

超弾性柔要素部材を用いた次世代制震構造システムに関する研究

(その15 設計スタディー概要)

New Generation Energy Dissipation Structural System using Super-Elastic Member

Part15. Outline of Study Design

○木竜雅康¹, 黒澤諒¹, 渡邊恭平¹, 竹内健一², 北嶋圭二², 中西三和³, 安達洋³

*Masayoshi Kiryu¹, Ryo Kurosawa¹, Kyohei Watanabe¹, Kenichi Takeuchi², Keiji Kitajima², Mitsukazu Nakanishi³, Hiromi Adachi³

This paper shows the outline of study design performed using the presumed method of front paper. and to check the suitability of this structural system due to differences in building height.

1. はじめに

本報(その15)では, 前報(その14)で示した最大応答値の静的評価法ならびに連層耐震壁作用せん断力の推定方法を用いて, 次世代制震構造の設計スタディー概要について述べる. なお設計スタディーでは, 建物高さの違いによる本構造システムの適応性を確認するため, 5階・10階・15階建ての3種類の高さの建物を検討対象とした.

2. 設計スタディー概要

(a)建物概要 Fig.1 に一般階平面図を, Table1 に建物概要を示す. 設計スタディー建物は, センターコア方式の鉄骨造事務所ビルとした. Fig.2 に軸組図を, Table2 に設計パラメータを示す. 構造形式は, 非制震・現世代制震・次世代制震の3形式とし, それぞれの形式に対して建物高さを21.0m・41.0m・61.0mとして設

計スタディーを行う.

(b)解析諸元 解析は, 桁方向のみを対象として行い, 静的増分解析および時刻歴応答解析ともに, 各部材を線材置換し, 桁方向の各通りを並列につなげた平面フレーム解析とした. Fig.3 に設計フローを示す. 制震構造の設計は, 静的評価によってダンパー量を概算したうえで, 最終的に時刻歴応答解析により確認を行う. Table3 に代表的な断面を示す. 主架構の断面は, 現行の建築基準法を満足する断面を設定し, 断面は非制震建物・現世代制震・次世代制震とも同一に設定した. Table4 に各層の地震用重量を示す. 単位面積あたりの地震用重量は, 8.0kN/m²程度である. Table5 に応答解析諸元を, Table6 に入力地震動諸元を示す. 入力地震動は告示波4波¹⁾とした. Table7 に各部材の復元力特性を, Fig.4 に部材のモデル化を示す. 各部材のモデル

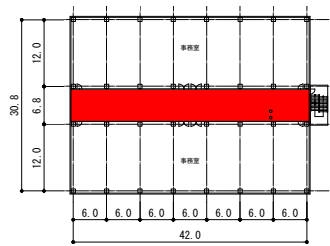
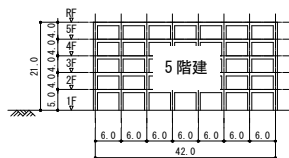


Fig.1 General floor plan



構造形式	S造
用途	事務所
各階床面積	1,300m ²
桁方向スパン	42.0m (6.0m×7)
張間方向スパン	30.8m (12.0, 6.8, 12.0m)
階高	1階 5.0m 一般階 4.0m

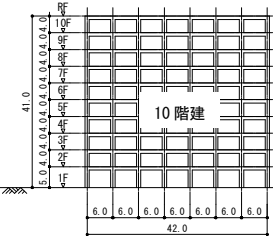


Fig.2 Framing elevation

構造形式	非制震 (線ラーメン)	現世代制震	次世代制震
建物高さ	5階建 (21.0m)	10階建 (41.0m)	15階建 (61.0m)

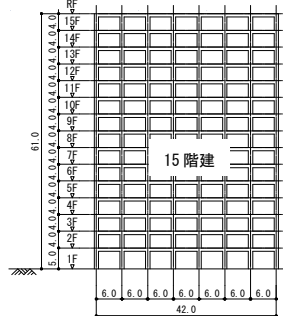


Table3 Typical cross sections

	1階柱(BCP325)
5階建	□-500x500x22
10階建	□-550x550x36
15階建	□-750x750x32
	2階大梁(SN490B)
5階建	H-600x300x12x22
10階建	H-750x300x16x32
15階建	H-800x300x14x28

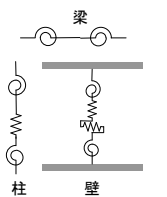


Fig.4 Materials modeling

Table7 Restoring force characteristic

部材	復元力特性	
S梁	バイリニア	
S柱	曲げ	バイリニア
	せん断	弾性
	軸力	バイリニア
RC壁	曲げ	武田モデル
	せん断	原点指向型
	軸力	原点指向型
ダンパー	完全弾塑性	

Table5 Parameter of response analysis

解析モデル	平面フレーム解析
数値積分	Newmark-β法(β=0.25)
時間刻み	Δt=0.001 [sec]
減衰定数	初期剛性比例型 S造(h=0.02)
入力地震動	告示波(4波)

Table6 Parameter of input earthquake motion

	ELNS	HANS	KONS	RAND
加速度 [Gal]	557	625	632	555
速度 [kine]	89.9	102.7	96.1	93.0

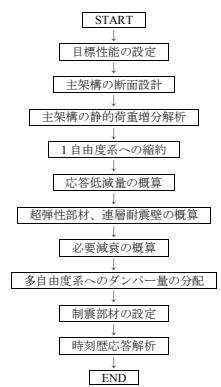


Fig.3 Design steps

Table4 Weight for earthquake

	各層重量 W [kN]		
階	5階建	10階建	15階建
15	—	—	10,007
14	—	—	9,981
13	—	—	10,108
12	—	—	10,250
11	—	—	10,301
10	—	—	10,051
9	—	—	10,019
8	—	—	10,161
7	—	—	10,306
6	—	—	10,409
5	9,991	10,447	10,736
4	9,988	10,551	10,750
3	10,096	10,586	10,779
2	10,177	10,668	10,835
1	10,619	11,099	11,327
ΣW	50,870	104,298	157,954

1 : 日大理工・院・海建 Graduate Student, Nihon Univ.

2 : 青木あすなろ建設株式会社 Asunaro Aoki Construction Co., Ltd.

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

化は、柱梁部材は材端剛塑性ばねモデル、連層耐震壁は柱置換モデルとし、超弾性部材は支点ばねにモデル化した。

3. 現世代および次世代制震構造の設計

現世代制震・次世代制震ともに制震部材の配置は、コア周りに配置することとした。Fig.5 に伏図を、Fig.6 に軸組図を示す。制震ダンパーは、現世代制震では低降伏点鋼 LY225 を用いた座屈拘束ブレースとし、次世代制震では LY225 を用いた境界梁ダンパーとした。次世代制震の架構形式はカップリングウォール形式とし、連層耐震壁架構は構面外に設けた。なお、10 階及び 15 階建てでは、一部のスパンを 6.0m から 8.0m に変更した。

建物の目標性能は、告示で規定される極稀地震動の入力に対し、主架構が弾性性能を維持することとし、静的増分解析結果から目標最大応答層間変形角を 5 階建てでは 1/125rad, 10 階・15 階建てでは 1/150rad とした (Table8)。なお、現世代および次世代制震構造の設計は、純フレーム架構の静的予備解析結果の縮約 1 自由度系の構造特性曲線に基づき行うこととした。

(a) 現世代制震構造の設計 現世代制震構造のダンパー諸元を Table9 に示す。現世代制震のダンパー量は、5.0%減衰の弾性応答変位と目標クライテリアの変位から応答低減係数 F_h を求め、前報式 (7) より必要減衰量 $h (=h_0+h_{eq})$ を求め、算定した必要等価粘性減衰定数 h_{eq} とダンパー塑性率 μ_d およびフレーム剛性 K_f を用いて、前報式 (8) により求めた。なお、 μ_d は 5 とした。各層のダンパーせん断力 Q_{di} は、層全体のせん断力係数分布が A_i 分布となるように設定した⁹⁾。Table10 に必要減衰定数 h を示す。

(b) 次世代制震構造の設計 現世代制震構造はダンパーによる減衰効果のみによって応答制御しているのに対し、次世代制震構造は連層耐震壁による変形分布制御および壁脚部の超弾性部材による架構剛性制御を行った上で、ダンパーの減衰による応答制御を行うシステムである。

まず、予備解析で得られた純フレーム架構の構造特性曲線から、過度に減衰に期待せずに応答が目標変形に収まる目標周期を設定し、目標周期から連層耐震壁架構剛性を式 (19) により求め、壁脚部の超弾性部材の軸剛性は式 (20) により求めた。次に、必要減衰およびダンパー量 Q_d を、現世代制震と同様に前報式 (7) および式 (8) により求め、各層の境界梁ダンパー 1 本あたりの必要せん断耐力を式 (21) より算定した。なお、境界梁ダンパーの塑性率 μ_d は 10 とした。最後に、連層耐震壁の作用せん断力を前報 (その 14) の 3 章による方法

で推定し、せん断応力度 τ が $0.10F_c$ 以下となるよう壁厚を設定した。Table11 に超弾性部材 (2 回折返し方式 3 重構造の中鋼管断面) を、Table12 に境界梁ダンパー諸元を、Table13 に連層耐震壁の壁厚を示す。

$$k_w' = \frac{1}{n} \left(\left(\frac{1}{T^2} \right) - \left(\frac{1}{T_f^2} \right) \right) 4\pi^2 \cdot M_{eq} \dots (19) \quad k_c' = \left(\frac{H}{S} \right)^2 k_w' \dots (20)$$

ここで、
 k_w' : 壁 1 セット当たりの連層耐震壁架構剛性、 T : 目標周期、 T_f : 主架構周期
 k_c' : 超弾性部材 1 本当たりの軸剛性、 S : 壁幅 (超弾性部材取付け位置)
 M_{eq} : 等価質量、 H : 等価高さ、 n : カップリングウォールのセット数

$$q_d = \frac{H}{\alpha S} \times Q_d \times \frac{1}{n_d} \dots (21)$$

ここで、 q_d : 境界梁ダンパー 1 本あたりのせん断耐力、 H : 等価高さ、 Q_d : ダンパーの負担せん断力、 αS : 壁芯間隔、 n_d : ダンパー総本数

4. まとめ

以上、設計スタディー概要について述べた。

【参考文献】 その 16 にまとめて示す。

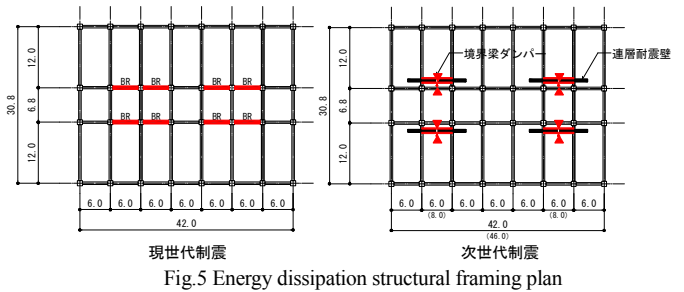


Fig.5 Energy dissipation structural framing plan

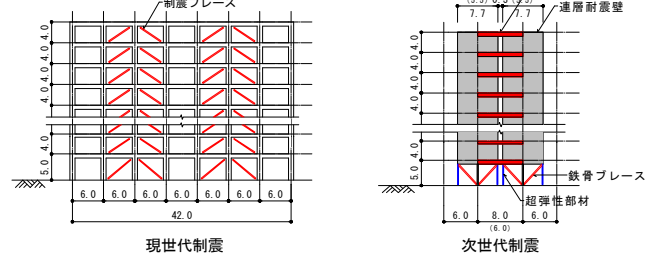


Fig.6 Energy dissipation structural framing elevation

Table8 Objective distortion angle

	層間変形角 [rad]
5階建	1/125
10階建	1/150
15階建	1/150

Table10 Necessary damping ratio

	現世代	次世代
5階建	0.35	0.21
10階建	0.30	0.20
15階建	0.23	0.17

Table9 Damper parameter of current generation energy dissipation structural damper

階	ダンパー軸耐力 [kN/箇所]				ダンパー箇所
	5階建	10階建	10階建	15階建	
15	—	—	500	8	
14	—	—	1,000	8	
13	—	—	1,250	8	
12	—	—	1,500	8	
11	—	—	1,750	8	
10	—	500	2,000	8	
9	—	1,500	2,000	8	
8	—	2,000	2,500	8	
7	—	2,250	2,500	8	
6	—	2,500	2,250	8	
5	500	3,000	2,250	8	
4	1,500	3,500	2,500	8	
3	1,750	4,000	2,500	8	
2	2,000	3,000	2,500	8	
1	2,000	3,500	3,000	8	

Table13 Wall thickness

階	連層壁壁厚 [mm]		
	5階建 Fc30	10階建 Fc36	15階建 Fc45
15	—	—	200
14	—	—	200
13	—	—	200
12	—	—	350
11	—	—	350
10	—	200	350
9	—	200	400
8	—	300	400
7	—	300	450
6	—	400	450
5	200	400	550
4	200	450	550
3	200	450	650
2	200	450	650
1	—	—	—

Table11 Super-elastic member

階	超弾性部材		断面積 [cm ²]
	材質BCP325	材質BCP325	
5階建	□-400x400x12	148	
10階建	□-700x700x22	588	
15階建	□-900x900x36	1169	

L=4.0m とした。

Table12 Damper parameter of new generation energy dissipation structural damper

階	断面		材質 LY225	Aw [cm ²]	せん断耐力 [kN/本]	ダンパー 総本数	
	H	B					
5階建	900	200	6	16	52.1	615	40
10階建	1200	200	6	16	70.1	827	80
15階建	1300	200	6	16	76.1	898	120