

住宅特集

収益アップ! 集合住宅大作戦

News クローズアップ

高耐震住宅が 基礎ごとずれる

News 時事

- 建築物でも「意匠登録」が可能に
- 磯崎新氏がプリツカー賞受賞

リノベーションの法規Q&A

確認申請なしで
耐震改修どこまでできる?

Close up [クローズアップ]



【写真1】狭小間口の3階建て住宅を再現加振後の試験体。右の試験体(A棟)は、すべり支承に復元力用ゴムや減衰ダンパーを組み合わせ、振幅を抑えながら振動周期を4.5秒に延ばした。左の試験体(B棟)は一般的な耐震構造で、人工地盤の上に載っている
(写真:特記以外は池谷和浩)

高耐震住宅が基礎ごとずれる

「耐震等級3」でも地中配管が損傷、実大振動実験で確認

大地震で建物の位置が基礎ごとずれた——。熊本地震や北海道胆振東部地震など、近年発生した大地震では、そんな被害例が見つかっている。高耐震化に伴う新たな問題について、実大振動実験による検証が行われた。

振動台の上に2棟の総3階建て住宅が並ぶ。防災科学技術研究所(防災科研)・兵庫耐震工学研究センター(兵庫県三木市)の3次元振動実験施設(通称、E-ディフェンス)で2月1日に実施された公開実験の、加振直後の様子だ〔写真1〕。

実施主体は防災科研と名古屋大学。この実験は2017年度に始まった「首都圏を中心としたレジリエンス総合力向上プロジェクト」(総括:平田直・東京大学地震研究所・地震予知研究センター長)の一環だ。

2棟の試験体は立て込んだ都市部では一般的な、前面にカーポートを備えた総3階建て住宅を模している。どちらも間取りや形状は同じプランを採用しており、間口は4.5m、奥行き10m、最高高さは約10mだ。

一見して小高い左側の試験体(B棟)が、住宅を表層地盤まで再現し

たものだ。土槽内に厚さ1.5mの人工地盤を構築、その上にベタ基礎を打設して上部構造を据え付けた。人工地盤は試験用に粒度をそろえた砂質土を締め固めてつくった。ベタ基礎はこの地盤の上に載っているだけで、振動台には直接固定されていない〔図1〕。

B棟の上部構造は木造の枠組み壁工法で、耐震性は建築基準法の1.5倍とした。住宅性能表示制度における「耐震等級3」に相当する。戸建て住宅では近年、耐震等級3相当の性能を確保したものが増えており、

今回の実験はそうした高耐震住宅が実際の敷地でどう挙動するかを検証が目的の1つとなった。

なお右側の試験体(A棟)は、耐震性はほぼ同じだが、基部が異なる。上部構造に木造軸組み工法を採用。壁量などはB棟と同様に耐震等級3相当とした。基部には小規模建築物向けの免震装置を組み込んでいる。基部の違いにより地震の影響は大きく異なった。

免震よりも大きく動く

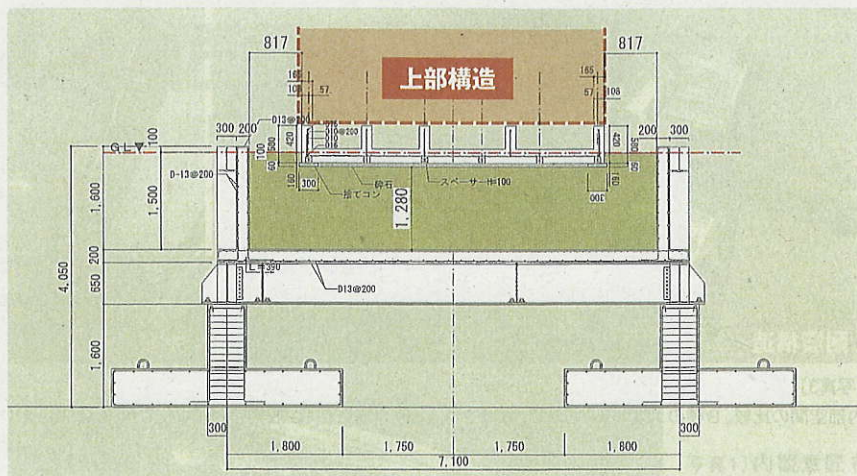
加振に使われたのは阪神大震災で神戸海洋気象台が観測した地震波(JMA神戸波、震度6強相当)だ。

加振後の速報によると、B棟の上部構造の最大層間変形角は65分の1。応答変形は大きかったが、倒壊につながるほどではなく、主要構造部の明らかな損傷や残留変形などは確認されなかった。ただ、揺れが最も大きくなった際、基礎の端部が一瞬だけ土槽から浮き上がるロッキング現象が観測された。

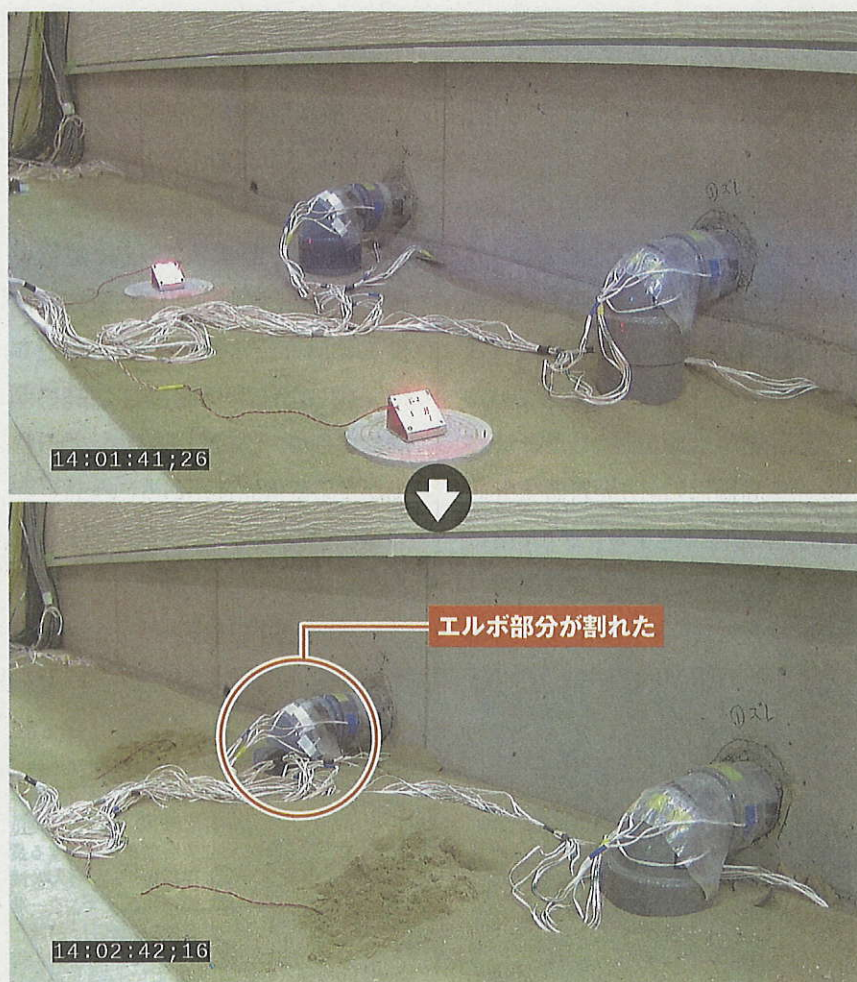
「B棟は基礎が最大で15cm浮き上がり、水平方向にも25cmずれた。A棟の免震装置の振幅は15cm程度だったので、耐震構造の方が免震建物より大きく水平に動いたことになる」と、長江拓也・名古屋大学減災連携研究センター准教授は説明する。

研究グループが振動台に設置した無人カメラは、加振に伴ってB棟の基礎が一瞬浮き、さらに揺り返して

〔図1〕人工地盤の厚みは1.5m

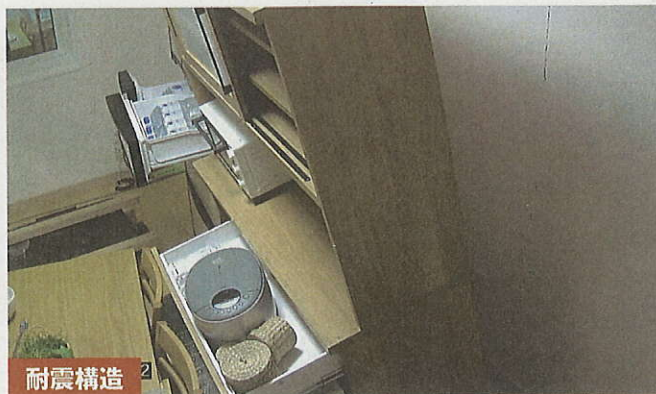


B棟に用いられた土槽を含む試験装置の概要。人工地盤は締め固めた砂質土で、厚さは1.5m。ベタ基礎の立ち上がり部分の幅は16cmだ(資料:防災科学技術研究所)



〔写真2〕基礎の動きで排水管が折れた

無人カメラが捉えた土槽内の映像。B棟の基礎が大きく動いた結果、側面の排水管が大きく曲げられ、点検口が沈み込んだうえ、エルボ部分が割れてしまった(写真:防災科学技術研究所)



[写真3] 食器棚が吹き飛んだ

内部空間の比較。B棟の1階キッチンは強い揺れで食器棚が一気に倒れ、収容物が飛び出した。A棟は引き出しが開いた程度で済んだ (写真:防災科学技術研究所)

沈み込んだ模様を捉えていた。B棟は地面に埋設する排水管も再現していたが、ポリ塩化ビニル製の排水管は大きく動いた基礎に追従できず、折れてしまった [写真2]。

「耐震性を高め、建物を固くした結果、建物全体に生じた地震力がより基礎へ伝わった。耐震性が低い構造なら上部構造が変形し、損傷することで地震力を結果的に吸収していたが、耐震化が進むとこうした影響が出る」と、高橋武宏・防災科研主幹研究員は語る。

「都市の新たな問題に」

研究グループの問題意識の背景には、熊本地震や北海道胆振東部地震で確認された新たな被害パターンがある。「主要構造部に大きな損傷がないのに、測量してみると建物位置がずれていた例が出ている」と、高橋主幹研究員は警鐘を鳴らす。近年に完成した住宅は耐震性が高い傾向にあるが、その弊害として、滑り移動が生じる可能性があるという。

今回の実験では、事前に地盤と構

造物の相互作用を考慮した構造解析を実施。その結果、ベタ基礎を採用した高耐震住宅で浮き上がりや滑り移動が起こり得ることが判明していた。今回はそれが実証された格好だ。「塔状比が大きな3階建てに限らず、2階建て住宅でも起こる可能性がある」(高橋主幹研究員)という。

強度を高めた耐震構造では、内部空間が強い揺れにさらされることも改めて分かった。計測によると、B棟の内部では最大1700galもの水平加速度が記録されたという。免震技術を使ったA棟は同300galにとどまっており、6倍近い差が出たことになる [写真3]。

「主要構造部の耐震強度を高めるだけでは、機能維持や安全性確保は難しい。巨大地震への備えとして、非構造部分を含めた広義の耐震性をより高めていく必要がある。免震技術の活用も選択肢の1つだ」と、前出の長江准教授は説く [写真4]。

(池谷和浩=ライター)



[写真4] 研究グループは高耐震化の影響を懸念

実験結果を説明する長江拓也・名古屋大学減災連携研究センター准教授(写真右)。耐震化が進んだことで基礎の滑り移動など新たな問題が生じていると語る。左は高橋武宏・防災科学技術研究所主幹研究員