

超高層鉄筋コンクリート建物の耐震設計法に関する研究（その5）

——柱・はり接合部 PC 化工法 (PG コネクション工法) による実大施工実験——

武田 寿一 吉岡 研三 江戸 宏彰
秋山 正樹 木嶋 隆男
(本社 建築本部 工務部) (本社 建築本部 工務部)

Study on Aseismic Design of High-rise Reinforced Concrete Buildings (Part 5)

——Construction of Model Frame Using Prefabricated Beam-Column Joints——

Toshikazu Takeda Kenzo Yoshioka Hiroaki Eto
Masaki Akiyama Takao Kijima

Abstract

A new construction method has been developed for building high-rise reinforced concrete buildings. Beams and beam-column joints which have holes to pass through the longitudinal bars of columns are prefabricated. The concrete of the columns is cast in place beforehand and the reinforcing bars of the columns are made to stick out from the tops. The precast concrete members are set on the columns passing the bars of the columns through the holes. The spaces between the columns and precast concrete members and the holes are filled with high-strength, non-shrink mortar. To ascertain the constructability of this semi-prefabricated construction method, a 1-story full scale model frame was constructed on a trial basis. It was understood from the trial that this method is applicable to construction of tall buildings and that grouting of mortar into the holes can be done easily.

概 要

超高層RC建物の建設工法の一つとして、柱・はり接合部をPC化したPGコネクション(Prefabricated Girder and Connection)工法を開発した。この工法は、昭和60年7月、日本建築センターで技術評価を受けた35層までの超高層RC建物の設計・施工システム「OHRC-21」に示された一つの施工法で、PC部材に柱主筋用の貫通孔を設けておき、現場で、はり下までコンクリート打設された柱から突き出ている柱主筋をこの孔に通しながら、PC部材を設置する。後に、柱～PC部材間のクリアランス、および柱主筋の貫通孔を高強度無収縮モルタルによってグラウトして柱と一体化する。この工法の施工性を確認するため、先に報告した30層モデル建物の下層階を対象として実大施工実験を行なった。その結果、PC部材の製作・据付は所定の誤差範囲内で良好に施工でき、柱主筋貫通孔のグラウトも容易に施工し得ることを確認した。

1. まえがき

当社では、ここ数年来、超高層 RC 建物の構造設計に関する研究¹⁾²⁾を重ねて来たが、「設計技術第三専門委員会超高層 RC 住宅分科会」でそれらの設計技術、解析技術、施工技術を集大成し、「大林組高層 RC システム (OHRC-21)」として、昭和60年7月、日本建築センター、高層鉄筋コンクリート造技術委員会の技術評価を得た。この「システム OHRC-21」は、高さ 60 m 以上、

階数35階程度までの RC フレーム構造の建物を設計・施工するためのもので、終局強度設計法・動的応答解析法、施工方法、品質管理方法などが規定されている。一般に高層 RC 建物は、大地震に対して、十分変形能力のある耐震性の高い構造として入念に設計を行なわなければならないが、そうして設計された構造物は、厳格な施工管理の下で、信頼性の高い施工方法によって建設されなければならない。「OHRC-21」はこのような設計と施工を行なうための大林組独自の方法を設定したものである。

この「OHRC-21」に示された施工法の一つに、はり・柱・はり接合部をプレキャスト化した工法（PG コネクション工法）がある。この工法は従来一般に行なわれている半 PC ばり工法とは異なり、はりおよび柱・はり接合部を PC 化した工法で、建物の品質の向上と現場における省力化をはかったものである。この工法に関して、本社建築本部工務部と共同で技術研究所内で施工実験を行なったので、ここに報告する。

2. PG コネクション工法の概要

この工法によって施工を行なう建物の建て方図、およびプレキャスト部材を図-1、図-2に示す。この工法の特徴は、柱とはりの主筋が複雑に交叉する柱・はり接合部がプレキャスト化されている点にある。柱・はり接合部は地震時に最も応力が集中する部分で、特に大きなせん断力が作用すると同時に、はり降伏後の大変形時におけるはり主筋定着のための付着応力が作用する部分である。そのため、大きな靱性が要求される RC 超高層建物では、接合部の十分なせん断強度と、はり主筋の定着確保が必要である。当社では、このような要求に対し図-3(a)、(b)に示すような工夫を行なっている。図-3(a)は接合部に水平ハンチを設けると共に、鋼板によるバ

ンドプレートを設けたもので、はり主筋の定着長を十分とり、せん断強度の増大をはかったものである。同図(b)は、水平ハンチを設けずにはり主筋を接合部内のバンドプレートにナットで固定し定着改善をはかったものである。同図より判るように、柱・はり接合部は通常複雑な配筋詳細となるが、この工法ではその接合部が、はりと共に地上作業により精度よく作成でき、建設現場における作業を簡素化できるという利点がある。図-2に示すように、PC 接合部には柱主筋貫通用の孔を設けておき、既にコンクリート打設を終了している柱の上部から柱主筋を孔に通しながら PC 部材をセットする。

この工法の施工順序を図-4に示す。まず、床上に突出した柱主筋に次の柱組立鉄筋を接合する。柱主筋の継手は自動ガス圧接工法によって行なうが、機械継手とすることもできる(図-4(2))。柱筋の接合終了後、柱型枠建込みを行ないコンクリートを打設する(同図(3))。次いで、既に作成されているプレキャスト部材を建込む(同図(4))。PC 部材に埋込まれているはり主筋は溶接によって接合する。PC 部材に埋込まれていない鉄筋は溶接継手、または圧接継手とする。はり筋の接合終了後、PC ばりどうしの接続部の型枠建込みを行ない、次いで柱主筋貫通孔のグラウトを行なう。グラウト材としてマスタ

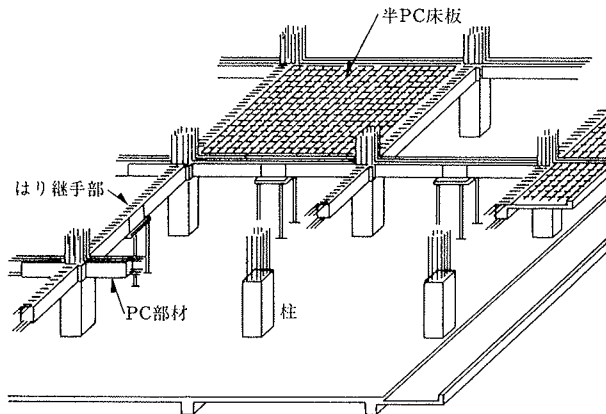


図-1 PG工法を用いた建物の建て方

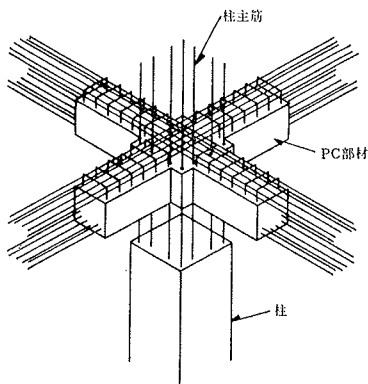
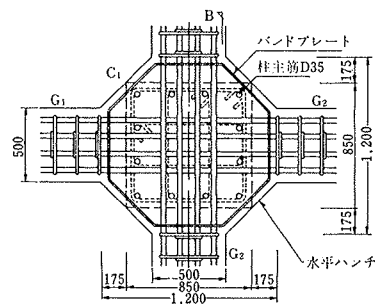
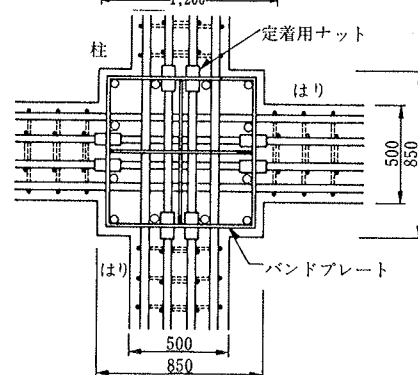
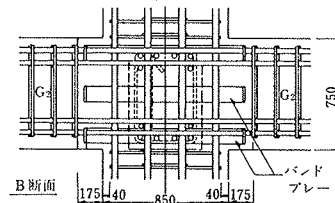


図-2 PC部材の吊り込み



(a) 水平ハンチおよびリングプレート使用



(b) はり主筋定着用ナット使用

図-3 柱・はり接合部の詳細

ーフロー 870を使用する。このグラウト材は、3日で 350 kg/cm^2 程度の圧縮強度となり、一週間を経過すると 500 kg/cm^2 以上の圧縮強度となる。この作業に平行して、半 PC 床型枠（例えばオムニヤ床板）の据付を行ない、スラブ配筋を行なってから、はりおよび床のコンクリートを打設する(同図(5), (6))。

この工法は、上に示したように鉛直部材（柱）と水平部材（はり、床）を別個にコンクリート打設する VH 分離打設工法の一つであるが、すべて現場作業による工法に比べ 1 日早い 8 日のサイクル工程で 1 階分の施工が終了する。

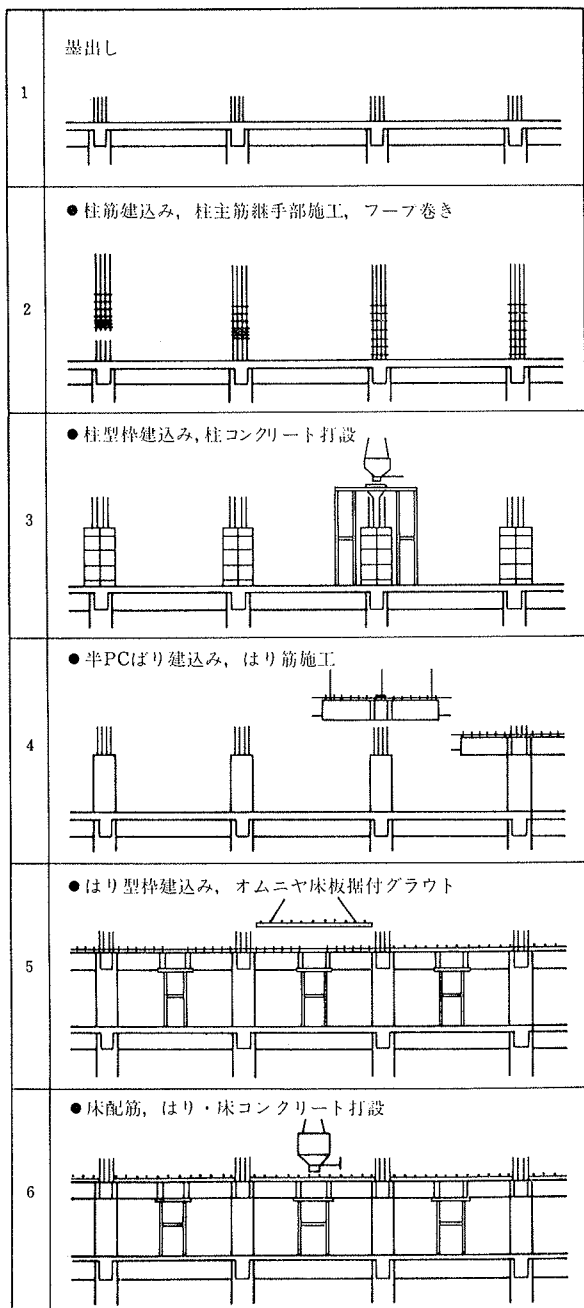


図-4 PG 工法の施工順序

3. 施工実験

3.1. 実験計画

このプレキャスト接合部工法の施工実験は、プレキャスト部材の製作、据付の精度、作業性、はり主筋の溶接性、柱主筋貫通孔のグラウトの施工性を検討するために実施した。図-5 に実験用モデルを示す。図中ハッチした部分が PC 部材である。ハッチしていない部分は、在来工法による VH 分離打設を行なった部分である。この施工実験終了後、この PG コネクション工法による部材の構造安全性を確認するため、製作したフレームを切

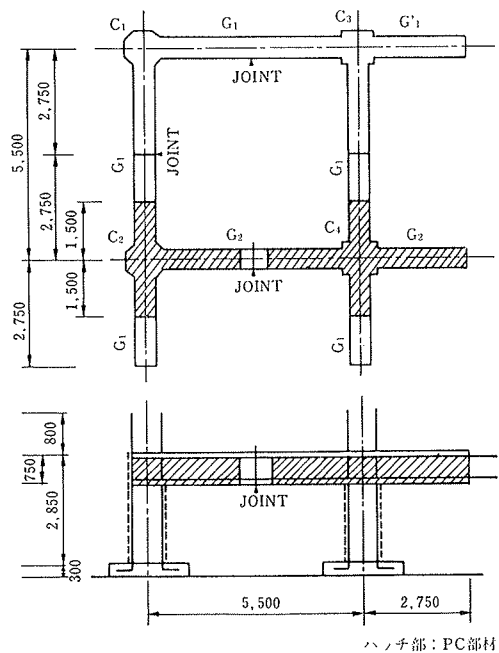


図-5 施工実験を行なったモデルフレーム

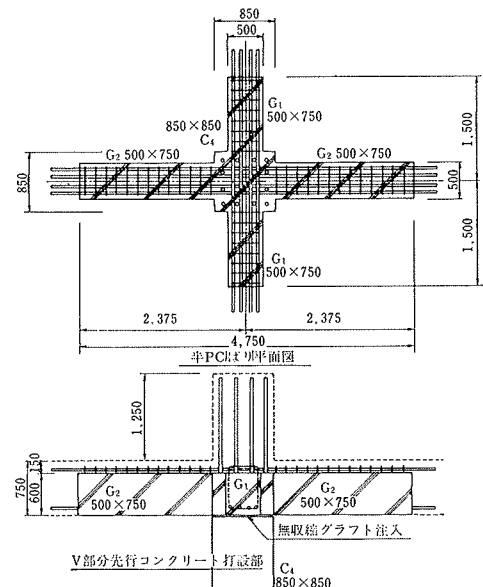


図-6 製作した PC 部材

り出して、実大の柱・はり接合部試験体4体を作成し、水平加力実験を行ない本工法によるものと在来工法によるものを比較検討した。その結果は次報(その6)に示されている。

フレームは30層 RC モデル建物¹⁾を想定したものでスパンはXY 両方向共 5.50 m, 柱は 85 cm×85 cmの角柱と、外径 95 cm の八角柱である。はりには $b \times D = 50 \text{ cm} \times 75 \text{ cm}$ である。

3.2. PC 部材の製作と据付、鉄筋の溶接

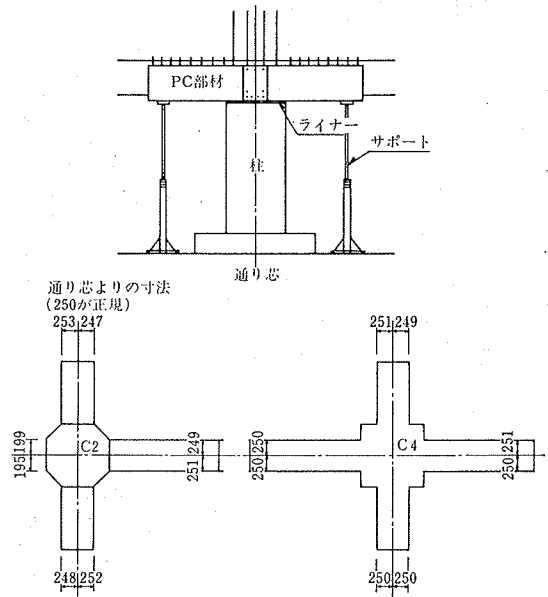
図一6に製作したPC部材を示す。PC部材の製作および据付は、「システム OHRC-21」に定めたPC部材製作・施工要領書に従って行なった。製作PC部材の寸法誤差は断面寸法が $\pm 1 \text{ mm}$ 、長さ方向誤差が最大 5 mm であり、要領書に示された許容値以下であることを確認した。図一7にPC部材吊り込み時の組立て精度を示す。通り芯に対する誤差は、最大 $\pm 3 \text{ mm}$ であり、要領書に示された許容誤差 $\pm 5 \text{ mm}$ 以下であることを確認した。

PC部材の主筋の継手は溶接継手であるので溶接熱によって生ずる鉄筋の拘束応力の影響についてひずみゲージを貼付して調査した。接合によって生じたひずみは 130μ 程度であり拘束応力の影響が少ないことを確認した。溶接後に切り出した溶接部鉄筋の引張試験の結果では、いずれも母材試験より大きい降伏点、引張強度を示した。

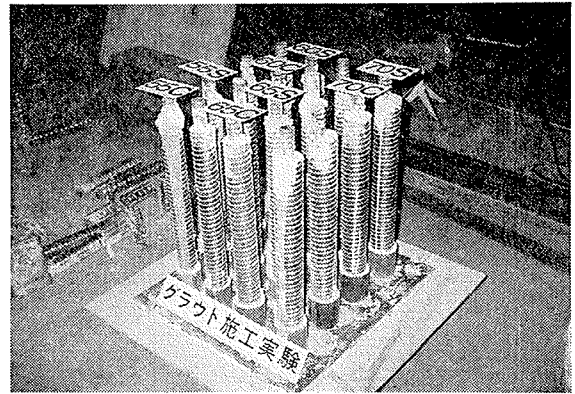
3.3. 柱貫通孔のグラウト

柱主筋が貫通する孔はPC鋼線用のスパイラルシースをPC部材に埋め込んで作成する。鉄筋の最大径とシースの内径のクリアランスは片側 1.5 cm とした。柱主筋は必ずしもシース中央に納まらないので、鉄筋とシースが片側で接し、反対側で大きなクリアランスとなることも許容している。鉄筋がシース孔中央に納まる場合、鉄筋が片側でシースに接触している場合の両ケースを含めて、貫通孔のグラウト充填性を確認するため、この施工実験前に予備実験を行なった。その状況を写真一1, 2に示す。2枚の底板の間隔を実際のPC部材と柱上面の間隔 1.5 cm とし、グラウト用のホースを差し込み、周辺を密封してグラウト材を注入した。グラウト材は徐々にシース内下方から上方へ注入された。グラウト材硬化後、水平方向に鉄筋を切断した結果を写真一2に示す。この切断面よりグラウト材がシース内に良く充填されていることが確認された。

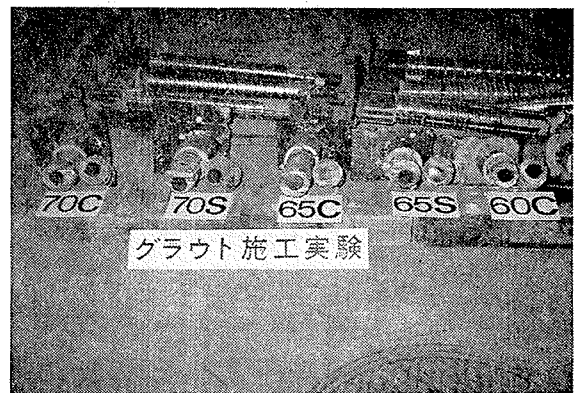
「システム OHRC-21」には無収縮グラウト施工要領書も規定されており、この施工実験のグラウトもこれに準じて行なった。グラウト材注入の施工性は何ら問題がなかった。この施工実験におけるグラウト材注入の状況は、後に行なった構造実験の終了後、柱・はり接合部を水平に切断して調査したが、いずれの鉄筋も注入状況は



図一7 PC部材の組立て精度



写真一1 グラウト材注入実験



写真一2 グラウト材硬化後の切断面

良好であった。

4. 組立て施工時の写真

写真一3~7にこのPGコネクション工法を用いた施工実験時の状況を示す。写真一3は、PC部材のコンクリート打設状況で接合部分のバンドプレートが見える。

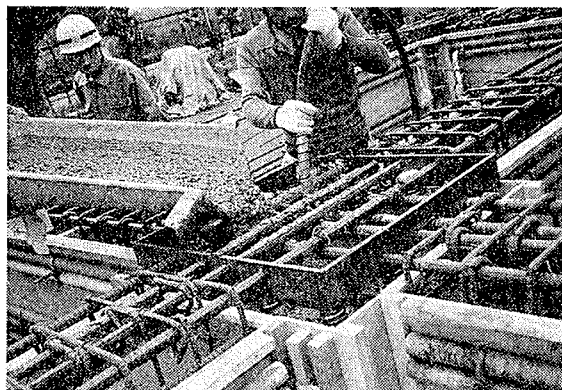


写真-3 PC部材のコンクリート打設



写真-6 柱主筋の貫通

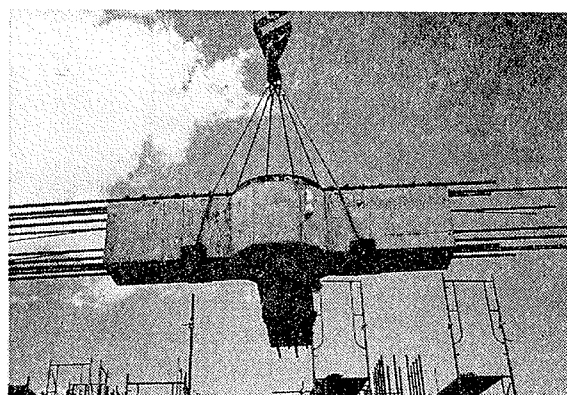


写真-4 PC部材の吊り込み

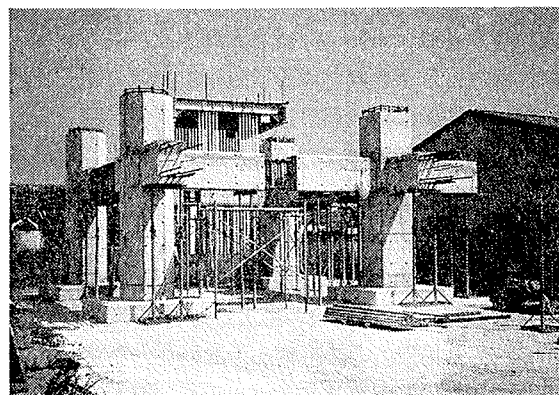


写真-7 完成したフレーム



写真-5 柱主筋の貫通

はり上端筋は既に配筋してあるが、コンクリートの打ち込み箇所を限定すれば後の清掃が簡単である。写真-4, 5, 6はPC部材の吊り込み状況で、柱主筋の貫通は良好に行なえた。この後、柱上部とPC部材の間からグラウト材を注入し、スラブと柱のコンクリートを打設して写真-7のように完成した。

5. 実大実験による構造安全性の検討

この工法によって施工された部材の構造安全性を調べるため、写真-7のフレームを切り出して十字形、ト形の柱・はり接合部試験体を製作し実験を行なった。その

結果は次報に示すが、地震時荷重に対し、十分な靱性を示し、エネルギー吸収の大きい良好な挙動が得られている。

6. まとめ

今回の実験によって以下の事項が明らかとなった。

- (1) PC部材の製作・組立て工法の結果は、品質管理上満足のものであった。
- (2) グラウト材の充填性、施工性は良好であった。
- (3) 以上のように「システム OHRC-21」に定められた施工要領書に従えば、この工法の施工性は良好であることが判明した。

参考文献

- 1) 武田, 吉岡, 江戸, 他: 超高層鉄筋コンクリート建物の耐震設計法に関する研究(その1)~(その3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, (昭和58.9), pp. 1663~1668, (その4)~(その5), 同(昭和59.10), pp. 2179~2182
- 2) 武田, 吉岡, 江戸, 他: 超高層鉄筋コンクリート建物の耐震設計法に関する研究(その1), 大林組技術研究所報, No. 30, (1985), pp. 48~55, (その2)~(その4), 同 No. 31, (1985), pp. 11~25