

制震補強建物の耐震性能評価法に関する研究
その3 9階建て建物に対する耐震性能評価法の検討

Study on Seismic Capacity Evaluation Method of Buildings Retrofitted by Energy Dissipation System
Part3 A Study of Seismic Capacity Evaluation Method for a 9-story Building

○天羽 祥太¹, 市原 寿人², 北嶋 圭二³, 中西 三和³, 安達 洋³

*Shota Amo¹, Hisato Ichihara², Keiji Kitajima³, Mitsukazu Nakanishi³, Hiromi Adachi³

This paper shows 2-story building was conducted method a detailed study for the 9-storey high-rise building (base buildings, retrofitting buildings with hysteresis damper system) can be applied and to examine.

1. はじめに

本報(その3)では、前報(その1, その2)で2階建て建物を対象に詳細検討を行った手法を用いて9階建ての高層建物(基本建物, 履歴系ダンパーによる補強建物)に対する適用を検討する。

2. 9階建て建物に対する検討

2.1 建物および解析概要 検討対象建物は、実際に制震補強された SRC 造(上層階 RC 造)の高層集合住宅の建物を想定している。解析は、平面フレーム弾塑性解析プログラムを用いて行った。Table1 に建物諸元を Fig.1 に解析モデルを示す。制震補強建物は、履歴系ダンパーによる補強建物を想定し、制震ダンパーは Fig.1 に示す3階から9階の青線の箇所に配置した。制震ダンパーの履歴を Fig.2 に示す。

2.2 検討用地震動 検討用地震動は、観測波3波(ELCENTRO-NS, TAFT-EW, HACHINOHE-NS)と、位相特性が異なる告示波3波(神戸位相, 八戸位相, ランダム位相)を採用した。観測波は地動最大速度を50cm/secに規準化して用い、告示波は当該建築物の建設地盤条件を考慮して定めた地震動を用いた、入力地震波諸元を Table 2 に、入力地震動の加速度応答スペクトルを Fig.3 に示す。

2.3 静的増分解析結果 静的増分解析は、Table 1 の Ai 分布に基づく外力分布による荷重増分法で行った。静的増分解析結果(各層の層せん断力-層間変位関

係)を Fig.4 に示す。本検討では、どこかの層が層間変形角 1/150rad に達した時を安全限界時と定義し、その時の各層の層間変位を図中に緑線で示した。Fig.5 には、基本建物の静的増分解析結果を1自由度系に縮約した構造特性曲線と入力地震動の応答スペクトルをあわせて示す、縮約1自由度系での安全限界変位は9.4cmであり、安全限界周期は1.01secであること、観測地震波の応答スペクトル(安全限界周期の応答値)は、地動最大速度を50cm/secに規準化しても大きくばらついていることがわかる。

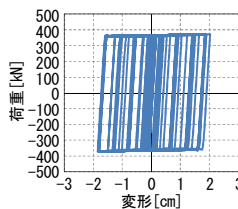


Fig.2 Hysteresis curve of seismic damper

名称	方向	継続時間 [sec]	最大加速度 [cm/sec ²]	最大速度 [cm/sec]	備考
EL CENTRO	NS	53.7	508.6	50.0	観測波
TAFT	EW	54.2	502.9	50.0	
HACHINOHE	NS	51.0	332.3	50.0	
八戸位相	-	81.9	434.0	76.3	告示波
神戸位相	-	81.9	434.2	68.7	
乱数位相	-	163.8	434.7	52.8	

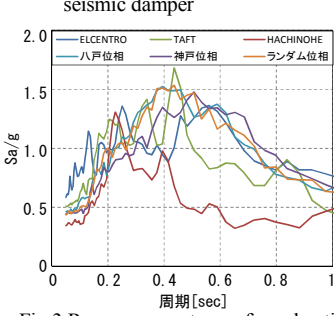


Fig.3 Response spectrum of acceleration

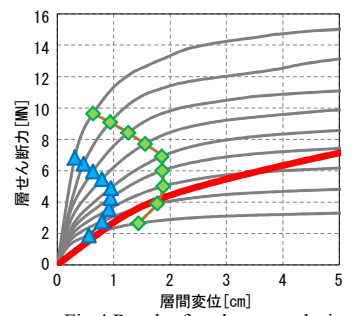


Fig.4 Result of pushover analysis

階	各階重量 mi [kN]	総重量 Σ mi [kN]	固有周期 T [sec]	Ai	層せん断力 Qi [kN]	外力 Pi [kN]
9	4980	4980	0.5605	2.08	10337	10337
8	3573	8552		1.77	15108	15108
7	3599	12151		1.59	19274	19274
6	3633	15785		1.46	22978	22978
5	3746	19531		1.35	26339	26339
4	3871	23402		1.25	29367	29367
3	3955	27357		1.17	32019	32019
2	4539	31895		1.08	34537	34537
1	4662	36557		1.00	36557	36557

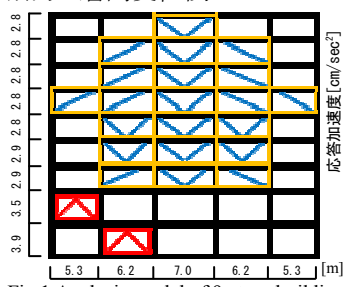


Fig.1 Analysis model of 9-story building

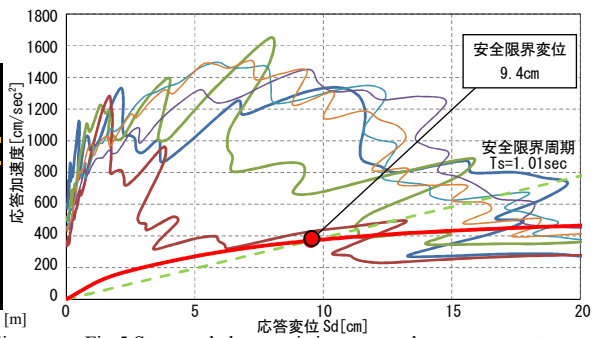


Fig.5 Structural characteristic curve and response spectrum

1 : 日大理工・院 (前)・海建 Graduate Student, Nihon Univ. 2 : 東京ソイルリサーチ Tokyo Soil Research.Co.

3 : 日大理工・教員・海建 Prof. Nihon Univ. Dr. Eng.

2.4 必要減衰性能の算定 基本建物の安全限界時の必要減衰性能を評価する。安全限界周期($T_s=1.01\text{sec}$)の1質点弾性減衰系応答解析を行い、安全限界変位(9.4cm)となるときに減衰定数(必要減衰性能)を算定した。算定結果を一覧にして Table3 に示す。Fig.5 の応答スペクトルからも明らかのように、観測波の応答は大きくばらつき、同じ応答変位となる減衰定数にも4倍ほどの差が生じているが、ここでは、観測波および告示波計6波の減衰定数の平均値(17%)を必要減衰性能値として採用することとした。

2.5 保有減衰性能の算定 基本建物および制震補強建物の保有減衰性能を評価する。Fig.6に1自由度系に縮約された定常応答解析結果を、Table4 に各々履歴面積から算定した保有減衰性能を一覧にして示す。なお、本節の定常応答解析は、前報で提案した等価剛性比例型(5%)を用いて解析を実施している。

算定の結果、基本建物の保有減衰性能は11%であり、その内訳が構造減衰5%、主体構造の損傷による履歴減衰(損傷減衰)が6%であるという結果が得られた。補強建物は、保有減衰性能が25%(内訳：構造減衰5%、主体構造の損傷減衰6%、ダンパーによる付加減衰が14%)と評価された。

以上の結果より、9階建ての高層建物であっても、平面フレーム解析モデルに対する定常応答解析を実施し、解析結果の縮約1自由度系の定常ループ面積から、無補強建物および制震補強建物の保有減衰性能が評価可能であることが確認できた。

3. 時刻歴地震応答解析による確認

2.3節に示した検討用地震波6波を用いて、9階建て平面フレームモデルの時刻歴地震応答解析を行い、各建物の応答値を確認する。その際、2層モデルと同様に地震応答解析で得られた各層の荷重変形曲線と縮約1自由度系の履歴曲線の一部(EL-NS入力時)をFig.7

Table 3 Result of required damping capacity [%]

	観測波			告示波			平均
	EL-NS	TA-EW	HA-NS	HA位相	KO位相	RA位相	
減衰定数[%]	17	12	4	25	27	15	17

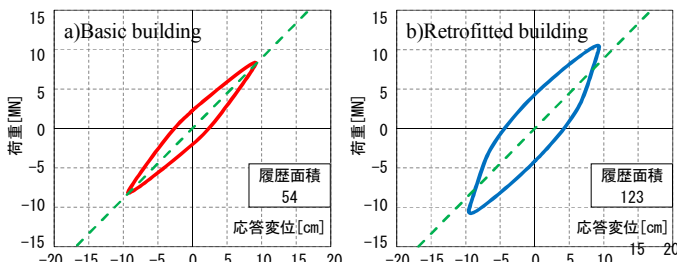


Fig.2 Result of steady-state response analysis

Table 4 Result of damping performance evaluation [%]

	保有減衰	構造減衰	損傷減衰	付加減衰
基本建物	11	5	6	
補強建物	25	5	6	14

に、各入力地震動に対する縮約1自由度系の最大応答変位の一覧をTable2に、地震応答解析で得られた応答値(最大層間変形角, 最大相対変位, 最大層せん断力, 最大応答加速度)をFig.8に示す。必要減衰17%に対し保有減衰11%の基本建物では、多くの層で安全限界の層間変形角1/150radより大きな応答が生じているのに対し、保有減衰25%の制震補強建物では各層とも安全限界変位を下回る応答変位になっていることが確認できる。

以上の結果より、提案手法による必要減衰および保有減衰の性能評価方法は有効であり、評価結果は概ね妥当であることが確認できた。

4. まとめ

以上、本報(その3)では、本研究で提案した耐震性能評価法が高層建物である9階建て建物に対しても適用可能であり、本手法の有効性が確認された。

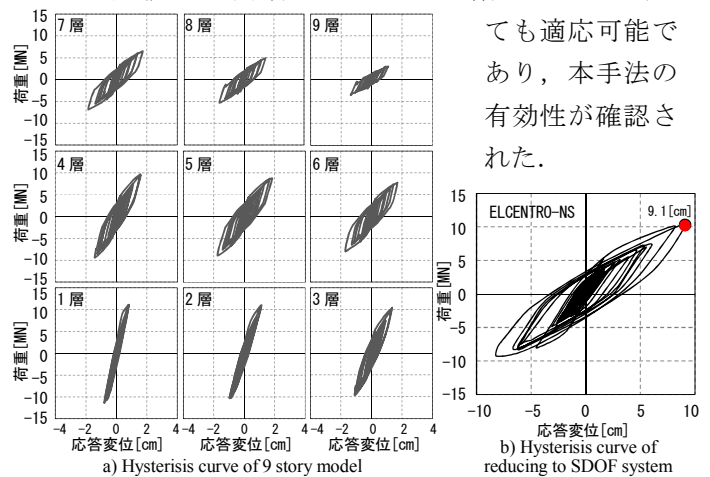


Fig.7 Hysteresis curve of seismic response analysis

Table 5 Maximum displacement response of seismic response analysis

	観測波			告示波			平均
	EL-NS	TA-EW	HA-NS	HA位相	KO位相	RA位相	
基本建物	12.7	9.8	10.0	14.3	17.6	10.3	12.4
補強建物	9.1	9.1	6.3	11.8	9.7	10.4	9.4

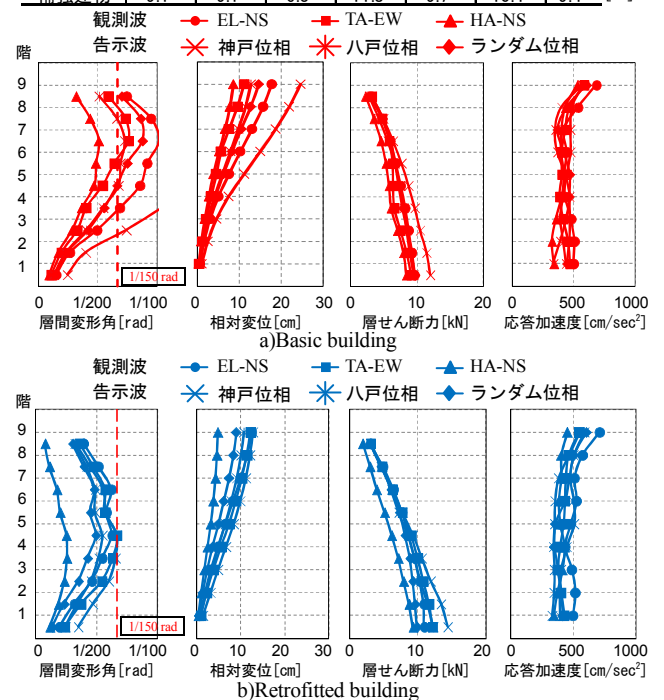


Fig.8 Maximum response values