

S造とSRC造の建物の柱脚の実験的研究 (その7)

—新しい柱脚埋込工法“ホール・イン工法”—

木村 耕三 小嶋 克朗
武田 寿一 高橋 泰彦
高木 正敏 柏原 康則
(本社 建築本部 設計第三部) (本社 建築本部 設計第三部)

An Experimental Investigation of Column Bases of Steel Reinforced Concrete Structure (Part 7)

—A New Execution Method for Embedded Column Bases, “Hole-In-Method”—

Kozo Kimura Yoshiro Kobatake
Toshikazu Takeda Yasuhiko Takahashi
Masatoshi Takagi Yasunori Kashiwabara

Abstract

Embedded column bases which have good structural behaviors have been adopted recently in spite of some problems concerning execution of work. A new execution method for embedded column bases which have good structural behaviors and a procedure for construction have been developed, which have been named “Hole-In-Method”. This method has many merits in execution. Especially, it is effective when the fabrication period for structural steel poses a problem in the construction schedule.

This paper describes the characteristics, the designing and construction procedure, and the effects on execution and cost by the “Hole-In-Method”.

概要

埋込型柱脚は、優れた構造性能を有しているため、最近、多く使用されている。しかし、施工のしやすい露出型柱脚に比べて施工面でいくつかの問題点がある。そこで、筆者らは、埋込型柱脚の優れた性能をもち、かつ、露出型柱脚に近い優れた施工性をもつ新しい埋込型柱脚の施工法を考案、ホール・イン工法と名付けて実用化した。ホール・イン工法は、在来工法にない、色々な施工上の利点を有するが、とりわけ、鉄骨製作期間が工程上、支障をきたす場合に有効である。

この報告では、ホール・イン工法の特徴、設計、施工法および本工法採用による施工、コストへの波及効果について述べる。

1. 序

鉄骨造および鉄骨鉄筋コンクリート造の建物において、新耐震設計法の主旨にしたがって建物の崩壊メカニズムを考えると、通常、柱脚部では基礎ばりの耐力、剛性が高いので鉄骨柱の脚部にヒンジができ、この部分には大きな変形能とエネルギー吸収性が要求される。そのため、優れた構造性能をもった柱脚として、柱の鉄骨を基礎ばりに埋込む形式が多く用いられてきた。しかし、この形式の柱脚は、構造的に優れている反面、基礎ばりの上端

に鉄骨柱が設置される露出型柱脚に比べて施工的にいくつかの問題点がある。そこで、在来工法を改良して問題点の少ない新しい埋込型柱脚を考案し、ホール・イン工法と名付けて実用化した。実用化に際しては、模型実験により、その構造性能が在来工法によるものと遜色がないことを確認した¹⁾。

2. 在来工法による埋込型柱脚の施工方法と問題点

在来工法による埋込型柱脚の施工順序を図-1(a)に示

す。

- (1) 基礎の配筋後、コンクリートを打設する。
- (2) 必要強度発現後、仮設棧橋より鉄骨の建方を行なう。
- (3) 基礎ばり配筋後、上端までコンクリートを打設する。
- (4) 埋戻し後、床スラブのコンクリートを打設する。
- (5) 第2節以降の鉄骨建方を行なう。

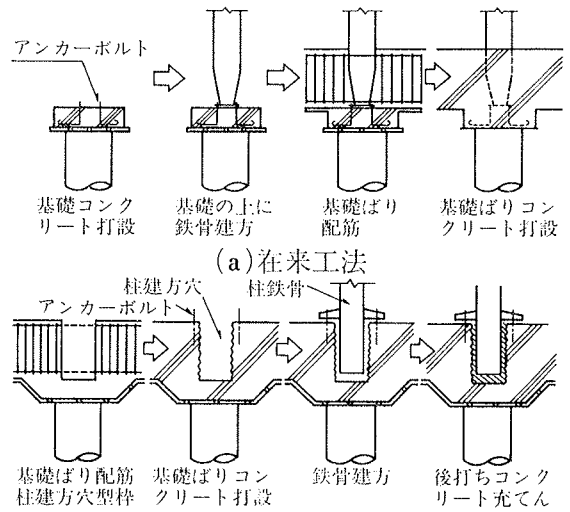
埋戻型柱脚では、施工のしやすい露出型柱脚に比べると、施工上、次のような問題点が生じることがある。

- (1) 着工から鉄骨建方までの期間が短かく、鉄骨製作期間が工程上支障をきたす。
 - (2) 鉄骨のために隣地境界の親杭などの引抜きが困難となる。
 - (3) 柱脚鉄骨のために、基礎ばりの配筋が多少繁雑となる。
 - (4) 部分的に鉄骨建方を後まわしにすることが難しい。
 - (5) 鉄骨建方のためにトラック棧橋が一般に必要な。
 - (6) 柱鉄骨があるため、埋戻しに手間がかかる。
- これらの問題点を改善して露出型柱脚に近い優れた施工性と、埋戻型柱脚と同等の優れた構造性能を有する埋戻型柱脚の施工法として、ホール・イン工法を開発した。

3. ホール・イン工法による埋戻型柱脚

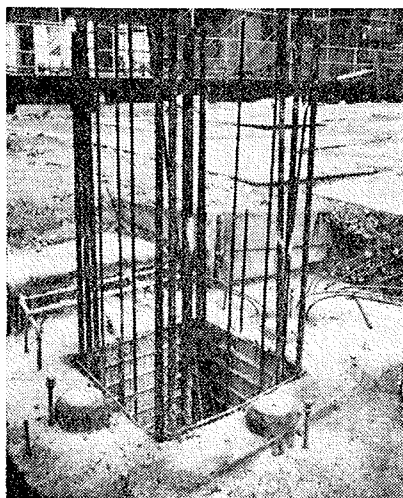
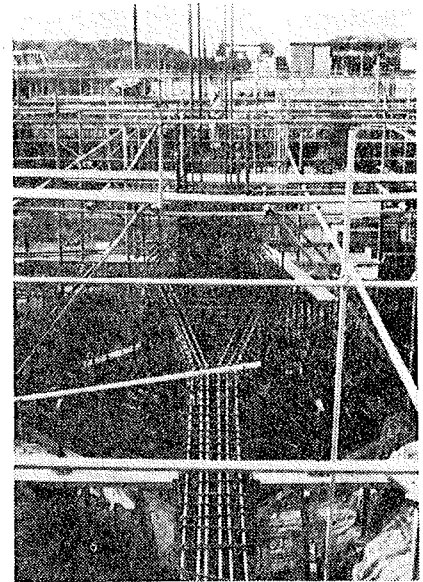
3.1. 施工方法と特徴

ホール・イン工法は、基礎ばり打設時に柱脚部を箱抜き状態にして柱建方用の穴を確保し、基礎ばり完成後に柱鉄骨を建込み、柱周りに後打ちコンクリートを充填することによって埋戻型柱脚を施工する方法である。



(a) 在来工法
(b) ホール・イン工法
図一 埋戻型柱脚の施工方法

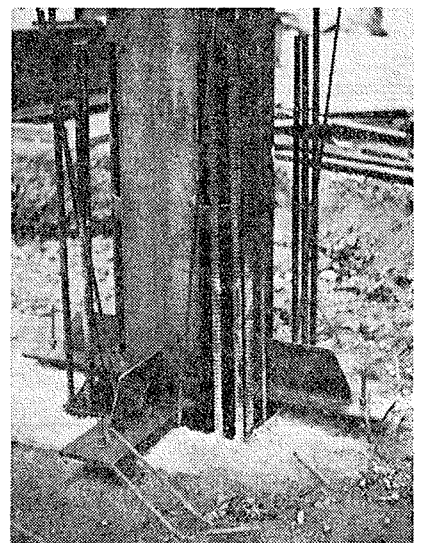
写真一
基礎ばりの配筋



写真二 ベースモルタルの施工



写真三 鉄骨柱の建方



写真四 アンカーボルトの締付け、建入れ直し

ホール・イン工法による施工順序を図一1 (b)に示す。

- (1) 柱主筋，フープの配筋。
- (2) 柱建方用穴の型枠を取り付ける。
- (3) 基礎ばり配筋およびアンカーボルトをセットし，基礎ばりコンクリートを打設する。
- (4) 基礎ばり周辺を埋戻した後，ベースモルタルを施工。
- (5) 鉄骨建方，アンカーボルトの締付け，建入れ直しをする。
- (6) 鉄骨ジョイントの本締め。
- (7) 柱建方用穴へ，後打ちコンクリートを打設する。
- (8) 床配筋，床コンクリート打設後，第2節以降の鉄骨建方を行なう。

在来工法と比較すると，②および⑦の作業が増えている。さらに，⑤の鉄骨建方およびアンカーボルトの締付け時期が大きく異なっている。

ホール・イン工法の特徴は，埋込型柱脚でありながら基礎ばりコンクリート打設後に鉄骨の建方ができることである。また，アンカーボルトの位置が，柱の底面から側面にかわる。このボルトは，柱の軸力処理のほか，柱の横倒れ防止や，建入れ直しに利用できる。もう一つの大きな特徴は，基礎ばりコンクリートと後打ちコンクリートの間に打継ぎ面ができることである。打継ぎ面では柱フープの外側にリブラスを巻きつけているので，基礎ばりコンクリート打設後の穴の内部は，写真に示すように完全な粗面となり，基礎ばりコンクリートと後打ちコンクリートとの一体性が確保される。柱建方用穴の形状は，SRC造では，柱主筋との関係で，矩形となるが，S造では，円形とすることができる。これによって，フープ筋の効果を高め，性能を向上させることができる。

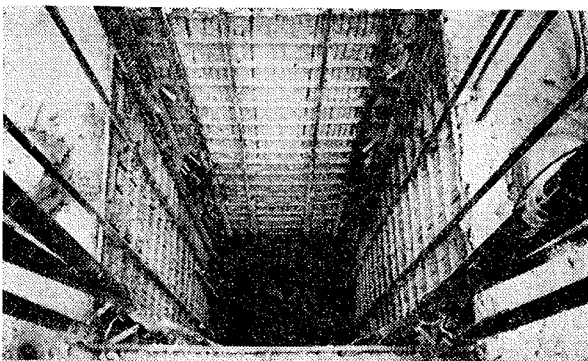


写真-5 柱建方用穴，内部の粗面状況

3.2. 施工上の留意点

ホール・イン工法の施工では，柱建方用穴の施工管理が建物の精度，性能を左右するといっても過言ではない。そのため，施工前に綿密な検討を行なうとともに，施工に当たっては，特に次の点に留意する必要がある。

柱主筋およびアンカーボルトの据付精度が，建方精度を左右するため，精度よく配置し，移動や横倒れを防止する。リブラスは，基礎ばり配筋前に，柱フープの外側からフープ筋に密着するように取り付ける。

基礎ばりのコンクリートは，柱建方用穴の全体精度が確保できるように打設する。コンクリート強度に有害な垂直面のノロ，底部のレイタンスなどは，コンクリート打設後硬化しない適当な時期に除去し，それ以降柱建方用穴へのゴミなどの落下を防止するよう，対策を講じる。

鉄骨建方後，後打ちコンクリートを打設する時には，事前に，打継ぎ面に散水し，十分に湿潤状態にするとともに，内部の水替えをする。後打ちコンクリートは，基礎ばりコンクリートとの一体性が確保されるように配慮する。打設後は，十分養生し，強度が発現したことを確認した上で，次工程の作業を始める。

3.3. ホール・イン工法柱脚の設計

柱脚部は，鉄骨柱の脚部に塑性ヒンジが形成される以前に，破壊が生じないように設計しなければならない。

埋込型柱脚において，四方に基礎ばりが取り付く中柱では，図一2 (a)に示すように，支圧力によって力が基礎ばりに伝達される。したがって，柱脚の耐力チェックは，矩形の支圧分布を仮定して行なう。しかし，建物外周部の側柱あるいは隅柱では，図一2 (b)に示すように基礎ばりの取り付けない面に生じる支圧力は，鉄筋などによって柱を迂回させて反対側の基礎ばりに伝えなければならない。

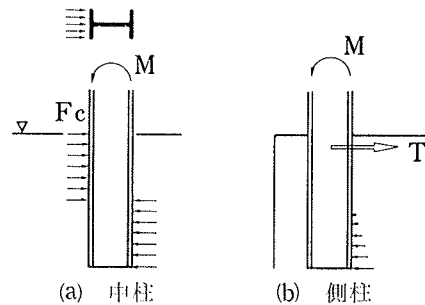


図-2 埋込型柱脚の応力分布

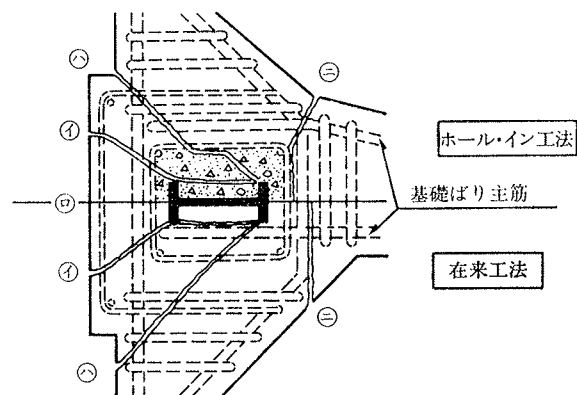


図-3 側柱柱脚の破壊パターン

破壊パターンをもとに、設計法と補強法を説明する。

図-3は、埋込型側柱柱脚上端面の破壊パターンである。在来工法とホール・イン工法の違いは、①の破壊パターンである。すなわち、ホール・イン工法による柱脚では、引張フランジ先端から45°方向に発生したひびわれ①は、打継ぎ部から打継ぎ面に沿って進んだのち、柱脚前面の入隅部などに向かって再び斜め方向に伸びる傾向がある。したがって、①の破壊を防止するためには、基礎ばり主筋をひびわれよりも外側に定着しなければならない。

在来工法では、主筋がフープ内にアンカーされるため比較的容易に定着を確保することができる。一方、ホール・イン工法では、①の破壊を防止するために図-4に示すような方法が取られる。すなわち、(a)は、基礎ばり主筋を前方に延長する方法で、中柱柱脚に近いものとなっている。しかし、これは、建物が隣地境界線から離れ、敷地に余裕のある場合に限られる。

(b)は、U字型基礎ばり配筋による方法である。この方法では、鉄骨フランジからの支圧力は、リングテンションとなって、はり主筋に直接入ってゆくため、力の流れがスムーズで、主筋の抜け出しも防止される。また、基礎ばり主筋は、①②③のいずれの破壊パターンに対しても補強効果を示す。しかし、配筋の納まりが悪いことや、加工・組立が難しいという、設計・施工上の難点がある。

(c)~(e)は、各種補強筋による方法である。(c)の八字型補強筋は、他の補強筋に比べて施工性はよい。しかし、①のひびわれに対して、八字型補強筋は、せん断抵抗の様相が濃く、他の場合は、直接、引張力を負担する。したがって、補強筋としては、(d)、(e)の方が効果があり、さらに、力の流れからは、(e)のリング筋が最も好ましい補強筋と考えられる。

①のせん断破壊パターンに対する柱脚の設計は、軽微な建物の場合、鉄筋のみで処理し、大規模な建物では、鉄筋だけでなく、コンクリートにも耐力を期待することも考えられる。なお、①および②の破壊に対しては、ひびわれ①よりも前方にあるコンクリートブロックを耐荷ばりと考え、RCばりの耐力式を用いて設計できる。これらの設計法の詳細は、文献(2)、(3)に述べている。

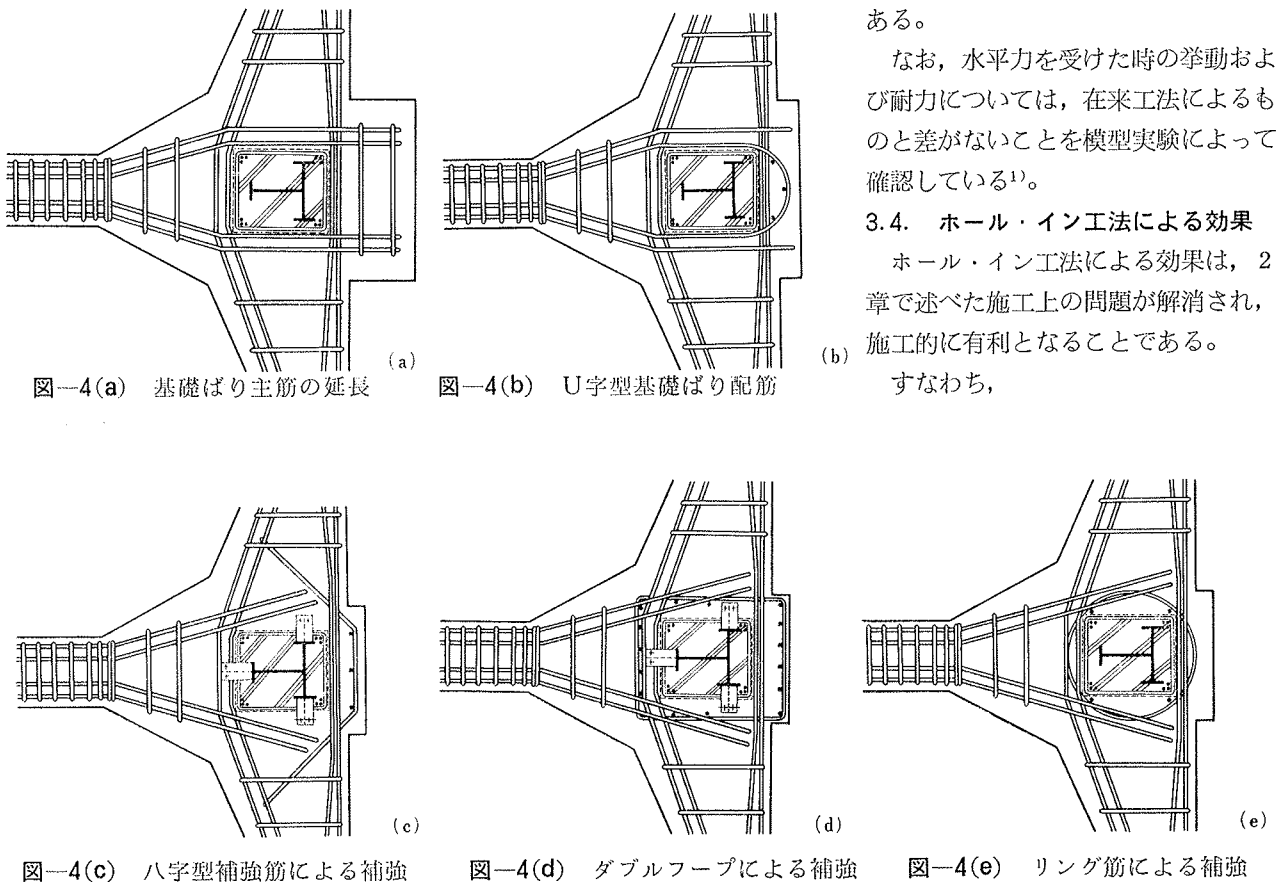
柱の軸力は、アンカーボルトによって直接、基礎ばりに伝達されるほか、ベースプレートの支圧、あるいは、スタッドボルトによって後打ちコンクリート部分に、さらに、打継ぎ面の凹凸を介して基礎ばりへ伝達される。前述の方法で施工した打継ぎ面のせん断耐力が、一般的な設計許容値に対して十分安全となることは、既応の研究結果から言える。したがって、ホール・イン工法では、基礎ばりに打継ぎ面があっても構造耐力上問題はないと考えられる。しかし、柱に非常に大きな引抜力が生じる場合には、ベースプレートを配するなどの工夫が必要である。

なお、水平力を受けた時の挙動および耐力については、在来工法によるものと差がないことを模型実験によって確認している¹⁾。

3.4. ホール・イン工法による効果

ホール・イン工法による効果は、2章で述べた施工上の問題が解消され、施工的に有利となることである。

すなわち、



(1) 図-5 に示すように鉄骨建方が在来工法に比べて後工程となるため、鉄骨製作期間が確保でき、搬入時期が工程上、支障をきたすことはない。

(2) 在来工法では、鉄骨柱があるため、隣地境界にある親杭、シートパイルの引抜きが困難で、場合によっては、埋殺さざるを得ない。しかし、ホール・イン工法では、容易に引抜くことができる。

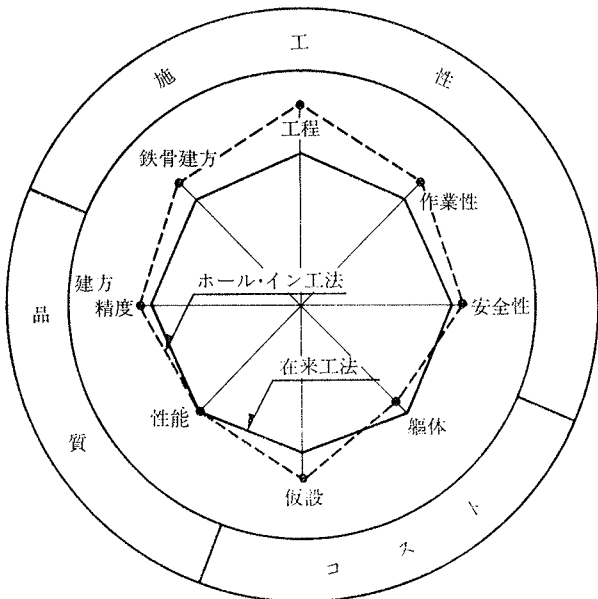
(3) 基礎ばり配筋時および基礎ばり完成後の埋戻し時に、鉄骨柱がないので作業がしやすい。

(4) 鉄骨建方時には、埋戻しが終了しているので、建方用のトラック棧橋が不要である。また、現場の状況によっては、タワークレーンをトラッククレーンにかえて作業を行なうことができる。

次に、これらの施工上の効果がコストにどのように反映されるかを見る。

上記効果のうち、(1)および(3)は、施工性の改善で、コストに換算して評価することは、難しい。(2)は、施工性の改善であると同時に、場合によっては、コストダウンの要因となる。(4)は、明らかに仮設費のダウンとなる。その他、ホール・イン工法では、掘削から埋戻しまでの期間が在来工法に比べて短いいため、掘削によって水が出る場合、水替費用が低減できる。

逆に、ホール・イン工法では、基礎ばりが在来工法に比べて大きくなるため、これに伴って、①掘削量、基礎ばりコンクリート量が増加する、②補強筋などにより、基礎ばりの鉄筋量が増加する。その他、柱建方用穴の製作および維持管理のための費用が必要となる。この結果、



円の中心より外側へ行くほど性能がよい。

図-6 ホール・イン工法と在来工法の評価グラフ

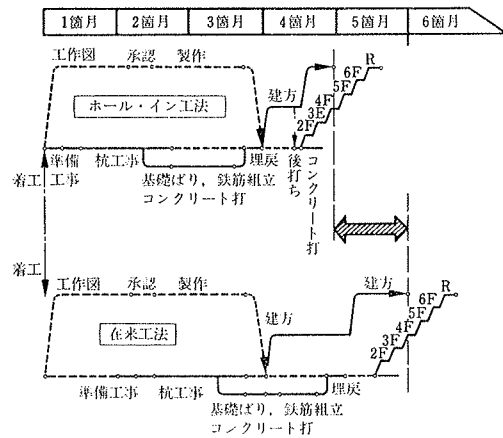


図-5 鉄骨建物の鉄骨建方までの工程例

躯体費は、アップすると考えられる。

これらの要因および、それらの占める割合は、工事規模、工期、周囲の状況によって異なる。

ホール・イン工法と在来工法による埋込型柱脚を、施工、品質、コストの面から総合的に評価すると、図-6 のようになる。すなわち、ホール・イン工法の採用によって、施工性の改善が計られる。また、鉄骨製作期間が、工程上、支障をきたさない、という大きな特徴をもっている。

4. 結び

ホール・イン工法の特徴、設計、施工法およびこの工法採用による施工、コストへの波及効果について述べた。

ホール・イン工法は、低層から15階程度の中層のS造およびSRC造に採用され、建物の用途も、工場、倉庫から事務所、集合住宅と広い範囲におよんでいる。

施工件数は、すでに40件に近く、その施工技術も確立されてきている。これらの施工実績をふまえて今後、採用されるケースが多くなるものと考えられる。

参考文献

- 1) 武田, 小島, 高橋, 木村: S造とSRC造の建物の柱脚の実験的研究(その4), (その6), 大林組技術研究所報, No. 28, (1984), pp. 44~48, No. 31, (1985), pp. 31~35
- 2) 武田, 小島, 高橋, 木村: S造およびSRC造の建物の柱脚の実験的研究(その4), (その5), (その7), 日本建築学会大会学術講演梗概集, (1983), (1984), (1985)
- 3) 武田, 小島, 高橋, 木村: S造およびSRC造の埋込型柱脚の設計・施工マニュアル, 大林組技術研究所報告書
- 4) 武田, 小島, 高橋, 木村: S造およびSRC造の建物の柱脚の合理化, 大林組技術研究所報告書