

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1）実験概要と減衰特性
Title	
著者(和文)	島田侑, 佐藤大樹, 長江拓也, 大内隼人, 大下優作, 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. 61-62
Citation(English)	, Vol. B-2, No. , pp. 61-62
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/110008123748

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1: 実験概要と減衰特性

正会員○ 島田侑^{*1} 同 佐藤大樹^{*2} 同 長江拓也^{*3} 同 大内隼人^{*2} 同 大下優作^{*2} 同 北村春幸^{*2}
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
鋼製ダンパー オイルダンパー 減衰特性

1. はじめに

超高層建物が海溝型の巨大地震によって発生する長周期地震動を受けた場合、建物に入力されるエネルギーは、これまでの設計で用いられてきた地震動の値を大きく上回る可能性が指摘されている。こうした問題を受け、初期の超高層建物を模擬した一連の耐震実験がE-ディフェンスにおいて企画された¹⁾。

2007年度に実施された実験では、長周期地震動を受けた際に生じる多数回の繰返し変形が、特に柱梁接合部に重度の損傷を与えた。2009年度には、そのような建物の耐震改修を視野に、ダンパーによる制振効果を検証する実験が実施された。

本報では、2009年度の実験結果を2007年度の実験結果とともに示し、ダンパーの基本的な挙動をもとに得られた分析結果を報告する。本報その1では、2009年度の実験の概要とダンパーの減衰特性について述べ、その2、その3で鋼製ダンパーとオイルダンパーを設置した試験体の内容をそれぞれ詳述する。

2. 実験概要

図1(a), (b)に試験体立面図、図1(c), (d)に平面図を示す。試験体は、下層4層が鋼構造架構である。上層部分は、5層分の重量を持たせたコンクリート鍾の間に、5層分の復元力特性を再現できるよう「単体積層ゴム6基」と「塑性化装置1基(積層ゴムと鋼製ダンパーを直列結合)」を組み込んでいる。この実験手法により、固有周期やモード形状などの動特性が対象とした21層の建物モデルと等価となり、長周期地震動を入力することによって同周期帯(2秒前半)のエネルギースペクトル振幅と整合するエネルギー入力を与えられる^{2,3)}。

制震補強実験では、ブレース型の鋼製ダンパーとオイルダンパーをそれぞれ下層4層の架構部分に組み込み、これらを組み替える手順を採用した。このとき、建物モデルとしてみれば、下層1/5の範囲にダンパーを組み込む場合に相当する。等価な力学特性を持つ鋼製ダンパーを縮約層に組み込み、下層2/3の範囲に相当する場合も計画した。設置位置を図1に示す。ブレース型ダンパーは、架構の水平強度調整用に組み込まれたH400大梁(X方向: ②通りA-B間, Y方向: A通り②③間とB通り②③間)と柱の接合部に溶接接合されたガセットプレートにボルト接合された。ダンパーの諸元はその2、その3で示す。

モデル概念とそれに基づく試験体名称を図2に示す。2007年度の実験が無補強試験体と位置づけられ、これをF-07と呼ぶ。鋼製ダンパー下層2/3補強をH-2/3、下層1/5補強をH-1/5、オイルダンパー下層1/5補強をV-1/5と呼ぶ。2009年度の実験は、

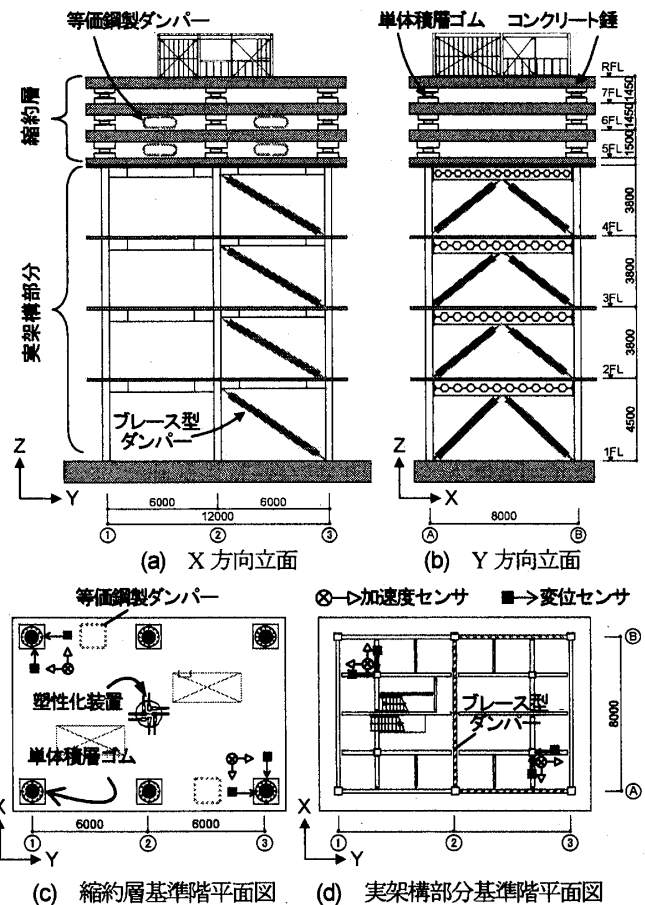


図1 試験体図 (単位: mm)

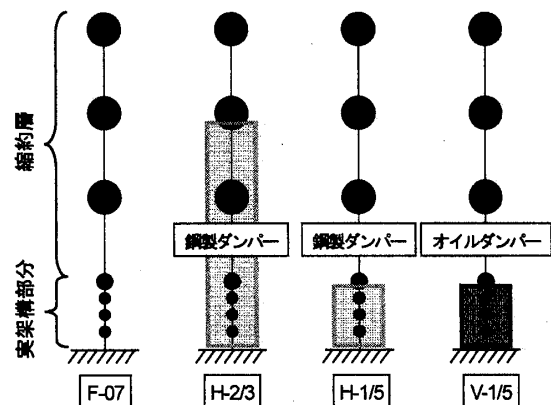


図2 概念と試験体名称

E-Defense Damper Retrofit Tests on High-Rise Buildings Subjected to Long-Period Ground Motions Part.1 Outline of Tests and Damping
Yu Shimada, Daiki Sato, Takuya Nagae, Hayato Ouchi, Yusaku Oshita, Haruyuki Kitamura
Kunio Fukuyama, Kouichi Kajiwara, Takahito Inoue, Masayoshi Nakashima

H-2/3, H-1/5, V-1/5 の加振順序とした。いずれの実験においても、入力波には東京気象庁波 (TOK), El Centro Lv2 地震動 (EL2), 東京東扇島波 (HOG), 名古屋三の丸波 (SAN) を用いた。

3. 計測概要

鋼製ダンパーには、弾性部に歪ゲージを4枚貼付け(図3(a)), 4枚の歪ゲージで計測された歪みを $\varepsilon_1 \sim \varepsilon_4$ とし、平均値からダンパー荷重 ${}_dF$ を下式で求めた。

$${}_dF = \frac{1}{4}(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4) \cdot A \cdot E \quad (1)$$

ここで、 A : 弾性部断面積, E : ヤング係数である。ダンパーの軸方向変位はダンパー両端部の変位計で計測した(図3(b))。

オイルダンパーは、軸部に歪ゲージを4枚貼付け(図3(c)), A-A'断面の4箇所計測された歪みをそれぞれ $\varepsilon_1 \sim \varepsilon_4$ として、その平均値に、オイルダンパーの単体試験結果より得られた校正値 α を乗じて、ダンパーの荷重 ${}_dF$ を求めた。

$${}_dF = \alpha \cdot \frac{1}{4}(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4) \quad (2)$$

ダンパーの軸方向変位はダンパー端部の変位計にて計測した(図3(d))。また、オイルダンパーにおいてはダンパーの表面温度を熱電対センサで計測した(図3(e))。

4. 減衰特性

試験体の減衰定数 h を(3)式⁴⁾より算出した。

$$h = \frac{\sum_{i=1}^7 h_{eqi} \cdot W_i}{\sum_{i=1}^7 W_i}, \quad h_{eqi} = \frac{1}{4\pi} \frac{\Delta W_i}{W_i} \quad (3a, b)$$

ここで、 ΔW_i は i 層の1サイクル間の消費エネルギー、 W_i は i 層の最大ポテンシャルエネルギーである(図4参照)。本報では h_{eqi} は3層の層間変形 δ_3 が最大となった時刻での各層の ΔW_i , W_i を用いて算出した。

H-2/3, H-1/5, V-1/5, そしてF-07の各試験体の全加振に対して、減衰定数と3層の最大層間変形との関係を図5に示す。図中に示す点線 αW_y は、鋼製ダンパーの降伏変形を水平方向に直した値であり、1/400, 1/200そして、1/100は層間変形角を表している。F-07では、1/200までは減衰定数はおよそ0.04程度で一定であるが、1/200を超えると主架構が塑性化しエネルギー吸収するため、減衰定数が増加していく傾向にある。 αW_y 未満の層間変形では、F-07とH-1/5の減衰定数に大きな違いは見られないが、 αW_y を超えることでH-1/5の減衰定数が増加する。H-2/3ではダンパーによる補強範囲が大きいので、H-1/5よりも高い減衰定数を示している。V-1/5では、1/100までH-2/3と同等の減衰特性を示し、また、鋼製ダンパーの効果があまり見られない小さな変形領域から減衰定数が増加し始めることがわかる。

5. まとめ

2009年度に実施された超高層建物に関するE-ディフェンス実験の概要を説明し、ダンパーによる補強効果を減衰特性の観点から確認した。

*1 鹿島建設 (元 東京理科大学)

*2 東京理科大学

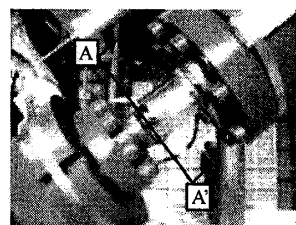
*3 防災科学技術研究所



(a) 鋼製ダンパー歪ゲージ



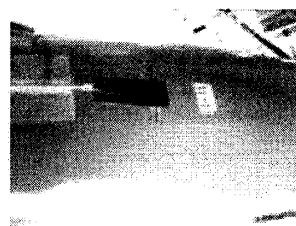
(b) 鋼製ダンパー変位計



(c) オイルダンパー歪ゲージ



(d) オイルダンパー変位計



(e) 熱電対センサ

図3 計測機器設置状況

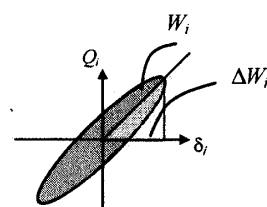


図4 等価減衰定数算出

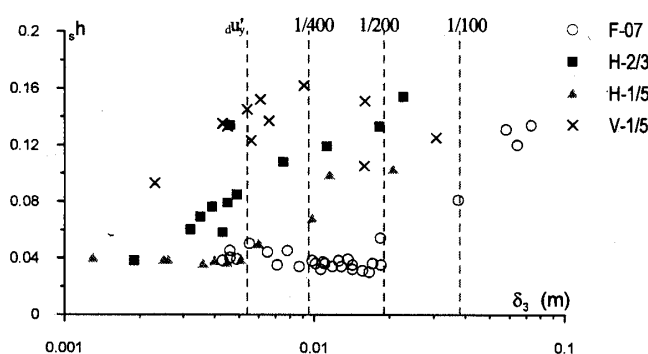


図5 減衰定数と最大層間変形関係

謝辞

実験は多くの機関との協働により実施されました¹⁾。「都市施設の耐震性評価・機能確保研究運営委員会(和田章委員長)」にてご助言いただきました。

参考文献

- 井上貴仁 他: 長周期地震動による被害軽減対策の研究開発の全体計画と概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1, pp.823-824, 2008.9
- 長江拓也 他: 超高層建物の耐震性能を検証する大規模実験システムの構築—E-ディフェンス震動台実験—, 日本建築学会構造系論文集, 第640号, pp.1163-1171, 2009.6
- 佐藤大樹 他: 長周期地震動を受ける鋼構造超高層建物のエネルギー吸収と分担率一部分切り出し架構に対するE-ディフェンス震動台実験—, 日本建築学会構造系論文集, 第653号, 2010.7
- 柴田明徳: 最新耐震構造解析, 森北出版, 2003
- (社)日本建築学会: 長周期地震動と建築物の耐震性

Kajima Corporation
Tokyo University of Science
NIED