

地震時の室内被害による建物機能損失に関する実験的研究

(その1) 実験概要

正会員 ○吉澤 睦博^{*1} 長江 拓也^{*1} 福山 國夫^{*1} 井上 貴仁^{*1} 梶原 浩一^{*1}
 斉藤 大樹^{*2} 北村 春幸^{*3} 福和 伸夫^{*4} 中島 正愛^{*5}

高層建物 低層建物 振動台実験
 機能損失 長周期地震動 直下地震

1.はじめに

南関東の直下を震源とするマグニチュード 7 クラスの地震の発生は、今後 30 年で 70% 程度の高い発生確率が予測されている。2011 年東北地方太平洋沖地震を経て、この発生確率さらに高い数値も予測されており、首都直下地震に対する防災・減災対策が求められている。

文部科学省では、想定される首都直下地震の被害像を明らかにし、被害の軽減を目的とした「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」（以降では首都直下 PJ と記す）を平成 19 年度～23 年度に渡り実施してきた。首都直下 PJ のサブプロジェクト②「都市施設の耐震性評価・機能確保に関する研究」では、個別研究テーマ「長周期地震動による被害軽減対策の研究開発」の中で、以下の研究項目に取り組んできた¹⁾。

研究項目(i) 長周期地震動を受ける超高層建物の損傷過程・安全余裕度把握

研究項目(ii) 長周期地震動を受ける超高層建物の応答低減手法の開発

研究項目(iii) 超高層建物における非構造部材の機能損失・修復性評価

平成 19 年度、21 年度の実験では、高さ 80m の高層建物の揺れを再現する実験装置により、上記の研究項目に取り組んできた。平成 23 年度実験では、高さ 100～120m の高層建物揺れを再現する実験装置を製作し、超高層建物の室内空間の被害による建物機能損失に関する実験を行った。本報告では平成 23 年度実験の計画および概要について述べる。

2.実験計画

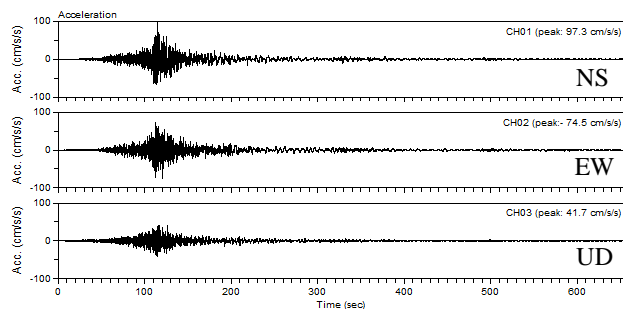
平成 23 年東北地方太平洋沖地震では、首都圏で最大震度 6 強、東京 23 区では震度 5 弱～5 強の強い揺れを観測した。首都圏の非木造建物では、構造被害は少なかったものの、非構造部材や設備機器の損傷に伴う建物機能損失が広範囲に発生した。新宿周辺の超高層ビルでも、長周期地震動による共振により、スプリングヘッドの損傷、高層階での天井板の落下、コピー機などキャスター付きの什器類の移動、室内での書籍等の落下・散乱等が発生した²⁾。これらの事例を踏まえ、想定される首都直下地震に対する建物機能維持を検討することは、首都直下

PJ の急務の課題である。そこで平成 23 年度実験では、東北地方太平洋沖地震で観測された地震動をもとに、首都圏で想定される長周期地震動特性を考慮した入力地震動を設定し、高層建物の地震時の建物機能維持（空調設備、消防設備）、地震時の人の安全確保（天井、壁、家具什器）に関する室内被害の知見を入手することを目的として、E-ディフェンスによる震動実験を行った。

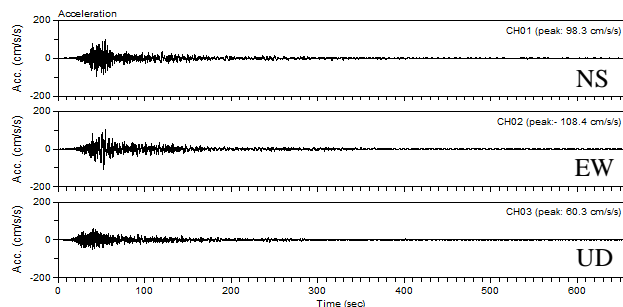
3.実験条件

(1)入力地震動

首都直下 PJ では、首都圏周辺のプレート構造の推定や地下構造モデルの構築を目的として、首都圏に 296 ヶ所の首都圏地震観測網（MeSO-net）による自然地震観測を整備した³⁾。図-1(1)に東北地方太平洋沖地震における MeSO-net 西新宿観測点での観測記録を示す。東北地方太平洋沖地震の本震は、巨大津波を発生させた地震としては長周期成分が大きく励起しなかったと言われている。そこで実験では、本震記録に加えて本震の約 30 分後に茨城県沖で発生した M7.7 の最大余震の観測記録を入力地震動として用いることとした。図-1(2)に波形を示す。



(1) 西新宿観測波 本震 100%



(2) 西新宿観測波 余震 330%

図-1 実験に用いた入力地震動の加速度波形

M7.7 の最大余震の観測記録には首都圏で想定される長周期地震動特性が含まれていると考えられるが、入力地震動の大きさとしては小さいため、余震記録をスカラー倍して、首都圏で想定される直下地震に備える検討用地震動とした。ここでは想定東京湾北部地震レベルの速度振幅を持つことを想定して、余震記録を 3.3 倍した。図-2 に用いた入力地震動の速度応答スペクトルを示す。実験では、より包括的な室内被害のデータを入手するために、短周期成分が卓越している地震動として兵庫県南部地震の JMA 神戸観測波の記録も用いた。

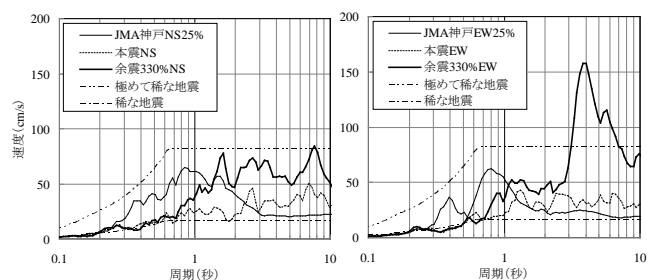


図-2 入力地震動の速度応答スペクトル ($h=0.05$)

(2)試験体

図-3 に試験体の全景を示す。試験体は平面 $20.6\text{m} \times 9.9\text{m}$ の広さである。実験室 1・2 は階高 3.8m 、天井高さ 2.4m の居室で、高さ 5cm の二重床としオフィス家具を設置した。また一部、住宅用途の居室もモデル化した。実験室 3 は屋上階で、机ゾーンと書庫ゾーン、およびサーバールームをモデル化した。詳細は続報に示す。試験体は高さ 120m レベルの 30 階建て相当の高層建物の揺れ、および低層建物の揺れも再現するように作成した。試験体の構造概要は (その 2) で述べる。

高層のオフィス建物の天井はシステム天井が用いられることが多いため、試験体はシステム天井とした。また天井内には空調設備や消防設備を組み込み、設備機器は稼働させた状態で実験を行い、地震時の設備機能損失を検討した。図-4 に実験室 1 の室内の状況を示す。建物の上層階と下層階の揺れの違いによる室内被害を再現するために、実験室 1 と 2 とは家具をほぼ同じ配置で作成した。図-5 に実験室 3 の状況を示す。

4.実験工程

表-1 に実験工程を示す。加振日の最初と最後には特性把握のためにおトノイズ加振 (50cm/s^2 目標) を実施した。

5.まとめ

本研究の背景と実験計画、実験条件について概説した。

謝辞 本実験は、サブプロジェクト②「都市施設の耐震性評価・機能確保研究運営委員会」(委員長: 和田章 東京工業大学名誉教授) において多くのご助言を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献 1) 井上貴仁・長江拓也・梶原浩一・福山國夫・中島正

愛・斉藤大樹・北村春幸・福和伸夫・日高桃子: 高層建物の耐震性評価に関する E-ディフェンス実験—その 1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.823-824, 2008 年、2) 浮かび上がる「建築の課題」, 日経アーキテクチュア, No.949, pp.16-17, 2011 年 4 月 10 日 3) 平田直: 「首都圏を襲う地震の姿に迫る」, 首都直下地震防災・減災特別プロジェクト中間成果報告会 講演予稿集, pp.2-5, 2010 年

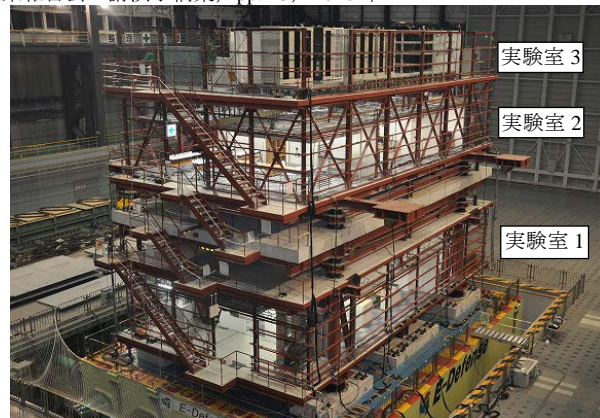


図-3 試験体の全景写真



図-4 実験室 1 のオフィス部分の状況

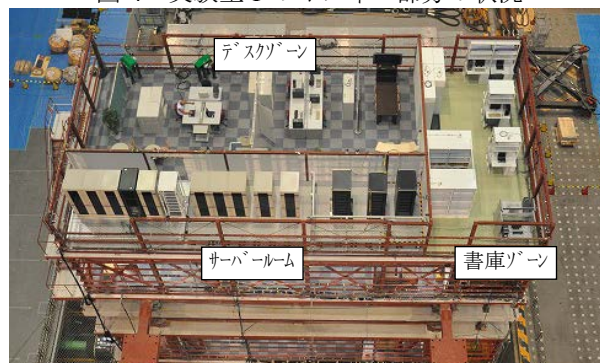


図-5 実験室 3 の状況

表-1 実験工程

モデル	加振日	地震名	最大加速度	最大速度
高層	2011年10月4日	JMA神戸25%	223	26
		西新宿本震50%	49	8
		西新宿本震100%	98	17
		西新宿余震150%	52	20
	2011年10月7日	西新宿余震75%	26	10
		西新宿余震330%	114	44
低層	2011年10月12日	西新宿余震330%	114	44
		JMA神戸25%	223	26
		JMA神戸50%	445	53
		JMA神戸75%	668	79

(cm/s^2) (cm/s)

*1 防災科学技術研究所 *2 建築研究所

*3 東京理科大学 *4 名古屋大学 *5 京都大学

*1 National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, *2 Building Research Institute, *3 Tokyo University of Science, *4 Nagoya University, *5 Kyoto University