

## 【論文】

## 柱梁接合部と柱脚についての実態調査

九谷 和秀\* 白川 敏夫\* 吉住 孝志\*\* 濱田 敬二\*\*\* 河野 昭彦\*\*\*\*

## Research on the Actual Conditions of Beam-to-column Connections and Column Bases

Kazuhide KUTANI Toshio SHIRAKAWA Takashi YOSHIKAWA  
Keiji HAMADA Akihiko KAWANO

**ABSTRACT** To contribute to the improvement of the structural design method of the steel structure, the questionnaire survey of the fabrication in Kyushu was executed. In this report, the situation of collection of the questionnaire executed to the structural steelwork of 30 tons or more during the period from April 1, 2003 to March 31, 2004, the actual conditions of the structural steelwork and the fabrication, and especially, the actual conditions of beam-to-column connections and column bases are analyzed and considered.

Keywords: *beam-to-column connection, column base, questionnaire survey*

## 1. はじめに

鐵鋼連盟九州地区サブネットワーク（幹事長：九州大学教授 河野昭彦）では、2004年度事業の一つとして、柱梁接合部や柱脚の設計・製作の実態を把握し、建築鉄骨の設計法の改善と適格な建築行政の後押しに寄与することを目的とし、九州地区の建築鉄骨の製作に関するアンケート調査を実施した。本報告では、アンケートの回収状況、対象期間中の工事と製作の実態、柱梁接合部の実態、並びに柱脚の実態について分析・考察する。

## 2. 調査項目

アンケート対象工場は、九州鉄構工業連合会の全会員 295 工場とし、対象工事は 2003 年 4 月 1 日から 2004 年 3 月 31 日までの 30 トン以上の製作工事物件に限定した。なお、調査期間は 2004 年 9 月 1 日から 12 月末までの約 4 ヶ月を要した。

調査内容は、構造概要については、構造種別、製作開始月、鋼材重量、階数、延べ面積、柱梁の

\* 九州産業大学工学部建築学科

\*\* 久留米工業大学建築・設備工学科

\*\*\* 織本匠構造設計研究所

\*\*\*\* 九州大学大学院人間環境学研究院

鋼種及び柱の形状寸法とした。柱梁接合部については、接合形式、現場接合方法及びスカラップの方式とした。柱脚については、柱脚の形式、ベースプレートの鋼種・板厚、アンカーボルト鋼種・本数・ねじ製法、並びに製作品と既製品の区別とした。また、建築鉄骨を製作するうえで困っていることについての意見欄を設けた。

## 3. 結果と考察

## 3.1 アンケート回収状況

回答数は、全 295 工場中、回答が 134、対象工事なしが 48、無回答が 113 で、回収率は 62 %となる。また、回答 134 工場が所有する大臣認定グレードの内訳は、図-1 に示すように H,M,R,J 及び未認定の順に 25,72,29,1,7 工場であり、それぞれ 19,53,22,1,5%を占める。

回答を得た工事件数は 1149 件、製作重量にして 26.8 万トンである。回収率は、図-2 に示すように 4,5,7 月を除いて若干低く、本アンケート対象期間中の九州地区における建築関連の鉄骨需要量 74.3 万トンの 36%に相当する。

## 3.2 工事と製作の実態

工事件数と製作重量の関係を月別、構造別、重

量別, 階数別, 柱断面別, 柱鋼種別に分析し, それぞれ図-3の(a)~(f)に示す。

同図(a)の月別の分析から, 工事件数は比較的一定しているものの製作重量のピークは7月の4万トンであり, その後は2万トン前後を推移し, 下降気味であることが分かる。

同図(b)の構造別の分析から, 工事件数と製作重量には概ね相関があり, 工事件数1149の内訳は, S, SRC, S・SRC, S・SRC・CFT, CFT 及びその他の構造の順に1019, 99, 18, 1, 1, 11件であり, S造は全工事の88%を占め, 圧倒的多数であることが分かる。また, 製作重量26.8万トンの内訳は, 同順に20.1, 3.5, 1.4, 0.6, 0.3, 0.9万トンであり, S造は全重量の76%に達し, 圧倒的多数である。

同図(c)の重量別の分析から, 重量ランクが上がるに従い, 工事件数は級数的に減少し, 逆に製作重量は微増する傾向にあることが分かる。特に, 100トン未満は, 件数が602で53%を占めるのに対し, 製作重量が3.2万トンで12%と極めて少なく, 重量主体の価格設定では厳しい状況であろう。

同図(d)の階数別の分析から, 階数3以下は工事件数905, 製作重量15.0万トンで, それぞれ79.56%を占めることが分かる。平屋は小規模の建物が多く, 工事件数402, 製作重量4.8万トンで, それぞれ36.18%と1件当たりの重量が極めて少ない。階数2は工事件数372, 製作重量6.3万トンで, それぞれ32.24%と1件当たりの重量が平屋の約1.5倍に増大する。階数3は工事件数131, 製作重量3.9万トンで, それぞれ11.14%と1件当たりの重量が平屋の約2.5倍に増大する。階数4以上は, この傾向が強まるが, 階数11~15は階数4~10の半分程度に減少する。これは, 階数11~15の約95%がSRC造であり, マンション・ホテルが多く, 床面積あるいは鋼材量自体が少ない工事が多いためと推察される。

同図(e)の柱断面別の分析から, 角形鋼管柱は工事件数が777で68%, 製作重量が17.2万トンで64%を占め, 最も多用されていることが分かる。次いで, H形鋼柱は工事件数が330で29%, 製作重量が7.2万トンで27%を占める。上記2種類で, 実に工事件数の96%, 製作重量の91%を占める。特に, 十・T形断面の柱は工事件数が1%, 製作重量が4%と少なく, SRC造が激減している状況を物語っている。

同図(f)の柱鋼種別の分析から, 工事件数の上位5位は, STKR400, BCR295, SS400, SM490, BCP325の順に, 36, 27, 19, 7.4%を占め, 同じく製作重量は,

BCR, BCP, STKR, SM, SS材の順に, 28, 19, 16, 12, 11%を占めることが分かる。特に, STKRの工事件数は36%と第1位であるが, 製作重量はBCR, BCPに次ぐ第3位の16%と少ない。この理由の一つとして, 当時の新規格鋼材の入手難が挙げられ, 比較的小規模かつ低層の建物に対して流通品のSTKR材が使用されたと考えられる。

### 3.3 柱梁接合部の実態

柱梁接合部の形式をS造とSRC造に分類し, それぞれ図-4の(a), (b)に示す。

同図(a)から, S造の工事件数は1019件あり, 通しダイアフラム, 柱通し, 梁通し及び内ダイアフラム形式の順に725, 82, 72, 39件で, それぞれ71.8, 7.4%を占め, 通しダイアフラムの件数が圧倒的に多いことが分かる。なお, 製作重量では通しダイアフラムが75%を占める。

同図(b)から, SRC造の工事件数は99件あり, 梁通し, 梁・柱通し及び柱通し形式の順に74, 6, 4件, それぞれ75.6, 4%を占め, 梁通しの件数が圧倒的に多いことが分かる。なお, 製作重量では梁通しが70%, 梁・柱通し(大型の物件に使用されている)が18%を占める。

次に, S造の柱梁接合部の形式を角形・円形断面とそれ以外の断面の柱を有するものに分類し, それぞれ図-5の(a), (b)に示す。

同図(a)から, S造の工事件数1019件のうち角形, 円形断面の柱は782件あり, そのうち通しダイアフラム形式は725件, 93%を占め, 圧倒的多数であることが分かる。

同図(b)から, S造の工事件数1019件のうち角形, 円形断面以外の柱は237件あり, そのうち柱通し形式が82件, 35%, 梁通し形式が72件, 30%を占めることが分かる。なお, その他とする回答も57件, 24%と可成り多いが, アンケート項目の不備によるものであり, その他の大部分が上記2形式のいずれかに属するものと考えられる。

次に, 大梁の現場接合形式(仕口, 継手)について分析し, 図-6に示す。高力ボルト接合は工事件数が1042件で91%を占め, 製作重量が18.9万トンで71%を占める。溶接接合は工事件数が52件で5%と少ないが, 製作重量が5.4万トンで20%を占め, 千トン以上の工事を31%含む。

最後に, スカラップの形式について分析し, 図-7に示す。改良型スカラップは, 工事件数が900件で78%を占め, 製作重量が17.7万トンで66%を占める。ノンスカラップは, 工事件数が114件で10%と少ないが, 製作重量が5.9万トンで22%

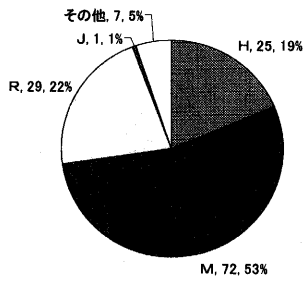


図-1 回答工場と認定グレード (計134工場)

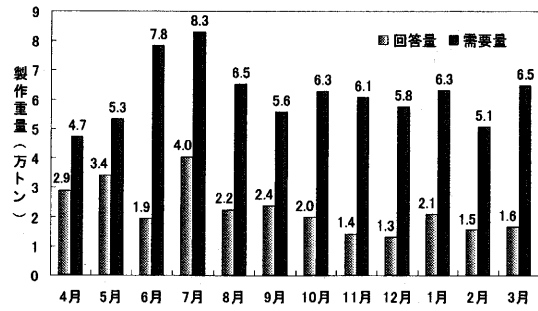
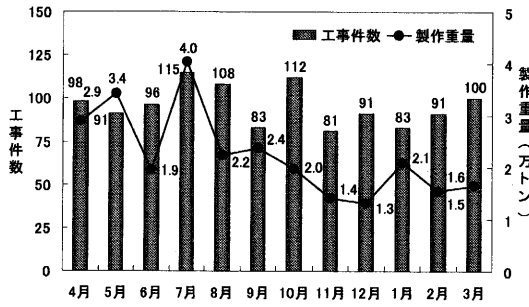
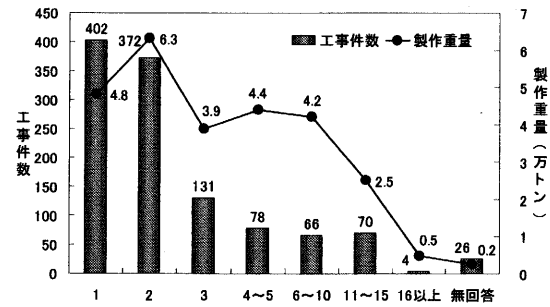


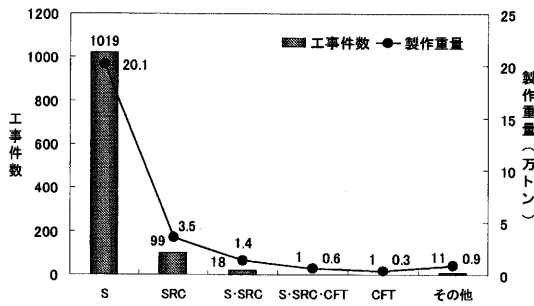
図-2 製作重量と鉄骨需要量 (26.8万トン) (74.3万トン)



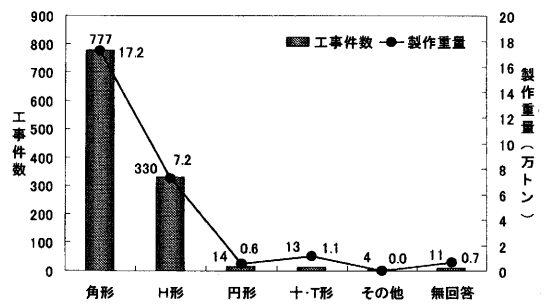
(a) 月別



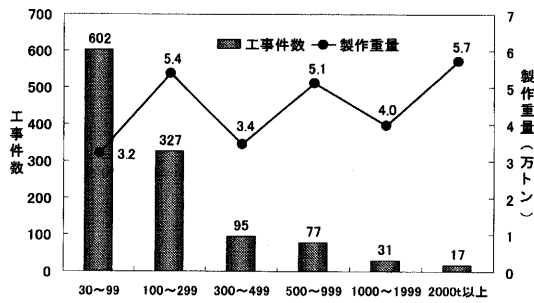
(d) 階数別



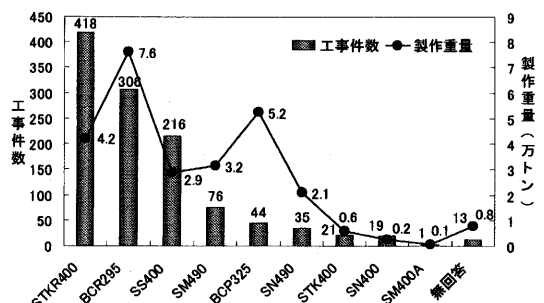
(b) 構造別



(e) 柱断面別

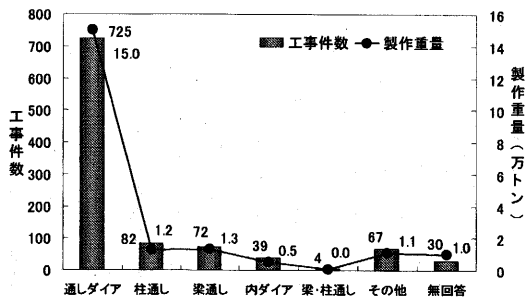


(c) 重量別



(f) 柱鋼種別

図-3 工事件数 (計1149件) と製作重量 (計26.8万トン)



(a) S造の接合部 (1019件)

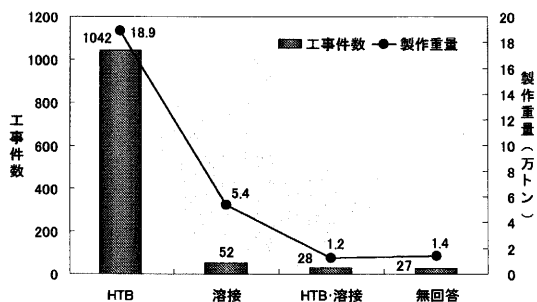
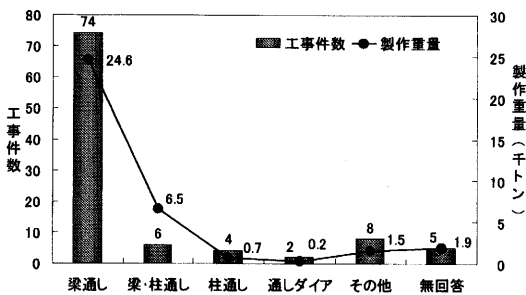


図-6 大梁の現場接合形式(仕口, 継手, 計1149件)



(b) SRC造の接合部 (99件)

図-4 柱梁接合部の形式 (計1118件)

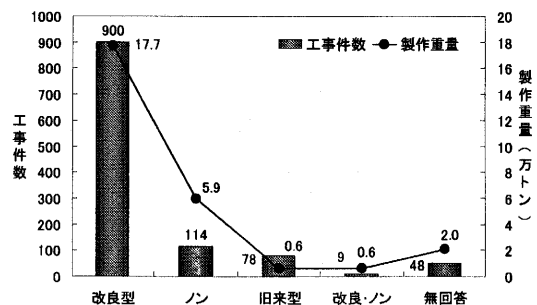
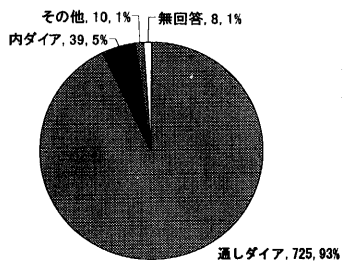
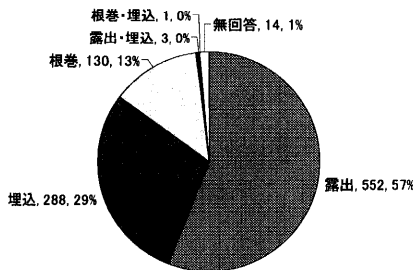


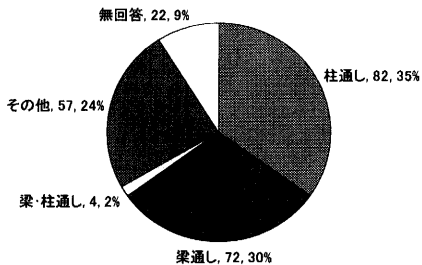
図-7 スカラップの形式 (計1149件)



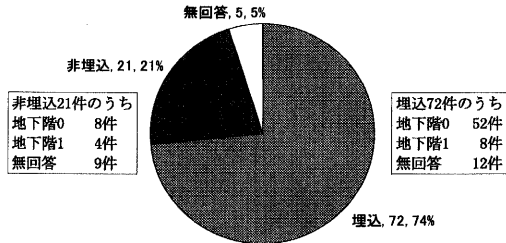
(a) 角, 円形断面の柱 (782件)



(a) S造の柱脚 (988件)



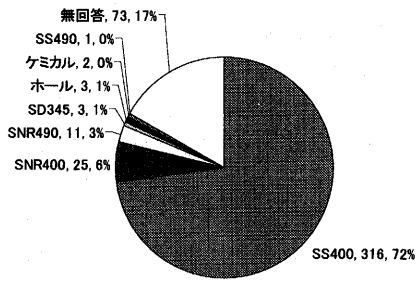
(b) 角, 円形断面以外の柱 (計237件)



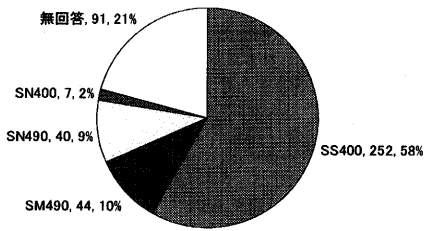
(b) SRC造の柱脚 (98件)

図-5 S造の柱梁接合部の形式 (計1019件)

図-8 柱脚の形式 (計1086件)



(a) アンカーボルト (434件)



(b) ベースプレート (434件)

図-9 露出柱脚製作品の鋼種 (計434件)

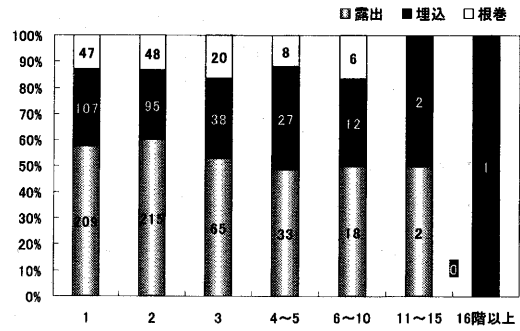


図-11 階数と柱脚形式 (計953件)

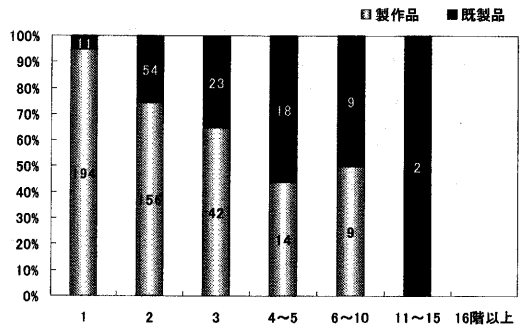
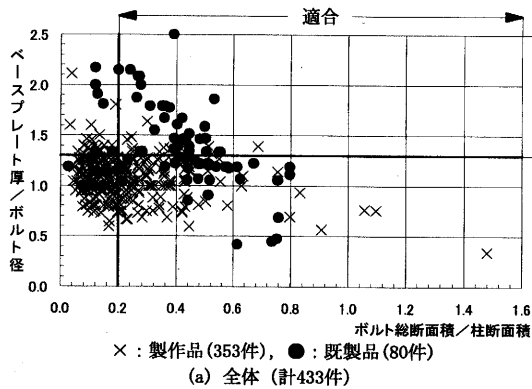
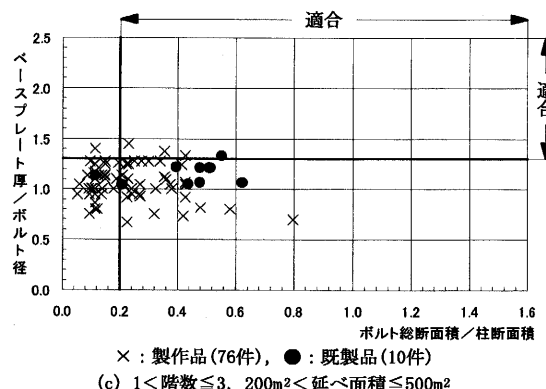


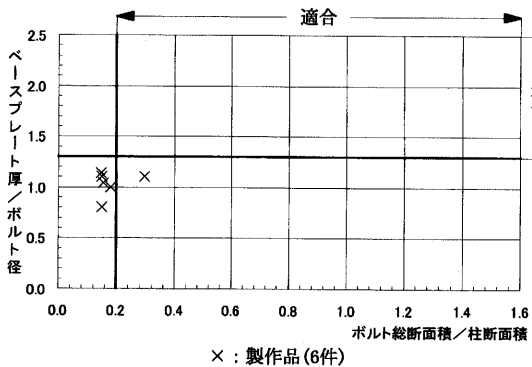
図-12 階数と露出柱脚製品 (計532件)



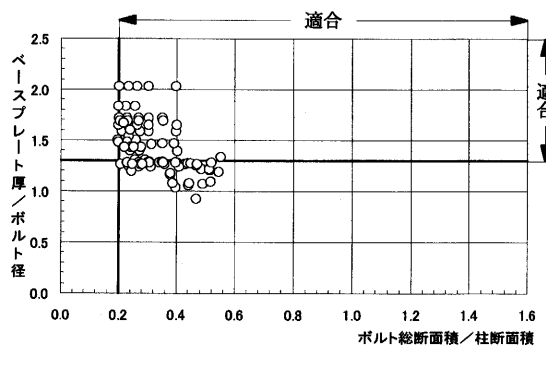
(a) 全体 (計433件)



(c) 1<階数≤3, 200m<sup>2</sup><延べ面積≤500m<sup>2</sup>



(b) 階数≤1, 延べ面積≤200m<sup>2</sup>



(d) メーカー2社のカタログ性能 (計92種)

告示1456号: 構造計算しない場合, ボルト総断面積/柱断面積≥0.2 かつ ベースプレート厚/ボルト径≥1.3

図-10 露出柱脚と告示の整合性

を占めており、千トン以上の工事を 15%含む。ノンスラップ工法が思いのほか普及していない原因として、通しダイアフラム内法に梁端ウェブを納める加工の効率の問題が挙げられよう。

### 3.4 柱脚の実態

詳細な分析を行うため、部分請け、保存・改修、耐震補強、仮設、屋根・上屋、屋上駐車場、競技場スタンド、渡り廊下、エレベータシャフト等及びその他の構造形式と特記された 43 件を除いた。したがって、件数は 1106 となり、そのうち S 造は 988 件で 89%、SRC 造は 98 件で 9%を占める。

S 造 988 件の柱脚は、図-8 の(a)に示すように露出、埋込、根巻き、露出・埋込、根巻き・埋込及び無回答の順に 552,288,130,3,1,14 件であり、露出が 57%と過半数を占め、埋込が 29%、根巻きが 13%を占める。また、SRC 造 98 件の柱脚は、同図(b)のように埋込 72 件、非埋込 21 件であり、埋込が 74%と圧倒的に多い。露出柱脚 552 件のうち、製作品と既製品は、それぞれ 434,118 件であり、製作品が 79%を占め圧倒的に多い。

製作品 434 件の柱脚のアンカーボルトとベースプレートの鋼種を、それぞれ図-9 の(a), (b)に示す。両者とも SS400 が圧倒的に多い。無回答を SS400 と解釈すると、アンカーボルトの約 9 割が旧態依然と推測され、建築構造用アンカーボルトの早急な普及が望まれる。また、無回答が両者の鋼種についてそれぞれ約 2 割もあるようでは、製作側の書類管理姿勢も問われよう。

露出柱脚と国土交通省告示 1456 号との整合性について図-10 の(a)~(d)に示す。ここでは、露出柱脚 552 件から回答不備の、既製品 38 と製作品 81 件（ケミカル、ホールアンカーを含む）を除いた。なお、構造計算により構造耐力上主要な部分の断面に生ずる長期及び短期の各応力度が各許容応力度を超えないことを確認することにより、安全性が確認された場合には、国土交通省告示 1456 号の規定に適合する必要は必ずしもないが、概ね以下のことが言えよう。

同図(a)から、ベースプレート厚、アンカーボルト総断面積ともに既製品の方が製作品に勝っていることが分かる。製作品のうち告示に適合するものは 16 件で、5%と極めて少ない状況である。

同図(b)は階数 1 以下、延べ面積 200m<sup>2</sup> 以下で計算による確認が省略できる場合であるが、明らかに告示に適合せず、不良鉄骨の可能性が高い。

同図(c)は階数 3 以下、延べ面積 500m<sup>2</sup> 以下で、行政によっては計算書等の提出義務がない場合で

あるが、製作品のうち告示に適合するものは 3 件で、4%と極めて少なく、問題のある建物も少なからず含まれていよう。

なお、既製品については、今回の調査で使用率の高かった上位 2 社の協力を得て、同図(d)にカタログ上の性能を示す。同図(a)の既製品の分布と異なり、ボルト総断面積の下限値が柱断面積の 20%、並びにベースプレート厚がボルト径の 90%を下回るものは殆ど見受けられない。すなわち、同図(a)の既製品についての回答には、若干の記入ミスが含まれているものと思われる。

次に、階数と柱脚形式の関係を図-11 に示す。階数 10 以下では、露出、埋込、根巻き柱脚の使用率は階数に無関係で概ね一定に近く、それぞれ 54,32,14%である。階数 11 ~ 15 では露出と埋込が同率、階数 16 以上は全て埋込である。

階数と露出柱脚製品の関係を図-12 に示す。既製品の使用率は、階数 1 ~ 3 では順に 5,23,35%と増加し、階数 4 ~ 10 では約 50%、階数 11 以上では 100%と高層ほど上昇する傾向にある。

### 3.5 寄せられた意見

意見の多くは、以下のように集約される。意匠図と構造図の食い違い及び詳細図の不足する図面が多い。見積もり時に設計仕様書が渡されない場合がある。設計変更が多く現場サイドのチェックバックも遅い。材質・スラップ・ダイアフラム寸法が明記されていない。ベースプレートはしあき不足・寸法変更・後加工孔が多い。アンカーセットを考慮した配筋となっていない。これらは全て、設計・施工側の不備等に関する意見であり、品質補償の観点から早急に改善する必要がある。

## 4. 結び

以上の通り、本アンケート調査によって九州地区における建築鉄骨工事と製作の実態、柱梁接合部及び柱脚の設計・製作の実態を概ね把握できた。本調査結果が今後の建築鉄骨の設計・製作の改善、並びに更なる品質向上に繋がることを期待する。

**謝辞** アンケート調査に当たり、九州鉄構工業連合会、九州各県の鉄構工業会事務局並びに会員皆様方のご協力を得ました。ここに謝意を表します。