

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	長周期地震動を受ける超高層建物に関するE-ディフェンス制振補強実験(その2)鋼製ダンパーによる制振効果の検討
Title	
著者(和文)	大下優作, 大内隼人, 島田侑, 佐藤大樹, 長江拓也, 北村春幸, 福山國夫, 梶原浩一, 井上貴仁, 中島正愛
Authors	daiki sato, Haruyuki Kitamura, Koichi Kajiwara, Masayoshi NAKASHIMA
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. B-2, No. , pp. 63-64
Citation(English)	, Vol. B-2, No. , pp. 63-64
発行日 / Pub. date	2010, 9
rights	日本建築学会
rights	本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである
relation	isVersionOf: http://ci.nii.ac.jp/naid/110008123749

長周期地震動を受ける超高層建物に関するE-ディフェンス制振補強実験
その2: 鋼製ダンパーによる制振効果の検討

正会員○大下優作¹⁾ 同 大内隼人¹⁾ 同 島田侑²⁾ 同 佐藤大樹¹⁾ 同 長江拓也³⁾ 同 北村春幸¹⁾
同 福山國夫³⁾ 同 梶原浩一³⁾ 同 井上貴仁³⁾ 同 中島正愛³⁾

キーワード 超高層建物 長周期地震動 耐震改修
震動台実験 エネルギー 鋼製ダンパー

1. はじめに

本報その2では、鋼製ダンパーを設置し、制振補強を行った制振補強高層建物試験体 (H-2/3, H-1/5) と、2007 年度3月に行った、無補強試験体 (F-07) の実験結果¹⁾²⁾を比較し、応答性状の違いを述べる。本報で用いる床応答は、A-3 通り側の計測値を用いることとし、検討方向はY方向 (本報その1, 図1参照) とする。

2. 鋼製ダンパーの概要

表1に鋼製ダンパーの諸元を、図1に実架構部分に配置したダンパー取付け詳細図を示す。鋼製ダンパーには座屈拘束型ブレースを用いる。H-2/3の縮約層にはU型ダンパーを設置する。

3. 最大応答値比較

本章では、F-07, H-2/3, H-1/5 の3つの試験体について応答結果を比較する。各階応答値は、想定した21層建物に置換したときに、等価な層¹⁾²⁾にプロットする。図2(a),(b)に、EL2およびSAN入力時の高さ方向の絶対加速度 (ABS Acc.), 相対速度 (RLT Vel.) および層間変形角 (R) をそれぞれ示す。

絶対加速度より、(a) EL2入力時では、低層で応答が低減されているが、中層ではF-07に比べ増大しているため、応答低減効果は見られなかった。しかし、(b) SAN入力時はH-2/3, H-1/5でF-07に比べ応答が低減されていることがわかる。

層間変形角では、ダンパーを設置することで、H-2/3, H-1/5は、どちらの地震動入力時においても、応答が0.01 rad (1/100) 程度まで低減された。特に、(b) SAN入力時のH-2/3では、全層にわたり0.005 rad (1/200) 以下に抑えられた。これには、ダンパー設置に伴う固有周期の変化によって、後述する入力エネルギーが減少した効果も含まれている (図4)。H-1/5では、いずれの地震動入力時にもダンパーを設置した実架構部分 (1~4層) で、層間変形角は大きく低減した。ダンパー非設置の縮約層では、実架構部分に比べ大きな値となったが、F-07を超えることはなかった。また、H-2/3に対し、H-1/5では低減効果は小さいが、縮約層でも応答が低減したことより、H-1/5においても長周期地震動に対し応答低減効果が確認できた。

4. エネルギー比較

4.1 入力エネルギーと各層吸収エネルギーの比較

本章では、ダンパーを設置したことによる吸収エネルギー量、エネルギー分布の変化を比較する。図3に、地動加速度と相対速度より算出した入力エネルギー $E(t)^{3)}$ と、層の慣性力と層間変位の履歴面積より算出した各層吸収エネルギー $W_i(t)^{3)}$ の時刻歴

表1 鋼製ダンパー諸元

FL	dF_y (kN)	k_1 (kN/m)	k_2 (kN/m)	$d u_y$ (m)
6	112	5920	100	0.0189
5	168	8880	150	0.0189

dF_y : 降伏せん断力, k_1 : 初期剛性, k_2 : 2次剛性, $d u_y$: 弾性限度変形

FL	L_c (m)	A (mm ²)	dF_y (kN)	$d u_y$ (m)	dF_y (kN)	$d u_y$ (m)	$d k$ (kN/m)
2-4	1.78	1280	384	0.0047	324	0.0056	81571
1	1.88	1280	384	0.0050	307	0.0063	76360

L_c : 塑性化部長さ, A: 芯材断面積, dF_y : 降伏軸方向耐力, $d u_y$: 降伏軸方向変形
 dF_y : 降伏水平方向耐力, $d u_y$: 降伏水平方向変形, $d k$: 等価剛性

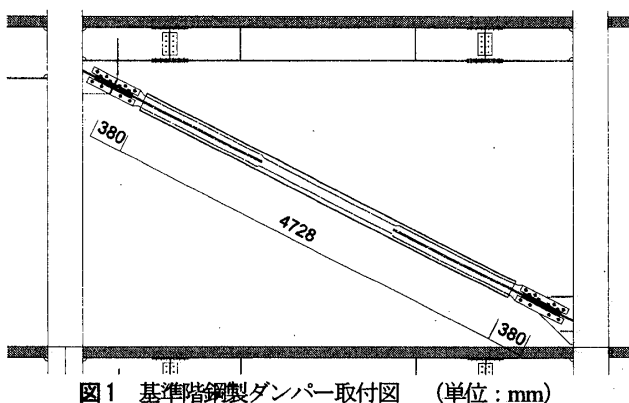


図1 基準階鋼製ダンパー取付図 (単位: mm)

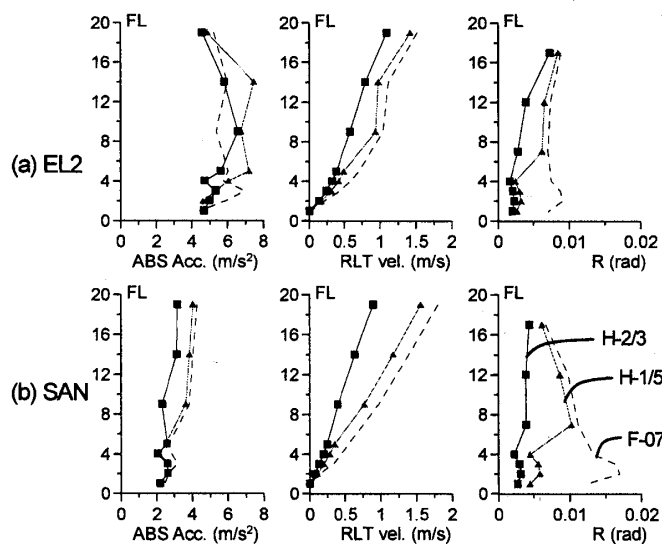


図2 最大応答値高さ方向分布

E-Defense Damper Retrofit Tests on High-Rise Buildings Subjected to Long-Period Ground Motions

Part.2 Study on Vibration Control Effect with Steel Dampers

Yusaku Oshita, Hayato Ouchi, Yu Shimada, Daiki Sato, Takuya Nagae, Haruyuki Kitamura
Kunio Fukuyama, Kouichi Kajiwara, Takahito Inoue, Masayoshi Nakashima

を示す。各層のエネルギー吸収量は、対象とする層より下層までの吸収エネルギー量の和で示している。図3より、いずれの地震動においても、入力エネルギー $E(t)$ と試験体全体の吸収エネルギー量 $W(t)$ は良く一致していることが確認できる。

4.2 エネルギースペクトルとの対応

図4に、入力エネルギー $E(t)$ の速度換算値 V_E とエネルギースペクトル $h=10\%$ の対応を示す。 V_E は、加振終了時刻 t_0 の $E(t_0)$ を用いて次式より求められる。

$$V_E = \sqrt{2E(t_0) / \sum_{i=1}^N m_i} \quad (1)$$

図中の V_E は、各加振から得られた1FL, RFLの加速度の伝達関数から求めた1次固有周期でプロットしている。EL2, SAN共に、いずれの試験体においてもエネルギースペクトルと V_E は良く対応していることが確認できる。これより、実大規模の実験において、耐震構造だけでなく^{1),2),3)}、制振構造においてもエネルギースペクトル($h=10\%$)の安定性が確認された。また、EL2入力時は、全ての試験体において、ほぼ同等のエネルギーが入力された。SAN入力時を見ると、F-07に比べH-2/3, H-1/5の入力エネルギー量が減少した。これは、「特定の周期帯」⁵⁾にエネルギースペクトルのピークをもつSANの場合、周期変動による影響が大きいためである。ダンパーを設置したことにより、建物固有周期が短周期化したため、 $E(t_0)$ がH-2/3ではF-07の1/2程度、H-1/5では2/3程度まで減少した。

4.3 鋼製ダンパーの吸収エネルギー量比較

本節では、H-2/3とH-1/5のダンパーが吸収したエネルギー量について比較する。(a)EL2, (b)SAN入力時の実架構部分全体の吸収エネルギー量 W_{1-4} と、ダンパーの吸収エネルギー量 dW の比較を図5に示す。 dW は、ダンパーの弾性部に貼り付けた歪ゲージより得られた計測値を用い算出したダンパー荷重と、両端に設置した変位計から得られたダンパー変位で描いた履歴面積より算出する。図5において、(b)SAN入力時、H-1/5において、梁端部が弾性範囲であったため、 W_{1-4} の75%程度をダンパーが吸収していた。また、梁端部の吸収エネルギー量をみると、F-07のSAN入力時に梁端部が塑性化し、 W_{1-4} の67%程度を吸収していたのに対し、H-1/5では、梁端部に損傷は見られず、吸収量は W_{1-4} の16%程度であった。以上より、ダンパーの設置による十分な制震効果が確認できる。

5. まとめ

本報では、F-07と、H-2/3, H-1/5の実験結果を比較することで、応答性状の違いを述べた。

- 鋼製ダンパーの設置によって層間変形角で、応答低減効果が確認できた。応答を比較した場合、H-2/3に対し、H-1/5では低減効果は小さいが、ダンパー非設置の縮約層でも応答が低減したことより、H-1/5でも長周期地震動に対し応答低減効果が確認できた。

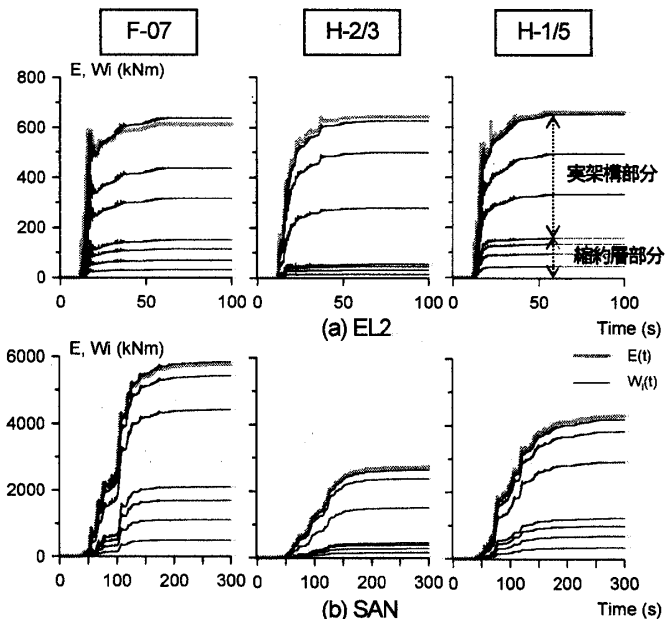


図3 入力エネルギーと各層吸収エネルギー量時刻歴
(下から1,2,~7層)

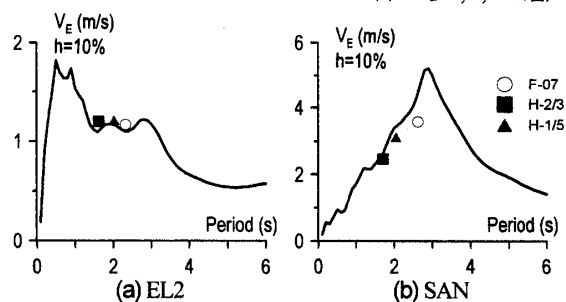


図4 エネルギースペクトルとの対応

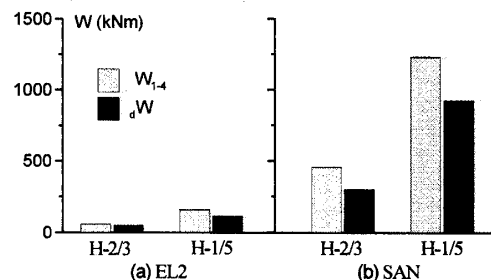


図5 実架構部分およびダンパーの吸収エネルギー量の比較

- 特定の周期帯を持つ長周期地震動では、鋼製ダンパーの設置による建物固有周期の変動で、入力エネルギーの変化が大きい。本実験でもSANにおいて、吸収エネルギー量、エネルギー分布の多大な変動が確認できた。
- ダンパーの設置により、SAN入力時に、梁が負担するエネルギーの割合は、F-07に比べH-1/5では1/4程度まで抑えることができた。それにより梁端部の損傷を防ぐことができ、十分な制振効果を確認した。

謝辞・参考文献はその1にまとめて示す

*1 東京理科大学
*2 鹿島建設 (元 東京理科大学)
*3 防災科学技術研究所