆT NAM

● NGUYỄN DUY CÔNG

TÓM TẮT:

Bài báo bàn về mô hình ứng xử của hệ kết cấu khung bê tông cốt thép (BTCT) thiết kế theo quan niệm kháng chấn ở Việt Nam. Qua đó, làm sáng tỏ thêm một số vấn đề về mức độ ứng xử của hệ kết cấu khung bê tông cốt thép và khả năng làm việc cực hạn của chúng.

Từ khóa: bê tông cốt thép, khung bê tông cốt thép, hệ kết cấu, ứng xử hệ kết cấu khung bê tông cốt thép, kháng chấn.

1. Đặt vấn đề

Trong xây dựng, hệ kết cấu khung bê tông cốt thép (BTCT) là một trong các hệ kết cấu được sử dụng rất rộng rãi trên thế giới, trong đó có Việt Nam. Trong bối cảnh hiện nay, để hệ kết cấu có khả năng chịu lực lẫn phân tán năng lượng cao, người thiết kế phải kiểm soát được cơ cấu và cách thức phá hoại của nó khi chịu động đất. Bài viết này bàn về mô hình ứng xử của hệ kết cấu khung bê tông cốt thép thiết kế theo quan niệm kháng chấn ở Việt Nam.

2. Mô hình ứng xử của hệ kết cấu khung bê tông cốt thép thiết kế theo quan niệm kháng chấn

Hiện nay, việc mô hình hóa ứng xử phi tuyến của hệ kết cấu khung BTCT, được thiết kế theo quan niệm kháng chấn, đã được nghiên cứu khá đầy đủ và được quy định tương đối cụ thể trong các tiêu chuẩn thiết kế. Theo đó, ứng xử phi tuyến của

hệ khung BTCT được thể hiện ở 2 mức độ: mức vật liệu và cấu kiện chịu lực.

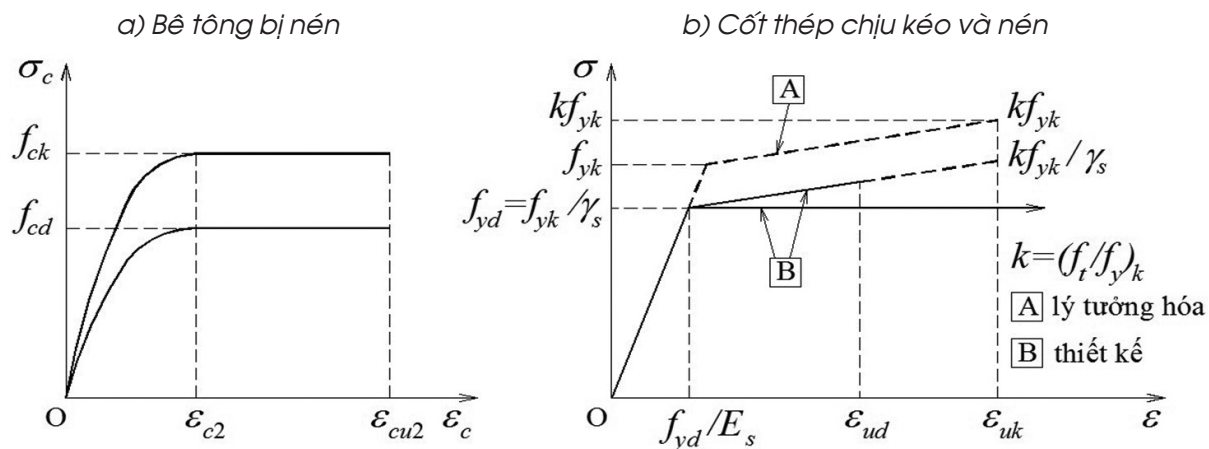
2.1. Ở mức vật liệu

Đối với các vật liệu của khung, ứng xử của bê tông chịu nén được biểu thị qua đồ thị parabol - chữ nhật (Hình 1a), còn cốt thép qua đồ thị đàn hồi - biến cứng (Hình 1b) theo tiêu chuẩn EN 1992-1-1:2004. [2],[5].

2.2. Ở mức cấu kiện chịu lực

Để mô phỏng ứng xử của hệ kết cấu khung BTCT, mỗi cấu kiện của nó được mô hình hóa bằng 3 phần tử, trong đó 2 phần tử ở các đầu mút được biểu diễn bằng các lò xo xoay phi tuyến (các khớp dẻo), nơi được giả thiết tập trung tất cả các biến dạng không đàn hồi và một phần tử ở giữa có ứng xử tuyến tính như sơ đồ Hình 2a (Giberson (1967) [9], Filippou và Issa (1988) [8]). Ứng xử phi tuyến của các phần tử khớp dẻo được kiểm soát qua phương pháp trễ sửa đổi mô hình

Hình 1: Mô hình ứng xử của vật liệu



Takeda, biểu diễn phản ứng mômen - góc xoay của tiết diện BTCT đối với các tác động đổi chiều, có xét tới các hệ quả ứng xử cơ học như sự suy giảm độ cứng và độ bền, co thắt vòng trễ, trượt... (Hình 2b) [2],[4].

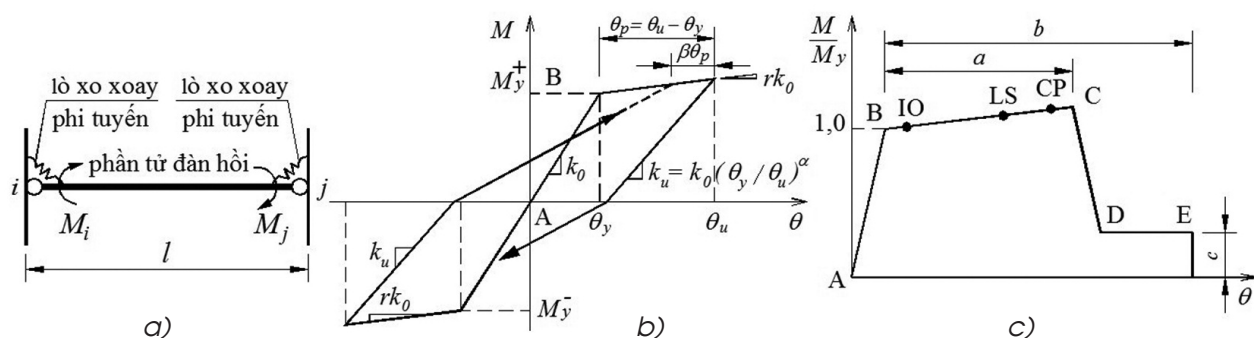
Đường cong ứng xử đơn chiều của tiết diện ngang được đặc trưng qua quan hệ phi tuyến tổng quát mômen uốn (M) - chuyển vị xoay (θ), sử dụng các đặc trưng hình học của tiết diện ngang, các đặc tính về hàm lượng cốt thép lẫn vị trí của chúng và vật liệu (Hình 2c). Trong mô hình ứng xử này, phản ứng tuyến tính của các cấu kiện khung được thể hiện qua đoạn thẳng thứ nhất nối điểm A (tình huống chưa chịu tải) và B (điểm chảy dẻo thực tế của cốt thép). Khi biến dạng gia tăng, độ bền của các cấu kiện khung có sự gia tăng nhỏ (hoặc không) cho tới điểm C ứng với độ

bền cực hạn. Sau điểm C, độ bền bị suy giảm đột ngột, (đường CD) biểu thị sự phá hoại ban đầu của các cấu kiện khi chuyển vị xoay của khớp dẻo bị vượt quá. Sau điểm D, các cấu kiện khung phản ứng với độ bền nhỏ cho tới điểm E. Sau điểm E, về cơ bản cấu kiện không còn khả năng chịu lực. Các độ cứng đàn hồi và giá trị các thông số a , b và c được dùng để mô hình hóa các cấu kiện được lấy theo ASCE/SEI 41-13 [3]. Bảng 1 thể hiện mối quan hệ Lực - Chuyển vị tại các khớp dẻo của các cấu kiện BTCT theo ASCE/SEI 41 - 13 (2013) [3].

Trong mô hình ứng xử của các cấu kiện khung, không xét tới khả năng xuất hiện phá hoại cắt trong các cấu kiện khung, cũng như không xét tới biến dạng của các nút khung do giả thiết rằng, khung được thiết kế và cấu tạo theo các quy định

Hình 2:

a) Biến dạng dẻo tập trung ở các cấu kiện khung (8),(9); b) Luật trễ Takeda sửa đổi (4); và c) Quan hệ mômen uốn - chuyển vị xoay tại khớp dẻo của các cấu kiện khung BTCT (3)



Bảng 1. Các thông số mô hình cho dầm bê tông cốt thép chịu uốn

Điều kiện			Tham số mô hình		
			Góc xoay dẻo (Rad)		Cường độ dư tỷ đối
Dầm phá hoại do uốn			a	b	c
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{ba1}}$	Cốt đai	$\frac{V}{b_w db \sqrt{f'_c}}$			
$\leq 0,0$	C	$\leq 0,25$	0,025	0,05	0,2
$\leq 0,0$	C	$\geq 0,5$	0,02	0,04	0,2
$\geq 0,5$	C	$\leq 0,25$	0,02	0,03	0,2
$\geq 0,5$	C	$\leq 0,5$	0,015	0,02	0,2
$\leq 0,0$	NC	$\geq 0,25$	0,02	0,03	0,2
$\leq 0,0$	NC	$\leq 0,5$	0,01	0,015	0,2
$\geq 0,5$	NC	$\leq 0,25$	0,01	0,015	0,2
$\geq 0,5$	NC	$\geq 0,5$	0,005	0,01	0,2

Ghi chú:
+ Khi các điều kiện xuất hiện đồng thời thì lấy giá trị nhỏ nhất trong bảng.
+ Ký hiệu C, NC trong bảng có nghĩa là thỏa mãn hoặc không thỏa mãn yêu cầu về cốt đai của tiêu chuẩn. Nếu khoảng cách cốt đai trong vùng khớp dẻo $\geq d/3$ hoặc khả năng chịu cắt của cốt đai lớn hơn hoặc bằng 3/4 khả năng chịu cắt thiết kế của tiết diện thì được xem là thỏa mãn tiêu chuẩn, ngược lại được xem là không thỏa mãn.
+ Cho phép nội suy tuyến tính.
Ký hiệu:
 ρ, ρ' là hàm lượng cốt thép chịu kéo và chịu nén trong dầm;
 ρ_{ba1} là hàm lượng cốt thép cân bằng trong dầm;
 b_w, d là bề rộng phần bụng và chiều cao làm việc của tiết diện dầm;
 V là lực cắt thiết kế trong dầm;
 f'_c là cường độ chịu nén mẫu trụ bê tông ở tuổi 28 ngày (MPa).

Bảng 2. Các thông số mô hình cho cột bê tông cốt thép chịu uốn

Điều kiện		Tham số mô hình		
		Góc xoay dẻo (Rad)		Cường độ dư tỷ đối
Cột phá hoại do uốn		a	b	c
$\frac{P}{A_g f'_c}$	$\rho = \frac{A_v}{b_w s'}$			
$\leq 0,1$	$\geq 0,006$	0,035	0,06	0,2
$\geq 0,6$	$\geq 0,006$	0,01	0,01	0
$\leq 0,1$	$= 0,002$	0,027	0,034	0,2
$\geq 0,6$	$= 0,002$	0,005	0,005	0

Ghi chú:
+ Khi các điều kiện xuất hiện đồng thời thì lấy giá trị nhỏ nhất trong bảng.
+ Cho phép nội suy tuyến tính.
Ký hiệu:
 ρ là hàm lượng cốt thép đai trong cột;
 b_w là bề rộng phần bụng của tiết diện cột;
 s là khoảng cách cốt đai trong cột;
 A_g là diện tích tiết diện nguyên của cột;
 A_v là diện tích tiết diện của cốt thép đai cột;
 P là lực dọc trong cột;
 f'_c là cường độ chịu nén mẫu trụ bê tông ở tuổi 28 ngày (MPa).

Bảng 3. Các giá trị chuyển vị ngang tương đối theo tầng dùng để đánh giá TTGH (cấp công năng) của khung chịu lực theo EN 1998-3:2005 (6)

Cấp công năng	Kiểu phá hoại	Nguy cơ động đất		Chuyển vị ngang theo tầng (d/h)
TTGH	Mức độ	Loại	Xác suất vượt quá	Giá trị (%)
DL - Hạn chế hư hỏng	Nhẹ, không cần sửa chữa	Thường hay xảy ra	20% trong 50 năm (225 năm)	$0,2 < d/h < 0,5$
SD - Hư hỏng quan trọng	Lớn, nhưng vẫn chịu được tải trọng đúng	Ít khi xảy ra	10% trong 50 năm (475 năm)	$0,5 < d/h < 1,5$
NC - Kể cận sụp đổ	Nghiêm trọng, nhưng không sụp đổ	Hiếm khi xảy ra	2% trong 50 năm (2475 năm)	$1,5 < d/h < 3,0$

của tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn hiện đại, thỏa mãn điều kiện phá hoại cốt xảy ra sau phá hoại uốn và phá hoại nút khung xảy ra sau phá hoại uốn và cốt cột. (Bảng 2)

Các tiêu chí chấp nhận cho các biến dạng tương ứng với các cấp công năng mục tiêu của nhà ở trạng thái làm việc bình thường IO (*Immediate Occupancy*), kiểm soát hư hỏng LS (*Life Safety*) và ngăn ngừa sụp đổ CP (*Collapse Prevention*) cũng được thể hiện trong Hình 2c. Các cấp công năng thường được biểu thị qua tỷ lệ phần trăm chiều cao công trình. Theo FEMA 356 (2000) [7] và

ASCE/SEI 41-06 [10], tỷ lệ này cho các cấp công năng, tương ứng bằng 1%, 2% và 4% ở trạng thái làm việc bình thường IO, kiểm soát hư hỏng LS và ngăn ngừa sụp đổ CP. Tương tự, tiêu chuẩn EN 1998-3:2005 [6] cũng quy định 3 TTGH (cấp công năng) sau: hạn chế hư hỏng DL (*Damage Limitation*), hư hỏng quan trọng SD (*Significant Damage*) và kể cận sụp đổ NC (*Near Collapse*).

Đối với các hệ kết cấu khung, các tiêu chuẩn thiết kế thường quy định các TTGH của công trình qua tỷ số giữa chuyển vị ngang tương đối theo tầng và chiều cao tầng tương ứng (Bảng 3) [1],[2] ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1]. Nguyễn Lê Ninh (2007), Động đất và thiết kế công trình chịu động đất, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [2]. Phan Văn Huệ (2020), Ảnh hưởng của tường chèn tới phản ứng của hệ khung bê tông cốt thép chịu động đất, Luận án tiến sĩ khoa học kỹ thuật, Trường Đại học Xây dựng, Hà Nội.
- [3]. American Society of Civil Engineers (2013), ASCE/SEI 41-13: Seismic evaluation and retrofit of existing buildings, Virginia, USA.
- [4]. Carr, A.J. (2003), A program for inelastic dynamic analysis, Christchurch.
- [5]. European Commission for Standardization, CEN (2004), EN 1992-1-1:2004: Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, Brussels.
- [6]. European Commission for Standardization, CEN (2005), EN 1998-3:2005: Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 3: Assessment and retrofitting of buildings, Brussels.
- [7]. Federal Emergency Management Agency (2000), FEMA 356 (ASCE 2000): Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings, Washington, D.C., USA.

- [8]. Filippou, F.C., Issa, A. (1988), Nonlinear analysis of reinforced concrete frames under cyclic load reversals, EERC Report No. UCB/EERC-88/12, Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley.
- [9]. Giberson, M.F. (1967), The response of nonlinear multi-story structures subjected to earthquake excitation, PhD thesis, California Institute of Technology, Pasadena, California.
- [10]. American Society of Civil Engineers (2006), ASCE/SEI 41-06: Seismic rehabilitation of existing buildings, Virginia, USA.

Ngày nhận bài: 15/11/2023

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 15/12/2023

Ngày chấp nhận đăng bài: 26/12/2023

Thông tin tác giả:

ThS. NGUYỄN DUY CÔNG

Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

**A DISCUSSION ON THE MODEL FOR THE STRUCTURAL
BEHAVIOR OF A REINFORCED CONCRETE FRAME SYSTEM
THAT IS DESIGNED ACCORDING TO THE CONCEPT
OF SEISMIC RESISTANCE IN VIETNAM**

● Master. **NGUYEN DUY CONG**

Hanoi Architectural University

ABSTRACT:

This paper discussed the model for the structural behavior of a reinforced concrete frame system that is designed according to the concept of seismic resistance in Vietnam. The paper clarified some issues about the level of structural behavior of reinforced concrete frame system and their maximum working capacity.

Keywords: reinforced concrete, reinforced concrete frame, structural system, structural behavior of reinforced concrete frame system, seismic resistance.