

長周期地震動による超高層建物の室内安全性

国際地震工学センター 上席研究員 齊藤 大樹

I はじめに

東京・大阪・名古屋などの大都市圏は沖積層の厚い堆積平野にあるため、東海・東南海・南海地震等の海溝型の巨大地震の際には、盆地状の深い地下構造に起因する数秒から十秒に卓越周期を持つ長周期地震動が発生すると考えられている。このとき、固有周期が長い超高層建物では、設計で想定する以上の大きな揺れが発生し、揺れが長時間継続する可能性がある。とくに建物の最上階の揺れの振幅は建物高さの 1/100 以上に達することが予想される。こうした揺れが長時間続いた場合に、室内の居住性がどのような影響を受けるのかという問題は、これまで研究されたことのない新しい問題である。

建築研究所では、千葉大学、防災科学技術研究所、国土技術政策総合研究所と共同で、大振幅の揺れを再現できる新しい振動台「建研式大ストローク振動台」を開発した。この振動台は、最大振幅で 2.5m の揺れを再現することができる。本論では、振動台の基本的な特性と長周期地震動による超高層建物の揺れの再現実験の結果を報告する。

II 建研式大ストローク振動台

振動台では、加振装置である動的アクチュエータと振動台の架台が、滑車を介してワイヤで接続されている。このとき、6連の動滑車を用いることで、アクチュエータの動きを 13 倍に増幅して振動台に伝達している。Fig. 1 に振動台の写真を、Fig. 2 に増幅機構の概念図を、Fig. 3 に 6 連滑車部分の写真をそれぞれ示す。

振動台の架台の大きさは、幅 2.75(m)、長さ 4(m)である。動的アクチュエータの仕様は、荷重出力 ± 50 (ton)、ストローク ± 300 (mm)、速度 ± 30 (cm/s)であり、振動台は長さ 10(m)のレールの上を、最大振幅で約 2.5(m)、最大加速度で約 1.5G の能力で移動することができる。最大載荷重量は 500(kg)程度を想定しており、振動台の上に超高層建物の居住空間を再現し、地震時の避難行動や家具の移動・転倒などを検討することを目的としている。



Fig. 1 BRI Large Stroke Shaking Table

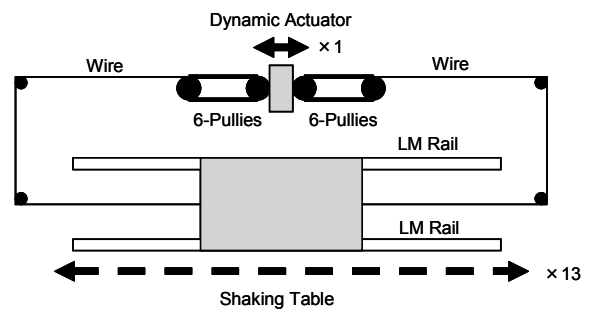


Fig. 2 Amplification Mechanism of Shaking Table



Fig. 3 Set of 6-Pulleys

III 長周期地震動に対する超高層建物の応答

長周期地震動に対する超高層建物の応答性状については、これまでも多くの検討がなされている。以下では、東海・東南海・南海地震の同時発生を想定したときの東京都心部の長周期地震動による、40階建ての鉄筋コンクリート造超高層マンションの解析結果を示す。長周期地震動波形は、古村孝志・東京大学地震研究所助教授により作成されたものを使用した。Fig. 4に、長周期地震動に対する地上および10F、20F、30F、40Fの絶対変位応答を示す。上の階ほど揺れは大きくなり、最上階では103秒後に振幅153(cm)の揺れが発生する。また、Table 1に最大応答値を示す。層間変形角は中間層で1/85に達する。部材端塑性率は最大で4程度である。つまり、揺れは大きい、構造部材（柱や梁）の損傷は設計安全限界内に収まっている。しかし、最上階の床応答加速度は300(gal)近くになり、家具は移動・転倒する危険性がある。

IV 振動台による超高層建物の揺れの再現実験

大ストローク振動台を用いて超高層建物の最上階の揺れを再現することを試みた。Fig. 5に目標波形と振動台の応答波形の比較を示す。加速度波形を見ると、振動台の応答値の方

Table 1 Maximum Response of Building

	Floor	Value
Max. Acceleration	40F	288 gal
Max. Displacement	40F	153 cm
Max. Story Drift Ratio*	17F	1/85
Max. Ductility Factor**	17F	3.9

* shear component

** beam element

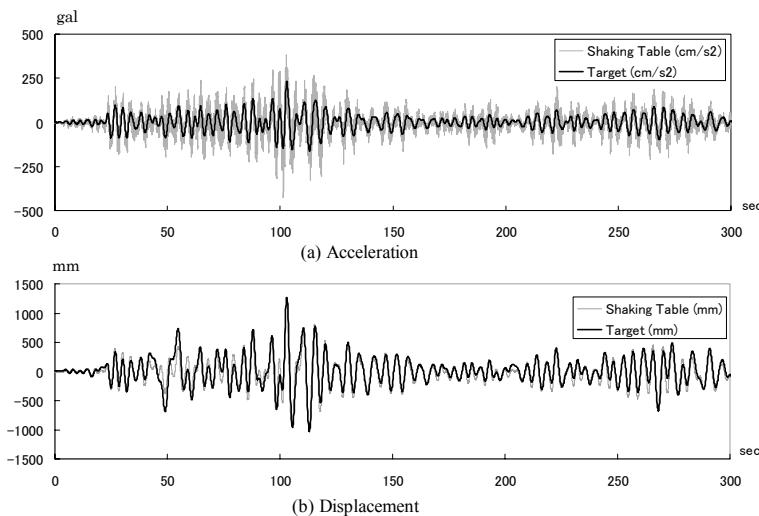


Fig. 5 Simulation of Floor Response using Large Stroke Shaking Table

が大きな値になっている。一方、変位波形は、最大値付近を含めて、比較的良好に目標の揺れを再現できている。なお、目標波形は、振動台制御のアンプ値を手動で設定しているため、Fig. 4の計算値より若干小さくなっている。

Fig. 6は、加速度波形のFourierスペクトルの比較である。振動台の応答値のスペクトルには2Hz近傍にピークがあり、これが加速度波形の誤差をもたらしている。この原因はワイヤの伸び縮みの影響と考えられる。

V まとめ

「建研式大ストローク振動台」を開発し、長周期地震動に対する超高層建物の最上階の揺れを再現する実験を行った。変位波形はほぼ目標とする揺れを再現することができた。

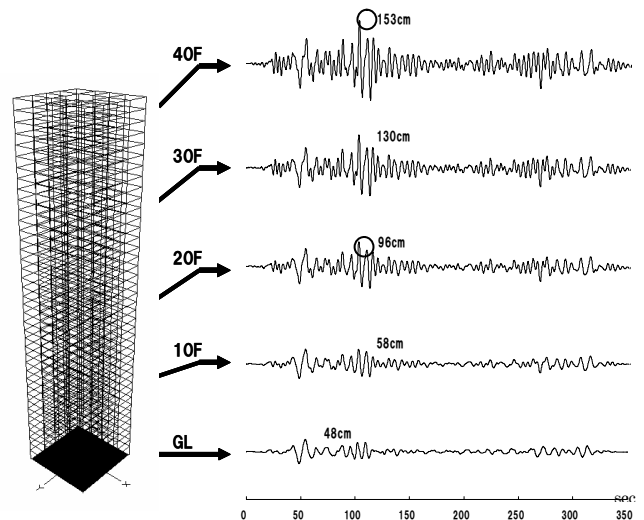


Fig. 4 Response of High-Rise Building under Long Period Ground Motion

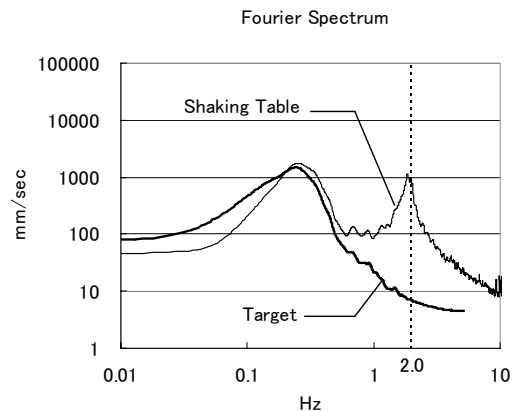


Fig. 6 Fourier spectra of acceleration data