

黒鉛潤滑を用いたすべり機構を有する構造物の耐震性能に関する研究

Research on the Seismic Performance of Structures with Graphite-Lubricated Sliding Mechanisms

洲鎌 星* 小山慶樹** 山上 聡* 安井健治*
Sei Sugama, Yoshiki Koyama, Satoshi Yamagami, Kenji Yasui

研究の目的

免震建物は地震被害の軽減に有効であるが、経済的な観点からその適用は病院や市庁舎などの重要施設に留まり、一般建物への普及は十分に進んでいない。そこで、安価で入手が容易な鋼・コンクリート・黒鉛を用いて免震建物と同等の高い耐震性を実現する「直置き型構造物」の開発を進めており、解析的な検討から、極めて希に発生する地震の2倍以上の強さの地震動に対しても応答低減効果を発揮する可能性が示されている。しかしながら、その効果に関する実験的な評価・検証は十分ではない。本研究では、直置き型構造物による振動実験を実施し、地震動に対する応答性状を確認した。

研究の概要

本研究では、鋼製の床フレームと柱脚部分を組み合わせた剛試験体、さらに柱を組み合わせた1層および3層試験体の3種類の試験体を製作し、コンクリート床板上に黒鉛を散布した図-1のすべり面上に積載して振動実験を行った。試験体の柱脚部分には、残留変位抑制のための復元ゴムを取り付けた。剛試験体を用いた実験では、すべり面の摩擦係数の面圧依存性を検証するため、柱脚部の平均面圧を変化させて正弦波加振を行った。図-2に示すように摩擦係数の面圧依存性が小さいことを確認した。1層試験体の実験では、直置き型構造物の応答低減効果および上下動がすべり挙動と上部構造応答に及ぼす影響を評価するため、国内で観測された3種類の地震波を用いてX方向の一軸加振とX・Z方向の二軸加振を行った。表-1に示すように、上下動が直置き型構造物の最大すべり変位、最大すべり速度、摩擦係数、および上部構造の最大層せん断力係数に及ぼす影響は小さいことを確認した。3層試験体の実験では、水平二軸加振と一軸加振における上部構造応答の差異を確認するため、同じ地震波を用いてX・Y方向それぞれの一軸加振とX・Y方向の二軸加振を行った。図-3に示すように、二軸加振時における上部構造の応答は、一軸加振時と比較して概ね小さくなった。さらに、表-1と表-2に示すように、1層および3層試験体の全加振ケースにおいて、残留すべり変位がそれぞれ20mm および50mm 以内となった。このことから、復元ゴムが十分な残留変位抑制効果を有することを確認した。

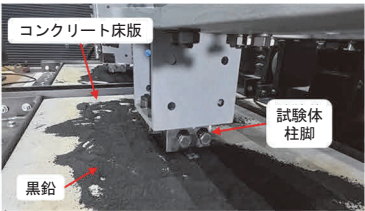


図-1 すべり面外観

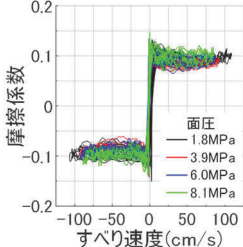


図-2 すべり速度と摩擦係数の関係

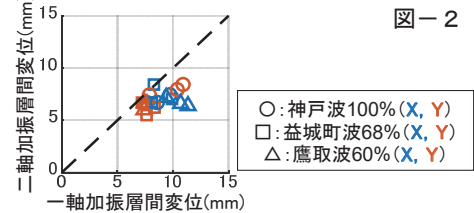


図-3 一軸・二軸加振時の最大層間変位の比較

表-1 1層試験体の実験結果

計測項目	加振方向	実験ケース		
		神戸波100%	益城町波68%	鷹取波60%
残留すべり変位 (mm)	X	6	7	12
	X・Z	10	16	16
最大すべり変位 (mm)	X	153	253	292
	X・Z	152	259	296
最大すべり速度 (cm/s)	X	91	114	89
	X・Z	88	114	89
最大静止摩擦係数	X	0.15	0.15	0.14
	X・Z	0.15	0.15	0.14
最大層せん断力係数	X	0.74	0.61	0.41
	X・Z	0.77	0.6	0.43

表-2 3層試験体の実験結果

計測項目	加振方向	実験ケース		
		神戸波100%	益城町波68%	鷹取波60%
最大層間変位 (mm)	X	9.7 (2層目)	9.9 (2層目)	12.0 (2層目)
最大ベースシア係数 C_0	X	0.30	0.32	0.37
最大すべり変位 (mm)	X	168	220	309
残留すべり変位 (mm)	X	30	5	10

研究の成果

- すべり面に接する試験体柱脚部の平均面圧が1.8~8.1MPaの範囲では、摩擦係数の面圧依存性は小さい
- 上下動の有無が、直置き型構造物の最大すべり変位、最大すべり速度、すべり面の摩擦係数および上部構造の最大層せん断力係数に及ぼす影響は小さい
- 直置き型構造物は、国内で観測された極めて希に発生するレベルの地震動に対しても十分な応答低減効果を有する
- 直置き型構造物の柱脚部分に取り付けた復元ゴムは、十分な残留変位抑制効果を有する
- 3層試験体の水平二軸加振時の応答は、一軸加振時と比べ上部構造の最大層間変位および最大層せん断力係数が最大で約4割小さく、最大すべり変位は同程度となる。また、すべり面の摩擦係数は一軸加振時より約1~2割小さくなる

*技術本部技術研究所建築研究グループ **技術本部技術戦略部