

既存 RC 建造物の制震補強設計法に関する研究
(その 1 制震補強設計法の概要と検討対象建物の構造特性)

Seismic Retrofit Design Method of Energy Dissipation System for Existing RC Buildings

Part 1 Outline of Seismic Retrofit Design Method and Structural Capacity of the Examination Building

○北嶋圭二¹, 天羽祥太², 歌田航己³, 中西三和¹, 安達洋⁴

* Keiji Kitajima¹, Shota Amo², Kouki Utada³, Mitsukazu Nakanishi¹, Hiromi Adachi⁴

Abstract: This paper describes the outline of seismic retrofit design method and structural capacity of the examination building.

1. はじめに

10 階建て程度の既存中層 RC 造(SRC 造を含む)建物の耐震補強方法として、制震補強法の需要が高まっており、既に 200-300 棟以上の実績があるものと推測されている。制震補強建物の設計方法は、基本的には時刻歴応答解析を実施して耐震安全性を確認するが、この方法のみでは制震ダンパーを取り付けることにより、どの程度耐震性能(減衰性能)が向上したのか明確であるとはいえない。

そこで本研究では、等価線化法に基づく制震補強設計法を提案し、既存建物の強度と変形性能に見合った必要減衰性能を算定した後、その減衰性能を満足し、かつ、各層の層間変形角が一樣になるような各階の制震ダンパー量の算定方法について示す。さらに、制震補強建物の性能評価法で提案した定常応答解析に基づく保有減衰性能評価法¹⁾を実施して、設計スタディーを行った多層骨組制震補強建物に対し、設定した必要付加減衰量が確保されていることを確認する。本報(その 1)では、制震補強設計法の概要と検討対象建物の構造特性について示す。

2. 制震補強設計法の概要

本研究で提案する補強設計法の概念図を Fig.1 に、制震補強設計のフローを Fig.2 に示す。補強設計の主な手順

は以下の通りである。

- ①既存建物(無補強建物)の強度と変形性能を、静的弾塑性骨組解析を実施し評価する。この時、必要に応じて既存建物の強度と変形性能の改善を図る。
- ②その結果を 1 自由度系に縮約して無補強建物の構造特性曲線(安全限界変位と安全限界周期)を評価する。
- ③安全限界周期の 1 質点弾性応答解析結果(設計用応答スペクトル)から、補強対象建物の応答変位が安全限界変位以下に抑えるための必要減衰性能と必要付加減衰量(h_d)を算定する。
- ④1 自由度系における必要付加減衰量を得るための制震ダンパー必要量(Q_d/Q_f)と補強建物の必要ベースシア係数($R C_B$)を算定する。
- ⑤補強建物の必要ベースシア係数に基づき、制震補強建物の応答層間変形角が各層で一樣になるように配慮して、多層骨組各層の制震ダンパー量(Q_{di})を算定する。具体的な算定方法は、次報(その 2)の 2.3 節で示す。
- ⑥各階の制震ダンパーの設置本数と取付角度を考慮して、各階に取り付ける制震部材の性能を決定する。
- ⑦地震応答解析を実施し、補強対象建物の応答値が補強設計クライテリアを満足していることを確認する。

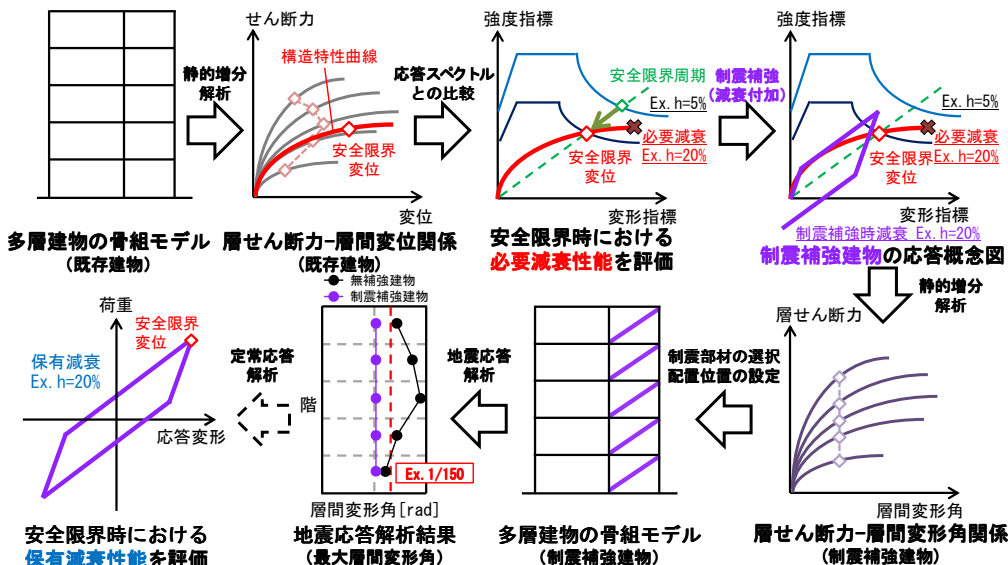


Fig.1 Concept of evaluation method on seismic safety

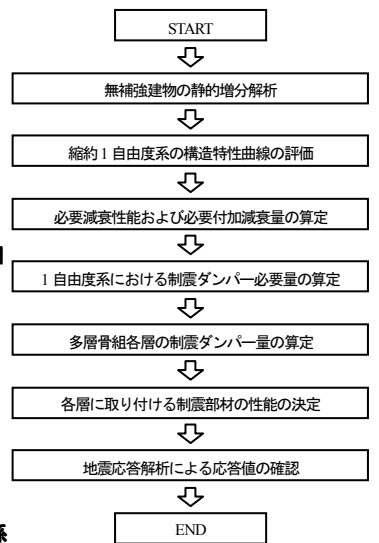


Fig.2 Seismic response control method design flow

1: 日大理工・教員・海建 2: 大成建設 3: 日大理工・学部・海建 4: 日大名誉教授

以上の方法により、試行錯誤を繰り返すことなく制震補強設計が可能となる。なお、本研究での検討では、さらに定常応答解析¹⁾を実施して、設定した必要付加減衰量が制震補強建物に確保されていることを確認して、提案する設計法の有効性を確認する。

3. 検討対象建物の構造特性

3.1 建物概要および解析概要

補強設計スタディーでは、SRC 造(上層階 RC 造)の 9 階建て高層集合住宅を検討対象建物として選定した。Fig.3 に検討対象建物の伏図を、Fig.4 に軸組図を示す。解析は、平面フレーム弾塑性解析プログラム²⁾を用いて行った。柱や梁の主架構の履歴特性は、武田モデルを採用した。制震補強設計は、履歴系ダンパーを用いるケースと粘性系ダンパーを用いるケースの 2 通りについて行う。履歴系ダンパーの履歴特性はノーマルバイリニアとし、粘性系ダンパーの解析モデルは Maxwell モデルを採用した。なお、制震ダンパーは 1 階から 9 階までの全ての階に対して全スパンに配置することとした。

3.2 検討用地震動および補強目標性能の設定

検討用地震動は、観測波 3 波(EL CENTRO-NS, TAFT-EW, HACHINOHE-NS)と、位相特性が異なる告示波 3 波(八戸位相, 神戸位相, ランダム位相)を採用した。観測波は地動最大速度を 50cm/sec の大きさに規準化して用い、告示波は工学的基盤位置に定められている極めて稀に発生する地震動を当該建物の建設地盤条件を考慮して用いた。入力地震動諸元を Table1 に示す。補強目標性能は、検討用地震動 6 波に対し、最大応答層間変形角が 1/150rad 以下となることと設定した。

3.3 無補強建物の静的増分解析と構造特性曲線の評価

静的増分解析は、Table2 の A_i 分布に基づく外力分布による荷重増分法で行った。無補強建物の静的増分解析結果(各層の層せん断力 - 層間変位関係)を Fig.5 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青線で示した。本建物は、6 層がはじめて層間変形角 1/150rad に達し、その時のベースシア係数は 0.25(6 層の層せん断力係数は 0.37)であった。なお、Table3 には各層各々が層間変形角 1/150rad に到達した時の層せん断力係数(強度指標)を示している。

提案する等価線形化法に基づく制震補強設計法では、多層骨組の静的増分解析結果を 1 自由度系に縮約して、既存建物(無補強建物)の構造特性(安全限界変位と安全限界周期)を評価する。Fig.6 に、無補強建物の静的増分解析結果を限界耐力計算と同じ方法³⁾により 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

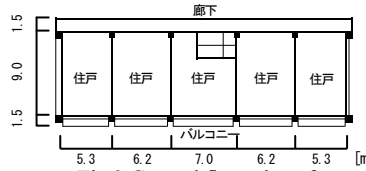


Fig.3 General floor plan of existing building

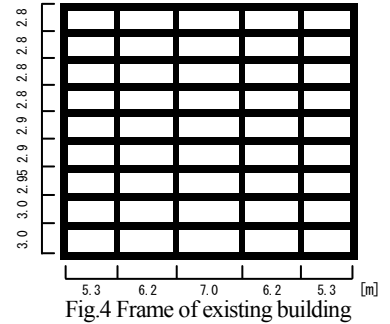


Fig.4 Frame of existing building

トル($h=5\%$)をあわせて示す。縮約 1 自由度系での安全限界変位は

9.7cm であり、安全限界周期は 1.02sec である。また、応答スペクトルとの比較から、無補強建物の応答値は安全限界変位を大きく上回り、耐震安全性が不足していることが確認できる。

[参考文献] 次報(その 2)にまとめて記す。

Table1 Parameter of input earthquake

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	
ランダム位相	-	163.8	434.7	52.8	

Table2 Parameter of existing building

層	各階重量 W_i [MN]	総重量 ΣW_i [MN]	固有周期 T [sec]	A_i	層せん断力 Q_i [MN]	外力 P_i [MN]
9	5.0	5.0	0.56 (0.02H)	2.08	10.3	10.3
8	3.6	8.6		1.77	15.1	4.8
7	3.6	12.2		1.59	19.3	4.2
6	3.6	15.8		1.46	23.0	3.7
5	3.7	19.5		1.35	26.3	3.4
4	3.9	23.4		1.25	29.4	3.0
3	4.0	27.4		1.17	32.0	2.7
2	4.5	31.9		1.08	34.5	2.5
1	4.7	36.6		1.00	36.6	2.0

Table3 Strength of existing building

層	1/150rad到達時の層せん断力 Q_{Fi} [kN]	1/150rad到達時の層せん断力係数 $C_i = Q_{Fi} / \Sigma W_i$
9	2841	0.57
8	3984	0.46
7	5012	0.40
6	6006	0.37
5	7040	0.35
4	8252	0.34
3	9443	0.33
2	10663	0.32
1	12153	0.32

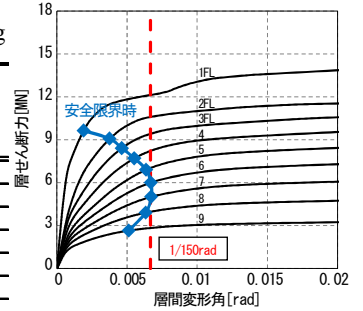


Fig.5 Result of pushover analysis on non-retrofitted building

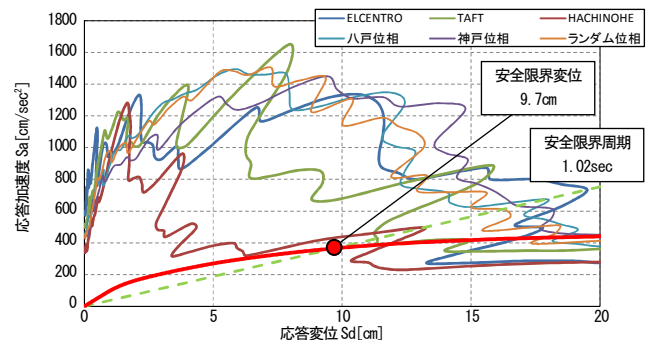


Fig.6 Structural characteristic curve and response spectrum