THIẾT KẾ KHÁNG CHẤN ĐỘNG ĐẤT THEO TÍNH NĂNG CHO KẾT CẤU CÔNG TRÌNH CẢNG

PERFORMANCE BASED SEISMIC DESIGN FOR PORT STRUCTURES

TS. NGUYỄN THÀNH TRUNG

Bộ môn Công trình giao thông thành phố và Công trình thủy, Khoa Công trình, Đại học Giao thông vận tải

Tóm tắt

Thiết kế kháng chấn động đất theo công năng (performance based seismic design) là một triết lý thiết kế mới trong thiết kế chống động đất. Phương pháp này đã được đề cập ở một số tiêu chuẩn và hướng dẫn thiết kế kháng chấn động đất của nước ngoài như tiêu chuẩn thiết kế bến cảng Nhật OCDI-2009, thường áp dụng cho các công trình bến cảng có kết cấu phức tạp như bến bệ cọc, tường đứng trọng lực và tường cừ cọc ván.Bài báo này sẽ giới thiệu và phân tích ba yêu cầu tối thiểu trong thiết kế kháng chấn theo công năng này, bao gồm: xác định được cấp thể hiện kháng chấn theo công năng; xác định được các tiêu chi hư hỏng tương ứng với các cấp thể hiện đó và đưa ra được phương pháp phân tích kháng chấn phù hợp.

Astract

Seismic performance based design is a new seismic design philosophy. This method has been specified in some foreign specifications and guideline manuals such as Technical standards and Commentaries OCDI 2009 in Japan and have been applied to complicate structure in the port facility such as a pile supported wharves, a gravity quay wall and pile sheet pile quay wall. This study will introduce and evaluate three main required steps inthe seismic performance based design, including: determination of seismic performance levels; seismic damage criteria and produce the suitable seismic analysis.

Keywords: *Port structure; performance based design; seismic*.

1. Thiết kế kháng chấn theo công năng công trình

Thiết kế kháng chấn theo công năng là một triết lý thiết kế mới so với triết lý thiết kế theo trạng thái giới hạn trước đây. Nó được xây dựng phát triển dựa trên những bài học kinh nghiệm từ các trận động đất của những năm 1990 và chứng minh được rằng độ nhạy phản ứng động với sự thay đổi cường độ động đất là rất cao. Phương pháp này xây dựng nhằm đáp ứng một mục tiêu cho trước bằng cách đáp ứng các yêu cầu về năng lực theo mức độ về tính xây dựng, tính khai thác và tính an toàn.

Các tiêu chuẩn Nhật và châu Âu, Mỹ đều phân ra làm hai cấp: Động đất cấp 1 và động đất cấp 2. Dựa trên mức độ hư hỏng và khả năng khai thác, trong thiết kế theo tính năng sẽ phân ra làm 4 mức độ chấp nhận hư hỏng: Khai thác, sửa chữa, gần sụp đổ và sụp đổ, thể hiện trong *Bảng 1*. Dựa trên sự phân loại này, các cấp công trình thể hiện theo tính năng chống động đất được phân làm 4 cấp: S, A, B, C theo mức độ chấp nhận hư hỏng và cấp động đất, xem *Bảng 2.*

Bảng 1. Các mức độ hư hỏng cho phép trong thiết kế theo tính năng.

Mức độ hư hỏng cho phép	Kết cấu	Khả năng vận hành
Cấp I: Khai thác	Không hoặc hư hỏng nhỏ	Không hoặc mất khả năng khai thác một chút
Cấp II: Sửa chữa	Hư hỏng là xác định đáng kể	Mất khả năng khai thác thời gian ngắn
Cấp III: Gần sụp đổ (kết cấu bị phá hoại một phần)	Các hư hỏng mở rộng đến gần trạng thái sụp đổ	Mất khả năng khai thác trong thời gian dài hoặc hoàn toàn
Cấp IV: Sụp đổ	Kết cấu bị sụp đổ hoàn toàn	Mất hoàn toàn khả năng khai thác.

Bảng 2. Cấp thể hiện tính năng công trình trong thiết kế kháng chấn.

Cấp thể hiện	Cấp động đất	
	Cấp 1(L1)	***Cấp 2(L2)***
Cấp S	Mức I: Khai thác	Mức I: Khai thác

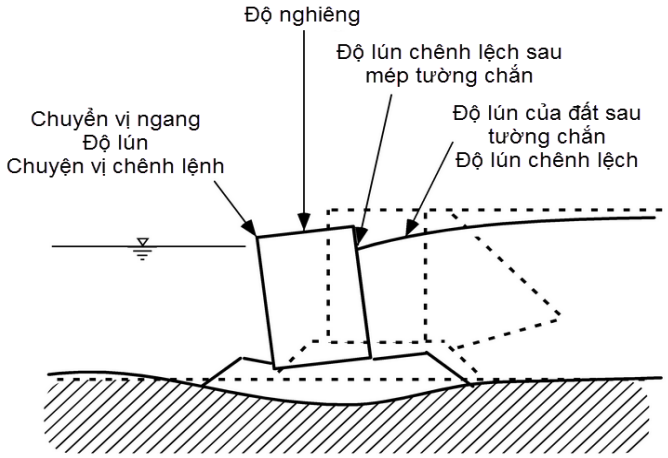
Cấp A	Mức I: Khai thác	Mức II: Sửa chữa
Cấp B	Mức I: Khai thác	Mức III: Gần sụp đổ
Cấp C	Mức II: Sửa chữa	Mức IV: Sụp đổ

2. Các tiêu chí hư hỏng kết cấu bến cảng

Bài báo này chỉ đề cập, giải quyết ba dạng kết cấu Cảng chính ở đây, bao gồm: Tường đứng trọng lực; tường cừ cọc ván và bến bệ cọc.

2.1. Các tiêu chí hư hỏng tường đứng trọng lực

Tường đứng trọng lực là kết cấu dạng thùng chìm hoặc tường chắn trọng lực đặt dưới đáy biển. Độ ổn định của tường đứng mà phụ thuộc vào khối lượng và ma sát đáy của tường để chống lại áp lực đất phía sau. Đối với tường chắn trọng lực trên nền móng tốt, các dạng phá hoại đặc trưng của tường đứng khi động đất là dạng dịch chuyển về phía biển và độ nghiêng lật. Các dạng phá hoai này là dạng chuyển dịch, độ nghiêng và độ lún phía biển do chuyển vị đáng kể của lớp đất yếu bên cạnh và dưới khối tường chắn hoặc do sự hóa lỏng của đất, như hình 1, bảng 3 chỉ ra quy định một số tiêu chí hư hỏng cho bến tường chắn trọng lực.



Hình1. Các thông số đặc trưng phá hoại kết cấu tường chắn trọng lực

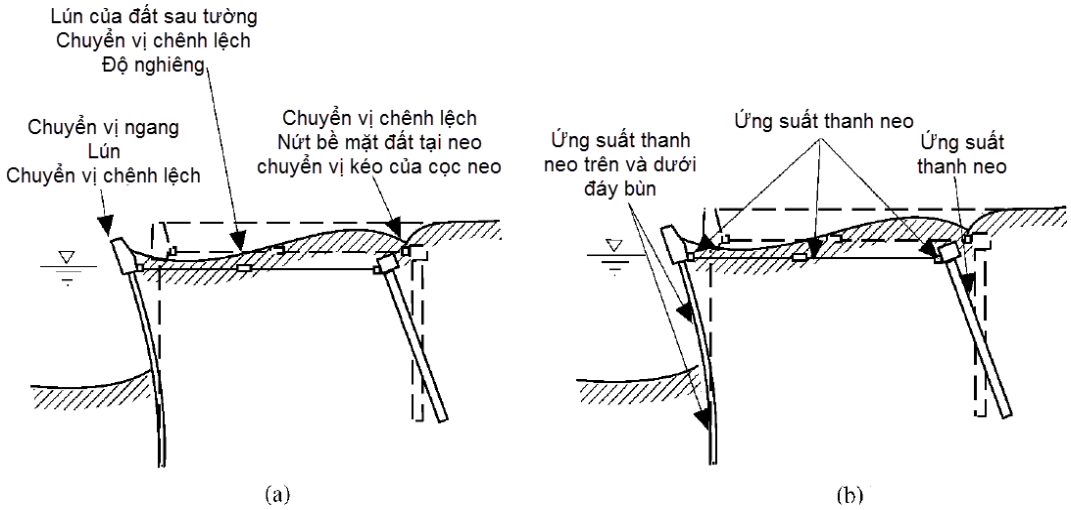
Bảng 3. Các tiêu chí hư hỏng đưa ra cho kết cấu tường trọng lực

Mức độ hư hỏng		Cấp I	Cấp II	Cấp III	Cấp IV
Tường trọng lực	Chuyển vị dư ngang (*d/H*). Độ nghiêng dư về phía biển.	Nhỏ hơn 1.5% Nhỏ hơn 3^o	1.5÷5% $3÷5^o$	5÷10% $5÷8^o$	Lớn hơn 10% Lớn hơn 8^o
Đất sau tường	Độ lún chênh lệch đất sau mố. Độ lún chênh lệch giữa đất sau và trước tường chắn. Độ nghiêng dư về phía biển.	Nhỏ hơn 0.03÷0.1 m Nhỏ hơn 0.3÷0.7 m Nhỏ hơn $2÷3^o$	N/A N/A N/A	N/A N/A N/A	N/A N/A N/A

Chú ý:d: chuyển vị dư ngang tại đỉnh của tường chắn; *H*: chiều cao tườngchắn.

2.2. Các tiêu chí hư hỏng tường cừ cọc ván

Tường cừ cọc ván được kết cấu tổ hợp của các cọc ván liên kết với nhau hoặc/và thanh neo và neo. Những phá hoại kết cấu tường cọc ván thép chịu chi phối của trạng thái ứng suất và biến dạng trạng thái chuyển vị, xem hình 2.



Hình2. Các thông số đặc trưng phá hoại kết cấu tường cọc ván thép
(a) Tương ứng với chuyển vị; b) Tương ứng vớ iứng suất

Bảng 4 chỉ ra một số tiêu chí hư hỏng cho kết cấu tường cừ cọc ván.

Bảng 4. Các tiêu chí hư hỏng đưa ra cho kết cấu tường cừ cọc ván

Mức độ hư hỏng			**Cấp I**	**Cấp II**	**Cấp III**	**Cấp IV**
Chuyển vị dư	Tường cừ cọc ván	Chuyển vị dư ngang (*d/H*). Độ nghiêng dư về phía biển.	N/A N/A	N/A N/A	N/A N/A	N/A N/A
	Đất sau tường	- Độ lún chênh lệch đất sau mố. - Độ lún chênh lệch giữa đất sau và trước - Độ nghiêng dư về phía biển.	Nhỏ hơn 0.03÷0.1 m Nhỏ hơn 0.3÷0.7 m Nhỏ hơn 2÷3 ^{o}	N/A N/A N/A	N/A N/A N/A	N/A N/A N/A
Phản ứng lớn nhất của ứng suất / biến dạng	Tường cừ cọc ván	Trên mặt bùn Dưới mặt bùn	Đàn hồi Đàn hồi	Đàn dẻo Đàn hồi	Đàn dẻo Đàn dẻo	Đàn dẻo bùn Đàn dẻo
	Thanh neo và neo		Đàn hồi	Đàn hồi	Đàn dẻo	Đàn dẻo

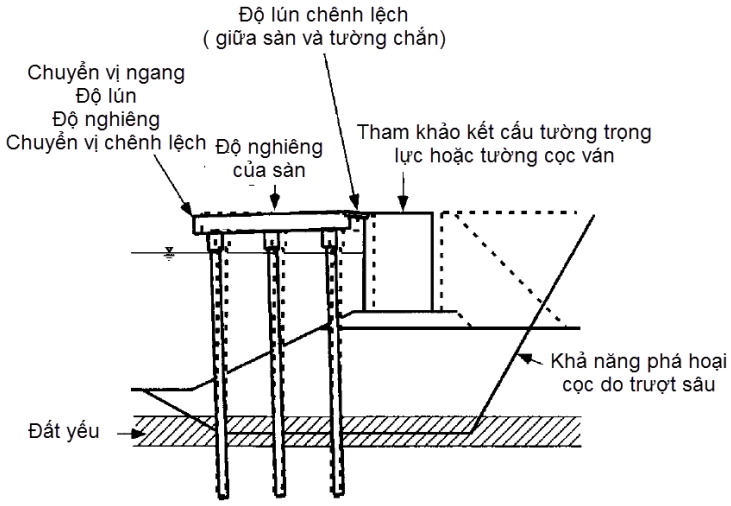
Chú ý:d: chuyển vị dư ngang tại đỉnh của tường cừ; *H*: chiều cao tường cừ.

2.3. Các tiêu chí hư hỏng của bến bệ cọc

Bến bệ cọc là dạng kết cấu tổ hợp từ hệ sàn cọc bên trên và kết cấu kè mái dốc bên dưới hoặc tường chắn. Các đặc trưng phá hoại của kết cấu sàn cọc bao gồm, xem hình 3, bảng 5 đưa ra một số tiêu chí hư hỏng cho bến cảng sử dụng kết cấu bệ cọc.

Bảng 5. Các tiêu chí hư hỏng đưa ra cho bếnbệcọc

Dạng hư hỏng		**Mức I**	**Mức 2**	**Mức 3**	**Mức 4**
Chuyển vị dư	Độ lún chênh lệch giữa sàn và đất phía sau	0.1÷0.3 m	N/A	N/A	N/A
	Độ nghiêng dư về phía biển	Nhỏ hơn 2÷3^{o}	N/A	N/A	N/A
Phản ứng lớn nhất		Đàn hồi	Dẻo	Sụp đổ	Sụp đổ



Hình 3. Các thông số đặc trưng phá hoại của bến đài cọc

(a) Tương ứng với chuyển vị.

(b) Tương ứng với ứng suất.

3. Các loại phân tích áp dụng tính toán thiết kế công trình cảng

3.1. Đối với kết cấu tường chắn trọng lực và tường cừ cọc ván

3.1.1. Phân tích giản đơn

Phân tích giản đơn của tường chắn dựa trên phương pháp cân bằng lực truyền thống. Trong phương pháp phân tích này, tường chắn được phân tích như tổ hợp của các khối cứng đất liên kết với khối kết cấu chịu sự tác động của các ngoại lực như trọng lượng của khối đất sau tường, lực ma sát trượt, lực động đất và tải phân bố sau tường. Tác động của động đất trong phân tích giản đơn được biểu thị bằng gia tốc đỉnh nền hoặc hệ số động đất sử dụng trong phương pháp tính toán tựa tĩnh. Các thông số này được chỉ rõ cách xác định trong các tiêu chuẩn kháng chấn, phụ thuộc vào các vị trí vùng động đất, cấp động đất xét tới và ảnh hưởng của vùng thực địa. Kết quả của phân tích giản đơn này được xem xét tương đối cho việc đánh giá mức độ hư hỏng ban đầu của động đất và phải đảm bảo trạng thái khai thác hoặc sửa chữa là ít nhất đối với cấp động đất 1.

3.1.2. Phân tích động đơn giản

Phương pháp động đơn giản là phương pháp mô hình hệ tường chắn thành các khối trượt và kết cấu. Chuyển vị của khối trượt được tính toán bằng tích phân hàm lịch sử thời gian của gia tốc mà vượt quá giới hạn ban đầu trong suốt thời gian trượt. Tác động của động đất được xác định bằng các hàm lịch sử thời gian của gia tốc tác dụng tại đáy của kết cấu. Hàm lịch sử thời gian của động đất đạt được từ phân tích lan truyền sóng động đất xét đến ảnh hưởng của thực địa.

3.1.3. Phân tích động

Phân tích động là dựa chủ yếu trên sự tương tác giữa đất nền và kết cấu, thông thường sử dụng các phương pháp phần tử hữu hạn. Kết cấu được phân tích tuyến tính hoặc phi tuyến phụ thuộc vào mức độ chuyển động động đất liên quan tới giới hạn dẻo của kết cấu. Đất được mô hình tuyến tính tương đương. Kết quả đạt được từ phân tích tương tác giữa kết cấu và đất bao gồm các dạng trượt của hệ kết cấu và phản ứng dư:chuyển vị, biến dạng và ứng suất.

3.2. Đối với bến bệ cọc

3.2.1. Phân tích giản đơn

Mô hình tính của kết cấu bến bệ cọc trong phân tích giản đơn được mô hình hóa như hệ 1 bậc tự do hoặc nhiều bậc tự do. Trong phân tích này, chuyển động động đất được biểu thị bằng đường cong hàm phổ phản ứng. Hệ số dẻo có thể được yêu cầu tính toán thêm trong phân tích này và bỏ qua sự dịch chuyển của mái dốc chân bệ cọc. Kết quả của phân tích động này dùng để đánh giá những phản ứng ban đầu để đảm bảo sửa chữa là ít nhất đối với động đất cấp 1.

3.2.2. Phân tích động đơn giản

Trong phân tích này, kết cấu 1 bậc và nhiều bậc tự do được tổ hợp với phương pháp phân tích đẩy dần (Pushover) để đánh giá hệ số dẻo và giới hạn biến dạng. Ảnh hưởng của tương tác giữa đất và kết cấu không được xem xét trong tính toán và đây là giới hạn của phân tích này. Kết quả phản ứng của kết cấu bến bệ cọc trong phân tích này bao gồm chuyển vị, biến dạng, độ dẻo.

3.2.3. Phân tích động

Phân tích này sẽ xem xét thêm sự làm việc chung và tương tác giữa kết cấu và đất nền suốt quá trình động đất. Phương pháp này sẽ phân tích được sự thể hiện động đất của hệ kết cấu-đất, làm nổi bật được ảnh hưởng của đất lên kết cấu bên trên và ngược lại. Vì vậy, việc nghiên cứu các mô hình đất thể hiện được sự làm việc thực của các phần tử đất đang là xu thế nghiên cứu trong thời gian tới. Ảnh hưởng của sự tăng hoặc giảm áp lực nước lỗ rỗng đến sự làm việc của đất nền cũng đang cần được xem xét tới..

4. Kết luận

Thiết kế kháng chấn theo tính năng công trình là triết lý thiết kế dựa trên tính tối ưu về kinh tế kỹ thuật trong công tác thiết kế xây dựng công trình. Bài báo đã tóm tắt và phân tích sơ lược ba yêu cầu tối thiểu trong thiết kế kháng chấn theo tính năng công trình bến cảng đã được tóm tắt và phân tích sơ lược theo ba mục 1,2 và 3 ở trên. Trong thiết kế kháng chấn theo triết lý mới này, việc xác định cấp thể hiện tính năng công trình phải được xác định đầu tiên theo tầm quan trọng công trình và nhu cầu của chủ đầu tư. Sau đó, việc xác định các tiêu chí hư hỏng phải được xét đến để làm căn cứ so sánh, đánh giá với kết quả phản ứng động công trình. Cuối cùng, căn cứ vào dạng kết cấu công trình cảng (bến bệ cọc, tường chắn trọng lực hay tường cừ cọc ván) và cấp thể hiện tính năng để đưa ra phương pháp phân tích kháng chấn cho phù hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour facilities in Japan. OCDI-2009.

[2] International Navigation Association (2001). *SeismicDesignGuidelinesforPortStructure*.

[3] Nguyễn Hữu Dẫu (2010). *Triết lý thiết kế công trình Cảng mới.* Tạp chí Biển và Bờ số 5,6