

リアルタイム震度を用いたオフィス家具の転倒時間に関する研究

○久保智弘、坂本有奈利、大宮憲司、小泉秀斗、久田嘉章、山下哲郎（工学院大学）

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、首都圏でも大きな揺れを観測し、超高層建築内でも家具転倒や天井落下といった被害が見られたが、負傷者は発生しなかった¹⁾。

一方、東京消防庁の報告書²⁾によると震源近傍の仙台市内の高層建築内でも室内被害が発生したが、負傷者はあまり発生しなかった。このように室内被害による負傷者が少なかったのは、在館者が揺れを感じてから危険回避行動をとる時間があつたためと考えられている。

首都圏において観測された地震動を基に既往の研究を参考にした高層建物の室内負傷者の推定を行うと首都圏の超高層建物内などで負傷者が発生することになるが、上述のように首都圏の超高層では負傷者が発生していない¹⁾。このため、東海地震などの巨大海溝型地震が発生した場合、震源から離れている首都圏において強震動による被害が想定されるが、東日本大震災のように在館者が揺れを感じて危険回避行動をとることで、負傷者を減らせる可能性がある。

そこで本研究では、東日本大震災では在館者が地震の揺れを感じてから危険回避行動をとることができたため、負傷者が少なかったと考え、リアルタイム震度³⁾を用いて家具が転倒するまでの時間について、大変形加力装置を使った振動台による実験を行い、検討した。

2. 大変形加力装置を使った家具転倒実験について

本研究では、写真1に示す大変形加力装置⁴⁾を使って家具の転倒実験を行う。入力地震動として、過去に発生した地震動を用い、高層建物内での揺れを想定するため、高層建物の質点モデルを作成し、入力地震動により地震応答解析を行い、応答加速度波形を用いた。高層建物の質点モデルについては、市村ほか⁵⁾を基に作成し、30階建て、1次固有周期3秒、2次固有周期1秒の建物を想定した。

家具の転倒実験に使用した家具は、オフィス家具を想定することから、工学院大学でこれまで使用していた使用済みの家具を使用した。この家具は高さ210cm、幅90cm、奥行き45cm、正面に扉がついており、上下別となっているが、専用のねじにより上下一体となるように接合した(写真2)。オフィス家具内の書籍は、写真2に示すように棚に1列に並べ本の重量が約280kgとなった。

実験では、大変形加力装置が一方の入力しかできないため、得られた応答加速度の大きい成分を使い、1つの応答加速度につき、2回実験を行った。写真3に家具転倒実験の様子を示す。

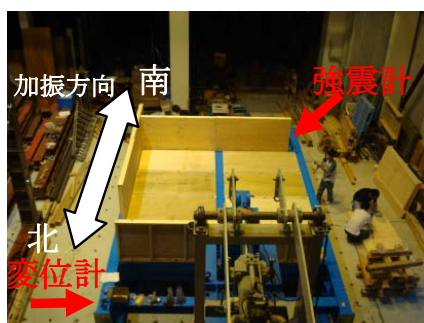


写真1 大変形加力装置



写真2 オフィス家具と本のレイアウト



写真3 家具転倒実験の様子

3. リアルタイム震度と家具の転倒時間の関係について

表1に実験に使用した地震動におけるリアルタイム震度と家具転倒までの時間について示す。ここでは、気象庁の「震度と揺れ等の状況(概要)」を基に、震度3を地震の揺れを感じる震度とし、震度5強では、動けない状態と仮定した。

表1から、直下で発生した阪神淡路大震災や中越地震では、震度3から震度5強まで2秒ほどであり、揺れを感じてからほとんど動くことができず、家具が転倒することが分かる。一方、東

日本大震災では、震度 5 強までに 10 秒以上時間の余裕があり、家具転倒までの時間は 20 秒以上かかったことが分かる。このため、この猶予時間を利用して建物の在館者は、危険回避することができたと考えられる。また、家具転倒までにかかる時間は、震度 5 強になる時間よりも時間がかかっていることが分かり、家具が転倒した時のリアルタイム震度を()で示すと、リアルタイム震度が 6.1 程度で家具が転倒したことが分かる。

表 1 リアルタイム震度と家具転倒時間の関係について

地震動	想定階数	震度3から 転倒するまで 震度5強まで (リアルタイム震度)		プログラム S-P時間	低減率	備考
阪神淡路大震災	JMA神戸	30F	2.21	---	2.83	50%
阪神淡路大震災	JMA神戸	30F	2.33	---		50%
中越地震	JMA川口	30F	1.93	6.05 (6.28)	1.65	主要動部分を45%
中越地震	JMA川口	30F	1.94	6.56 (6.27)		主要動部分を45%
東日本大震災	K-net東雲	30F	55.33	96.11 (6.18)	40.50	100%
東日本大震災	K-net東雲	30F	55.89	96.82 (6.20)		100%
東日本大震災	K-net仙台	30F	10.74	19.66 (6.20)	18.88	はじめの主要動を60%
東日本大震災	K-net仙台	30F	10.73	19.8 (6.17)		はじめの主要動を60%
東海・東南海連動	工学院大学	30F	22.63	---	46.98	100% 短周期成分なし
東海・東南海連動	工学院大学	30F	22.59	---		100% 短周期成分なし
東京湾北部	工学院大学	30F	5.27	10.92 (6.05)	4.72	70%
東京湾北部	工学院大学	30F	5.26	12.72 (6.21)		70%
2011年4月7日	JMA涌谷		10.26			参考

4. まとめ

本研究では、東日本大震災において、超高層建築内の負傷者が少なかったことに着目し、リアルタイム震度を用いて、超高層建物内の家具転倒について、大変形加力装置を用いて実験を行い、転倒時間について、検討を行った。その結果、人が地震の揺れと感じる値を震度 3 程度とした場合、震源近傍では震度 3 から家具が転倒するまでほとんど時間がないため、危険回避行動をとることが難しいが、東日本大震災では、震度 3 から家具転倒までの時間が 10 秒以上あることが分かり、このため、在館者が地震の揺れを感じて、危険を感じたことで、危険回避行動をとることができたのではと考えることができる。これにより、震度 3 から家具の転倒までに 10 秒ほどあれば、在館者は危険回避行動をとることができると考えられる。

そのため、揺れを感じてからその揺れが大きくなることを震源と対象地点との間にある地震計の情報を利用することで、対象地点の建物へ危険を知らせることで、少しでも大きな揺れが来る前の猶予時間を少しでも確保でき、危険回避へつなげることもできると考えられる。

最後に、本研究では、家具転倒までの時間の猶予について検討したが、直下で発生する地震ではほとんど猶予時間はない。また、地震がどこで起こる分からないことや本研究で行った実験のようにいずれにしても家具は転倒してしまうことから、事前対策として家具転倒防止を行うことは重要である。

謝辞

本研究は、工学院大学総合研究所・都市減災研究センターによって行われました。地震記録として、防災科学技術研究所 強震観測網と気象庁の強震観測データを使用させていただきました。本実験に使用したオフィス家具は、工学院大学施設課に提供していただきました。

参考文献

- 1) 東日本大震災における首都圏超高層建築における被害調査と震度アンケート調査、久保智弘、久田嘉章、相澤幸治、大宮憲司、小泉秀斗、日本地震工学会論文集、第12巻、第5号、pp. 1-20、2012
- 2) 平成 23 年度 長周期地震動等に対する高層階の室内安全対策専門委員会報告書、東京消防庁、平成 24 年 2 月
- 3) 震度のリアルタイム演算法、功刀卓、青井真、中村洋光、藤原広行、森川信之、地震第2輯 第60巻、pp. 243-252、2008
- 4) クランクによる振幅増幅を利用した大振幅振動台の開発、坂本有奈利、山下哲郎、久保智弘、久田嘉章、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)、pp. 1247-1248、2012
- 5) 超高層鋼構建造物の弾性設計用パラメータに関する研究(その1)各パラメータの定式化、市村将太、福島東陽、寺本隆幸、日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)、pp. 867-868、2000