

- 2 ベースプレート降伏型ロッキング制振建築構造システムの 基礎研究

Basic Research on Response-control Building Structures with Yielding Base Plates as Rocking Structural Systems

by Midorikawa, Mitsumasa, Azuhata, Tatsuya and Wada, Akira

(研究期間 平成 14～15 年度)

研究専門役

Research Coordinator of Building Technology

国際地震工学センター

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

緑川光正

Mitsumasa Midorikawa

小豆畑達哉

Tatsuya Azuhata

It has been pointed out that the effects of rocking vibration (up-lift response) may reduce the seismic damage of buildings subjected to strong earthquake ground motions. Based on this knowledge, the rocking structural systems have been developed that can cause rocking vibration under appropriate control during earthquakes. In this study, the seismic performance of the rocking structural systems with yielding base plates is examined comparing with those of the fixed-base systems by shaking table tests that are carried out using a three-story braced steel frame of a half scale. Furthermore, the column bases including yielding base plates are tested statically under simultaneous loading of axial and shear forces from a column.

【研究目的及び経過】過去の地震被害調査等から、地震時に建築物がロッキング振動により浮き上がりを生じることによって、その地震被害が軽減される場合のあることが指摘されている^{例えは 1),2)}。この知見に基づき、地震時にロッキング振動による浮き上がりを意図的に許容する構造方法（以下「ロッキングシステム」と呼ぶ）も提案されている³⁾⁻⁷⁾。ロッキングシステムの特徴は、上部構造が塑性化する前に浮き上がりを生じさせて地震入力を頭打ちとし、また、建築物自体の自重を復元力として活用することにある。通常、建築物の構造設計では、柱の脚部を基礎に緊結するが、これらを緊結することにより、建物内で過大な応力が生じる場合がある。このような建物では、ロッキングシステムを導入し柱脚部の浮き上りを許容することで、ある特定部分の応力が過大になる前に、建築物への地震入力を頭打ちとすることができ、構造設計の合理化が図れる。こうした地震入力の頭打ち効果は、杭の引き抜き力の軽減等、応答の引張り側ばかりでなく、圧縮側においても現れ、圧縮側柱の圧壊も防ぎ易くなる。

本研究では、鉄骨架構を対象として、簡潔な機構により地震時に浮き上がりを許容するベースプレート降伏型ロッキング制振建築構造システムを提案し、その地震応答低減効果および力学特性を明らかにすることを目的とする。

【研究内容】図 1 に示すように、鉄骨架構の最下層柱脚部に上部構造の降伏に先行して浮き上がり降伏するように工夫されたベースプレートを配置する。本研究では、

ベースプレート降伏型システムを実現するために以下の事項について検討を行なう。

- (1)ベースプレート付き柱脚(浮き上がり降伏型柱脚)の復元力特性：本システムを実現するために浮き上がり降伏型ベースプレートを考案、製作し、これらベースプレートを設置した柱脚部の復元力特性を明らかにする。

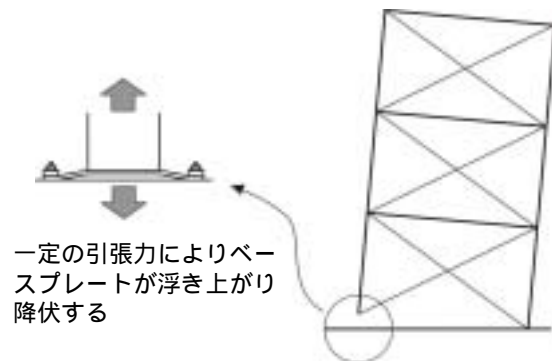


図1 ベースプレート降伏型ロッキングシステム

- (2)ベースプレート降伏型ロッキング制振建築構造システムの制振効果：図 2 に示す縮小試験体を用いた振動台実験を行い、本システムの制振効果を検証する。この際、ロッキングシステムを適用する上で問題となる頂部水平変位に対するロッキング振動の影響と、鉛直部材の圧縮応力に与える衝撃力の影響を明らかにする。また、振動台実験結果を踏まえ、簡易地震応答予測法を検討する。

- (3)実大建築物への適用性:実大規模のいくつかのケーススタディモデルを作成し、本システムの実大建築物への適用性を検討する。



図 2(a) 鉄骨造 3 層試験体 (縮尺 1/2)



図 2(b) 降伏型ベースプレート

【研究結果】本研究により以下の結果を得た。

- 1) 入力地震動があるレベルを超えると、基礎固定の場合と比較して地震応答が低減されることを実証した。すなわち、各層層せん断力が低減されること、頂部水平変位はあまり増加しないこと、上部構造は弾性範囲に維持されることを明らかにした。
- 2) 浮き上がり後、着地時に生じる衝撃力が上部構造の応答に与える影響を実験及び解析により検討し、圧縮側柱の軸方向力が引張側柱の約1.5~2倍程度になることを明らかにした。
- 3) ベースプレートが柱の引張力を受けて浮き上がり降伏した場合、柱脚部に働くせん断力が基礎部分に安全に伝達されることを実証した。
- 4) 本システムの地震応答を簡易な解析で予測する方法を提案し、実験結果と概ね良く対応することを示した。
- 5) ベースプレートが柱からの引張力とせん断力を同時に受ける静的加力実験により、その弾塑性履歴特性を明らかにした。
- 6) 本構造システムは、実大規模の鉄骨架構にも適用できることを確認した。

【参考文献】

- 1) Rutenberg, A., et al., The Response of Veterans Hospital Building 41 in the San Fernando Earthquake • Earthquake

- Eng. Struct. Dyn., Vol. 10, No. 3, pp. 359-379, 1982.
 - 2) 林 康裕：直接基礎構造物の浮上りによる地震被害低減効果，日本建築学会構造系論文集，第485号，pp.53-62，1996.7.
 - 3) Clough, R.W., Huckelbridge, A.A., Preliminary Experimental Study of Seismic Uplift of a Steel Frame • Report No. UBC/EERC-77/23, EERC, University of California Berkeley, CA, 1977.
 - 4) Huckelbridge, A.A., Earthquake Simulation Tests of a Nine Story Steel Frame with Columns Allowed to Uplift • Report No. UBC/EERC-77/23, EERC, University of California Berkeley, 1977.
 - 5) 笠井和彦，金田充弘，大熊潔：ステップカラム制振構造の実施例:解析と実大ダンパー実験，パッシブ制振構造シンポジウム2001，pp.235-249，2001.
 - 6) 岩下敬三，木村秀樹，春日康博，鈴木直幹：基礎浮き上がりを伴う鉄骨架構の振動台実験，日本建築学会構造系論文集，第561号，pp.47-54，2002.11.
 - 7) 岩下敬三，谷口元，石原大雅：杭頭で浮き上がりを許容した建物の地震応答エネルギー評価，日本建築学会構造系論文集，第564号，pp.23-30，2003.2.
 - 8) Penzien, J., Elasto-Plastic Response of Idealized Multi-Story Structures Subjected to a strong Motion Earthquake, II WCEE, Tokyo, 1960.
- 【備考】本研究の詳細は以下の論文を参照のこと。
- 1) Midorikawa, M., Azuhata, T., Ishihara, T. and Wada, A.: Shaking table tests on rocking structural systems installed yielding base plates in steel frames, Proc. of STESSA2003, pp.449-454, 2003.6.
 - 2) 緑川光正，小豆畑達哉，石原直，和田章：地震応答低減のためベースプレートを浮き上がり降伏させた鉄骨架構の動的挙動，日本建築学会構造系論文集第572号，pp.97-104，2003.10.
 - 3) 緑川光正，小豆畑達哉，石原直，和田章：ベースプレート降伏型3層筋違付鉄骨造骨組の振動台実験，鋼構造年次論文報告集第11巻，pp.45-50，2003.11.
 - 4) 石原直，緑川光正，小豆畑達哉，和田章：ベースプレート降伏型ロッキングシステムに用いる柱脚部の復元力特性，鋼構造年次論文報告集第11巻，pp.51-56，2003.11.
 - 5) 小豆畑達哉，緑川光正，石原直，和田章：ベースプレート降伏型ロッキングシステムの簡易地震応答予測，鋼構造年次論文報告集第11巻，pp.57-62，2003.11