

Chương 1: **GIỚI THIỆU CHUNG VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ**

1.1 NỘI DUNG MÔN HỌC

1.1.1 Mục tiêu

Mục đích của môn học này là phát triển một kiến thức chuyên sâu về công trình BTCT chủ yếu dựa trên các phương pháp phát triển mới và áp dụng gần đây ở các nước tiên tiến Âu Mỹ (tiêu chuẩn Mỹ **ACI 318**, tiêu chuẩn châu Âu **Eurocode 8**). Mục tiêu chính sẽ là các hiểu biết về chế độ làm việc, phân tích và thiết kế các thành phần, kết cấu, và hệ thống thường dùng trong công trình xây dựng. ả ngoài ra, phân tích động đất và phương pháp thiết kế chống động đất cũng được giới thiệu ở mức độ khái quát trong môn học này.

1.1.2 Các chủ đề thuyết trình

Cơ sở giáo trình này là các bài giảng cho học viên cao học - *CIE 525 Reinforced Concrete Structures* - của **Prof. Andrew Whittaker** (Buffalo University, ả Y, USA, 2001). ả hội dung chương 12 giới thiệu chương trình CAST tính giàn ả - *Computer Aided Strut and Tie* - của **Prof. Daniel A. Kuchma** (University of Illinois at Urbana Champaign, IL, USA). ả hội dung **chương 13-15** tham khảo bài giảng - *CE 243A Behavior and Design of RC Elements* - của **Prof. John Wallace** (California University, CA, USA).

Các chủ đề trình bày bao gồm:

- Các phương pháp thiết kế
- Vật liệu bê tông cốt thép
- Phân tích mômen-độ cong
- Phân tích đường chảy dẻo (*yieldline analysis*) của tấm sàn
- Phương pháp dải (*strip-method*) trong phân tích tấm sàn
- Mô hình “giàn ả” (*strut and tie*) trong thiết kế BTCT
- Chế độ làm việc của BTCT chịu tải gây uốn, tải dọc trục, và tải gây cắt
- Phân tích và thiết kế công trình chống động đất

1.1.3 Tài liệu tham khảo

Học viên cao học cần tìm tiêu chuẩn Mỹ **ACI 318 Building Code, 2005** hay **2008**

Một số tài liệu tham khảo hữu ích khác bao gồm:

- [1] MacGregor, J. G., 1997, *Reinforced Concrete Mechanics and Design*, 3rd Ed., Prentice Hall.
- [2] Schaeffer, T. C., 1999, *Design of Two-Way Slabs*, SP 183, American Concrete Institute, Michigan.
- [3] Tjhin, T. ả . and Kuchma, D. A., 2004, *Computer Aided Strut-and-Tie*, version 0.9.11, University of Illinois at Urbana Champaign, Illinois.
- [4] Priestley, M. J. ả . and Paulay, T., 1992, *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, John Wiley.

- [5] Booth, E. and Key, D., 2006, *Earthquake Design Practice for Buildings*, 2nd Ed., Thomas Telford Ltd.
- [6] ICBO, 2000, *International Building Code*, International Conference of Building Officials, Whittier, CA.
- [7] FEMA, 2000, *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*, FEMA 356, Washington, DC.
- [8] Bộ Xây Dựng, 2006, *Thiết Kế Công Trình Chịu Động Đất*, TCXD V 375-2006, ả XB Xây Dựng, Hà ả ội.

1.1.4 Thời gian giảng dạy (45 tiết)

Bài giảng (số tiết)	Tiêu đề
Chương 1 (3 tiết - tuần 1)	Giới thiệu chung và các phương pháp thiết kế
Chương 2 (1 tiết - tuần 2)	Vật liệu bê tông cốt thép
Chương 3 (2 tiết - tuần 2)	Bê tông cốt thép bị ép ngang (<i>confined</i>)
Chương 4 (3 tiết - tuần 3)	Phân tích mômen-độ cong
Chương 5 (3 tiết - tuần 4)	Phân tích và thiết kế hệ thống tấm sàn
Chương 6 (3 tiết - tuần 5)	Phân tích đường chảy dẻo của tấm sàn
Chương 7 (4 tiết- tuần 6-7)	Phương pháp dải trong phân tích tấm sàn
Chương 8 (4 tiết- tuần 7-8)	Mô hình “giàn ảo”: khái niệm và mô hình
Chương 9 (4 tiết - tuần 8-9)	Mô hình “giàn ảo”: nút - thanh chống - thanh giằng
Chương 10 (3 tiết - tuần 10)	Chế độ làm việc của kết cấu BTCT chịu lực uốn và lực dọc trục
Chương 11 (1 tiết - tuần 11)	Chế độ làm việc của kết cấu BTCT chịu lực gây cắt
Chương 12 (3 tiết - tuần 12)	Tính toán giàn ảo bằng chương trình CAST (Computer Aided Strut-and-Tie)
Chương 13 (4 tiết - tuần 13)	Khái quát về phân tích và thiết kế công trình chống động đất
Chương 14 (4 tiết - tuần 14)	Phân tích và thiết kế khung BTCT chống động đất
Chương 15 (4 tiết - tuần 15)	Phân tích và thiết kế vách cứng BTCT chống động đất

1.2 THIẾT KẾ CÁC HỆ THỐNG KHUNG KẾT CẤU CHỊU LỰC

1.2.1 Các vấn đề cần nghiên cứu và hạn chế trong thiết kế

Quá trình thiết kế kết cấu bao gồm **các vấn đề cần nghiên cứu** sau:

1) Công năng và hình dáng công trình

- Truy tìm thông qua các phương án thiết kế kiến trúc và thiết kế kết cấu
 - nhu cầu bao hàm cả không gian tổng thể và nội dung bên trong
 - cung cấp độ an toàn cao cho người thụ hưởng
 - Sự làm việc thuận tiện trong không gian kèm theo của phương án
- Sự mong muốn của chủ đầu tư
 - công trình có thể phát triển mở rộng hơn nữa, ...
- ả hu cầu uyển chuyển trong thiết kế qui hoạch và để sửa sang cải tạo khi cho thuê mướn
 - có thể gây áp lực trong việc lựa chọn phương án hệ kết cấu chịu lực: khung chịu mô men (*moment frame*), vách cứng, hay khung hệ giằng (*braced frame*)

2) Hiệu quả kinh tế, và giá thành xây dựng

- Các kỳ vọng của chủ đầu tư: ví dụ đơn giá suất đầu tư so với các dự án khác, khả năng hoàn vốn...
- Dùng bê tông nhẹ nhằm làm giảm tối đa tải trọng lên móng trong công trình nhà cao tầng

3) Độ bền vững

- Sự làm việc dài hạn, bảo quản công trình...
 - Dùng bê tông nặng cho công trình bảo vệ
 - Dùng bê tông thường (không dùng bê tông nhẹ) cho các kết cấu chịu lực bên ngoài
- Áp dụng các lớp phủ có khả năng thích nghi với vết nứt do bê tông bị co ngót hay dùng các lớp phủ thêm để tăng thêm độ bền vững của công trình
- Làm việc trong môi trường ăn mòn
 - Sơn phủ epoxy lên các thanh thép
 - Dùng các hệ thống chống ăn mòn kiểu ca tốt (*cathodic protection systems*)

4) Tổng thể kết cấu

- Bảo đảm độ an toàn công cộng
- Thoả mãn các qui phạm, tiêu chuẩn xây dựng quốc gia tối thiểu, gồm ASCE-7, ACI 318, International Building Code
- Thiết kế bảo đảm chịu tải bình thường (*expected loads*) và ứng xử dẻo (*ductile response*) trong các trường hợp vượt tải (do tải trọng lực, động đất, nổ, ...)
- Thiết kế chịu mỏi (*fatigue*) trong một số trường hợp (như trong thiết kế cầu)
- Độ cứng tổng thể đủ lớn để kiểm soát độ võng ngắn hạn và dài hạn trong giới hạn cho phép và để cực tiểu dao động công trình

ả hững **giới hạn điển hình** gì gây áp lực lên kỹ sư thiết kế kết cấu ?

1) ả gán quỹ xây dựng hạn chế từ chủ đầu tư

- Chi phí xây dựng hệ khung kết cấu thường thấp hơn 25 % tổng chi phí của dự án

2) Phí dịch vụ kỹ thuật kết cấu

- Có thể thấp bằng 1 % tổng chi phí của dự án
- Ít được khuyến khích để cách tân nếu lợi nhuận của người thiết kế bị mập mờ

3) Chủ đầu tư và/hoặc kiến trúc sư thiếu kiến thức

- sẽ gây trở ngại trong các thảo luận về các vấn đề mà qui phạm đã qui định về ứng xử của kết cấu và phương pháp thiết kế để cải thiện chế độ làm việc của kết cấu

4) Kỹ sư thiết kế kết cấu thiếu kiến thức

- ả hiểu kỹ sư thực hành được đào tạo trước khi ra đời các phương pháp **thiết kế dựa trên chuyển vị** (*displacement-based design*) và **thiết kế dựa trên hiệu suất** (*performance-based design*) và phân lớn tin cậy vào các phương pháp tuyến tính của phân tích kết cấu được trình bày trong các tiêu chuẩn thực hành (ví dụ, 2000 IBC và UBC)
- Ít kỹ sư kết cấu là chuyên gia dùng các phương pháp mới để phân tích và đánh giá kết cấu, ví dụ trình bày trong FEMA 273 (Hướng dẫn-*Guidelines*) và FEMA 274 (Bình luận-*Commentary*) và FEMA 356 (Tiêu chuẩn sơ bộ-*Pre-Standard*)

1.2.2 Qui trình thiết kế (5 bước)

Thiết kế kết cấu (bao gồm phân tích, thiết kế, thiết kế chi tiết, và đánh giá kết cấu) là một quá trình nhiều bước tương tác lẫn nhau, mà thiết kế phải tuân theo tất cả các qui tắc bắt buộc (bao gồm tư vấn về kiến trúc, tư vấn về quản lý xây dựng, tư vấn về cơ-điện-nước **M/E/P**). Các bước chủ yếu của qui trình thiết kế thông thường cho công trình nhà như sau:

- 1) Xác định các giới hạn của dự án, bao gồm vốn, hình dạng nhà và kiểu kiến trúc, các giới hạn chức năng (gồm bước cột, vật liệu xây dựng, giới hạn về dịch vụ [**độ võng**], giới hạn dao động, độ an toàn, nhu cầu vận chuyển đứng, các nhu cầu **M/E/P**)
- 2) Xác định các mục tiêu về sự làm việc của kết cấu, mà quan trọng nhất thường là thoả các yêu cầu qui định trong các qui phạm xây dựng tương ứng. Các mục tiêu làm việc phức tạp có thể được định rõ trước.
- 3) Tính toán tải trọng đứng và ngang sơ bộ. Đề xuất các kích thước và cốt thép **tính thử** (*trial sizes*) cho các thành phần kết cấu chịu tải trọng đứng và ngang sơ bộ. Lập thiết kế sơ bộ (*Schematic Design*) và khái toán công trình (*cost estimate*).
- 4) Phân tích, đánh giá, và thiết kế lại một cách chi tiết hơn các kích thước và cốt thép đã dùng thử trước trong **Bước 3**. Chính xác hoá các tải trọng đứng và ngang. Tiếp tục phân tích kết cấu chịu tải trọng đứng và ngang, đánh giá khả năng chịu lực các thành phần kết cấu và tính toán lại tiết diện BTCT (*re-proportioning*). Lập thiết kế khai triển (*Design-Development, DD*) và lập lại dự toán công trình.
- 5) Thiết kế cuối cùng bao gồm phân tích kết cấu chi tiết (theo kiểu kỹ lưỡng hơn giai đoạn DD), tính toán tiết diện BTCT lần cuối và thiết kế chi tiết các thành phần kết cấu. Lập tài liệu thi công (*Construction Documents, CD*).

Quy trình thiết kế 5-bước của Construction Administration (CA, USA) bảo đảm rằng nhà thầu tuân theo các bản vẽ kết cấu và cung cấp một chứng cứ kiểm soát chất lượng công trình của nhà thầu xây dựng.

Ba giai đoạn trong thiết kế kết cấu công trình nhà được gọi tên là:

- Thiết Kế Sơ Bộ (SD): gồm bước 1 đến bước 3 ; chiếm 15% nội dung thiết kế tổng
- Thiết Kế Khai Triển (DD): gồm bước 4 ; chiếm 25 - 35% nội dung thiết kế tổng
- Tài Liệu Thi Công (CD): gồm bước 5; chiếm phần còn lại nội dung thiết kế tổng

Trong một thiết kế thông thường, phân tích kết cấu là một **Mô Hình Đàn Hồi Tuyến Tính** (*Linearly Elastic Model*) của khung nhà. Việc kiểm tra thành phần kết cấu là theo **Phương Pháp Ứng Suất Cho Phép** (*Allowable Stress Method*), và **Phương Pháp Độ Bền** (*Strength Method*) mà cũng được biết với tên gọi khác là **Phương Pháp LRFD** (*Load and Resistance Factor Design*). Hai phương pháp này và các phương pháp khác được mô tả dưới đây.

1.2.3 Các thủ tục đánh giá thành phần kết cấu

1.2.3.1 Giới thiệu

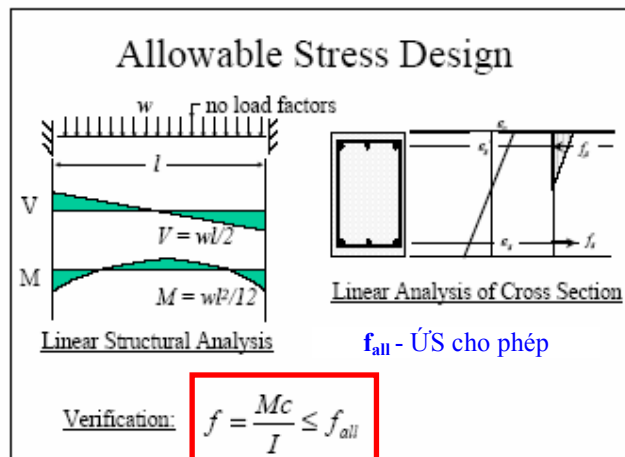
Dưới đây là một giới thiệu khái quát về các thủ tục (*procedure*) được dùng để tính toán các tiết diện BTCT cho tải trọng đứng và ngang. Cần các thông tin thêm, tham khảo Chương 2 của MacGregor [1].

1.2.3.2 Thiết Kế Ứng Suất Cho Phép (*Allowable Stress Design - ASD*)

Thiết Kế ASD, mà cũng được biết là *Working Stress Design*, đã được dùng trong phân tích kỹ thuật kết cấu cách đây hơn 150 năm. Các phương pháp tính toán về tải trọng max đều áp dụng LTĐHTT (*linearly elastic model*) hay SBVL để tính ứng suất của các kết cấu thép hay ứng suất trong bê tông và cốt thép của kết cấu BTCT. Ứng suất trong cấu kiện yêu cầu phải nhỏ hơn ứng suất cho phép: $f \leq f_{all}$ mà được thiết lập sẵn cho từng loại vật liệu tùy thuộc vào kiểu tác dụng lực khác nhau (dọc trục, uốn, cắt, xoắn). Ví dụ, $f_{all} = 0.6f_y$ cho các kết cấu thép.

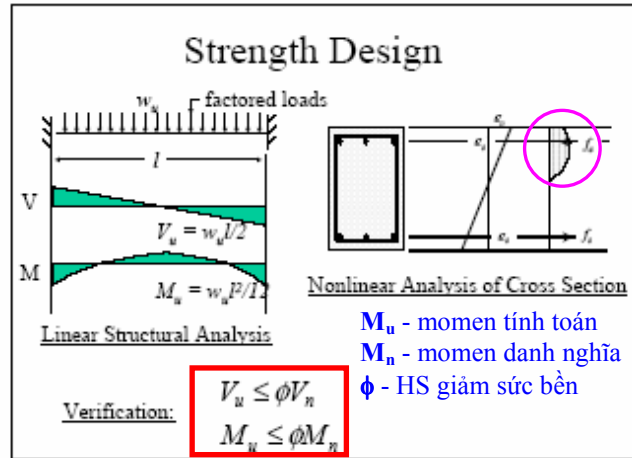
Xem hình vẽ sơ họa phương pháp Thiết Kế ASD ở bên phải (cung cấp bởi J. P. Moehle)

Phương pháp ASD có một số khiếm khuyết đáng kể. Trước hết, độ tin cậy của thiết kế (hay hệ số an toàn) là không biết. Thứ hai, không xét đến sự hay thay đổi, không cố định của tải trọng, mà cụ thể là, làm thế nào tính chính xác tĩnh tải và hoạt tải. Thứ ba, ứng suất trong các thành phần kết cấu cung cấp thông tin rất ít về khả năng chịu tải của cấu kiện hay toàn bộ kết cấu. Trong thiết kế BTCT hiện nay, ÚS cho phép hiếm khi được dùng; ngoại trừ tính độ võng dưới tác dụng của tải tiêu chuẩn (*service loads*). Chúng ta sẽ không dùng phương pháp ASD để tính toán tiết diện BTCT trong giáo trình này (*CIE 525*).



1.2.3.3 Thiết Kế Sức Bền (Strength Design - SD hay Load and Resistance Factor Design - LRFD)

Phương pháp Thiết Kế Sức Bền (SD hay LRFD) thường dùng trong thiết kế kết cấu BTCT và cũng được dùng trong thiết kế kết cấu thép (mặc dầu ASD tồn tại trong nhiều phần thiết kế thép ở Mỹ). Ở Vả, tương đương với tính toán BTCT theo TTGH 1. **Tải tiêu chuẩn** được nhân với **hệ số tải trọng** để chuyển thành **tải tính toán** (*ultimate load*), ở đây các hệ số tải trọng xác định dựa trên phương pháp thống kê của các điều kiện đo lường và như vậy phản ánh các thay đổi tăng/giảm hợp lý của tải trọng tác dụng (ví dụ, các giá trị max) từ giá trị tải trọng trung bình tính toán. Sau đó, áp dụng LTĐHTT cho **tải tính toán** để tính nội lực các thành phần kết cấu, ví dụ tính **V_u, M_u**. Sức chịu tải của các thành phần (ví dụ, chịu nén, uốn, cắt), ví dụ **V_n, M_n**, được tính toán với giả thuyết rằng tiết diện kết cấu làm việc không đàn hồi (*inelastic behavior*).



Xem hình vẽ sơ họa phương pháp SD ở bên trên (cung cấp bởi J.P. Moehle). Chú ý việc sử dụng **khối ứng suất không đàn hồi**, (*non-linear stress block*), trong hình vẽ mặc dầu hình dạng khối ỨS sẽ được đơn giản hoá để thuận tiện tính sức chịu tải của tiết diện BTCT.

Phương pháp SD là hợp lý hơn phương pháp ASD. Độ tin cậy của tải trọng được xét đến trong phương pháp SD bằng việc sử dụng các **hệ số tải trọng** và các **tổ hợp tải**, xem trích dẫn từ tiêu chuẩn **ACI 318-02** ở hình bên phải. Các hệ quả phá hoại cũng được xét đến trực tiếp hơn thông qua sử dụng **các hệ số giảm sức bền** (*capacity reduction factor, $\phi < 1$*), qui cho các kiểu phá hoại không mong muốn (ví dụ, $\phi = 0,9$ cho uốn, $\phi = 0,75$ cho cắt). Tuy nhiên chú ý rằng khi **phân tích hệ kết cấu giả thiết ứng xử đàn hồi tuyến tính** nhưng **khả năng chịu lực cấu kiện lại tính theo cường độ** (*cross section analysis*), mà hàm ý một lượng **ứng xử không đàn hồi** trong tiết diện cấu kiện. <Sự phân phối lại mômen trong dầm là một ví dụ.>

9.2 — Required strength

9.2.1 — Required strength U shall be at least equal to the effects of factored loads in Eq. (9-1) through (9-7). The effect of one or more loads not acting simultaneously shall be investigated.

$$U = 1.4(D + F) \quad (9-1)$$

$$U = 1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) \quad (9-2)$$

$$+ 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$$

$$U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (1.0L \text{ or } 0.8W) \quad (9-3)$$

$$U = 1.2D + 1.6W + 1.0L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R) \quad (9-4)$$

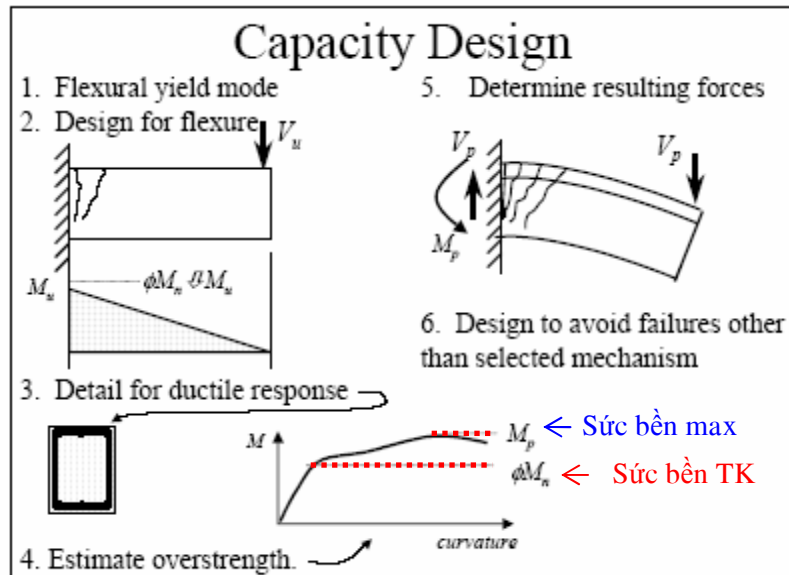
$$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S \quad (9-5)$$

$$U = 0.9D + 1.6W + 1.6H \quad (9-6)$$

$$U = 0.9D + 1.0E + 1.6H \quad (9-7)$$

1.2.3.4 Thiết Kế Khả Năng (Capacity Design)

Thiết Kế Khả ả ảng được dùng để ngăn cản các cơ cấu phá hủy không mong muốn, ví dụ dầm bị phá hủy do cắt (**kiểu phá hủy dòn**) xảy ra trước khi phá hủy do uốn (**kiểu phá hủy dẻo**), hay cột khung bị phá hủy do uốn xảy ra trước khi dầm khung phá hủy do uốn. Thiết Kế Khả ả ảng được phát triển bởi nhiều chuyên gia kỹ thuật ở New Zealand từ thập niên 1970 nhưng phương pháp này được đề xuất đầu tiên bởi Blume, ảewmark, Corning, và Sozen vào cuối thập niên 1950 (tham khảo *Design of Multistory Reinforced Concrete Buildings for Earthquake Motions*, xuất bản năm 1961).



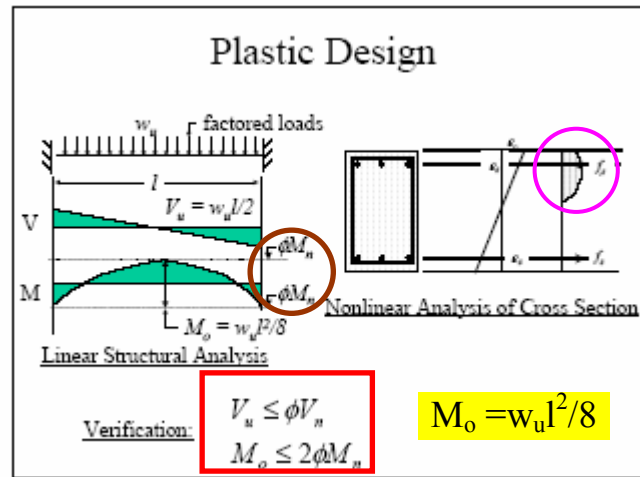
Hình vẽ sơ họa ở bên trên (cung cấp bởi J.P. Moehle) mô tả thông tin tóm lược về phương pháp này. Ví dụ là **thiết kế công xôn BTCT không bị phá hủy do cắt**. Các bước thiết kế theo phương pháp CD như sau:

- 1) **Chọn cơ cấu phá hủy mong muốn**, mà thường là phá hủy do uốn trong công trình BTCT. <Tại sao?>
- 2) Cân đối **kích thước dầm** theo cơ cấu phá hủy đề nghị theo phương pháp SD hay LRFD và **bố trí thép dầm** cho ứng xử dẻo.
- 3) Xác định **sức bền max** của tiết diện dầm bởi phân tích xét đến kích thước thực và chi tiết cốt thép đã chọn, mà có thể lớn hơn độ bền cần thiết để chịu được tải trọng tính toán-*factored loads*. (Điều này sẽ được cụ thể hoá ở **Chương 3**). Ở hình trên, **sức bền max** là **M_p** căn bản lớn hơn **sức bền thiết kế** theo phương pháp SD là **$M_u = \phi M_n$**
- 4) Xác định **tải trọng áp dụng V_p** - *applied load* gây ra **sức bền max M_p** và thiết kế các phần còn lại của kết cấu (i.e., thiết kế chống cắt công xôn BTCT) để **sức bền chống cắt danh nghĩa V_n** vượt quá các nội lực tương thích với **tải trọng áp dụng** tính lại này.

1.2.3.5 Thiết kế dẻo (Plastic Design)

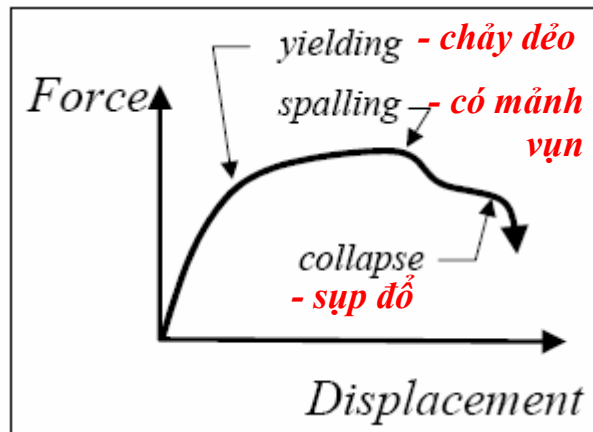
Thiết Kế Dẻo đơn thuần là Thiết Kế Sức Bền sử dụng phân tích chảy dẻo chứ không dùng phân tích ĐHTT.

Trong **Chương 6** của giáo trình này, Thiết Kế Dẻo sẽ được xem xét chi tiết với **phương pháp đường chảy dẻo (yield-line analysis)** của hệ sàn BTCT. ả nguyên tắc của phân tích chảy dẻo là một cơ cấu phá hủy sẽ được đề xuất và các khớp dẻo được thiết kế chi tiết cho đáp ứng không đàn hồi. Xem hình vẽ sơ họa bên phải (cung cấp bởi J.P. Moehle), **sức bền kết cấu ϕM_n** được tính bằng **phương pháp SD**, sau đó dùng **phương pháp CD** để ngăn ngừa các kiểu phá hoại không mong muốn.



1.2.3.6 Các phát triển gần đây trong kiểm định kết cấu xây dựng

Thập niên 1990 xuất hiện sự đổi mới đáng kể trong kỹ thuật thực hành chống động đất. Các **phương pháp thiết kế lực -Force based procedure-** mà hầu như chiếm vị trí độc tôn gần 70 năm nay bắt đầu nhường chỗ cho các **phương pháp thiết kế chuyển vị -Displacement based procedure-** của công trình đến khi chảy dẻo sụp đổ (*collapseyielding*) được phát triển dựa trên nguyên lý đề xuất bởi Sozen, Moehle, và các tác giả khác



trong hai thập niên 1970-1980. Các tiêu chuẩn thiết kế chống động đất đã thừa nhận từ lâu rằng công trình nhà và cầu sẽ trải qua biến dạng không đàn hồi đáng kể. ả hồ kiến thức hiểu biết này rằng **sự hư hỏng công trình liên quan trực tiếp đến biến dạng chứ không phải lực** (xem hình vẽ sơ họa bên trên của J. P. Moehle), các kỹ sư chuyên ngành kết cấu ngày nay có khuynh hướng phân tích, thiết kế, và đánh giá sự làm việc của BTCT dựa trên các tính toán chuyển vị. Thực ra **thiết kế dựa trên chuyển vị (Displacement-based design - DBD) không thể sử dụng** như là một công cụ thiết kế độc lập. Đúng hơn là phải cung cấp trước một **độ bền tối thiểu** ứng với các điều kiện tải trọng bình thường (*service load*). Tuy nhiên, DBD đã được chấp nhận rộng rãi từ 5 năm trước đây và phương pháp này bây giờ là cơ sở của các tài liệu hướng dẫn kỹ thuật FEMA 273 và 274 nhằm cải tạo các kết cấu công trình chống động đất - *seismic rehabilitation*.