

等価線形化法による制震補強設計法に関する研究
(その3 間柱型ダンパーを用いた RC 造建物の制震構造設計スタディー)

Study on Seismic Retrofit Design Method of Energy Dissipation System by Equivalent Linearizing Method
Part3 Seismic Structure Design Study of RC Building Using Stud Type Damper

○亙健太朗¹, 村上航太², 山崎康雄³, 北嶋圭二⁴, 中西三和⁴, 安達洋⁵

*Kentarou Watari¹, Kouta Murakami², Yasuo Yamazaki³, Keiji Kitajima⁴, Mitsukazu Nakanishi⁴, Hiromi Adachi⁵

Abstract: This paper describes seismic structure design Study of RC building using stud type damper . The purpose of research is to understand the applicability of seismic structure design method using stud type damper.

1. はじめに

前報(その1)では、制震構造建物の合理的な設計法として、等価線形化法に基づく制震補強設計法の概要を示し、各層の制震ダンパー量の算定方法について明確にした。また、(その2)では、既存 RC 造系建物を対象に提案した制震補強設計法を用いて制震構造設計スタディーを行い、その設計法の有効性を確認した。

本報(その3)では、間柱型ダンパーを用いた制震構造設計スタディーを実施し、本設計法の適用性を確認することを目的とする。

2. 制震構造設計法の概要

提案する設計法の流れを記す。①主架構のみ(非制震構造建物)の静的増分解析結果から設計クライテリア時の構造特性値(縮約1自由度系における代表変位とベースシアを加速度換算した値)を算定する。②設計クライテリア時の構造特性値と検討用地震動から必要減衰性能および付加減衰量を求める。③1自由度系における必要付加減衰量を満たすための制震ダンパー必要量と必要ベースシア係数を求める。④必要ベースシア係数に基づき、制震構造建物の応答層間変形角が一樣となるように配慮して各層の制震ダンパー量を算定する。⑤各層の制震ダンパー量から取り付ける制震部材の性能を決め、各層に制震部材を配置する。⑦制震部材を配置した制震構造建物の時刻歴応答解析を行うことで設計クライテリアを満たしていることを確認する。また、①の構造特性値を求める際、手法1はどこかの層が目標変位に到達した時の変形分布を用いるが、手法2は各層目標変位の変形分布を用いる。なお、構造特性値は式(1)から式(4)を用いて求める。

$$S_d = \frac{\sum m_i \delta_i^2}{\sum m_i \delta_i} \quad (1) \quad S_a = \frac{\sum m_i \delta_i^2}{(\sum m_i \delta_i)^2} \times Q_B \quad (2)$$

$$Q_B = \beta \sum \delta_i (Q_i - Q_{i+1}) \quad (3) \quad \beta = \frac{\sum m_i \delta_i}{\sum m_i \delta_i^2} \quad (4)$$

m_i : i 層の質量,
 δ_i : 変形分布,
 Q_B : ベースシア
 Q_i : i 層の層せん断

3. 制震構造設計スタディー

3.1 建物および解析概要

対象建物は10階建てRC造共同住宅建物²⁾とし、Fig.1に基準階伏図を、Fig.2に軸組図を示す。本建物は、主架構のみ(非制震構造建物)で保有水平耐力が必要保有水平耐力($C_B=0.3$)と同程度で設計基準を満たす建物である。そこで、制震構造建物の目標性能を、検討用地震動に対して主架構の塑性化を許容しないこととする。また、本検討で用いる制震ダンパーはブレース型または間柱型とし、Fig.3に設置方法を示す。

非制震および制震構造建物の静的増分解析並びに時刻歴応答解析は、立体骨組モデル³⁾を用いて実施した。時刻歴応答解析において、柱、梁および間柱の曲げの履歴特性は武田モデルとし、履歴系ダンパーはノーマルバイリニアとした。検討用地震動は、地動最大速度を50cm/secに基準化した観測波3波(EL CENTRO-NS, TAFT-EW, HACHINOHE-NS)と日本建築センター模擬波(BCJ-L2)を用いた。検討用地震動諸元をTable1に示す。

3.2 非制震構造建物の静的荷重増分解析

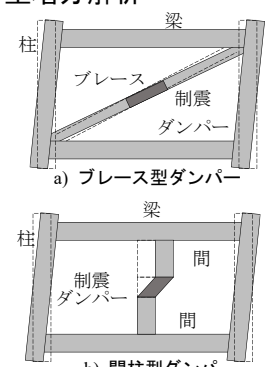
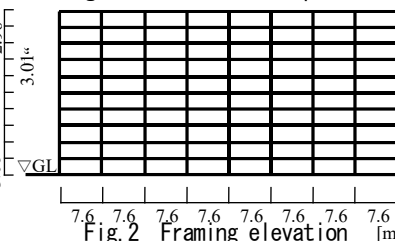
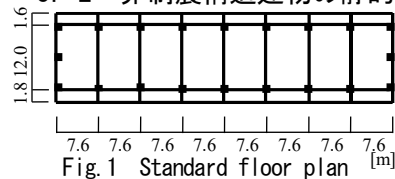


Fig.3 Installation method of damping damper

Table 1 Input maximum earthquake motions

名称	継続時間 [sec]	最大加速度 [cm/sec ²]	最大速度 [cm/sec]	備考
ELCENTRO-NS	54	510	50	観測波
TAFT-EW	54	497	50	
HACHINOHE-NS	234	352	50	
BCJ-L2	120	356	55	模擬波

1: 日大理工・院(前)・海建 2: 日大理工・学部・海建 3: 西松建設株式会社 4: 日大理工・教員・海建 5: 日大・名誉教授

非制震構造建物の A_i 分布に基づく外力分布による静的荷重増分解析で得られた層せん断力-層間変形角関係を Fig.4 に示す. 本検討では, どこかの層が層間変形角 $1/50\text{rad}$ に達したときを安全限界, 柱または梁のいずれかが塑性化したときを損傷限界と定義した. 制震構造建物の目標性能は主架構の塑性化を許容しないことより, 設計クライテリアを損傷限界以下と定義し, 層間変形角(目標変位)を $1/120\text{rad}$ に設定した.

3. 3 構造特性値および必要減衰性能の算定

安全限界時と目標変位時(手法1, 手法2)の構造特性値を Table2 に, 構造特性値と入力地震動の応答スペクトル($h=5\%$)の重ね合わせを Fig.5 に示す. 目標変位時の必要減衰性能は, 検討用地震動 4 波に対し目標変位時の等価周期で 1 質点系弾性応答解析を行い, 応答変位が目標変位時となる際の減衰定数により評価した. 必要減衰性能および必要付加減衰量の評価結果を Table3 に示す.

3. 4 必要ベースシア係数と制震ダンパー量の算定

必要付加減衰量と想定したダンパーの塑性率(μ_d) (本設計では塑性率を 8 と設定)から, 1 自由度系における制

震ダンパー必要量(Q_d/Q_f)を算定する. 手法1で 0.16, 手法2で 0.04 となった. また, 必要ベースシア係数(rC_B)は手法1で 0.31, 手法2は 0.30 となった.

各層の制震ダンパー量(Q_{di})は, 制震構造建物の層せん断力($Q_{di}+Q_{fi}$)から, 各層各々が目標変位に達した時の非制震構造建物の負担せん断力(Q_{fi})を差し引くことで算定した(Fig6). 算定結果を Table4 に示す. ここで, 各層に設置する制震部材を決める条件は, 1 基あたりの制震ダンパーの水平降伏耐力の下限値を 160kN とし, プレース型および間柱型ダンパーの水平降伏耐力と基数は同様とした. また, 間柱部の断面は制震ダンパーの降伏耐力の下限値である 160kN に対して曲げひび割れを許容しないように, 幅 250mm, せい 1100mm とした.

4. 時刻歴応答解析による応答値の確認

検討用地震動を用いて時刻歴応答解析を行い, 制震構造建物の応答値を確認する. 構造減衰は, 目標変位時の等価剛性比例型³⁾で 5%に設定した. Fig7 に時刻歴応答解析結果を示す. 時刻歴応答解析結果から制震構造建物は, 手法1, 手法2のいずれでも各層の目標層間変形角である $1/120\text{rad}$ 以下に収まっていることが確認できる.

5. まとめ

RC 造建物を対象とした制震設計スタディーを行い, プレース型ダンパーを適用した場合と同様に間柱型ダンパーを用いても, 本制震設計法が適用可能であることを確認した. [参考文献]

- 1) 日本建築防災協会: 構造設計・部材断面集 初版, 2007. 6
- 2) ユニオンシステム: SuperBuild/SS3, 3D・DynamicPRO
- 3) 北嶋, 歌田ほか: 等価線形化法による制震補強設計法に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 377-382, 2018. 9

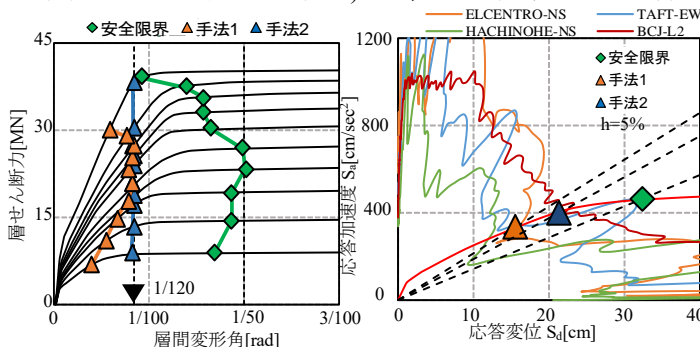


Fig. 4 Result of pushover analysis Fig. 5 Structure characteristic value and response spectrums

Table2 Structure characteristic value of evaluation

性能	ベースシア係数 C_B	加速度 S_a [cm/sec ²]	変位 S_d [cm]	等価周期 T [sec]
安全限界		464	32.3	1.66
目標変位時	手法1	328	15.6	1.36
	手法2	402	21.4	1.45

Table3 Demand damping performance and addition demand damping performance of evaluation

	EL CENTRO NS	TAFT EW	HACHINOHE NS	BCJ-L2	必要付加 減衰量
手法1	6%以下	5%以下	5%以下	12%	7%
手法2	5%以下	5%以下	5%以下	7%	2%

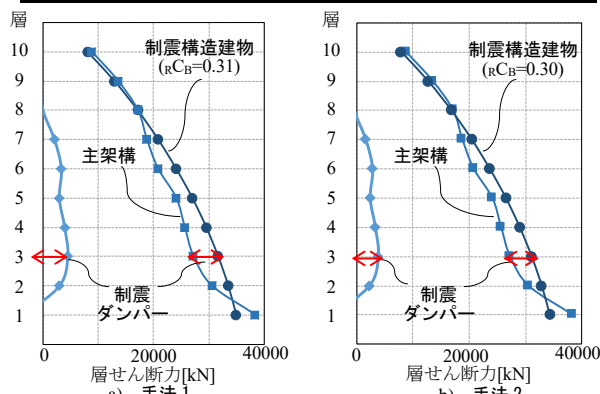


Fig. 6 Story-shear force distributions

Table4 Result of calculation on damper shear force

階	手法1			手法2			
	主架構 Q_f [kN]	制震 $Q_{di}+Q_{fi}$ [kN]	ダンパー Q_d [kN]	ダンパー1本の 水平降伏 耐力×基数	制震 $Q_{di}+Q_{fi}$ [kN]	ダンパー Q_d [kN]	ダンパー1本の 水平降伏 耐力×基数
10	8,815	8,010	-	-	7,866	-	-
9	13,545	12,899	-	-	12,667	-	-
8	17,158	17,101	-	-	16,793	-	-
7	18,790	20,808	2,018	160×14	20,434	1,644	160×12
6	20,798	24,057	3,259	204×16	23,624	2,826	177×16
5	24,103	26,982	2,879	180×16	26,496	2,394	160×16
4	25,651	29,497	3,846	240×16	28,966	3,315	207×16
3	27,238	31,656	4,418	276×16	31,086	3,848	241×16
2	30,554	33,477	2,923	183×16	32,875	2,320	160×16
1	38,425	34,932	-	-	34,303	-	-

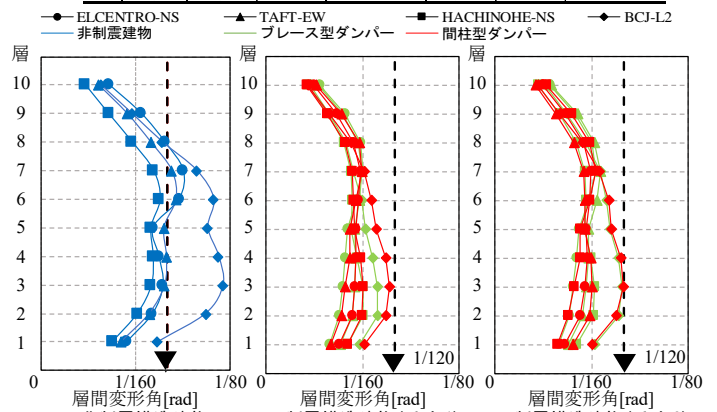


Fig. 7 Result of response analysis