T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	2042 性能評定シートによる既存超高層鋼構造建物の耐震性能評価：その2 柱梁接合部の実態調査・分析(構造)
Title	
著者(和文)	中川 真里奈, 佐藤 大樹, 大下 優作, 北村春幸, 長江拓也, 佐野剛志
Authors	daiki sato, Haruyuki Kitamura, TUYOSHI SANO
出典 / Citation	日本建築学会関東支部研究報告集, Vol. 81, No. 0,　2042
Citation(English)	, Vol. 81, No. 0,　2042
発行日 / Pub. date	2011, 2
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/110008730282

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

Architectural Institute of Japan

2042

2010年度日本建築学会
関東支部研究報告集

性能評定シートによる既存超高層鋼構造建物の耐震性能評価
その2　柱梁接合部の実態調査・分析

構造－振動

準会員 ○ 中川真里奈[*1]　正会員　佐藤大樹[*1]
〃　大下優作[*1]　〃　北村春幸[*1]
〃　長江拓也[*2]　〃　佐野剛志[*3]

鋼構造　超高層建物　柱梁接合部
長周期地震動

1.　はじめに

長周期地震動を受ける既存超高層建物の損傷過程と安全余裕度を検証することを目的として，1980 年代以前に建設された初期の超高層建物を想定した実物大架構実験が実大三次元震動破壊実験施設(E-ディフェンス）で行われた[1]。この実験により，現場溶接接合において柱梁接合部の早期破断が確認され，このことから既存の超高層建物においても同様な損傷過程が発生することが示唆された。

既存超高層建物の耐震性能については，用いられている接合種類や方法[2]を考慮した評価[3]が必要である。しかし，既存超高層建物の柱梁接合部について調査した例は少なく，正確な情報は把握できていない。

本報その1では，既存超高層鋼構造建物を対象として耐震性能分析を行った。本報その2では，主体構造である柱梁接合部に着目し，性能評定シートを用いた調査・分析を行い，その傾向を把握することを目的とする。

2.　調査項目及び対象建物

本報その2では，性能評定シートから柱梁接合部に関する記載を，柱部材断面形状，梁部材断面形状，柱梁仕口部，柱継手及び梁継手（フランジ・ウェブ別）の項目に分け，それぞれ調査・分析を行う（図1)。接合部は溶接形式，通し形式，接合方法について調査を行う。なお，1 つの建物に複数の構造種別を含む場合には，鋼構造の柱梁接合部に関して記載されているもののみを調査の対象としている。対象建物における，低層部，展望層，鉄塔部の柱梁接合部に関する記載は，本調査で除外している。超高層建物の全層に対して占める割合が小さいため，その建物から省略する。

性能評定シートの「柱・梁断面材料」の項目欄から柱・梁部材断面形状，「柱梁接合部」の項目欄から仕口部の溶接形式，通し形式，接合形式と柱・梁継手の接合方法を読み取る。また，仕口部に関する接合方法の記載がない場合は，以下に示す条件に従い分類を行う。

① 梁継手が現場接合と記載され，かつフランジが溶接接合，ウェブが高力ボルト及び溶接接合の場合は，梁継手を仕口部の接合と見なす。

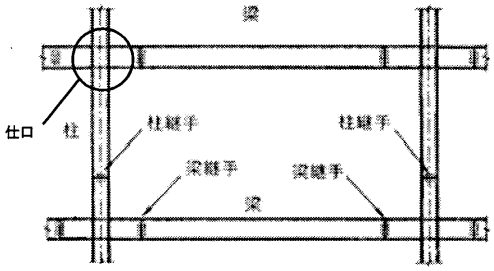


図1　柱梁接合部の仕口と継手[4]

表1　年代表及び分析対象建物棟数

	年代-1	年代-2	年代-3	年代-4	年代-5
年代	1966年1月 ～ 1981年5月	1981年6月 ～ 1989年12月	1990年1月 ～ 1994年12月	1995年1月 ～ 2001年5月	2001年6月 ～ 2007年8月
対象建物	172	106	291	-	-

② 梁継手のフランジとウェブが高力ボルト摩擦接合の場合は，仕口部を工場溶接接合と見なす。

以上に基づき，その 2 では，性能評定シートから柱梁接合に関する調査項目の判断が明確に断定できるもののみを対象建物とする。表1に，本報その2の対象建物を示す。(全569 棟)。

3.　通し形式と部材断面の細分類

表1に，柱部材，梁部材の断面形状の分類を示す。但し，溶接十字型断面が鋼構造と鉄骨鉄筋コンクリート構造の区別がされていない場合は，溶接十字型断面を鉄骨鉄筋コンクリート造と判断し，柱部材の調査対象から省く。図2に，表2で示した断面形状の分類が対象建物の中で占める割合を年代毎に示す。図2(a)の柱部材より，全ての年代において箱形断面が最も多いことが分かる。特に，Bw（溶接組立 BOX 等）が年代毎に増加傾向にあり，年代－3 では約75%を占めている。図2(b)の梁部材では，年代－1～3 を通して，H 型断面が全体の半分以上を占めていることが分かる。特に，箱形断面での Bw と同様に，H 型断面の中で溶接によって組立てられた Hw（組立 H 等）が最も多い。

表3に，仕口部の通し形式の分類を示す。なお，柱通しのダイヤフラムの形式について詳細が記載されていない場合は，C としている。また，鋳造ダイヤフラムを外ダイヤフラム形式に分類した。

NII-Electronic Library Service

図 3 に通し形式の分類が対象建物の中で占める割合を年代毎に示す。但し，年代−1 では通し形式について記載されている性能評定シートが少なかったために，判断ができたものは約 22%である。年代−1〜3 を通して，柱通し形式が多く用いられていることがわかる。

4. 接合部の細分類と調査

本章では，年代−1〜3 までの既存超高層建物の柱梁接合部が現場で溶接されている既存超高層建物の棟数を述べる。なお，本研究では，現場での溶接を用いた接合部が一ヵ所でもある場合，その建物の溶接形式を現場溶接に分類した。

4.1 年代別の溶接形式

図 4 に，工場・現場の接合形式の棟数を年代別に示した。年代−1〜3 の全体では現場溶接が 60%（357 棟）を占める。年代毎の傾向を見ると現場溶接が増加傾向にあり，年代−2 以降になると過半数が現場溶接となる。詳細には，年代−1 で全体の 37%（64 棟），

表 2 断面形状

(a) 柱部材

名称	略号	詳細名
箱形断面	B	ロールBOX形,BOX形鋼
	Bw	溶接BOX，溶接組立BOX，組立BOX形，BOXプレートビルトアップ，ユニバーサルBOX
	Bc	冷間BOX
	Bh	熱間成形角形鋼管
H形断面	H	ロールH，圧延H，極厚H，I型
	Hw	ビルトアップH(BH)，組立H，溶接H(WH)，I形プレートビルトアップ，溶接I
十字型断面	Cr	
円形断面	P	成形円形鋼管，Sコラム
	Pg	遠心力鋳鋼管（Gコラム）
	Pc	冷間成形円形鋼管
記載なし	N	

M：形状の異なるものを複数用いたもの

(b) 梁部材

名称	略号	詳細名
箱形断面	Bw	溶接BOX，溶接組立BOX，組立BOX形
H形断面	H	ロールH，圧延H
	Hw	ビルトアップH(BH)，組立H，溶接H(WH)，I形プレートビルトアップ，溶接I
	Hh	ハニカムH
その他	E	L型，T型
記載なし	N	

表 2 通し形式

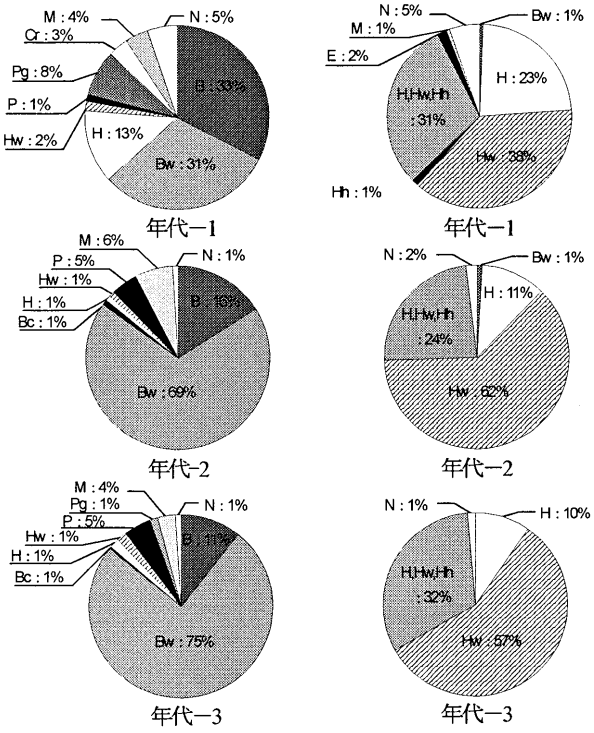
名称	略号		形式
柱通し	C	Ct	通しダイヤフラム
		Ci	内ダイヤフラム
		Co	外ダイヤフラム
梁通し	B		
記載なし	N		

表 3 溶接形式

名称	略号
工場での溶接	F
現場での溶接	S
記載なし	N

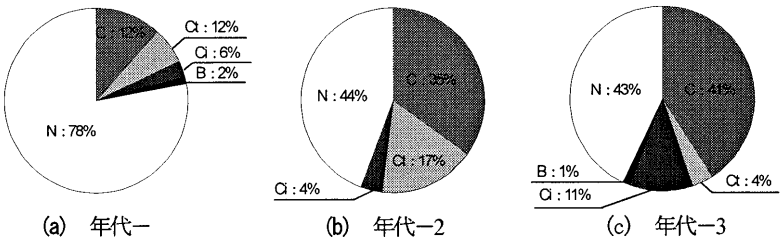
表 4 接合方法

名称	略号
溶接	W
高力ボルト	B
記載なし	N



(a) 柱部材　(b) 梁部材

図 2 断面形状の割合



(a) 年代−　(b) 年代−2　(c) 年代−3

図 3 通し形式の割合

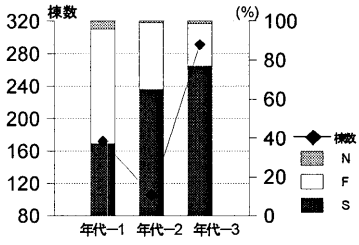
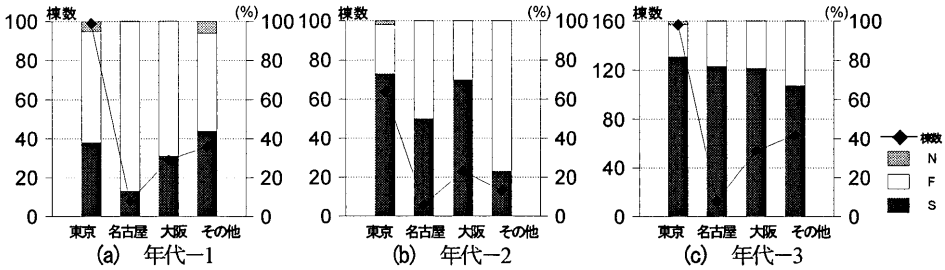


図 4 年代別溶接形式の棟数



(a) 年代−1　(b) 年代−2　(c) 年代−3

図 5 地区別溶接形式の棟数

NII-Electronic Library Service

年代−2は65%（69棟），年代−3では77%（224棟）を占めている。

4.2 地区別の溶接形式

本報その1と同様に，表1に示したその2での対象建物を東京地区，名古屋地区，大阪地区，その他に分類した。建物総数は東京地区で320棟，大阪地区で106棟，名古屋地区で27棟，その他で56棟であった。超高層建物は東京地区に集中し，全件の56%が東京地区に建設されている。図5に，各年代における地区毎の溶接形式の棟数を示す。現場溶接を用いた既存超高層建物は全地区（569棟）において50%以上を占めている。詳細には，年代−1〜3を通し，地区ごとに，東京地区で67%（213棟），名古屋地区で52%（14棟），大阪地区62%（66棟），その他55%（64棟）が現場溶接を用いた既存超高層建物である。東京地区は，大阪地区と名古屋地区に比べ，現場溶接の増加が大きい。年代−3では，大阪地区，名古屋地区も工場溶接から現場溶接に移行し，全ての地区で現場溶接が約80%を占める。

4.3 現場溶接を用いた柱梁部材の組み合わせ

図6に，現場接合を用いた既存超高層建物の柱部材，梁部材の組み合わせを示す。現場接合で柱部材が箱形断面，梁部材がH型断面を用いた組み合わせが，年代−1〜3それぞれで約90%を占めている。よって，以降の現場接合を用いた既存超高層建物の分析においては，柱部材が箱形断面，梁部材がH型断面の組み合わせ（331棟）に限定する。

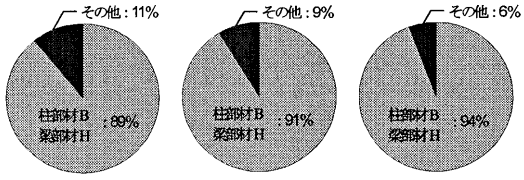
5. 現場溶接を用いた箱形断面柱の建物の調査

本章では，現場溶接を用いた柱部材が箱形断面，梁部材がH型断面の組みわせの既存超高層建物についての特徴を捉えるために年代別，地区別の分析を行う。

5.1 年代の違いによる傾向

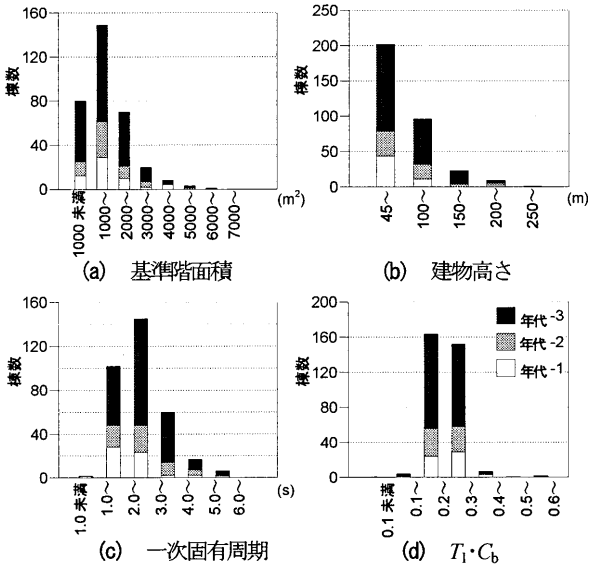
図7(a)に，年代毎に基準階面積の分布を棟数で示し，図7(b)に，年代毎で建物高さの分布を棟数で示す。年代−1〜3を通して，基準階面積では1000m^{2}以上2000 m^{2}未満の149棟（全体の45%），建物高さ45m以上100m未満の202棟（全体の61%）が最も多い。棟数に違いはあるものの，年代による傾向の違いはなく，基準階面積は1000m^{2}以上2000m^{2}未満に全体の45%が集中している。同様に，建物高さは45m以上150m未満の特定の範囲に全体の60%を占めている。また，年代−3になると150m以上の建物が多く見られるようになり，建物規模は年々拡大している傾向にあるが，基準階面積は年代毎の傾向の違いはなく，建物高さのみが高くなっている。

次に，一次固有周期T_1に着目した分析を行う。図7(c)に，年代毎に一次固有周期T_1の分布を棟数で示す。年代−1〜3を通し，一次固有周期T_1が1.0s以上3.0s未満の範囲に建物が集中しており，1.0s以上2.0s未満で102棟，2.0s以上3.0s未満で145棟と計247棟（全体の74%）となった。特に年代−1では90%がこの範囲に該当する。しかし，年代を追うごとに年代−2では，3.0s以上4.0s未満に17棟（年代−2の20%），年代−3では3.0s以上4.0 s未満に46棟（年代−3の21%）と一次固有周期T_1が長い建物に分布範囲が広がる傾向が見られる。



(a) 年代−1 (64棟)　(b) 年代−2 (69棟)　(c) 年代−3 (224棟)

図6 柱部材と梁部材の組み合わせの割合



(a) 基準階面積　(b) 建物高さ　(c) 一次固有周期　(d) $T_1 \cdot C_b$

図7 年代による現場溶接建物の棟数　（全331棟）

一次固有周期T_1に設計用標準せん断力係数であるベースシア係数C_bを乗じた値$T_1 \cdot C_b$に着目した分析を行う。図7(d)に，年代毎で$T_1 \cdot C_b$の分布を件数で示す。年代別での傾向は特に見られなかったが，全ての年代に共通して，$T_1 \cdot C_b = 0.2$〜0.4の範囲に集中していることがわかる。詳細には，$T_1 \cdot C_b = 0.2$〜0.3で164棟（全体の50%），$T_1 \cdot C_b = 0.3$〜0.4で152件（全体の46%）を占める。それ以外の範囲では，0.2未満が4件，0.5以上は2棟と全体の1%程で$T_1 \cdot C_b$の値の傾向が顕著に見られた。

5.2 地区の違いによる傾向

図8(a)に，地区毎に基準階面積の分布を件数で示し，図8(b)に，地区毎で建物高さの分布を件数で示す。最も多い基準階面積は，1000m^{2}以上2000m^{2}未満であり，東京地区で98棟（47%），名古屋地区で5棟（41%），大阪地区で26棟（46%）を占める。また，名

NII-Electronic Library Service

Architectural Institute of Japan

古屋地区は1000m^{2}未満が1000m^{2}以上2000m^{2}未満と同数の5件である。次いで，東京地区で2000m^{2}以上3000m^{2}未満の60件(29%)，大阪地区では1000m^{2}未満の21棟（37%）が多いことがわかる。従って，東京地区が他の地域よりも基準階面積が大きい建物に分布していることがわかる。また，建物高さは全ての地区で45m以上100m未満の202棟（61%）が最も多く，次いで100m以上150mの9棟（29%）である。一方，建物高さの高い200m以上の建物は60%を東京地区が占めている。

図8(c)に，地区毎で一次固有周期T_1の分布を棟数で示す。全地区とも一次固有周期T_1が1.0s以上3.0s未満の間に集中し，2.0s以上3.0s未満が最も多く東京地区で82棟（25%），大阪地区で31棟（29%），名古屋地区で6棟（22%），その他26棟（46%）であった。これは年代毎の分布と同じ傾向である。しかし，地区毎での傾向は特に見られないということがわかる。

図8(d)に，地区毎で$T_1 \cdot C_b$の分布を棟数で示す。全ての地区で90%以上の建物が$T_1 \cdot C_b$=0.2～0.4の間に収まっていることがわかる。東京地区，名古屋地区では$T_1 \cdot C_b$=0.3～0.4が最も多くそれぞれ111棟（35%），8棟（30%）を占める。大阪地区，その他では$T_1 \cdot C_b$=0.2～0.3が最も多くそれぞれ42棟（40%），31棟（55%）を占め，東京地区，名古屋地区に比べて$T_1 \cdot C_b$の値が小さいことがわかる。

6. まとめ

既存高層建物の柱梁接合部の実態把握を目的とし，柱梁接合部の仕口，柱継手，梁継手に着目した兵庫県南部地震以前の建物の調査・分析を行った。建物規模，一次固有周期T_1，標準せん断力係数の比較より以下の知見を得た。

(1) 本報その2の調査対象である既存超高層建物（全569棟）の中で，現場溶接を用いた既存超高層建物は63%であった。

(2) 年代－1では工場溶接が現場溶接に比べて多いが，年代－2以降は現場溶接に移行し増加傾向にあった。

(3) 現場溶接を用いた既存超高層建物は，東京周辺で206棟(64%)，大阪周辺で57棟（54%），名古屋周辺で12棟（46%），その他で56棟（48%）であった。

(4) 現場溶接を用いた既存超高層建物の中で，箱形断面柱とH型断面梁の組み合わせのものは，年代の違いによる傾向は見られなかった。年代－1～3を通して，331棟（93%）であった。

(5) 現場溶接を用いた既存超高層建物の建物規模は，基準階面積が1000～2000 m^2，建物高さが45～100mのものに多かった。これに，年代や地区の違いによる傾向はなかった。

(6) 基準階面積は，東京地区が他の地区に比べて大きい。建物高さの高い範囲である200m以上の建物の60%を東京地区で占めている。

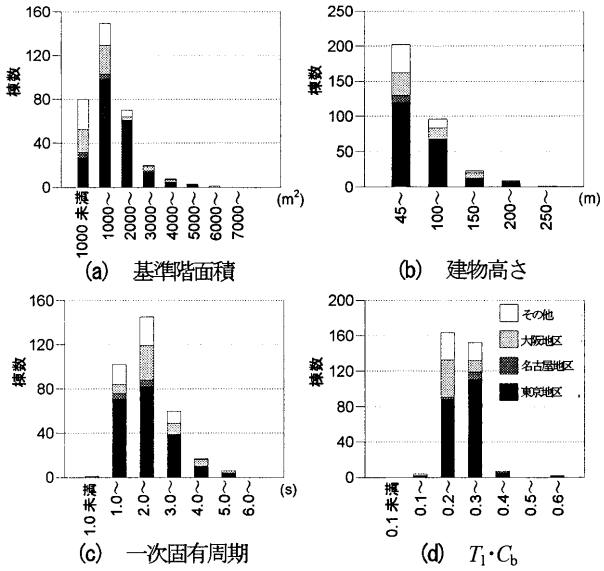


図8 地区による現場溶接の棟数 （全331棟）

(7) 現場溶接を用いた既存超高層建物の一次固有周期T_1は1.0s以上3.0s未満の範囲に多かった。一次固有周期T_1が長い建物ほど年代－3の占める割合は大きかった。一方，地区の違いによる傾向は見られなかった。

(8) 現場溶接を用いた既存超高層建物の$T_1 \cdot C_b$は0.2～0.4の範囲に多かった。年代の違いによる傾向は見られなかったが，東京地区と名古屋地区が大阪地区，その他に比べて大きいという地区の違いによる傾向が見られた。

今後，兵庫県南部地震以降の性能評定シートについても，引き続き調査・分析を行う予定である。

謝辞
本研究は文部科学省が推進する「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」の一環として、(独) 防災科学技術研究所が受託した「②都市施設の耐震性能評価・機能確保に関する研究」の成果の一部です。 また、本研究で用いている既存建物データベースは東京理科大学寺本研究室から提供して頂いたものです。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

1) 長江拓也，鐘育霖，島田侑，福山國夫，梶原浩一，井上貴仁，中島正愛，斉藤大樹，北村春幸，福和伸夫，日高桃子：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

2) 鶴田明：わが国の超高層建物とその溶接，1972.8.1

3) 北村春幸，宮内洋二，浦本弥樹：性能設計における耐震性能判断基準値に関する研究－JSCA 耐震性能メニューの安全限界値と余裕度レベルの検討－，日本建築学会構造系論文集，第604号，pp.183-191，2006.6

4) 甲津功夫，吹田啓一郎：これからの鉄骨構造，2001.6.15

*1 東京理科大学理工学部建築学科
*2 独立行政法人 防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター
*3 株式会社 大林組 技術研究所

NII-Electronic Library Service