



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0024166

(51)⁷ E04B 1/22; E04H 9/02

(13) B

(21) 1-2015-01503

(22) 25/04/2015

(30) 2014-102167 16/05/2014 JP

(45) 25/06/2020 387

(43) 25/11/2015 332A

(73) KUROSAWA CONSTRUCTION CO., LTD. (JP)

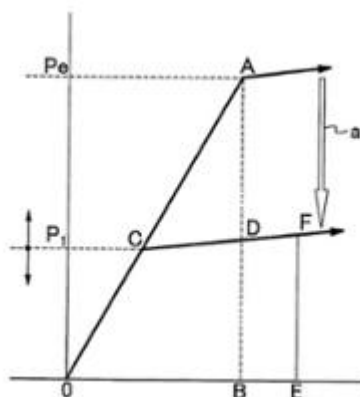
1-36-7, Wakaba-cho, Chofu-shi, Tokyo, 182-0003 Japan

(72) Ryohei KUROSAWA (JP).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ CHỐNG ĐỘNG ĐẤT ĐỐI VỚI KẾT CẤU BÊ TÔNG DỰ ỨNG LỰC DỰA TRÊN PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG KHỚP GHÉP NỐI BÊ TÔNG DỰ ỨNG LỰC

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp thiết kế chống động đất đối với kết cấu bê tông dự ứng lực, cột và dầm, là các cấu kiện dự ứng lực đúc sẵn độ bền cao, được nối nhờ khớp ghép nối có cáp dự ứng lực. Vừa được nhồi và được bám dính. Kết cấu đàn hồi tuyến tính mức thứ nhất được sử dụng, trong đó tất cả các cấu kiện của kết cấu không bị tổn hại, với những trận động đất cho đến trị số thiết kế tải động đất định trước. Kết cấu đàn hồi tuyến tính mức thứ hai được sử dụng, trong đó năng lượng động đất được hấp thụ do phần bám dính của vữa bị vỡ, và các cấu kiện chính của kết cấu không bị tổn hại, với những trận động đất vượt quá trị số thiết kế tải động đất định trước. Bằng cách sử dụng kết cấu đàn hồi phi tuyến mà trong đó kết cấu đàn hồi tuyến tính mức thứ nhất và kết cấu đàn hồi tuyến tính mức thứ hai được kết hợp, khả năng chống động đất tăng lên đáng kể, công hình có thể chống lại các trận động đất vượt quá cấp động đất 6.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp thiết kế chống động đất bằng kết cấu bê tông dự ứng lực. Kết cấu bê tông dự ứng lực (PC - prestressed concrete) theo sáng chế là kết cấu gồm các cấu kiện (cột, dầm) bê tông dự ứng lực đúc sẵn có độ bền cao (PCaPC - high-strength precast prestressed concrete) được nối với nhau bằng khớp ghép nối bê tông dự ứng lực có cáp dự ứng lực.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Kết cấu bê tông cốt thép (RC - reinforced concrete) theo lĩnh vực kỹ thuật liên quan, có chi phí không đắt đỏ, độ vững chắc cao và tạo ra tiện lợi cao cho người dùng, thường được sử dụng trong các tòa nhà như chung cư và văn phòng.

Trái lại, kết cấu bê tông dự ứng lực được tạo kết cấu để chống lại tải dự báo bằng cách tạo trước ứng suất cho mặt cắt ngang của cấu kiện bê tông cho các tòa nhà có dầm hoặc dầm và cột có khẩu độ lớn để đỡ tải lớn. Do có khả năng phục hồi cao so với kết cấu bê tông cốt thép nên kết cấu bê tông dự ứng lực có thể duy trì được tình trạng tốt sau động đất.

Có nhiều công nghệ (bằng sáng chế) về kết cấu bê tông dự ứng lực được biết đến. Công nghệ đã biết thứ nhất là kết cấu nối giữa cột và dầm, kết cấu này có khớp nối giữa cột bê tông đúc sẵn và dầm bê tông đúc sẵn. Công nghệ này khác biệt ở chỗ, khớp nối đó có mặt cắt ngang nhô lên khỏi bề mặt bên của dầm và bề mặt đáy của dầm được bố trí ở đầu dầm, các thanh cốt thép nối được tạo kết cấu để nối dầm và cột được bố trí ở phần dưới của dầm và phần trên của phần dầm của khớp nối, và cáp dự ứng lực được sắp xếp ở vị trí gần trục trung hòa của mặt cắt ngang của dầm hơn với các thanh cốt thép nối, nhờ đó nối dầm và cột (JP07-042727B).

Trong kết cấu nối giữa cột và dầm này, các thanh cốt thép nối được bố trí ở các phần trên và dưới của dầm ở phần ghép nối, và cáp dự ứng lực để tạo ra ứng suất được bố trí ở những vị trí gần đường trung hòa của mặt cắt ngang, sao cho các thanh cốt thép ở bên trên và dưới tại mỗi nối chịu đựng được sự biến dạng lớn do tải gây ra tại thời điểm động đất để hấp thụ được năng lượng biến dạng lớn. Theo tài liệu này cáp dự ứng lực, mà nó chủ yếu thực hiện các chức năng liên kết tại khớp nối giữa cột và dầm, chịu biến dạng nhỏ hơn so

với các thanh cốt thép, sự hư hại xảy ra khi động đất là nhỏ, và đảm bảo được độ an toàn.

Công nghệ đã biết thứ hai là kết cấu khớp ghép nối bê tông dự ứng lực giữa dầm và cột bê tông đúc sẵn, là kết cấu trong đó cáp dự ứng lực không bám dính được sử dụng để tạo ứng suất, và dầm bê tông đúc sẵn được nối với cột bê tông đúc sẵn bằng khớp ghép nối. Công nghệ này khác biệt ở chỗ, cấu kiện đàn hồi, được tạo kết cấu để ngăn ngừa bê tông không bị vỡ ở đầu dầm bằng cách hấp thụ biến dạng nén, được lắp ở bề mặt bên của cột ở phần chịu nén bởi biến dạng xoay xảy ra khi nâng dầm lên (JP2002-004417A).

Theo tài liệu này kết cấu ghép nối bê tông dự ứng lực giữa dầm và cột bê tông đúc sẵn góp phần vào cấu trúc của tòa nhà hệ bê tông cốt thép trong đó khung thân cứng không bị hư hại ngay cả bởi những trận động đất lớn được coi là hàng trăm năm mới có một lần, hoặc hư hại có thể được sửa chữa bằng cách thay thế vật liệu bị ảnh hưởng.

Công nghệ đã biết thứ ba là phương pháp thi công tự cách ly động đất đối với hệ kết cấu bê tông cốt thép trong đó cáp dự ứng lực không bám dính được sử dụng để tạo dự ứng lực, và dầm bê tông đúc sẵn được nối với cột bê tông đúc sẵn bằng khớp ghép nối. Phương pháp xây dựng tự cách ly động đất đối với hệ kết cấu bê tông cốt thép khác biệt ở chỗ, cáp dự ứng lực không bám dính được xuyên qua dầm bê tông đúc sẵn theo chiều dọc, cả hai phần đầu của cáp dự ứng lực không bám dính được cố định với cột bê tông đúc sẵn, để có được tạo kết cấu cho phép nâng bề mặt phân cách khớp nối cột-dầm cùng với biến dạng co giãn đàn hồi của cáp dự ứng lực không bám dính theo lực theo phương ngang của động đất hoặc dạng tương tự (JP2002-004418A).

Theo tài liệu này theo phương pháp thi công tự cách ly động đất đối với hệ kết cấu bê tông cốt thép, chu kỳ dao động riêng của bản thân hệ kết cấu bê tông cốt thép có thể được kéo dài mà không cần sử dụng thiết bị cách ly động đất và thiết bị điều khiển rung. Cũng theo tài liệu này, do không cần đến thiết bị cách ly động đất và thiết bị điều khiển rung, và cả bảo dưỡng đi kèm với chúng, nên phương pháp này giúp giảm chi phí đáng kể, và tạo ra tiện lợi cho người dùng.

Ngoài ra, công nghệ đã biết thứ tư là kết cấu chống động đất được tạo ra bằng phương pháp thi công ghép nối bê tông dự ứng lực. Kết cấu chống động đất được tạo ra bằng phương pháp thi công ghép nối bê tông dự ứng lực này khác biệt ở chỗ, khung thân, có dầm và các cột ở cả hai đầu dưới dạng một đơn vị tối thiểu, có các khớp nối giữa dầm và các cột được tạo kết cấu dưới dạng các khớp nối có thể xoay được, mà chúng chủ yếu chịu tải vuông góc, và được tạo kết cấu bằng khớp ghép nối trong đó ứng suất được đưa vào cáp

dự ứng lực không bám dính được xuyên qua phần dầm theo chiều dọc trục và cũng xuyên qua các cột. Cấu kiện chống đỡ nằm ngang, được tạo kết cấu để hấp thụ năng lượng nhờ biến dạng oằn trước khi khung thân bị tổn hại khi động đất xảy ra, được nối vào phần bề mặt bên của khung thân, và đó là cấu kiện dạng tấm có chiều dài để bao quanh các khớp nối có thể xoay ở cả hai đầu của dầm. Cả hai vị trí bên của các khớp nối có thể xoay được sẽ được nối với nhau nhờ khớp ghép nối trong đó ứng suất được tạo ra trong cáp dự ứng lực (JP2005-171643A).

Do kết cấu chống động đất theo phương pháp thi công ghép nối bê tông dự ứng lực này có kết cấu trong đó các cột và dầm của khung thân được nối với nhau bằng khớp ghép nối trong đó ứng suất được tạo ra trong cáp dự ứng lực không bám dính, mà nó chủ yếu chịu tải vuông góc, nên biến dạng xoắn của cáp dự ứng lực được lấy trung bình trên toàn bộ chiều dài. Vì vậy, biến dạng xoắn của cáp dự ứng lực nằm trong khoảng giới hạn đàn hồi ở thời điểm có biến dạng lớn, và độ an toàn về mặt kết cấu là cao. Theo tài liệu này, khung thân có thể dễ dàng theo kịp biến dạng lớn tại thời điểm động đất, và sau khi động đất đi qua, sự phục hồi có thể thực hiện nhờ ưu điểm lớn của ứng suất được đưa vào trong cáp dự ứng lực, theo đó biến dạng dư được phục hồi về không.

Theo công nghệ đã biết thứ nhất, các thanh cốt thép được bọc lộ tại các phần trên và dưới của dầm giúp chịu đựng được sự biến dạng lớn do tải gây ra tại thời điểm động đất, và hấp thụ năng lượng biến dạng lớn; cáp dự ứng lực, mà nó tạo ra ứng suất và nó được bố trí ở những vị trí gần với đường trung hòa của khớp nối giữa cột và dầm, chịu biến dạng nhỏ hơn so với thanh cốt thép, hư hại xảy ra tại thời điểm động đất là nhỏ, và đảm bảo được độ an toàn. Tuy nhiên, có vấn đề là năng lượng được hấp thụ bởi biến dạng đàn hồi của các thanh cốt thép có cùng cách thức giống với thiết kế bê tông cốt thép trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan, và do vậy, biến dạng dư của các thanh cốt thép sau động đất là lớn, và không thể sửa chữa được.

Công nghệ đã biết thứ hai đề xuất kết cấu trong đó cấu kiện đàn hồi, được tạo kết cấu để ngăn ngừa bê tông không bị vỡ ở đầu dầm, được bố trí ở bề mặt bên của cột ở phần chịu nén nhờ biến dạng xoay xảy ra khi nâng dầm lên. Tuy nhiên, rõ ràng là việc bố trí các phần lõm có khía để lắp các cấu kiện trên nhiều bề mặt bên của cột ở cùng độ cao làm tổn hại mặt cắt ngang của cột, và do đó giảm đáng kể độ bền của cột. Và công nghệ này có một vấn đề là do không có cấu kiện được tạo kết cấu để đỡ đầu dầm, nên các lực động đất lặp đi lặp lại sẽ làm phần khớp nối của cột bị trượt xuống dưới, điều này có thể dễ dàng gây ra sự đứt gãy

của chính cáp dự ứng lực không bám dính và làm gãy khớp ghép nối giữa dầm và cột, và vì vậy gây ra nguy cơ rất cao là công trình bị phá hủy.

Theo công nghệ đã biết thứ ba, cáp dự ứng lực không bám dính được xuyên qua phần dầm bê tông đúc sẵn theo chiều dọc, cả hai phần đầu của cáp dự ứng lực không bám dính được cố định với các cột bê tông đúc sẵn, để cho phép nâng bề mặt phân cách khớp nối cột-dầm cùng với biến dạng co giãn đàn hồi của cáp dự ứng lực không bám dính cùng với lực theo phương ngang của động đất hoặc dạng tương tự. Tuy nhiên, kết cấu này có một vấn đề là việc sự cố định cáp dự ứng lực không bám dính trong trường hợp này chiếm 80% tải oằn tiêu chuẩn của cáp dự ứng lực trong phần mô tả nói là "không mới một cách cụ thể, và được thực hiện bằng phương pháp được mô tả trong tiêu chuẩn bê tông dự ứng lực của Hiệp hội kiến trúc", theo cùng cách thức với công nghệ đã biết thứ hai, lực động đất lặp đi lặp lại sẽ làm phần khớp nối của cột bị trượt xuống dưới so với cột vì không có cấu kiện nào được tạo kết cấu để đỡ phần đầu dầm, và do vậy gây ra nguy cơ rất cao là công trình bị phá hủy do sự đứt gãy của cáp dự ứng lực.

Theo công nghệ đã biết thứ tư, cấu kiện chống đỡ nằm ngang, được tạo kết cấu để hấp thụ năng lượng bằng cách biến dạng oằn trước khi khung thân bị tổn hại khi động đất xảy ra, được nối vào phần bề mặt bên của khung thân, và đó là cấu kiện dạng tấm có chiều dài để bao quanh các khớp nối có thể xoay được ở cả hai phần đầu của phần dầm, và cả hai vị trí bên của các khớp nối có thể xoay được sẽ được ghép với nhau nhờ khớp ghép nối trong đó ứng suất được đưa vào trong cáp dự ứng lực. Công nghệ này sau đó cho rằng, tổn hại dễ được tập trung vào cấu kiện chống đỡ nằm ngang, để gây ra sự biến dạng đàn hồi trong đó, sự hấp thụ năng lượng động đất, sự suy giảm khả năng phản hồi, và do vậy thấy hiệu quả bị suy giảm. Tuy nhiên, đó vẫn là kết cấu đàn hồi giống như công nghệ thông thường, và vì vậy cấu kiện chống đỡ nằm ngang bị biến dạng đàn hồi không thể sửa chữa được. Do đó, tất cả các cấu kiện chống đỡ nằm ngang cần được thay thế sau động đất, mà đó một nhiệm vụ phức tạp trên công trường, vì vậy có vấn đề là gia tăng đáng kể chi phí.

Một vấn đề chung trong các công nghệ đã biết từ thứ hai đến thứ tư là, chất bôi trơn được sử dụng dưới dạng chất làm đầy của cáp dự ứng lực không bám dính chịu hiện tượng tách dầu theo thời gian, mà nó làm suy giảm tính năng kiểm soát ăn mòn. Vì vậy, cáp dự ứng lực không bám dính không được ưu tiên sử dụng trong kết cấu khớp ghép nối bê tông dự ứng lực giữa cột và dầm.

Tiêu chuẩn thiết kế chống động đất hiện nay tại Nhật bản cho phép tổn hại kết cấu

với cấp động đất lớn hơn 5 hoặc tương đương, và thậm chí cho phép sụp đổ miễn là đảm bảo được sự an toàn cho tính mạng con người. Có báo cáo cho rằng nhiều thiệt hại đã xảy ra trong các trận động đất lớn vượt quá cấp động đất 6, theo đó những tòa nhà có kết cấu bê tông cốt thép, kết cấu thép (S structure), và kết cấu hỗn hợp bê tông cốt thép và thép (SRC structure) đã bị sụp đổ hoặc bị biến dạng lớn (biến dạng dẻo của góc lệch giữa các tầng bằng 1/100 hoặc lớn hơn) và bị phá hủy, và biến dạng dư còn lại sau động đất và không thể sửa chữa được.

Cụm từ "cấp động đất" là chỉ số chỉ mức độ rung của động đất tại một điểm nhất định, và chỉ thang đo động đất được sử dụng bởi Cơ quan khí tượng Nhật Bản (thang đo cấp động đất Cơ quan khí tượng Nhật Bản).

Một cách cụ thể, Nhật bản là nước thường xuyên có động đất, và có vùng đất mà nó có thể phải chịu thảm họa động đất lớn bất cứ khi nào. Phương pháp thiết kế hiện nay đề thi công các tòa nhà có kết cấu bê tông cốt thép hoặc kết cấu thép là "thiết kế dẻo", trong đó các thanh cốt thép và các khung thép được tạo kết cấu để được dùng cho đến tại thời điểm động đất. Trên các vùng đất như vậy, đây không phải là một phương pháp thiết kế phù hợp cho tình trạng này của đất nước. Ngoài ra, các tòa nhà được tạo kết cấu dựa trên thuyết hấp thụ năng lượng bởi biến dạng dẻo, mà nó là nguyên lý cơ bản của kết cấu thanh cốt thép, sẽ hấp thụ năng lượng động đất thông qua sự biến dạng dẻo của vùng nút khung. Do đó, có vấn đề là vùng nút khung này chịu sự hỏng do cắt, và sự tổn hại và biến dạng dư gây ra bởi động đất là rất nặng nề và do đó không thể phục hồi được sau động đất. Nói cách khác, trong kết cấu khung cứng của phương pháp thiết kế của lĩnh vực kỹ thuật liên quan, sự phá hủy khi trận động đất lớn chắc chắn xảy ra ở vùng nút khung (khớp nối cột-dầm), và vì vậy toàn bộ kết cấu bị phá hủy theo cách cột sẽ bị phá hủy trước tiên do hỏng do cắt trong vùng nút khung.

Trong bất kỳ trường hợp nào, trong kết cấu bê tông dự ứng lực của lĩnh vực kỹ thuật liên quan, lực căng tạo ra của cáp dự ứng lực được sắp xếp trên mặt cắt ngang của cấu kiện được tạo kết cấu sẽ bằng 80% tải oằn tiêu chuẩn (P_y) của cáp dự ứng lực ở thời điểm hoàn chỉnh lắp đặt. Phương pháp thiết kế chống động đất hiện nay cho phép biến dạng oằn của cáp dự ứng lực trong điều kiện có tải thiết kế tối đa giống với kết cấu bê tông cốt thép. Do đó, do không duy trì đủ khả năng trong cáp dự ứng lực trong điều kiện tải thường xuyên, nên cáp dự ứng lực sẽ biến dạng oằn và bị biến dạng dẻo ở trị số thiết kế tối đa, do đó mất đi khả năng phục hồi vượt trội của kết cấu bê tông dự ứng lực. Sau đó, lực phục hồi biến dạng

của các cấu kiện này mất đi và, sau khi động đất kết thúc, biến dạng dư vẫn còn. Do đó, các rạn nứt tạo ra không thể liền lại được, và các rạn nứt sẽ trở nên lớn hơn theo thời gian. Điều này tác động xấu đến khung kết cấu, do đó thời gian sử dụng bị giảm đáng kể.

Do "thiết kế dẻo", trong đó biến dạng của vùng nút khung được phép hấp thụ năng lượng động đất, được sử dụng theo cùng cách giống với kết cấu bê tông cốt thép hoặc dạng tương tự, nên việc hỏng do cắt trong vùng nút khung (khớp nối cột-dầm) không thể tránh được tại thời điểm xảy ra động đất lớn. Ngoài ra, tại thời điểm động đất cực lớn với cấp động đất 6 hoặc lớn hơn, mà nó vượt quá trần thiết kế chống động đất, do moment để đỡ dầm không được bố trí tại khớp ghép nối giữa cột và dầm, nên dầm sẽ bị trượt xuống phía dưới và cấp dự ứng lực phải chịu đứt gãy trước, và việc hỏng do cắt của dầm xuất hiện cùng với sự gãy đứt của các cấu kiện, điều này gây ra rủi ro sụp đổ tòa nhà. Cũng có vấn đề là diện tích bề mặt của vòng đường cong biến dạng do tải là nhỏ hơn so với kết cấu bê tông cốt thép, sự hấp thụ năng lượng nhờ biến dạng dẻo của kết cấu này nhỏ hơn đối các kết cấu cũ, và do đó không mong đợi chống lại được các trận động đất lớn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để giải quyết nhiều vấn đề nảy sinh đối với hiệu quả chống động đất của kết cấu bê tông dự ứng lực, tác giả của sáng chế đã nghiên cứu và phát triển trong thời gian dài để tạo ra những tòa nhà vượt trội về khả năng chống động đất từ năm 1987, và tạo ra phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực đã được kiểm nghiệm qua nhiều thí nghiệm dựa trên ý tưởng của tác giả của sáng chế.

Tòa nhà có khả năng chống động đất vượt trội mà tác giả của sáng chế hướng tới dựa trên tiền đề cơ bản đó là các cấu kiện chính của kết cấu không bị tổn hại tại thời điểm động đất. Ngoài ra, điều này có nghĩa là kết cấu mà nó có thể duy trì được trạng thái tốt, ngay cả sau trận động đất lớn, dư chấn hay dạng tương tự xảy ra sau đó, và có thể tiếp tục được sử dụng mà không có hỏng hóc đối với chức năng của tòa nhà.

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp thiết kế chống động đất cho kết cấu bê tông dự ứng lực (dưới đây được gọi là phương pháp thiết kế của sáng chế) dựa trên phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực mới dựa trên kết cấu đàn hồi chống lại được thậm chí trận động đất lớn nhất vượt quá cấp động đất 6.

Để đạt được mục đích được mô tả trên, theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất phương pháp thiết kế chống động đất cho kết cấu bê tông dự ứng lực dựa trên phương pháp

thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực. Kết cấu bê tông dự ứng lực này là một tòa nhà có kết cấu khung cứng, và có móng, cột, và dầm. Cột và dầm là các cấu kiện bê tông dự ứng lực đúc sẵn có độ bền cao. Mộng được bố trí ở khớp nối cột - dầm của cột (vùng nút khung). Dầm được đặt trên mộng. Phần khớp ghép nối được bố trí giữa cột và dầm. Cáp dự ứng lực phụ (cáp phụ) được bố trí xuyên qua dầm và khớp nối cột - dầm. Cáp dự ứng lực thứ hai này được kéo căng, nhờ đó cột và dầm được nối liền khối nhờ khớp ghép nối này. Vừa được bám dính cáp dự ứng lực thứ hai, và nhờ đó cố định nó. Phương pháp thiết kế chống động đất này bao gồm bước thiết kế để phần bám dính giữa cáp dự ứng lực thứ hai và vữa bị vỡ trong vùng lân cận của phần khớp ghép nối khi tải vượt quá trị số thiết kế tải động đất định trước. Do đó, khi động đất xuất hiện trong đó tải này không vượt quá trị số thiết kế tải động đất, thì phần khớp ghép nối vẫn ở trong trạng thái ứng suất toàn phần, và cột, dầm, và cáp dự ứng lực phụ bị biến dạng trong khoảng đàn hồi tuyến tính, và không bị tổn hại. Khi động đất xảy ra trong đó tải vượt quá trị số thiết kế tải động đất, thì phần bám dính giữa cáp dự ứng lực phụ và phần vữa bị vỡ ra, nhờ đó phần khớp ghép nối trở thành trạng thái ứng suất một phần. Phần khớp ghép nối này mở hoặc tách ra, và có thể xoay được, cáp dự ứng lực phụ sẽ lộ ra, làm tăng lượng co giãn đối với cáp dự ứng lực phụ, và nhờ đó hấp thụ năng lượng động đất trong khoảng đàn hồi của cáp dự ứng lực phụ, và cột, dầm, và cáp dự ứng lực phụ này sẽ bị biến dạng trong khoảng đàn hồi tuyến tính, và không bị tổn hại. Về tổng thể, kết cấu bê tông dự ứng lực này được tạo kết cấu bởi kết cấu đàn hồi phi tuyến kết hợp với kết cấu đàn hồi tuyến tính mức thứ nhất trong trường hợp tải không vượt quá trị số thiết kế tải động đất và kết cấu đàn hồi tuyến tính mức thứ hai trong trường hợp tải vượt quá trị số thiết kế tải động đất.

Trị số thiết kế tải động đất này có thể là tải tương ứng với cấp động đất nhỏ hơn 6. Lực căng của cáp dự ứng lực phụ có thể đạt từ 40% đến 60% tải oằn tiêu chuẩn của cáp dự ứng lực phụ. Trong kết cấu bê tông dự ứng lực, phần khớp ghép nối phụ có thể được bố trí giữa móng và đế cột của cột. Cáp dự ứng lực chính thứ hai có thể được bố trí xuyên qua móng và đế cột. Cáp dự ứng lực phụ thứ hai có thể được kéo căng, và do đó móng và cột có thể được nối liền khối nhờ khớp ghép nối. Phần vữa thứ hai có thể được bám dính vào cáp dự ứng lực phụ thứ hai, và nhờ đó cố định nó. Phương pháp thiết kế chống động đất này có thể bao gồm bước thiết kế phần bám dính giữa cáp dự ứng lực phụ thứ hai và phần vữa thứ hai để bị vỡ ra khi tải vượt quá trị số thiết kế tải động đất định trước. Nhờ đó, khi động đất xảy ra trong đó tải không vượt quá trị số thiết kế tải động đất thứ hai, thì phần khớp ghép nối thứ hai vẫn ở trong trạng thái ứng suất toàn phần, cột và cáp dự ứng lực phụ bị biến

dạng trong khoảng giá trị đàn hồi tuyến tính và không bị tổn hại. Khi động đất xảy ra trong đó tải vượt quá trị số thiết kế tải động đất thứ hai, thì phần bám dính giữa cáp dự ứng lực phụ và phần vữa thứ hai sẽ bị vỡ ra, nhờ đó phần khớp ghép nối thứ hai trở thành trạng thái ứng suất một phần. Phần khớp ghép nối thứ hai này mở hoặc tách ra, và có thể xoay được, và nhờ đó cáp dự ứng lực phụ thứ hai hấp thụ năng lượng động đất trong khoảng đàn hồi của cáp dự ứng lực phụ thứ hai, và cột và cáp dự ứng lực phụ thứ hai bị biến dạng trong khoảng đàn hồi tuyến tính, và không bị tổn hại. Để cột này có thể là khối đế được bố trí giữa móng và cột. Lực căng của cáp dự ứng lực phụ thứ hai có thể bằng khoảng 40% đến 60% tải oằn tiêu chuẩn của cáp dự ứng lực chính thứ hai. Kết cấu bê tông dự ứng lực này có thể là kết cấu cách ly động đất kiểu bê tông dự ứng lực được thi công bằng phương pháp thi công cách ly động đất kết hợp.

Khía cạnh thứ hai theo sáng chế đề cập đến tòa nhà được thi công bằng phương pháp thiết kế chống động đất dựa trên phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực.

Hiệu quả của sáng chế

Phương pháp thiết kế chống động đất dựa trên phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực theo sáng chế thu được những hiệu quả vượt trội sau đây.

1. Tất cả các cấu kiện của kết cấu không bị tổn hại khi tải cho tới khi đạt được trị số thiết kế định trước

Thậm chí ngay cả khi trận động đất có cấp động đất nhỏ hơn 6 xảy ra, thì kết cấu bê tông cốt thép và kết cấu hỗn hợp bê tông cốt thép và thép được thi công theo phương pháp thiết kế của lĩnh vực kỹ thuật liên quan bị tổn hại nặng nề do xuất hiện biến dạng dẻo. Việc phục hồi sau động đất gần như là không thể.

Trái lại, kết cấu bê tông dự ứng lực được thi công theo phương pháp thiết kế của sáng chế có lực cản chống lại tải có trị số thiết kế (dự ứng lực và lực căng bê tông dự ứng lực của cột và dầm chống lại sự thay đổi góc cấu kiện) có vai trò làm năng lượng nội tại bên trong các cấu kiện bê tông, chẳng hạn như cột và dầm. Nhờ đó, bản thân kết cấu được biến dạng đàn hồi, lực phục hồi của cột bê tông dự ứng lực giúp giảm bớt biến dạng, năng lượng nội tại này được tích lũy trong các cấu kiện hấp thụ năng lượng, và nhờ đó trạng thái ứng suất toàn phần được duy trì. Do vậy, thậm chí sau khi xảy ra thảm họa động đất, tòa nhà vẫn ở trạng thái tốt và có thể tiếp tục được sử dụng mà không mất đi các tính năng của tòa nhà.

2. Tránh được tổn hại ở vùng nút khung thậm chí với tải vượt quá trị số thiết kế định trước

Phần khớp ghép nối được thể kể để mở (xoay) và trở thành trạng thái ứng suất một phần ngay cả trong trường hợp động đất trong đó tải vượt quá trị số thiết kế. Trong vùng có ứng suất một phần này, việc tăng ứng suất tác động vào vùng nút khung được giảm bớt bằng cách làm phần khớp ghép nối mở để tách ra và cho phép xoay, vì vậy không có tổn hại nào xảy ra với vùng nút khung.

Các thực nghiệm đã xác nhận thực tế sau: khi tải có trị số thiết kế tải động đất tác động, phần khớp ghép nối bị biến dạng ở trạng thái ứng suất toàn phần, và những rạn nứt nhỏ xuất hiện ở phần trên và dưới của vùng nút khung; khi tải vượt quá trị số thiết kế, phần khớp ghép nối trở thành trạng thái ứng suất một phần, và mở ra, cột và dầm trên móng tách ra và xoay, và những rạn nứt nhỏ ở phần trên và dưới của vùng nút khung được khép lại. Việc này ngăn ngừa các rạn nứt không xuất hiện thêm trên vùng nút khung.

Trong kết cấu bê tông cốt thép của lĩnh vực kỹ thuật liên quan, biến dạng dẻo của vùng nút khung sẽ hấp thụ năng lượng động đất tại thời điểm có động đất lớn. Kết quả là, vùng nút khung sẽ bị hỏng do cắt, do đó dẫn tới việc kết cấu bị sụp đổ, mà nó được gọi là kiểu cột hỏng do lõi xuất hiện trước.

Trái lại, trong khớp ghép nối cột-dầm của kết cấu bê tông dự ứng lực theo phương pháp thiết kế của sáng chế, phần khớp ghép nối không thể tách ra khi có tải đạt đến trị số thiết kế tải động đất định trước. Tuy nhiên, tại thời điểm động đất đạt mức đỉnh trong đó tải vượt quá trị số thiết kế thì phần khớp ghép nối tách ra, do vậy vùng nút khung được ngăn ngừa không bị hỏng do cắt. Vì vậy, các cấu kiện chính của kết cấu, chẳng hạn như cột, dầm, và vùng nút khung, không bị tổn hại. Các cấu kiện của kết cấu tòa nhà có thể được bảo vệ bằng cách mở phần khớp ghép nối. Khi động đất kết thúc, lực phục hồi của cáp dự ứng lực phụ sẽ khiến phần mở ra khép lại, và làm phần khớp ghép nối đã tách ra được phục hồi về trạng thái ban đầu. Kết cấu sẽ ở trạng thái tốt, không còn biến dạng dư. Phần khớp ghép nối, thậm chí ngay cả khi phải bị tổn hại nhẹ, có thể được sửa chữa để tiếp tục sử dụng.

3. Trị số tải đầu vào được giảm bớt tại thời điểm động đất lớn nhất

Khi động đất lớn nhất xảy ra trong đó tải vượt quá trị số thiết kế định trước, thì khớp ghép nối cột - dầm mở ra và cho phép xoay. Phần bám dính giữa cáp dự ứng lực và phần vữa chuyển sang trạng thái bị vỡ trong vùng lân cận của phần khớp ghép nối trong phạm vi độ dài cần thiết, và cáp dự ứng lực phụ lộ ra để tăng lượng co giãn, và nhờ đó giúp hấp thụ năng lượng động đất. Lực căng được mang bởi cáp dự ứng lực phụ không tăng lên, do đó cáp dự ứng lực phụ được duy trì trong khoảng giá trị đàn hồi, và nhờ đó trị số tải đầu vào

được giảm bớt. Nói cách khác, khi động đất lớn nhất trong đó tải vượt quá trị số thiết kế định trước, thì đường biến dạng đàn hồi của cáp dự ứng lực phụ sẽ nằm ngang hơn, do vậy tải đầu vào có thể được giảm bớt. Trong khớp ghép nối, lực căng của cáp dự ứng lực phụ (cáp phụ) được điều khiển đạt 50% hoặc tương đương (40% đến 60% P_y) tải oằn tiêu chuẩn (P_y) của cáp dự ứng lực phụ. Vì vậy, ngay cả khi động đất lớn nhất xảy ra trong đó tải vượt quá trị số thiết kế định trước, thì cáp dự ứng lực phụ có đủ khả năng chịu lực, và hoàn toàn vẫn ở trong khoảng giá trị đàn hồi. Cáp dự ứng lực phụ này hoạt động như chiếc lò xo, và tạo ra lực chống lại sự biến dạng của tòa nhà do động đất, và lực phục hồi nhờ ứng suất do tác động của lực cản đàn hồi của cáp dự ứng lực phụ hoạt động dưới dạng lực để khiến tòa nhà trở lại trạng thái ban đầu. Nói tóm lại, sẽ thu được hiệu quả kiểm soát rung nhờ ứng suất.

4. Tránh được tổn hại cho cột ở phần đế cột

Khi động đất lớn nhất xảy ra trong đó tải vượt quá trị số thiết kế định trước, thì phần khớp ghép nối dưới đế cột (phần khớp ghép nối thứ hai) mở ra, và sẽ ở trong trạng thái ứng suất một phần. Phần khớp ghép nối mở ra trong khi duy trì cáp dự ứng lực phụ trong khoảng giá trị đàn hồi, vì vậy năng lượng động đất sẽ được hấp thụ. Kết cấu này loại bỏ sự phá hủy cột ở phần đế cột, đây là phần quan trọng nhất đỡ cho toàn bộ tòa nhà. Phần khớp ghép nối của phần đế cột, phần cáp dự ứng lực phụ (cáp phụ thứ hai) tiếp tục được duy trì trong khoảng giá trị đàn hồi mà hoàn toàn không làm xuất hiện biến dạng dẻo. Vì vậy, phần mở ra sẽ đóng lại nhờ lực phục hồi bê tông dự ứng lực, và phần khớp ghép nối được phục hồi về trạng thái ban đầu sau động đất, và nhờ đó tòa nhà có thể tiếp tục được sử dụng.

5. Có thể có được tòa nhà có hiệu quả cách ly động đất, kiểm soát rung và giảm chi phí xây dựng.

Kết cấu cách ly động đất kiểu bê tông dự ứng lực, đây là kết cấu bê tông dự ứng lực nhờ kết hợp phương pháp thiết kế của sáng chế và phương pháp cách ly động đất, được thiết kế nhờ kết cấu đàn hồi, và có một siêu kết cấu sở hữu lực phục hồi bê tông dự ứng lực bên trong khu vực đàn hồi phi tuyến. Kết cấu này tạo ra hiệu quả chống động đất, cách ly động đất và kiểm soát rung. Ứng suất được tạo ra trong kết cấu này sẽ trở thành lực phục hồi, mà nó có thể phục hồi tòa nhà về trạng thái ban đầu sau khi xuất hiện biến dạng gây ra bởi động đất, và tạo ra hiệu quả kiểm soát rung.

So sánh với kết cấu bê tông cốt thép, mặt cắt ngang của cột và dầm của siêu kết cấu này có thể giảm bớt được 20% hoặc tương đương. Kết cấu này giúp giảm chi phí bằng cách

thu nhỏ kích thước.

Ngoài ra, trong trường hợp kết cấu cách ly động đất, cần tăng áp suất bề mặt so với bố trí của vật cách ly, theo đó khẩu độ đỡ cần tăng lên. Trong trường hợp mà siêu kết cấu này là kết cấu khung cứng theo sáng chế, thì khẩu độ đỡ có thể tăng lên, và không xuất hiện nguy cơ rạn nứt nào do tải dài hạn.

Lực phục hồi của ứng suất được đưa vào có thể giảm đáng kể mức độ rung tại thời điểm động đất. Tòa nhà sẽ được phục hồi về trạng thái ban đầu sau động đất. Vì vậy, sự rung lặp đi lặp lại và biến dạng gây ra bởi động đất bị cản trở, và điều này giúp thu được hiệu quả kiểm soát rung vượt trội. Tóm lại, sẽ có được hiệu quả cách ly động đất và hiệu quả kiểm soát rung nhờ ứng suất.

6. Đạt được hiệu quả ngăn ngừa rạn nứt theo mảng.

Trong kết cấu bê tông cốt thép và dạng tương tự trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan, hiện tượng rung và lắc gây ra bởi tải gió và tải động đất nhỏ và vừa, mà chúng xuất hiện thường xuyên, thường tạo ra rạn nứt bê tông theo mảng và còn gây biến dạng uốn khúc quá mức. Điều này gây trở ngại chính về tính khả dụng và độ bền của tòa nhà.

Trái lại, lực phục hồi bê tông dự ứng lực của kết cấu bê tông dự ứng lực theo phương pháp của sáng chế có thể cải thiện đáng kể độ cứng vững. Điều này giúp giảm bớt hiện tượng rung và lắc, mà chúng xuất hiện thường xuyên, đến một mức độ rất nhỏ, vì vậy ngăn ngừa rạn nứt theo mảng.

Việc đi dây cáp dự ứng lực chính (cáp chính) và cáp dự ứng lực phụ (cáp phụ) đồng tâm trong cấu kiện dầm đúc sẵn trên mặt cắt ngang giữa của khẩu độ có thể khiến dầm vòng lên phía trên. Kết cấu này giúp loại bỏ sự biến dạng uốn khúc do tải trong quá trình sử dụng, vì vậy loại bỏ sự biến dạng mà nó có thể là rào cản trong quá trình sử dụng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình chiếu cạnh của tòa nhà bê tông dự ứng lực thể hiện việc áp dụng phương pháp thiết kế chống động đất của tòa nhà bê tông dự ứng lực dựa trên phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực theo sáng chế, minh họa một phần hình dạng đi dây trên mặt cắt ngang.

Fig.2A và 2B là các hình vẽ minh họa các nguyên tắc cơ bản của phương pháp thiết kế của sáng chế. Fig.2A là hình vẽ minh họa thuyết cân cầu, và Fig.2B là hình vẽ minh họa

thuyết khớp nối.

Fig.3 là hình vẽ khái niệm biểu diễn sự hấp thụ năng lượng theo sáng chế.

Fig.4 là hình vẽ minh họa trạng thái của khớp ghép nối bê tông dự ứng lực theo phương pháp thiết kế của sáng chế.

Fig.5A và 5B là các hình vẽ minh họa trạng thái bám dính của cáp dự ứng lực phụ theo phương pháp thiết kế của sáng chế, Fig.5A là hình vẽ thể hiện trạng thái mà ở đó cáp dự ứng lực phụ được bám dính và lực căng được đưa vào, Fig.5B là hình vẽ thể hiện trạng thái mà phần bám dính bị vỡ ra và lượng co giãn xuất hiện ở cáp dự ứng lực phụ.

Fig.6 là hình vẽ khái niệm minh họa tương quan giữa tải và lượng co giãn khi phần bám dính của cáp dự ứng lực phụ bị vỡ ra theo phương pháp thiết kế của sáng chế.

Fig.7A và 7C là các giản đồ minh họa tác động kiểm soát rung của các dự ứng lực (lực nội tại) được đưa vào các cấu kiện của kết cấu theo phương pháp thiết kế của sáng chế, Fig.7A là giản đồ biểu diễn phân dầm, và Fig.7B và 7C là các giản đồ biểu diễn cột.

Fig.8A đến 8C là các hình vẽ minh họa khung đan chéo được sử dụng trong thử nghiệm mẫu chống động đất với tỷ lệ bằng 1/3 kích thước thật của kết cấu theo phương pháp thiết kế của sáng chế, Fig.8A là hình chiếu cạnh của toàn bộ kết cấu, Fig.8B là hình vẽ phóng to mặt cắt ngang của cột, và Fig.8C là hình vẽ phóng to mặt cắt ngang của dầm.

Fig.9 là đồ thị minh họa kết quả thực nghiệm sử dụng mẫu thử nghiệm chống động đất và kết cấu của lĩnh vực kỹ thuật liên quan; và

Fig.10 là hình vẽ khái niệm minh họa ứng suất tác động lên các kết cấu, và độ rộng rung và lượng biến dạng dư tại thời điểm động đất, trong kết cấu bê tông dự ứng lực theo phương pháp thiết kế của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương pháp thiết kế chống động đất dựa trên phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết, dựa trên phương án được minh họa.

Như được minh họa trên Fig.1, kết cấu cơ bản của tòa nhà theo phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực là một kết cấu khung cứng bao gồm móng 1, cột 2 và dầm 3. Cột 2 và dầm 3, mà là các cấu kiện của kết cấu, là các cấu kiện bê tông dự ứng lực đúc sẵn độ bền cao. Khối đế 14, hoạt động như là đế cột, được lắp giữa móng 1 và mỗi cột 2 ở nấc thấp nhất. Khớp nối 6 (phần khớp ghép nối) được lắp dưới khối đế 14. Cáp dự ứng lực

13 (cáp dự ứng lực phụ thứ hai) được bố trí xuyên qua móng 1, khối đế 14, và cột 2. Cáp dự ứng lực 13 nối liền khối móng 1, khối đế 14, và cột 2 bởi khớp ghép nối, và nhờ đó phần đế cột 15 được tạo thành. Nghĩa là, khối đế 14 được sắp xếp, làm đế cột của cột 2, ở phần đế cột 15. Dầm 3 được đặt trên móng 4. Dầm 3 được đặt bên trên móng 4. Ứng suất được đưa vào dầm 3 thông qua cáp dự ứng lực 5 (cáp dự ứng lực chính) được bố trí làm cáp chính. Khớp nối 6 được bố trí giữa cột 2 và dầm 3. Cáp dự ứng lực 7 (cáp dự ứng lực phụ), được bố trí làm cáp phụ, nối cột 2 và dầm 3 qua khớp ghép nối. Cáp dự ứng lực 5, là cáp chính, được bố trí chống lại tải dài hạn. Lực căng của nó được thiết kế để đạt đến 80% tải oằn tiêu chuẩn của cáp dự ứng lực sau khi hoàn tất việc lắp đặt với độ căng, như theo cách thông thường. Phương pháp tạo ứng suất có thể là một trong số hệ căng trước và hệ căng sau (kiểu lắp đặt với độ căng ở các đầu dầm). Một số cáp chính 5 và cáp phụ 7, được bố trí ở dầm 3, được bố trí lệch tâm trên mặt cắt ngang giữa của khẩu độ.

Tốt hơn nếu sử dụng các khối đế để thi công các cột đúc sẵn an toàn và dễ dàng. Tuy nhiên, không nhất thiết phải tạo ra các khối đế, ngược lại so với hình vẽ minh họa.

Cáp dự ứng lực 7, là cáp phụ, được sử dụng để nối liền khối cột 2 và dầm 3 nhờ khớp ghép nối. Lực căng của nó được thiết kế thấp hơn trị số thiết kế của kết cấu bê tông dự ứng lực của lĩnh vực kỹ thuật liên quan. Lực căng ở phần khớp ghép nối được thiết lập đạt $50\% \pm 10\%$ hoặc tương tự của tải oằn tiêu chuẩn của cáp dự ứng lực 7. Các cáp dự ứng lực phụ 13 cũng được bố trí để tạo lực căng trong cột 2. Tại vùng nút khung (khớp nối cột - dầm), ứng suất được đưa vào dầm lớn, là dầm theo hướng khẩu độ, dầm cái, là dầm theo hướng dọc, và cột. Nhờ vậy vùng nút khung tiếp nhận dự ứng lực ba chiều theo tất cả các hướng X, Y và Z. Các cáp dự ứng lực 7 và 13 là loại bám dính, được bố trí xuyên qua lớp vỏ 8 được bố trí từ trước, và vừa được nhồi vào trong đó sau khi lắp đặt với độ căng. Trên bề mặt trên của dầm 3, tấm 9 được đặt ở mỗi mức. Theo đó, kết cấu khung cứng có cơ cấu khớp nối được tạo ra.

Khi có các ứng suất gây ra bởi động đất lên kết cấu khung cứng này, ứng suất lớn nhất được tạo ra ở các đầu dầm và bề mặt cột ở phần ngoại vi của vùng nút khung (khớp nối cột - dầm), và phần đế cột của tầng thấp nhất. Vì lý do này, mục đích chính của thiết kế theo phương pháp thiết kế của sáng chế là các lực căng của vùng nút khung, phần đế cột, phần khớp ghép nối 6 ở ngoại vi của chúng, và các cáp dự ứng lực phụ 7 và 13.

Phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực, mà nó dựa trên phương pháp thiết kế của sáng chế, được thiết lập dựa trên hai thuyết, đó là thuyết cần câu cá và

thuyết khớp nối được sáng tạo bởi tác giả của sáng chế. Tính vượt trội về hiệu quả chống động đất của phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực có thể được mô tả trong hai thuyết này.

Thuyết cần câu cá

Trong dụng cụ câu cá dạng cần được minh họa trên Fig.2A, trong trường hợp có cá lớn, rác, hoặc đá bị mắc vào lưỡi câu, việc cố kéo chúng có thể làm đứt gãy cần câu cá 10, hoặc dây câu 11 đứt tiền. Để tránh cần câu cá 10 và dây câu 11 không bị tổn hại, chỉ có phần phía đầu dây câu 12 có lưỡi câu ở đầu xa của dây câu được tạo kết cấu yếu. Việc đứt phần phía đầu dây câu 12 giúp cần câu cá 10 và dây câu 11 không bị tổn hại. Theo lý thuyết này, cần câu cá 10 tương ứng với cột 2 của kết cấu khung cứng, dây câu 11 tương ứng với dầm, và phần phía đầu dây câu 12 tương ứng với phần khớp ghép nối 6, mà nó là phần khớp ở phía đầu dầm 3 được đặt trên móng 4. Cụ thể là, phần khớp ghép nối 6, tương ứng với phần phía đầu dây câu dễ đứt 12, bị tổn hại trước tiên.

Thuyết khớp nối

Khớp nối của con người là phần nối xương này với xương khác, được tạo cấu hình để có thể xoay được ở phần khớp nối. Bề mặt nối bao gồm phần sụn mềm, và xương được nối với cơ khỏe có tính đàn hồi ở phần ngoại vi của nó. Với kết cấu này, khi người ta bị ngã hoặc va chạm vào vật nào đó, thì va đập có thể được giảm bớt hoặc hấp thụ. Theo thuyết này, khớp nối cột - dầm, như được minh họa trên Fig.2B, hoạt động giống với khớp của con người. Theo phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực này, phần khớp ghép nối 6, mà nó là phần nối của dầm 3 được đặt trên móng 4, tương ứng với khớp nối, và cáp dự ứng lực 7 tương ứng với cơ đàn hồi của con người, mà nó nối các xương với nhau.

Để giải quyết vấn đề có liên quan đến hiệu quả chống động đất của kết cấu được mô tả trên, phương pháp thiết kế của sáng chế dựa trên các biện pháp đối phó chống lại động đất lớn nhờ kết cấu đàn hồi của kết cấu bê tông dự ứng lực sử dụng các đặc tính của cáp dự ứng lực.

Bằng cách sử dụng hai lý thuyết này vào khớp ghép nối 6 giữa cột 2 và dầm 3, mà chúng là các cấu kiện của kết cấu, kết cấu bê tông dự ứng lực có thể có hiệu quả chống động đất hoàn toàn vượt trội và, ngoài ra, có thể tạo ra thiết kế có tính kinh tế.

Với kết cấu bê tông cốt thép, kết cấu thép và kết cấu hỗn hợp bê tông cốt thép và thép của lĩnh vực kỹ thuật liên quan, các tòa nhà sẽ bị biến dạng đáng kể (góc lệch giữa các tầng

là 1/100 xấp xỉ là 1/100) do động đất với cấp động đất nhỏ hơn 6 hoặc tương đương, và do vậy các cấu kiện này sẽ bị tổn hại hoặc phá hủy đến mức không thể phục hồi được.

Phương pháp thiết kế của sáng chế dựa trên kết cấu đàn hồi sao cho năng lượng nội tại, mà được tích lũy trong cấu kiện bê tông nhờ áp dụng ứng suất trước, được sử dụng để chống lại động đất với cấp động đất nhỏ hơn 6 hoặc tương đương. Kết cấu này sẽ bị biến dạng đàn hồi. Việc này dẫn đến việc giảm đáng kể góc lệch giữa các tầng (đạt khoảng 1/150), khi so sánh với kết cấu bê tông cốt thép. Trạng thái ứng suất toàn phần được duy trì. Tòa nhà sẽ giữ được trạng thái tốt sau thảm họa động đất.

Trái lại, trận động đất lớn hơn được mô tả trên đây được xử lý bằng chính kết cấu này cũng là kết cấu đàn hồi, nhưng phần khớp ghép nối 6 một phần tạo ra hiệu quả ứng suất một phần. Tóm lại, tòa nhà không bị tổn hại ngay cả khi có động đất lớn nhất. Đó là điều kiện thiết kế và đặc điểm quan trọng của phương pháp thiết kế của sáng chế.

Hiệu quả ứng suất một phần nghĩa là phần khớp ghép nối 6 mở ra một lần tại thời điểm động đất, và phần mở ra này sẽ đóng lại nhờ lực phục hồi bê tông dự ứng lực sau khi động đất kết thúc.

Lý do tại sao góc lệch giữa các tầng bị ngăn chặn để nhỏ hơn với các tòa nhà của lĩnh vực kỹ thuật liên quan, chẳng hạn như kết cấu bê tông cốt thép hoặc kết cấu hỗn hợp bê tông cốt thép và thép, khi có tải động đất ở cùng mức độ tác động, là biến dạng của kết cấu bê tông dự ứng lực được ngăn cản nhờ năng lượng nội tại đã tích lũy trong cấu kiện bê tông dự ứng lực, lực phục hồi bê tông dự ứng lực (hiệu quả kiểm soát rung) của cột, và hiệu quả kéo căng cột - dầm. Ví dụ, trong trường hợp động đất có cấp động đất nhỏ hơn 6 hoặc tương đương, thì biến dạng dẻo có góc lệch giữa các tầng đạt xấp xỉ lớn hơn hoặc bằng 1/100 xảy ra với kết cấu bê tông cốt thép và kết cấu hỗn hợp bê tông cốt thép và thép. Tuy nhiên, trong kết cấu bê tông dự ứng lực theo phương pháp thiết kế của sáng chế, góc lệch giữa các tầng xấp xỉ bằng 1/150, và lượng biến dạng giảm đáng kể khi so sánh với kết cấu bê tông cốt thép. Giá trị của góc lệch giữa các tầng không chỉ phụ thuộc vào dạng kết cấu, mà còn phụ thuộc vào nhiều điều kiện khác như tỉ lệ, hình dạng, chiều cao của tòa nhà và nền đất. Vì vậy, các giá trị được mô tả trên đây chỉ là các giá trị tham khảo cho thiết kế.

Do không có chuyển đổi chính xác giữa góc lệch giữa các tầng và cấp động đất, nên góc lệch giữa các tầng theo phương pháp thiết kế của sáng chế là trị số thiết kế dưới dạng tiêu chuẩn thô, và các giá trị được đưa có ý nghĩa "khoảng", "đại khái", "về căn bản", hoặc "xấp xỉ".

Phương pháp thiết kế của sáng chế dựa trên các lý thuyết được mô tả ở trên được thực hiện để đáp ứng các điều kiện sau:

- Sự phá hủy kiểu cột hỏng do lỗi xuất hiện trước không xảy ra.
- Sự phá hủy kiểu dầm lớn hỏng do lỗi xuất hiện trước không xảy ra.
- Dầm lớn không bị rơi mặc dù tòa nhà bị biến dạng đáng kể vì lực động đất.
- Dầm lớn được phép xoay trên móng cột mà không bị trượt xuống dưới.
- Lực bám dính của khớp ghép nối được thiết lập sao cho trạng thái ứng suất toàn phần được duy trì cho tới mức cấp động đất nhỏ hơn 6, hoặc góc lệch giữa các tầng đạt 1/150 hoặc tương đương; và
- Tại thời điểm động đất lớn nhất với cấp động đất lớn hơn 6, hoặc góc lệch giữa các tầng nằm trong khoảng từ 1/150 đến 1/100, phần khớp ghép nối chuyển sang trạng thái ứng suất một phần, và phần khớp nối kết cấu giữa cột và dầm trên móng mở ra (hoặc tách ra), trở nên có thể xoay được, và nhờ đó giúp hấp thụ năng lượng.

Sự phá hủy vùng nút khung (khớp cột - dầm) được điều khiển soát do cột và dầm mở ra trên móng. Nhờ vậy vùng nút khung không bị tổn hại. Việc nén theo chiều dọc trục được thực hiện theo ba chiều trên vùng nút khung, mà nhờ đó có tính chất của lực phục hồi nhờ ứng suất. Kết cấu này giúp ngăn ngừa biến dạng dư sau động đất một cách hoàn hảo. Đây là ý tưởng thiết kế hoàn toàn khác so với lĩnh vực kỹ thuật liên quan, trong đó vùng nút khung bị phá hủy trong kết cấu bê tông cốt thép còn kết cấu bê tông dự ứng lực lại hấp thụ năng lượng.

Đã được xác nhận qua nhiều thực nghiệm, khi khớp nối cột - dầm theo phương pháp thiết kế của sáng chế bị biến dạng cho đến trị số thiết kế chịu tải định trước (trong các thực nghiệm, góc lệch giữa các tầng nhà bằng 1/100) ở trạng thái ứng suất toàn phần, các rạn nứt nhỏ được hình thành trên và dưới vùng nút khung. Khi lượng biến dạng lớn hơn trị số thiết kế, phần khớp ghép nối giữa cột và dầm trên móng sẽ chuyển sang trạng thái ứng suất một phần, sẽ mở ra (hay tách ra), và có thể xoay được. Đã xác nhận là việc này khiến các rạn nứt nhỏ bên trên và dưới của vùng nút khung khép lại. Do đó, sẽ không có thêm rạn nứt xuất hiện ở vùng nút khung.

Trong kết cấu bê tông cốt thép của lĩnh vực kỹ thuật liên quan, năng lượng động đất được hấp thụ bởi biến dạng dẻo của vùng nút khung tại thời điểm xảy ra động đất lớn (cấp động đất nhỏ hơn hoặc lớn hơn 6). Kết quả là vùng nút khung sẽ bị hỏng do cắt. Việc này sẽ

làm tòa nhà bị sụp đổ, đây còn được gọi là kiểu cột hỏng do lỗi xuất hiện trước. Trái lại, trong khớp ghép nối cột - dầm của kết cấu bê tông dự ứng lực theo phương pháp thiết kế của sáng chế, khớp ghép nối này không bị tách ra cho tới trị số thiết kế chịu tải định trước. Tuy nhiên, tại thời điểm động đất lớn nhất, trong đó tải vượt quá trị số thiết kế, vùng nút khung được ngăn ngừa không bị hỏng do cắt nhờ việc tách của khớp ghép nối. Cuối cùng phần khớp ghép nối 6 có thể bị tổn hại nhẹ nhờ chuyển động xoay. Tuy nhiên, do dầm lớn 3 nằm trên móng 4 và được ghép nối bằng dây thép dự ứng lực (cáp dự ứng lực) 7, mà nó được đi dây và căng dưới dạng cáp phụ, nên dầm lớn 3 không bị rơi khỏi móng 4. Lực căng của cáp phụ xuyên qua vùng nút khung được thiết lập đạt 50% hoặc tương đương so với tải oằn tiêu chuẩn của cáp dự ứng lực 7 trong khớp ghép nối. Kết cấu này có thể tạo lượng dư (khả năng chịu lực) của đặc tính kéo căng, và nhờ đó có thể duy trì được lực phục hồi sau biến dạng. Các thực nghiệm chứng tỏ hiệu quả chống động đất vượt trội của phương pháp thiết kế của sáng chế.

Liên quan đến chuyển động xoay của khớp ghép nối theo phương pháp thiết kế của sáng chế, trạng thái khớp nối giữa dầm 3 và cột 2b được điều khiển bằng cách thiết lập phù hợp số lượng cáp dự ứng lực 7 được bố trí trên dầm lớn và xuyên qua vùng nút khung, và lực căng được áp dụng cho các cáp dự ứng lực 7. Trong khớp ghép nối này, lực căng của cáp dự ứng lực 7 đạt từ 40% đến 60%, tốt hơn nếu bằng 50% tải oằn tiêu chuẩn (Py) của cáp dự ứng lực 7.

Khi có tải thường xuyên, hoặc những trận động đất vừa và nhỏ, trạng thái nổi cứng được duy trì, trong đó chuyển động xoay không xuất hiện, và lực đàn hồi của kết cấu bê tông dự ứng lực sẽ khắc phục và kiểm soát tải này. Kết cấu này được làm để có trạng thái ứng suất toàn phần cho đến cấp động đất nhỏ hơn 6 (góc lệch giữa các tầng bằng 1/150). Chỉ khi có trận động đất lớn nhất với cường độ lớn, khớp nối giữa cột 2 và dầm 3 trở thành trạng thái khớp có ứng suất một phần, cho phép chuyển động xoay, và phần khớp ghép nối 6 bắt đầu tách ra. Ngay cả trong trạng thái này, cáp dự ứng lực 7 có đủ khả năng chịu lực, và vẫn nằm trong khoảng khoảng đàn hồi. Vì vậy, không có rạn nứt (biến dạng dẻo) xuất hiện ở cáp dự ứng lực 7. Khi động đất kết thúc, phần mở ra sẽ đóng lại nhờ lực phục hồi, và khớp ghép nối đã xoay (phần khớp ghép nối) được phục hồi trở lại trạng thái ban đầu. Khi phần khớp ghép nối 6 tách ra, cáp dự ứng lực 7 được bám dính với phần vữa trong lớp vỏ 8 sẽ hở một phần ra ngoài, và phần bám dính bị vỡ ra. Việc vỡ phần bám dính này tạo ra tác dụng giảm chấn. Cụ thể là, thép dự ứng lực hở ra, việc co giãn của thép dự ứng lực tăng lên, và

nhờ đó năng lượng được hấp thụ. Với tác dụng này, tải đầu vào tại thời điểm động đất lớn nhất được giảm bớt và kiểm chế. Nhờ vậy, năng lượng tải phá hủy cho động đất tác động vào công trình có tác dụng giảm chấn được hấp thụ, và tải đầu vào được duy trì ở giá trị thấp.

Theo phương pháp thiết kế của sáng chế, tải tương ứng với động đất có cấp động đất nhỏ hơn 6 (cho đến góc lệch giữa các tầng 1/150) được thiết lập đạt trị số thiết kế tải động đất định trước. Kết cấu này được làm dễ khiến các cấu kiện của kết cấu và phần khớp nối ở trạng thái ứng suất toàn phần tại thời điểm động đất hoặc thấp hơn. Tại thời điểm động đất lớn nhất với cường độ động đất lớn hơn 6 (góc lệch giữa các tầng nằm trong khoảng từ 1/150 đến 1/100), các cấu kiện của kết cấu vẫn ở trong trạng thái ứng suất toàn phần, và phần khớp ghép nối trở thành trạng thái ứng suất một phần.

Như được thể hiện trên Fig.3, khái niệm về hấp thụ năng lượng của phương pháp theo sáng chế có thể được mô tả chi tiết.

Đoạn OA trong hình là đường biến dạng đàn hồi của cáp dự ứng lực 7, trong khi điểm A tương ứng với giá trị giới hạn P_e của cáp dự ứng lực 7. Trong vùng này, tương quan tải - biến dạng của cấu kiện có tính chất tuyến tính. Nếu lực căng tác động lên cáp dự ứng lực 7 vượt quá giá trị giới hạn biến dạng đàn hồi P_e , thì lực căng tăng lên một chút, và cáp dự ứng lực sẽ sớm bị đứt. Vùng bề mặt của tam giác OAB biểu diễn năng lượng được hấp thụ nhờ cáp dự ứng lực 7. Kết cấu bê tông dự ứng lực của tình trạng kỹ thuật liên quan có đặc điểm tiêu thụ năng lượng đã biết như vậy. Vấn đề của nó là lượng biến dạng nhỏ cho giá trị đầu vào lớn. Nếu lực căng vượt quá giá trị biến dạng đàn hồi, thì cáp dự ứng lực 7 có nguy cơ bị đứt, vì lượng co giãn của cáp dự ứng lực 7 là nhỏ.

Phương pháp thiết kế của sáng chế dựa trên kết cấu đàn hồi để tránh cáp dự ứng lực bị biến dạng oằn. Trị số thiết kế P_1 là giá trị ngưỡng giữa vùng ứng suất toàn phần và vùng ứng suất một phần. Trị số thiết kế P_1 được thiết lập cho tải đầu vào tương ứng với động đất có cấp động đất nhỏ hơn 6 (cho đến góc lệch giữa các tầng là 1/150). Cho đến điểm này, mức thứ nhất đầu tiên được tạo kết cấu để khiến toàn bộ khung ở trạng thái ứng suất toàn phần, trong đó phần khớp ghép nối 6 không mở ra (khe hở). Vì vậy, mức thứ nhất là kết cấu đàn hồi tuyến tính được biểu diễn bằng đoạn OC.

Tiếp theo, mức thứ hai được thiết kế để khiến phần bám dính giữa cáp dự ứng lực 7 và phần vữa trong phần vỏ 8 gãy vỡ trong phạm vi độ dài cần thiết trong vùng lân cận của bề mặt phần khớp ghép nối, nhờ đó cáp dự ứng lực 7 hờ ra, trong trường hợp xuất hiện động

đất có cấp động đất lớn hơn 6, hoặc góc lệch giữa các tầng bằng 1/150 hoặc lớn hơn. Do lượng co giãn (lượng biến dạng tách của khớp nối) của cáp dự ứng lực 7 tăng lên, tải đầu vào giảm đi như được biểu diễn bởi mũi tên a, nên phần khớp ghép nối 6 mở ra, chuyển động xoay do tách xuất hiện, và trạng thái khớp nối trở thành ứng suất một phần. Vì vậy, mức thứ hai là kết cấu đàn hồi tuyến tính như được biểu diễn bởi đoạn CF.

Tiếp theo, tương quan tải - biến dạng của cấu kiện trở nên phi tuyến, được biểu diễn bởi đoạn gấp khúc OCF, mà nó biểu diễn kết cấu đàn hồi tuyến tính ở mức thứ nhất, và đoạn CF, biểu diễn kết cấu đàn hồi tuyến tính ở mức thứ hai. Qua điểm C, tương ứng với trị số thiết kế P_1 , độ dốc của đường cong biến dạng do tải hạ xuống, hoặc đường cong này dốc về phía trục ngang (hướng trục ngang). Điều này khiến tải đầu vào tại điểm F, nơi diện tích bề mặt của tam giác CAD bằng diện tích bề mặt của tứ giác BDFE, không cao hơn nhiều so với điểm C. Do vậy, cấu kiện này hoàn toàn không có nguy cơ bị đứt, ngay cả khi việc hấp thụ năng lượng giống như được biểu diễn bởi tam giác OAB. Khi động đất xảy ra trong đó tải vượt quá trị số thiết kế, thì việc vỡ của phần bám dính làm cáp dự ứng lực 7 hở ra, và nhờ đó lượng co giãn của cáp dự ứng lực tăng lên. Dầm 3 xoay trên móng 4 của cột 2, nhờ đó năng lượng động đất được hấp thụ, và tải đầu vào giảm đi. Điều này ngăn ngừa cấu kiện của kết cấu (cột 2, dầm 3, và vùng nút khung) không bị tổn hại. Cáp dự ứng lực 7 có đủ khả năng chịu lực, vì lực căng đạt 50% hoặc tương đương so với tải oằn tiêu chuẩn Py. Do vậy, cáp dự ứng lực 7 vẫn nằm trong khoảng giá trị đàn hồi, không chịu biến dạng dẻo, và hoàn toàn duy trì được lực phục hồi. Sau động đất, năng lượng dư làm phần hở đóng lại, và nhờ đó khớp đã tách được phục hồi về trạng thái ban đầu, nghĩa là, việc phục hồi điểm ban đầu được hoàn thành. Đây là một điểm thiết kế quan trọng.

Theo phương pháp thiết kế của sáng chế, khi động đất lớn nhất trong đó tải vượt quá trị số thiết kế định trước thì phần khớp ghép nối 6 mở ra hoặc bị tách ra, và cho phép xoay, nhờ vậy có được trạng thái ứng suất một phần (tại phần khớp ghép nối 6). Trị số thiết kế định trước được thiết lập, ví dụ ở giá trị tương ứng với động đất có cấp động đất nhỏ hơn 6 (góc lệch giữa các tầng 1/150). Đây có thể là giá trị tương ứng với góc lệch giữa các tầng là 1/100. Đây cũng có thể là giá trị tương ứng với góc lệch giữa các tầng là 1/150, tùy vào các điều kiện, chẳng hạn như tỉ lệ, độ cao sàn nhà, hình dạng của tòa nhà, và cách bố trí các cấu kiện của kết cấu.

Do kết cấu này tạo ra cáp dự ứng lực 7 có đủ khả năng chịu lực, nên cáp dự ứng lực 7 này hoàn toàn nằm trong khoảng đàn hồi, nhờ đó bản thân tòa nhà có hiệu quả kết cấu về

khả năng phục hồi trạng thái ban đầu nhờ lực phục hồi đàn hồi sau động đất.

Nói cách khác, cáp dự ứng lực 7 được bố trí sức căng ở trạng thái ứng suất có sẵn khả năng chịu lực. Lực căng được tích tụ trong bê tông dưới dạng năng lượng nội tại, và năng lượng động đất được hấp thụ bởi khả năng chịu lực này. Do đó, mặc dù xảy ra động đất trong đó tải vượt quá trị số thiết kế định trước, thì kết cấu của tòa nhà có thể được bảo vệ nhờ phần khớp ghép nối 6 mở ra. Mặc dù phần khớp ghép nối 6 bị tổn hại nhẹ, nhưng tổn hại như vậy có thể dễ dàng được sửa chữa. Theo đó, toàn bộ tòa nhà có thể tiếp tục được sử dụng trong điều kiện tốt sau động đất. Thậm chí mặc dù động đất xảy ra, hoặc xảy ra trận động đất lớn nhất một lần nữa, thì hiệu quả tương tự vẫn được lặp lại vì tòa nhà có tính năng chống động đất vượt trội. Vì vậy, phương pháp thiết kế của sáng chế hoàn toàn khác so với phương pháp thiết kế chống động đất mà nó cho phép các tổn hại (biến dạng dẻo) của kết cấu ở cấp động đất lớn hơn 5 hoặc tương đương của lĩnh vực kỹ thuật liên quan.

Như được thể hiện, Fig.4 là hình vẽ minh họa trạng thái của khớp ghép nối bê tông dự ứng lực, trạng thái ứng suất một phần của khớp nối sẽ được mô tả. Phía bên phải của hình vẽ thể hiện trạng thái ứng suất toàn phần của khớp nối, và phía bên trái của hình vẽ thể hiện trạng thái ứng suất một phần của khớp nối trong phần khớp ghép nối giữa cột 2 và dầm 3. Theo phương pháp thiết kế của sáng chế, cáp dự ứng lực phụ 13 được bố trí trên cột 2 và cáp dự ứng lực 7, mà nó là cáp phụ, được sắp xếp trong dầm 3 là kiểu bám dính, mà chúng được nhồi vữa trong vỏ được bố trí trong cột 2 và dầm 3. Bề mặt khớp ghép nối cột dầm vẫn ở trong trạng thái ứng suất toàn phần tại thời điểm động đất trong đó tải không vượt quá trị số thiết kế định trước (cấp động đất nhỏ hơn 6, hoặc góc lệch giữa các tầng bằng 1/150). Tại thời điểm động đất trong đó tải vượt quá trị số thiết kế định trước (ví dụ cấp động đất lớn hơn 6, hoặc góc lệch giữa các tầng nằm trong khoảng từ 1/150 đến 1/100), phần bám dính với vữa bị vỡ ra, cáp dự ứng lực 7 hở ra, lượng co giãn của nó tăng lên, và nhờ đó phần khớp ghép nối 6 mở ra. Việc này làm phần đầu dầm 3 trên móng 4 xoay, và trạng thái khớp nối trở thành ứng suất một phần.

Tiếp theo, việc vỡ phần bám dính của cáp dự ứng lực sẽ được mô tả trên Fig.5 và Fig.6.

Lực căng tác động lên cáp dự ứng lực 7, mà nó là cáp phụ, nhờ ống nối và đầu neo. Việc này khiến cho dự ứng lực được đưa vào cấu kiện bê tông. Sau khi hoàn tất việc lắp lực căng, vữa được nhồi và đóng rắn trong lớp vỏ chứa dây. Nhờ đó, cáp dự ứng lực 7 được bám dính hoàn toàn với vữa trong lớp vỏ, và truyền ứng suất vào phần bên trong các cấu

kiện bê tông. Cáp dự ứng lực 7 đã được kéo căng thêm một lượng ΔL (không được minh họa trên hình vẽ) nhờ đưa lực căng P vào. Dự ứng lực được đưa vào các cấu kiện, chẳng hạn như cột 2 và dầm 3, hoạt động như lực nén theo chiều ngược với lực căng P trên mặt cắt ngang của cấu kiện (không được minh họa trên hình vẽ). Fig.5A là hình vẽ thể hiện trạng thái của khớp nối trong đó cáp dự ứng lực được bám dính hoàn toàn vào phần vữa sau khi lắp đặt lực căng. Khi động đất lớn nhất xảy ra, khớp ghép nối 6 (khớp kết cấu) mở ra, và nhờ đó phần bám dính giữa cáp dự ứng lực 7 và phần vữa vỡ ra trong phạm vi từ khớp ghép nối 6 đến vị trí c (khoảng độ dài cần thiết), như được mô tả trên Fig.5B. Lúc này, cáp dự ứng lực 7 được kéo dãn thêm một đoạn ΔL_1 . Lực căng của cáp dự ứng lực 7 sẽ là $P + \Delta P_1$. Lượng co giãn ΔL_1 của cáp dự ứng lực 7 là tổng ($\Delta L_e + \Delta L_n$) của lượng co giãn ΔL_e , hoàn toàn gây ra bởi sự biến dạng đàn hồi của cáp dự ứng lực 7, và lượng co giãn ΔL_n , gây ra bởi sự hở ra của cáp dự ứng lực 7 do phần bám dính với vữa vỡ ra. Do đó, biến dạng của khớp ghép nối 6 tăng lên, khoảng hở mở ra rộng hơn và xuất hiện việc tách và xoay.

Như được minh họa trên Fig.6, với việc phân bám dính bị vỡ, đường cong trở đàn hồi, mà nó thể hiện tương quan tải - biến dạng, trở nên dốc theo chiều dọc trục ngang, hoặc độ dốc trở nên nhỏ hơn. Việc tăng thêm lượng co giãn của cáp dự ứng lực 7 cho phép hấp thụ năng lượng động đất và giảm tải đầu vào trận động đất. Lượng co giãn của cáp dự ứng lực 7 được loại bỏ đến khi phần bám dính bị vỡ ra, vì nó thường rất nhỏ, mặc dù nó có liên quan đến sự biến dạng của cấu kiện xi măng. Lực bám dính F tỷ lệ với độ bền bám dính σ_a và diện tích bề mặt A của cáp dự ứng lực, nghĩa là $F \propto \sigma_a \times A$.

Diện tích bề mặt A của cáp dự ứng lực tỷ lệ với chu vi của cáp dự ứng lực (cáp), mà nó liên quan đến hình dạng mặt cắt ngang và số lượng cáp, và chiều dài của phần bám dính. Do vậy, việc điều chỉnh phù hợp đối với các điều kiện, chẳng hạn như độ bền của vữa, chu vi của cáp dự ứng lực, và chiều dài của phần bám dính, cho phép kết cấu trong đó cường độ của lực bám dính tối đa được tạo ra vừa đúng với trị số thiết kế sao cho phần bám dính bị vỡ ra ở giá trị định trước.

Theo phương pháp thiết kế của sáng chế, như được minh họa trên Fig.6, phần khớp ghép nối 6 duy trì ở trạng thái ứng suất toàn phần và cáp dự ứng lực 7 và vữa bám dính hoàn toàn với nhau, với trị số thiết kế P tương ứng với mức động đất định trước (cường độ động đất nhỏ hơn 6 hoặc góc lệch giữa các tòa nhà bằng 1/150). Vượt quá giá trị thiết kế P do động đất lớn nhất gây ra, phần bám dính giữa cáp dự ứng lực 7 và vữa sẽ bị vỡ, cáp dự ứng lực 7 hở ra, lượng co giãn của cáp dự ứng lực 7 tăng lên, và nhờ đó năng lượng được hấp

thụ. Lúc này, phần khớp ghép nối 6 mở hoặc tách ra, và có thể xoay được, và trở thành trạng thái ứng suất một phần. Kết quả là độ dốc của đường cong đặc trưng trễ giữa tải và lượng biến dạng trở nên nhỏ hơn, hoặc đường cong trở nên dốc theo chiều dọc trục ngang, đi qua trị số thiết kế P . Tải đầu vào được đưa vào các cấu kiện của kết cấu không đạt đến P_e , và tăng nhẹ đến $P + \Delta P_1$. Tác dụng của việc hở ra của cáp dự ứng lực có thể giảm bớt tải đầu vào của trận động đất, như được minh họa bởi mũi tên a. Khi động đất kết thúc, cáp dự ứng lực, mà nó đã bị hở ra, sẽ được phục hồi về trạng thái ban đầu nhờ lực phục hồi đàn hồi. Đây là đặc điểm của phương pháp theo sáng chế. Theo phương pháp theo sáng chế, kết cấu đàn hồi phi tuyến, có tính đến trận động đất lớn nhất trong đó tải vượt quá trị số thiết kế, chỉ được áp dụng cho các cấu kiện của kết cấu. Kết cấu đàn hồi được áp dụng cho cáp dự ứng lực 7, mà nó là cáp phụ, sao cho nó vẫn nằm trong khoảng đàn hồi tuyến tính ở tất cả các mức.

Kết cấu bê tông dự ứng lực theo phương pháp của sáng chế không chỉ là kết cấu chống động đất, mà còn là kết cấu kiểm soát rung do động đất gây ra. Lý do sẽ được mô tả trên Fig.7

1. Bê tông dự ứng lực là bê tông có lực chống lại ngoại lực mà kết cấu sẽ bị tác động trong thời gian sau này, và lực này được đưa vào bên trong cấu kiện bê tông.
2. Bê tông dự ứng lực là bê tông có hệ thống phòng vệ chống lại ngoại lực có liên quan, và năng lượng nội tại được tích lũy trong bê tông, ngay ở giai đoạn chế tạo cấu kiện. Năng lượng nội tại này được mô tả ở đây là năng lượng được sinh ra bởi dự ứng lực được đưa trước vào cấu kiện bê tông.

Dự ứng lực là lực nội tại có trước ở phần bên trong cấu kiện, và luôn hoạt động theo chiều ngược với chiều biến dạng của cấu kiện. Vì cáp dự ứng lực được tạo kết cấu trong khoảng đàn hồi, nên dự ứng lực hoạt động giống như lò xo, và trở thành lực chống đỡ khi tòa nhà có khả năng bị biến dạng do động đất hoặc dạng tương tự, để phục hồi tòa nhà bị biến dạng như con lắc. Nó được gọi là lực phục hồi nhờ ứng suất, là lực giúp phục hồi trạng thái ban đầu tại thời điểm biến dạng. Tác dụng này được gọi là hiệu quả kiểm soát rung nhờ ứng suất. Hiệu quả kiểm soát rung chỉ có thể đạt được trong kết cấu bê tông dự ứng lực.

Liên quan đến dầm 3 được minh họa trên Fig.7A, vì lực căng được đưa vào cáp dự ứng lực 7, lực nội tại P_s chống lại ngoại lực P đã được đưa vào đó, nên nó giúp nâng dầm 3 lên để loại bỏ biến dạng uốn do ngoại lực P .

Liên quan đến cột 2 được minh họa trên Fig.7B, vì lực căng được đưa vào cáp dự

ứng lực 13, giống với dầm 3, lực nội tại Ps sinh ra mômen kháng Mps chống lại mômen gây lật Mp do ngoại lực ngang P gây ra, nhờ đó loại bỏ biến dạng xoay của cột, và duy trì được trạng thái ban đầu. Trong trường hợp lực ngang P lặp đi lặp lại do động đất tác động, lực nội tại Ps sinh ra lực phục hồi, biến dạng được ngăn chặn, và do đó cột 2 được phục hồi về trạng thái ban đầu sau động đất. Đó chính là hiệu quả kiểm soát rung.

Theo phương pháp thiết kế của sáng chế, việc tác động ứng suất trước vào cáp dự ứng lực 7 có khả năng chịu lực đảm bảo an toàn cho cấu kiện và tòa nhà, và tạo ra hiệu quả kiểm soát rung cho kết cấu bê tông dự ứng lực.

Ở phần đế cột, hiệu quả kiểm soát rung này hoạt động như sau. Khi động đất lớn nhất xảy ra trong đó tải vượt quá trị số thiết kế định trước, thì phần khớp ghép nối 6 dưới đế cột mở ra, và trở thành trạng thái ứng suất một phần. Phần khớp ghép nối mở ra trong khi cáp dự ứng lực 13 vẫn nằm trong khoảng đàn hồi. Nó giúp hấp thụ năng lượng động đất, và ngăn ngừa tổn hại và phá hủy cột ở phần đế cột, là phần quan trọng nhất đỡ toàn bộ tòa nhà. Việc điều chỉnh vừa đủ số lượng cáp dự ứng lực 13 và lực căng tải vào cáp dự ứng lực 13 cho phép duy trì cáp dự ứng lực 13 trong khoảng đàn hồi mọi lúc. Do đó, sau động đất, lực phục hồi bê tông dự ứng lực khiến phần mở ra khép lại, và nhờ đó, khớp nối được phục hồi về trạng thái ban đầu. Kết cấu này khiến cho tòa nhà tiếp tục được sử dụng. Để tạo ra cáp dự ứng lực 13 có đủ khả năng chịu lực, lực căng của cáp dự ứng lực được thiết lập đạt từ 40% đến 60% và tốt hơn nếu bằng 50% hoặc tương đương, so với tải oằn tiêu chuẩn của cáp dự ứng lực 13. Phần bám dính giữa cáp dự ứng lực và vữa bị vỡ trong vùng lân cận của phần khớp ghép nối, nhờ đó cáp dự ứng lực hở ra, và lượng co giãn của nó tăng lên. Việc này giúp hấp thụ năng lượng động đất, kiểm chế lực căng do cáp dự ứng lực gây ra, duy trì cáp dự ứng lực trong khoảng đàn hồi của cáp dự ứng lực, và giảm tải đầu vào của trận động đất lớn nhất.

Ngoài ra, mặc dù không được minh họa, việc tạo hình bề mặt khớp nối của phần khớp ghép nối thành bề mặt cong có tính hiệu quả để ngăn ngừa tổn hại cho đế cột. Tại thời điểm xảy ra động đất lớn nhất trong đó tải vượt quá tải thiết kế, thì phần khớp nối mở ra, và phần thân cột sẽ xoay. Điều này giúp ngăn ngừa xuất hiện rạn nứt hoặc tổn hại cho thân cột.

Để thể hiện tính năng chống động đất được tạo ra nhờ phương pháp của sáng chế, bảng sau đây minh họa tương quan giữa cường độ của trận động đất và trạng thái của các cấu kiện, mà chúng là mục tiêu thiết kế của cấp độ chống động đất, và biến dạng của các cấu kiện trong kết cấu bê tông cốt thép hoặc hỗn hợp bê tông cốt thép và thép của lĩnh vực

kỹ thuật liên quan, làm ví dụ so sánh.

Quy mô động đất	Biến dạng của các cấu kiện bê tông dự ứng lực (góc lệch giữa các tầng)	Trạng thái của các cấu kiện theo phương pháp thiết kế của sáng chế	Trường hợp kết cấu bê tông cốt thép và hỗn hợp bê tông cốt thép và thép của lĩnh vực kỹ thuật liên quan (Góc lệch giữa các tầng)
Động đất trung bình	1/150 (tương ứng với cấp động đất nhỏ hơn 6)	Cấu kiện : ứng suất toàn phần. Phần khớp nối: ứng suất toàn phần	1/100 (Tồn hại cấu kiện hoặc phá hủy khung thân xuất hiện)
Động đất mạnh	1/100 (tương ứng với cấp động đất lớn hơn 6)	Cấu kiện : ứng suất toàn phần. Phần khớp nối: ứng suất một phần	
Động đất lớn nhất	1/150 (tương ứng với cấp động đất 7)	Phần khớp nối: bị phá hủy một phần Cáp dự ứng lực (cáp phụ) của dầm : nằm trong khoảng đàn hồi. Dầm và cột: trong tình trạng tốt. Dầm lớn: vẫn nằm trên móng như dầm đơn.	
Động đất lớn hơn các loại trên	1/25	Phần khớp nối ở đầu dầm : bị phá hủy Cột: trong tình trạng tốt. Dầm lớn: vẫn nằm trên móng như là dầm đơn cùng với cáp dự ứng lực (cáp phụ). Do dầm lớn không bị rơi, nên tính mạng con người không bị ảnh hưởng. Tòa nhà: trong tình trạng tốt.	

Có rất ít tòa nhà có thể chống lại động đất với cấp động đất lớn hơn 6, đối với những tòa nhà có kết cấu bê tông cốt thép hoặc dạng tương tự được thi công theo các phương pháp thiết kế thông thường.

Nói cách khác, kết cấu bê tông cốt thép, và kết cấu hỗn hợp bê tông cốt thép và thép, và dạng tương tự được tạo kết cấu để hấp thụ năng lượng tại thời điểm động đất có cấp động đất nhỏ hơn 6 hoặc tương đương, nhờ biến dạng oằn của các thanh cốt thép trong phần dầm lớn, và làm vỡ bê tông. Vì vậy, tòa nhà bị sụp đổ một phần hoặc hoàn toàn.

Trái lại, kết cấu chống động đất được tạo ra bằng phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực dựa trên phương pháp thiết kế của sáng chế được thiết kế để hấp thụ năng lượng động đất dựa trên thuyết cần câu và thuyết khớp nối. Móng được tạo thành trên cột, và ứng suất được đưa vào các cấu kiện của kết cấu được điều chỉnh vừa đủ nhờ số

lượng cáp dự ứng lực xuyên qua vùng nút khung và lực căng được đưa vào cáp dự ứng lực. Nhờ đó, khi động đất lớn nhất có cấp động đất lớn hơn 6, thì vữa của khớp nối tại phần mộng sẽ tách ra ở các mép trên và dưới, dầm lớn xoay trên mộng, và nhờ đó năng lượng động đất được hấp thụ. Do đó, kết cấu chống động đất vượt trội có thể được tạo ra và lắp đặt. Do phương pháp thiết kế của sáng chế là phương pháp thiết kế để có hiệu quả chống động đất vượt trội, nên giả sử động đất có cấp động đất lớn hơn một cấp so với cấp được giả định theo phương pháp thiết kế thông thường thì vẫn cho phép tăng cường đáng kể mức độ chống động đất.

Cụ thể, trong cấu kiện bê tông dự ứng lực theo phương pháp thiết kế của sáng chế, lực căng, mà nó được đưa trước vào cấu kiện cột và dầm, hoạt động giống như năng lượng nội tại, và hiệu quả kiểm soát rung của bê tông dự ứng lực sẽ giúp ngăn ngừa biến dạng. Do đó, sự biến dạng sẽ nhỏ hơn so với biến dạng của kết cấu, chẳng hạn như kết cấu bê tông cốt thép hoặc kết cấu hỗn hợp bê tông cốt thép và thép của lĩnh vực kỹ thuật liên quan khi chống lại trận động đất có cùng cấp.

Ngoài ra, xác minh bằng thực nghiệm về hiệu quả chống động đất của khớp nối cột - dầm theo phương pháp thiết kế của sáng chế đã được thực hiện. Các hình vẽ từ Fig.8A đến Fig.8C thể hiện các hình dạng của mẫu thử và cách bố trí các thanh thép của chúng. Fig.9 là hình vẽ minh họa kết quả thử nghiệm trên và kết quả thử nghiệm của kết cấu của lĩnh vực kỹ thuật liên quan. Mẫu thử có tỉ lệ 1/3 so với kích thước thật, và là khung đan chéo được cắt ra ở giữa chiều cao sàn và khẩu độ tạo ra tòa nhà giả định. Cột và các dầm là các kết cấu đúc sẵn, và các sợi thép bê tông dự ứng lực (cáp) được đặt xuyên qua dầm, và nhờ đó cột và các dầm được nối với nhau bằng khớp ghép nối.

Trên Fig.9, trục hoành biểu diễn góc lệch giữa các tầng R, và trục tung biểu diễn lực cắt của tầng If, trong đó IS biểu diễn độ cứng vững ban đầu, RC biểu diễn kết cấu bê tông cốt thép, PC1 biểu diễn PCaPC (thanh thép) không có mộng, và PC2 biểu diễn PCaPC (sợi cáp) không có mộng.

Trong tương quan góc lệch giữa các tầng, khớp ghép nối (phần khớp nối) tách ra tại điểm mà lực căng tác động trên cùng mức dưới dạng lực lắp đặt được đưa vào sợi cáp bê tông dự ứng lực, và nhờ đó độ cứng vững giảm đi. Đi qua điểm này, độ cứng vững giảm dần và tải tăng lên. Vượt quá $R = 1/66$ rad, lực chịu tải tăng lên một chút. Cho đến khi lực này kết thúc tại điểm $R = 1/25$ rad, không còn xảy ra việc giảm đột ngột lực chịu tải. Nhờ duy trì lực lắp đặt được đưa vào sợi cáp bê tông dự ứng lực đạt 50% hoặc tương đương so với tải

oằn tiêu chuẩn, nên tính chất của lực phục hồi trở thành kiểu có dạng chữ S ngược và theo hướng ban đầu có vùng có độ dốc thứ cấp, vùng này là vùng sau khi khớp ghép nối (phần khớp nối) tách ra, dài hơn so với vùng của kết cấu bê tông dự ứng lực không có mòng. Góc lệch giữa các tầng còn lại là khá nhỏ, đạt $1/1000$ rad hoặc tương đương đến khi $R = 1/50$ rad. Đã quan sát được xu hướng có tính phục hồi cực kỳ cao.

Trái lại, kết cấu bê tông cốt thép sẽ biến dạng oằn và dẫn đến việc phá hủy chống lại các chuyển động của động đất đầu vào nhỏ hơn nhiều so với kết cấu bê tông dự ứng lực theo phương pháp thiết kế của sáng chế, như thể hiện trên đồ thị này.

Từ kết quả thực nghiệm, đã thu được các kết quả sau đây.

1. Góc biến dạng của cấu kiện càng lớn, thì phần khớp ghép nối càng hở nhiều. Tuy nhiên, ít có rạn nứt xuất hiện ở dầm, cột, và vùng nút khung.
2. Khi góc biến dạng của cấu kiện lớn, thì dầm lớn xoay trong khi đầu của nó nằm trên mòng. Tuy nhiên, dầm lớn 3 không có nguy cơ bị rơi, vì nó được nối với dầm gần kề 3 qua cột 2 nhờ cáp dự ứng lực 7, mà nó là cáp phụ.
3. Chuyển động xoay kiểu khớp nối ở đầu dầm giúp ngăn ngừa các cấu kiện (dầm lớn và cột) không bị tổn hại mặc dù góc biến dạng của cấu kiện lớn.

Dựa trên những kết quả này, kết cấu dưới đây có thể được thực hiện theo phương pháp thiết kế của sáng chế. Tải tương ứng với cấp động đất nhỏ hơn 6 (cho đến góc lệch giữa các tầng đạt $1/150$) được thiết lập làm trị số thiết kế tải động đất định trước. Khi động đất xảy ra nhỏ hơn mức này, thì cấu kiện và phần khớp ghép nối 6 giữ được ở trạng thái ứng suất toàn phần. Khi xảy ra động đất lớn nhất với cấp động đất lớn hơn 6 (góc lệch giữa các tầng từ $1/150$ đến $1/100$), thì cấu kiện này vẫn ở trạng thái ứng suất toàn phần, trong khi phần khớp ghép nối chuyển sang trạng thái ứng suất một phần. Ngoài ra, ngay cả khi động đất lớn nhất có cấp động đất 7 (góc lệch giữa các tầng nằm trong khoảng từ $1/100$ đến $1/50$), thì chỉ có phần khớp ghép nối bị tổn hại nhẹ một phần, trong khi vùng nút khung và cột 2 và dầm 3 vẫn trong tình trạng tốt.

Tóm lại, lực tăng được đưa vào cáp dự ứng lực 7, mà nó là cáp phụ, được sử dụng để nối cột 2 và dầm 3, mà chúng là các cấu kiện của kết cấu, với khớp ghép nối, được thiết lập đạt 50% hoặc tương đương so với tải oằn tiêu chuẩn. Cáp dự ứng lực cho phép duy trì cấu kiện của kết cấu (khung) ở trạng thái không bị tổn hại thậm chí tại thời điểm xảy ra động đất cực mạnh. Nghiên cứu về phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực được

tiến hành một cách có hệ thống, và đã xác nhận được rằng chỉ xuất hiện biến dạng đàn hồi dư nhỏ, và tính chất của lực phục hồi là ổn định, ngay cả khi góc lệch giữa các tầng đạt 1/50 rad hoặc tương đương.

Tiếp theo, so sánh tổn hại giữa kết cấu bê tông cốt thép và kết cấu bê tông dự ứng lực của phương pháp thiết kế của sáng chế sẽ được mô tả cùng với Fig.10.

Fig.10 là hình vẽ khái niệm minh họa ứng suất được đưa vào cả hai loại kết cấu và lượng biến dạng dư tại thời điểm động đất. Trục tung biểu diễn ứng suất, và trục hoành biểu diễn lượng biến dạng dư, trong đó RS1 biểu diễn độ rộng rung của kết cấu bê tông cốt thép, RD1 biểu diễn lượng biến dạng dư của kết cấu bê tông cốt thép, RS2 biểu diễn độ rộng rung của kết cấu bê tông dự ứng lực theo thiết kế của sáng chế, và RD2 biểu diễn lượng biến dạng dư của kết cấu bê tông dự ứng lực theo thiết kế của sáng chế.

Kết cấu bê tông cốt thép được tạo cấu hình để hấp thụ năng lượng bằng cách được cho biến dạng đàn hồi cho tới giá trị ứng suất nhất định, và bằng cách được cho biến dạng đàn hồi vượt quá giá trị ứng suất đó. Kết quả là không chỉ làm tăng biến dạng dư mà còn tăng gấp đôi tải cho kết cấu do có sự cộng hưởng làm tăng rung động tại thời điểm động đất, hiện tượng mà chúng ta đã thực sự thấy được ở tai nạn sập trụ cầu ở đường Kobe số 3 trên tuyến đường cao tốc Hanshin trong trận động đất lớn Hanshin-Awaji. Dĩ nhiên, trận động đất này thúc đẩy và làm tăng gấp đôi biến dạng dẻo, và kết quả là làm sụp đổ cầu.

Trong kết cấu bê tông dự ứng lực của phương pháp thiết kế của sáng chế, cáp dự ứng lực thể hiện hoạt động trong phạm vi biến dạng đàn hồi cho đến khi có ứng suất lớn hơn, và cố gắng phục hồi điểm ban đầu. Năng lượng tại thời điểm động đất sẽ được hấp thụ nhờ sự co giãn của cáp dự ứng lực trong phạm vi biến dạng đàn hồi nhờ chức năng bên trong hiện có, nghĩa là, năng lượng nội tại được tích lũy trong bản thân kết cấu. Hiệu quả kiểm soát rung của kết cấu bê tông dự ứng lực làm độ rộng rung nhỏ hơn đáng kể so với kết cấu bê tông cốt thép. Tại thời điểm động đất lớn nhất, trong đó tải vượt quá trị số thiết kế, hiệu quả giảm chấn được tạo ra, trong đó phần khớp ghép nối mở ra, dầm sẽ xoay trên móng, và trạng thái này trở thành ứng suất một phần, và năng lượng được hấp thụ nhờ sự co giãn của cáp dự ứng lực ở khu vực lân cận của phần khớp ghép nối, nơi là phần bám dính bị vỡ. Sau động đất, đặc tính này được thể hiện, trong đó cáp dự ứng lực được phục hồi về trạng thái ban đầu khi cấu kiện đàn hồi, và phần khớp ghép nối đóng khoảng hở lại nhờ lực phục hồi của kết cấu bê tông dự ứng lực, và kết cấu này được phục hồi về trạng thái ban đầu.

Như được mô tả ở trên, theo phương pháp thiết kế của sáng chế, số lượng cáp dự ứng

lực, là cáp phụ, được sắp xếp ở dầm lớn và xuyên qua vùng nút khung và lực căng cần đưa vào cáp dự ứng lực được điều chỉnh phù hợp, trạng thái khớp ghép nối giữa dầm và cột được điều khiển, và nhờ đó trị số tải động đất định trước được thiết lập đến tải tương ứng với động đất có cấp động đất nhỏ hơn 6 (cho đến góc lệch giữa các tầng bằng 1/150).

Năng lượng nội tại được tích lũy trong cấu kiện bê tông nhờ ứng suất được đưa vào từ trước có tác dụng như lực chống đỡ, và cấu kiện và phần khớp nối được thiết kế ở trạng thái ứng suất toàn phần. Việc này ngăn ngừa tất cả các cấu kiện kết cấu không bị tổn hại nhờ phương pháp thiết kế của sáng chế, trong khi đó tại thời điểm động đất, kết cấu bê tông cốt thép và kết cấu hỗn hợp bê tông cốt thép và thép được thi công theo phương pháp thiết kế thông thường phải chịu đáng kể biến dạng dẻo (góc lệch giữa các tầng bằng 1/100 hoặc lớn hơn), các cấu kiện bị tổn hại và phá hủy, và việc phục hồi sau động đất gần như là không thể.

Kết cấu này được làm sao cho cấu kiện duy trì được trạng thái ứng suất toàn phần, và phần khớp nối trở thành trạng thái ứng suất từng phần, khi động đất lớn nhất có cấp động đất lớn hơn 6 (góc lệch giữa các tầng nằm trong khoảng từ 1/150 đến 1/100). Ngoài ra, ngay cả tại thời điểm động đất lớn nhất tương ứng với cấp động đất 7 (góc lệch giữa các tầng nằm trong khoảng từ 1/100 đến 1/50), thì kết cấu bê tông dự ứng lực theo phương pháp thiết kế của sáng chế chỉ bị tổn hại nhẹ ở phần khớp nối. Do đó, vùng nút khung, dầm, và cột có thể được duy trì ở trạng thái không bị tổn hại.

Kết cấu cách ly động đất kiểu bê tông dự ứng lực, mà nó là kết hợp của phương pháp thiết kế của sáng chế và phương pháp thi công cách ly động đất, có độ cứng vững cao hơn kết cấu mà ở đó siêu kết cấu là kết cấu thép, và có thể kiểm chế rung ở mức nhỏ hơn. Vì bản thân kết cấu bê tông dự ứng lực có tác dụng kiểm soát rung nhờ lực phục hồi, nên không cần sử dụng bộ giảm chấn kiểm soát rung cùng với thiết bị cách ly động đất. Nhờ đó, chi phí có thể giảm đáng kể khi so sánh với kết cấu mà ở đó siêu kết cấu là kết cấu bê tông cốt thép hoặc kết cấu hỗn hợp bê tông cốt thép và thép.

Nguyên lý và điều kiện thiết kế cơ bản của phương pháp thiết kế của sáng chế đã được mô tả. Có thể có thay đổi hợp lý phù hợp với các điều kiện thiết kế khác nhau của tòa nhà mà không nằm ngoài nguyên lý của phương pháp thiết kế của sáng chế.

Ví dụ, trị số thiết kế về góc lệch giữa các tầng là giá trị xấp xỉ cần được tham khảo dưới dạng chỉ dẫn tùy thuộc vào quy mô động đất (cấp động đất). Trong thiết kế thực tiễn, tốt hơn nếu được xác định bằng các điều chỉnh hợp lý tùy thuộc vào các điều kiện thiết kế

như kích thước, hình dạng, và chiều cao của tòa nhà, và điều kiện nền đất. Thay vì dùng góc lệch giữa các tầng làm giá trị biến dạng kết cấu, thì góc biến dạng của cấu kiện, hoặc góc xoay (góc được tạo thành giữa đầu dầm và bề mặt cột) có thể được sử dụng. Trong trường hợp này, các giá trị này có thể được thiết lập phù hợp theo nguyên lý của phương pháp thiết kế của sáng chế.

Độ bền F_c của bê tông độ bền cao được sử dụng trong phương pháp thiết kế của sáng chế không nhỏ hơn 40N/mm^2 , và tốt hơn nếu không nhỏ hơn 50N/mm^2 .

Ngoài ra, cáp dự ứng lực được sử dụng như cách sử dụng thông thường. Kết cấu chi tiết của các cấu kiện bê tông dự ứng lực tương ứng, mặc dù bỏ qua việc mô tả, có thể được thực hiện theo cách tương tự như kết cấu thông thường.

Việc minh họa về nguyên lý và hình ảnh là các mô hình thể hiện ý tưởng thiết kế và nguyên lý cơ bản, và được biểu diễn theo cách đơn giản.

Phương pháp thiết kế chống động đất dựa trên phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực theo sáng chế là phương pháp thiết kế chống động đất cho kết cấu bê tông dự ứng lực. Kết cấu bê tông dự ứng lực là tòa nhà có kết cấu khung cứng, có các tầng, và có móng, cột và dầm. Cột và dầm này là các cấu kiện bê tông dự ứng lực đúc sẵn có độ bền cao. Móng được bố trí trên cột. Dầm được đặt trên móng. Phần khớp ghép nối được bố trí giữa chúng. Cáp phụ được bố trí trên dầm, và xuyên qua vùng nút khung (khớp nối cột - dầm). Cáp phụ nối liền khối cột và dầm nhờ khớp nối. Phương pháp thiết kế chống động đất bao gồm các bước: kiểm soát lực căng của cáp dự ứng lực dưới dạng cáp phụ trong khớp ghép nối (phần khớp ghép nối) giữa cột và dầm; nhờ đó tạo ra kết cấu đàn hồi tuyến tính mức thứ nhất trong đó trạng thái của khớp nối vẫn là ứng suất toàn phần, và bất kỳ kết cấu nào cũng sẽ không bị tổn hại, cho đến trị số thiết kế tải động đất định trước; và tạo ra kết cấu đàn hồi tuyến tính mức thứ hai, trong đó khớp ghép nối giữa cột và dầm sẽ ở trong trạng thái khớp nối có ứng suất một phần, khớp ghép nối này mở ra hoặc tách ra và cho phép xoay, phần bám dính giữa cáp dự ứng lực và vữa bị vỡ trong phạm vi độ dài cần thiết ở vùng lân cận của phần khớp ghép nối, cáp dự ứng lực hờ ra, lượng co giãn của cáp dự ứng lực tăng lên, và nhờ đó cáp dự ứng lực hấp thụ năng lượng động đất, trong khi lực căng tác động lên cáp dự ứng lực hầu như không tăng, cáp dự ứng lực vẫn nằm trong khu vực đàn hồi tuyến tính, và các cấu kiện chính của kết cấu (cột, dầm, và vùng nút khung) không bị tổn hại, khi xảy ra động đất lớn nhất vượt quá trị số thiết kế tải động đất định trước, và có được kết cấu đàn hồi phi tuyến cho kết cấu bê tông dự ứng lực, trong đó kết cấu này được phân

tách thành hai mức, mức thứ nhất và mức thứ hai. Do đó, ở mức thứ nhất, bản thân kết cấu bị biến dạng đàn hồi sao cho tất cả các cấu kiện của kết cấu được ngăn ngừa không bị tổn hại, và trạng thái ứng suất toàn phần được duy trì, và nhờ đó, tòa nhà duy trì ở tình trạng tốt và có thể được sử dụng tiếp tục và không mất đi các tính năng của tòa nhà sau động đất. Còn ở mức thứ hai, thậm chí khi động đất lớn nhất vượt quá trị số thiết kế định trước, thì phần khớp nối mở ra và bị tổn hại nhẹ một phần, và nhờ đó vùng nút khung, dầm và cột có thể được bảo vệ với trạng thái không bị tổn hại. Do đó, phương pháp này có thể được áp dụng rộng rãi cho các tòa nhà có kết cấu bê tông dự ứng lực.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp thiết kế chống động đất đối với kết cấu bê tông dự ứng lực dựa trên phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực, trong đó:

kết cấu bê tông dự ứng lực là tòa nhà có kết cấu khung cứng, có nhiều tầng, và có móng, cột, và dầm,

cột và dầm này là các cấu kiện bê tông dự ứng lực đúc sẵn độ bền cao,

mộng được bố trí trên cột,

dầm được đặt trên mộng,

phần khớp ghép nối được bố trí giữa chúng,

cáp phụ được bố trí trên dầm, và xuyên qua vùng nút khung (khớp nối cột - dầm),

cáp phụ này nối liền khối cột và dầm nhờ khớp ghép nối, và

phương pháp thiết kế chống động đất này bao gồm các bước:

thiết kế cáp dự ứng lực làm cáp phụ, cáp dự ứng lực này được kéo căng và được cố định, và vừa được nhồi và bắm dính với cáp dự ứng lực;

điều khiển lực căng của cáp dự ứng lực là cáp phụ trong khớp ghép nối (phần khớp ghép nối) giữa cột và dầm;

nhờ đó tạo ra kết cấu đàn hồi tuyến tính mức thứ nhất, trong đó trạng thái của khớp nối duy trì ứng suất toàn phần, và bất kỳ kết cấu nào cũng không bị tổn hại cho đến trị số thiết kế tải động đất định trước; và

tạo ra kết cấu đàn hồi tuyến tính mức thứ hai, trong đó khớp ghép nối (phần khớp ghép nối) giữa cột và dầm trở thành trạng thái khớp nối có ứng suất một phần, khớp ghép nối này mở ra hoặc tách ra và xoay, phần bắm dính giữa cáp dự ứng lực và vừa bị vỡ ra trong phạm vi độ dài cần thiết ở vùng lân cận của khớp ghép nối, cáp dự ứng lực hở ra, lượng co giãn của cáp dự ứng lực tăng lên, và nhờ đó cáp dự ứng lực sẽ hấp thụ năng lượng động đất, trong khi lực căng tác động lên cáp dự ứng lực hầu như không tăng, cáp dự ứng lực này vẫn ở trong khu vực đàn hồi tuyến tính, và các cấu kiện chính của kết cấu (cột, dầm, và vùng nút khung) không bị tổn hại, khi chống lại trận động đất lớn nhất vượt quá trị số thiết kế tải động đất định trước, và

kết cấu đàn hồi phi tuyến cho kết cấu bê tông dự ứng lực đạt được, trong đó thiết kế này được chia thành hai mức, mức thứ nhất và mức thứ hai.

2. Phương pháp thiết kế chống động đất đối với kết cấu bê tông dự ứng lực dựa trên phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực theo điểm 1, trong đó:

trị số thiết kế tải động đất ở mức thứ nhất tương ứng với động đất đến cấp động đất nhỏ hơn 6, và

động đất lớn nhất ở mức thứ hai tương ứng với động đất có cấp động đất lớn hơn 6.

3. Phương pháp thiết kế chống động đất đối với kết cấu bê tông dự ứng lực dựa trên phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực theo điểm 1 hoặc 2, trong đó:

lực căng của cáp dự ứng lực là cáp phụ trong khớp ghép nối (phần khớp ghép nối) của cột và đảm đạt từ 40 đến 60% tải oằn tiêu chuẩn của cáp dự ứng lực.

4. Phương pháp thiết kế chống động đất đối với kết cấu bê tông dự ứng lực dựa trên phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó:

phần khớp ghép nối được bố trí giữa móng và đế cột của cột,

cáp dự ứng lực phụ được bố trí bên trên cột, và xuyên qua móng và đế cột,

cáp dự ứng lực phụ nối liền khối với móng và cột nhờ khớp ghép nối,

trong phần đế cột được tạo thành nhờ móng và cột được nối liền khối, trạng thái khớp nối vẫn duy trì ứng suất toàn phần, và tất cả các kết cấu đều không bị tổn hại, cho đến trị số thiết kế tải động đất định trước ở mức thứ nhất.

phần khớp ghép nối mở ra, tách ra, và trở thành ứng suất một phần, cáp dự ứng lực được duy trì trong khoảng đàn hồi, nhờ đó năng lượng động đất sẽ được hấp thụ, và cột không bị tổn hại, trong trường hợp mà động đất lớn nhất xảy ra vượt quá trị số thiết kế tải động đất định trước ở mức thứ hai.

5. Phương pháp thiết kế chống động đất đối với kết cấu bê tông dự ứng lực dựa trên phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực theo điểm 4, trong đó:

khối đế được lắp đặt dưới dạng đế cột giữa móng và cột.

6. Phương pháp thiết kế chống động đất đối với kết cấu bê tông dự ứng lực dựa trên phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực theo điểm 4 hoặc 5, trong đó:

lực căng của cáp dự ứng lực phụ đạt từ 40 đến 60% tải oằn tiêu chuẩn của cáp dự ứng lực trong phần khớp ghép nối của phần đế cột.

7. Phương pháp thiết kế chống động đất đối với kết cấu bê tông dự ứng lực dựa trên phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó:

kết cấu bê tông dự ứng lực bao gồm kết cấu cách ly động đất kiểu bê tông dự ứng lực được kết hợp với phương pháp thi công cách ly động đất.

8. Tòa nhà chống động đất được xây dựng bằng phương pháp thi công khớp ghép nối bê tông dự ứng lực được thực hiện dựa trên phương pháp thiết kế chống động đất theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7.

Fig. 1

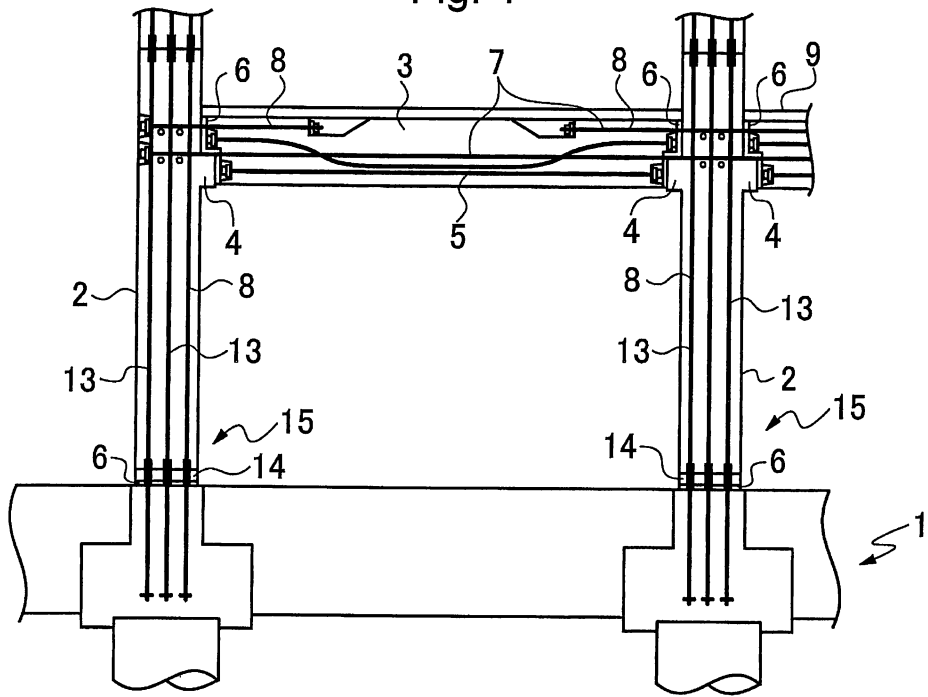


Fig. 2A

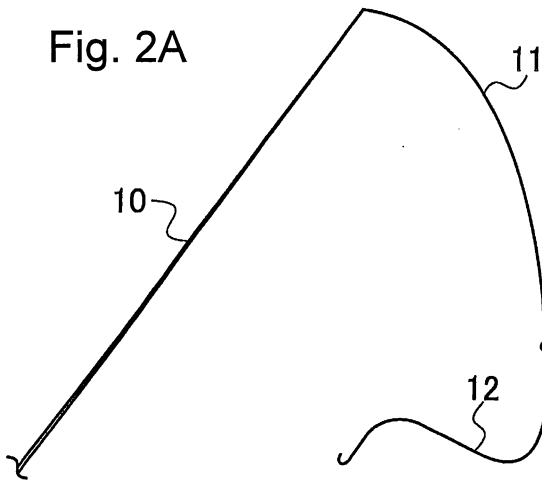


Fig. 2B

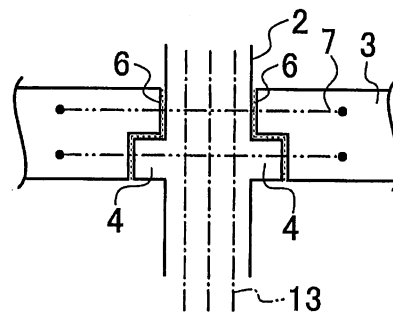


Fig. 3

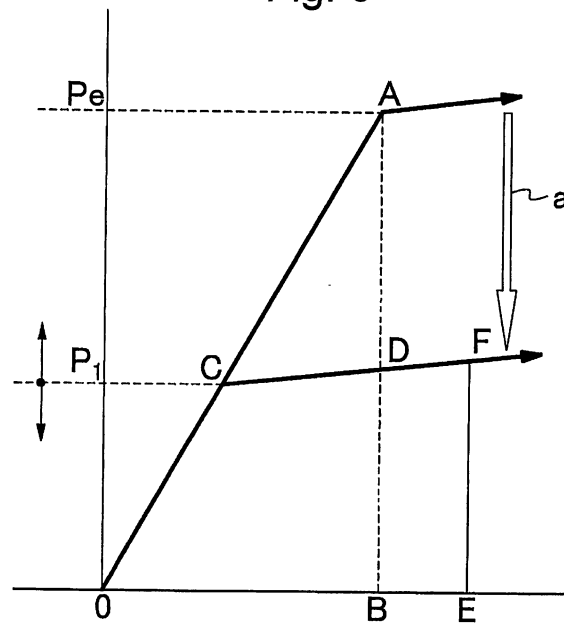


Fig. 4

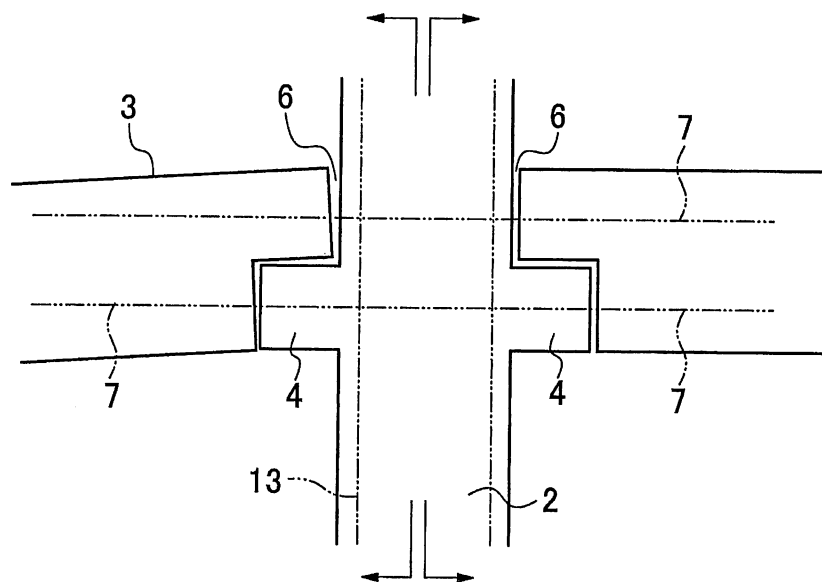


Fig. 5A

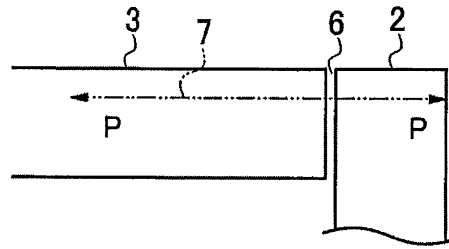


Fig. 5B

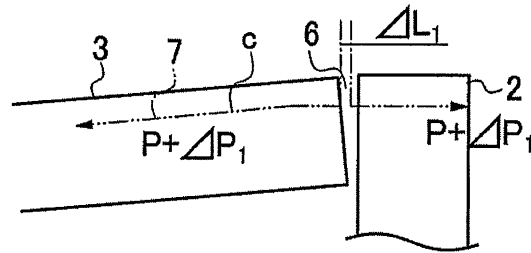


Fig. 6

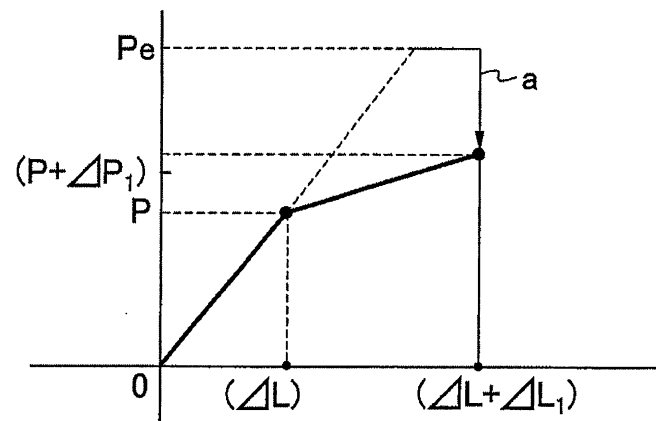


Fig. 7A

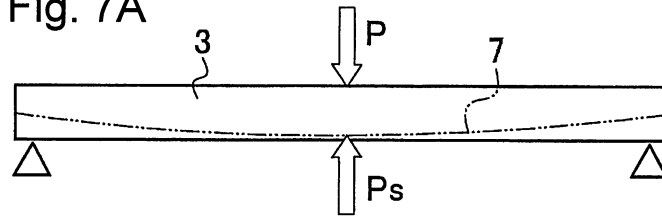


Fig. 7B

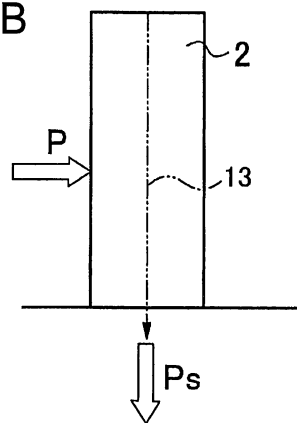


Fig. 7C

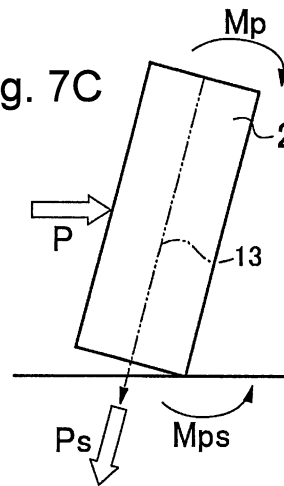


Fig. 8A

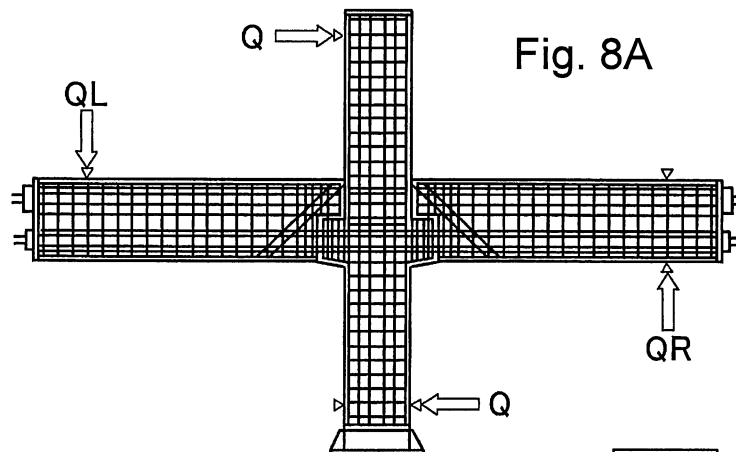


Fig. 8B

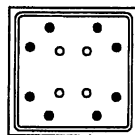


Fig. 8C

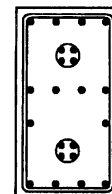


Fig. 9

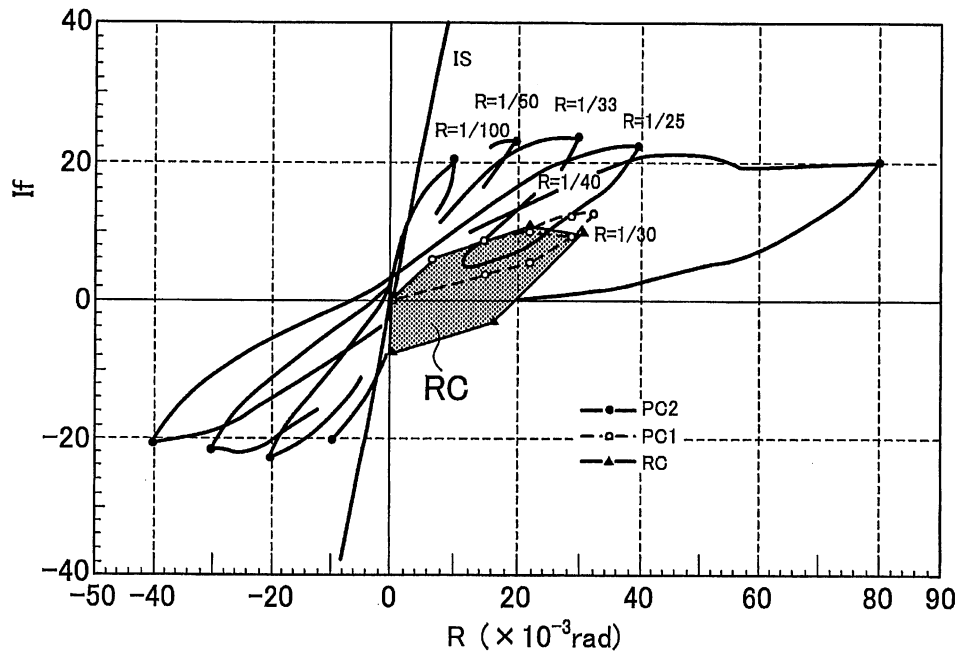


Fig. 10

