

架構の構造諸元と加振計画

高層建物の耐震性評価に関する E-ディフェンス実験—その3

正会員 ○長江拓也^{*1} 鍾育霖^{*5} 梶原浩一^{*1} 福山國夫^{*1} 井上貴仁^{*1} 中島正愛^{*1}
斎藤大樹^{*2} 北村春幸^{*3} 福和伸夫^{*4} 日高桃子^{*5}

キーワード：長周期地震動、高層建物、躯体、振動台実験

1.はじめに

架構の構造詳細と加振計画について述べる。

2.架構の構造諸元

図-1 に梁端溶接部の詳細を示す。図-2 に、試験体全景を示し、桁行方向と梁間方向を記す。

統計資料を参考すると、建物としての強度や剛性が年代によって大きく変化することはない。一方、躯体の保有性能に関わる部材レベルの構造詳細は、その時々の技術水準や経済状況を反映している。本実験では、1980 年代以前の初期の構造詳細を採用する。

鋼材は、当時よく用いられた SM50A に近い SM490A を用いる。部材断面は許容応力設計において与えられるが、初期に建てられた高層建物の部材を参考して^{例えば 1), 2)}、梁せいや、フランジ、ウェブの幅厚比が近くなるように部材断面を選択した。

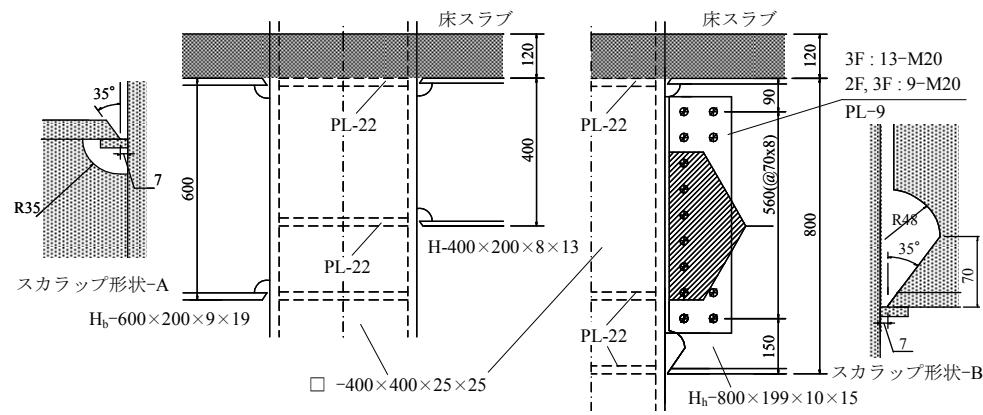


図-1 柱梁接合部詳細

表-1 引張試験結果

	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	降伏比	破断伸び (%)
□400	343	515	0.67	30
G1 H600	357	532	0.67	30
G2 H400	426	576	0.74	27
G3 H500	366	532	0.69	27
G4 H800	373	526	0.71	28
G5 H650	344	514	0.67	28

梁はフランジ

表-2 シャルピー衝撃値

	衝撃値	
	0°C (J)	20°C (J)
(1) 母材-フランジ 組立溶接H型鋼 H _b 600	93	109
圧延H型鋼 H _b 800	104	135
(2) 溶接金属-フランジ 工場溶接 H _b 600	105	159
現場溶接 H _b 800	88	190

工場溶接の梁は、溶接組立 H 型断面の H-600x200x9x19 (H_b600) と圧延 H 形鋼 H-400x200x8x13 (H400) で代表する。スカラップ形状は、スカラップ底にアールをとらない半径 35 mm の 4 分の 1 円である。現場溶接の梁は、H-596x199x10x15 の圧延 H 形鋼を梁せい 800 mm に加工したハニカム梁 (H_b800) である。床スラブ側のスカラップは工場溶接の梁のものと等しい形状であるが、下側のスカラップ形状は内開先の耳型である。現場溶接した梁端ウェブにおけるボルト接合は、2F, 4F の床の梁を 9-M20 (せん断力に対する設計), 3F の床の梁を 13-M20 (せん断力と曲げに対する設計) とする。

柱は、溶接組み立て箱型断面で、梁との強度比や幅厚比が一般的な値となるよう、□ -400-400-25 の断面とした。また、桁行方向の柱梁接合部にブラケット付きの工場溶接、梁間方向の柱梁接合部に現場溶接を採用する。架構



図-2 震動台上試験体全景

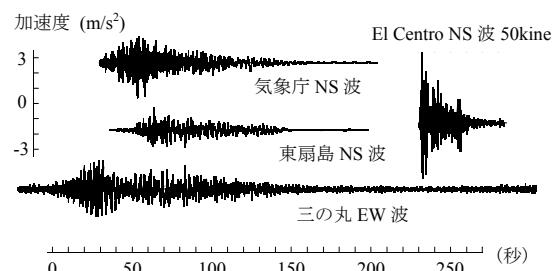


図-3 震動台入力地震動（桁行方向）

Outline of the Steel Frame and Test Schedule

E-Defense Shaking Table Test for Evaluation of Seismic Performance of High-Rise Building Part. 3

Takuya Nagae, YuLin Chung, Kouichi Kajiwara, Kunio Fukuyama, Takahito Inoue, Masayoshi Nakashima
Taiki Saitou, Haruyuki Kitamura, Nobuo Fukuwa, Toko Hitaka

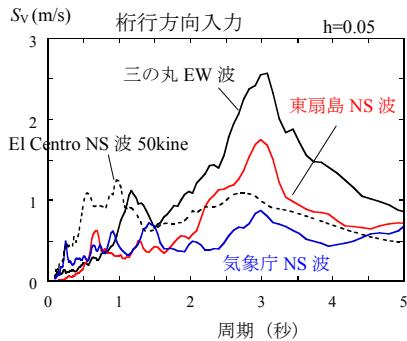


図-4 地震動の速度応答スペクトルと入力方向

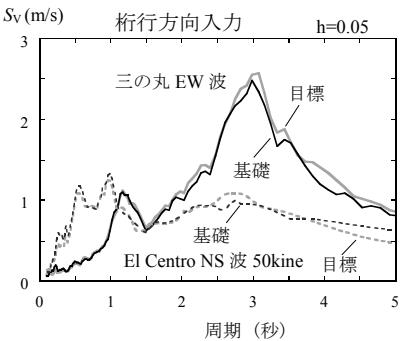
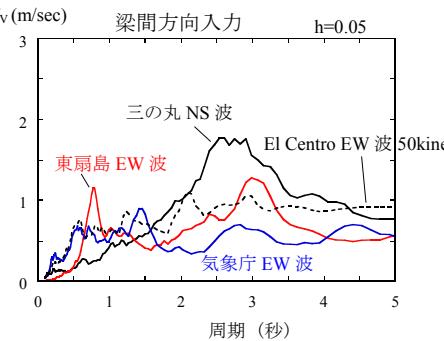


図-6 目標に対する試験体基礎入力

の各階には厚さ 120 mm のコンクリート床（コンクリート圧縮強度 30 N/mm²）が取り付けられる。

表-1 に母材の引張試験結果を示す。表-2 に 0°C と 20°C におけるシャルピー衝撃値を示す。加振時の室内温度は 20°C 程度である。

3. 計測項目

床加速度、層間変形、柱・梁の歪、梁端の回転角、梁端温度、シヤープレートのすべり、接合部パネルのせん断変形など 10 項目以上、計 674ch の計測をおこなった。

4. 入力地震動と加振スケジュール

実験は水平 2 方向加振を基本とした。想定地震動は、関東地震を想定した首都圏地震動（気象庁波）、東海地震を想定した首都圏地震動（東扇島波）、東海・東南海地震を想定した名古屋の地震動（三の丸波）である。^{3), 4), 5)} また、最大速度を基準化する El Centro 波（最大速度 25kine: レベル 1, 最大速度 50kine: レベル 2）を設計用地震動として用いる。入力地震動の時刻歴波形を図-3 に示す。

2 方向加振の際に、試験体の桁行方向と梁間方向に入力したそれぞれの地震動の速度応答スペクトルを図-4 に示す。試験体の桁行方向と梁間方向は剛性と耐力が同等となるように設計されており、応答特性は近いと予想された。入力地震動においては、現場溶接に比べて変形性能に優れる傾向にある工場溶接^{例えば 2)}の桁行方向に、1 次固有周期付近の応答レベルが大きい方向成分を選択した。

加振スケジュールを図-5 に示す。地震動による加振は、弾性応答加振シリーズと、塑性応答加振シリーズに分けられる。弾性レベルのシリーズにおいては、桁行方向の速度応答スペクトルの試験体 1 次固有周期付近の応答値が、El Centro 波レベル 1 と等しくなるように倍率を与えた。躯体の塑性化を予定するシリーズは、桁行き方向において 1 次固有周期付近の応答レベルが小さい地震動から入力する順序とした。

実験においては、三の丸波 100% の 2 方向加振までに梁端破断が確認されなかった桁行方向に対して、三の丸 EW 波の一方向加振を 2 回くりかえし、工場溶接における梁

(1) 弹性応答加振シリーズ

桁行方向・梁間方向の2方向同時加振

El Centro波 25kine	東扇島波 50%	三の丸波 35%	気象庁波 100%
----------------------	-------------	-------------	--------------

(2) 塑性応答加振シリーズ

桁行方向・梁間方向の2方向同時加振

桁行方向の1方向加振

El Centro波 50kine	東扇島波 100%	三の丸波 100%	三の丸EW波 100%-1	三の丸EW波 100%-2
----------------------	--------------	--------------	------------------	------------------

→ 加振順序

図-5 加振スケジュール

端を破断に至らしめた。なお、地震動に対する加振に先立って、ホワイトノイズ加振、パルス加振、スイープ加振を行った。躯体の塑性化を予定する加振の直後には、毎回ホワイトノイズ加振を行った。

5. 基礎部における入力動

El Centro 波レベル 2 と三の丸波を対象に、目標入力波と基礎部において計測された実入力動を比較する。図-6 にそれぞれの速度応答スペクトルを示す。El Centro 波の短周期帯や、三の丸波におけるスペクトルピークの 3 秒付近など、目標の地震動特性がほぼ再現されたといえる。

6. まとめ

架構の構造諸元と加振における条件を述べた。

謝辞

清水建設技術研究所、東京電力技術研究所、国土交通省中部地方整備局に地震動をご提供いただきました。大林組 佐野剛氏、鹿島建設 田上淳氏、清水建設 寺田岳彦氏、大成建設 木村雄一氏、竹中工務店 山本雅史氏には高層建物に関する資料をご提供いただきました。耐震性評価・機能確保研究運営委員会において多くのご助言をいただきました。付して感謝の意を表します。

文献

- 1) 武藤清、構造物の動的設計、1977
- 2) 山田祥平・北村有希子・吹田啓一郎・中島正愛：初期超高层ビル柱梁接合部の実大実験による耐震性能実験、日本建築学会構造系論文集、第 623 号、pp119、2008.1.
- 3) 佐藤俊明・壇一男：関東地震による首都圏の広帯域強震予測、免震構造設計指針、日本建築学会、pp.263-274、2001
- 4) 土方勝一郎・植竹富一・金谷淳二・真下貢・早川崇・渡辺基史・佐藤俊明：想定東海地震の東京湾岸における長周期地震動予測、日本建築学会構造系論文集、No.617, pp.55-62, 2007. 7
- 5) 愛知県設計用入力地震動研究協議会：愛知県設計用入力地震動の作成－想定地震による強震動予測－改訂版、2005

*1 (独)防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター

*2 (独)建築研究所 國際地震工学センター

*3 東京理科大学理工学部建築学科

*4 名古屋大学大学院環境学研究科

*5 京都大学防災研究所

Hyogo EERC, NIED

IISEE, BRI

Tokyo Univ. of Science

Nagoya Univ.

DPRI, Kyoto Univ.