

論文

[2109] プレキャスト RC 造柱のコッター付き埋込み接合部の実験的研究

小山内 裕*1・渡辺 史夫*2・加藤 博人*3・吉岡 民夫*4

1. はじめに

プレキャスト RC 造の柱を、予め設けておいた鉄筋コンクリート造基礎の箱抜き穴（ソケット）に差し込み、隙間にコンクリートを充填して柱と基礎を剛結するいわゆる埋め込み式柱脚（ソケットベース）は、ある程度の埋め込み深さが必要なこと、また基礎梁筋の定着および基礎補強筋の配置のために、ソケット周りのコンクリートの断面が大きくなるのは止むを得ないこと等を筆者等の過去の研究で明かにした[2]~[5]。また、ソケット形式のための箱抜き型枠の解体も必要欠くべからざる工程である。

柱脚の埋め込み深さは通常は柱成（D）の1.5倍で施工されることが多いが、今回は埋め込み深さを1.25Dと浅くすることをねらいとして実験を行った。ソケット部には脚部の応力伝達を確実にして固定度を改善するためにせん断キー（コッター）を設けた。また経済性の向上のために基礎梁の断面をコンパクトにした。さらにソケット部型枠の解体作業を省略するためにキーストンプレートを埋設型枠として使用した。これらの方法により冒頭の問題点を解決し、脚部の性能を確保することを目的として研究を行った。

2. 試験概要

2. 1 供試体

試験体の製造に使用した材料の強度および供試体のパラメーターを表1、2に示す。また供試体図を図1に示す。

TYPE10、16、17はせん断キーのないもので、埋め込み深さを各々75cm、62.5cm、50cmと変化させた。

TYPE18、21、23は埋込み部の柱表面、およびソケット内面に4面ともせん断キーを成形した。TYPE18では底辺8cm、頂辺6cm、高さ3cmの正四角錐台を1面につき2列3段に6個成形した。せん断キーの型枠は木製で、コンクリートの硬化後、脱枠した。TYPE21、23では山の幅4cm、山のピッチ9cm、溝の深さ2.5cm、板厚0.8mmのキーストンプレートを横使いにし、基礎上端から50cmの範囲に埋設型枠として使用した。柱脚にも同じものを使用し、コンクリート硬化後脱

表1 コンクリート (単位: kgf/cm²)

供試体	コンクリート				パラメーター	
	基礎		柱		埋込み深さ	コッター
	cσ _b	E×10 ⁵	cσ _b	E×10 ⁵		
TYPE10	262	2.49	389	2.87	75 cm	無
TYPE16	193	1.85	431	3.06	62.5	無
TYPE17	187	1.82	403	2.81	50	無
TYPE18	203	2.12	440	3.09	75	有
TYPE21	281	2.55	421	3.02	62.5	有
TYPE23	161	1.65	449	2.19	50	有

表2 鉄筋 (単位: kgf/cm²)

供試体	鉄筋径	σ _y	σ _b	E×10 ⁶
TYPE16	D13	3140	4720	1.94
TYPE17	D22	3820	5730	1.85
TYPE18	D25	3860	5370	1.88
TYPE10	D13	3420	5280	1.87
TYPE21	D22	3920	5740	1.94
TYPE23	D25	4010	5780	1.94

*1 オリエンタル建設（株）技術部主任研究員、工修（正会員）

*2 京都大学助教授 工学部建築学科、工博（正会員）

*3 建設省 建築研究所 第4研究部（正会員）

*4 オリエンタル建設（株）技術部主任研究員（正会員）

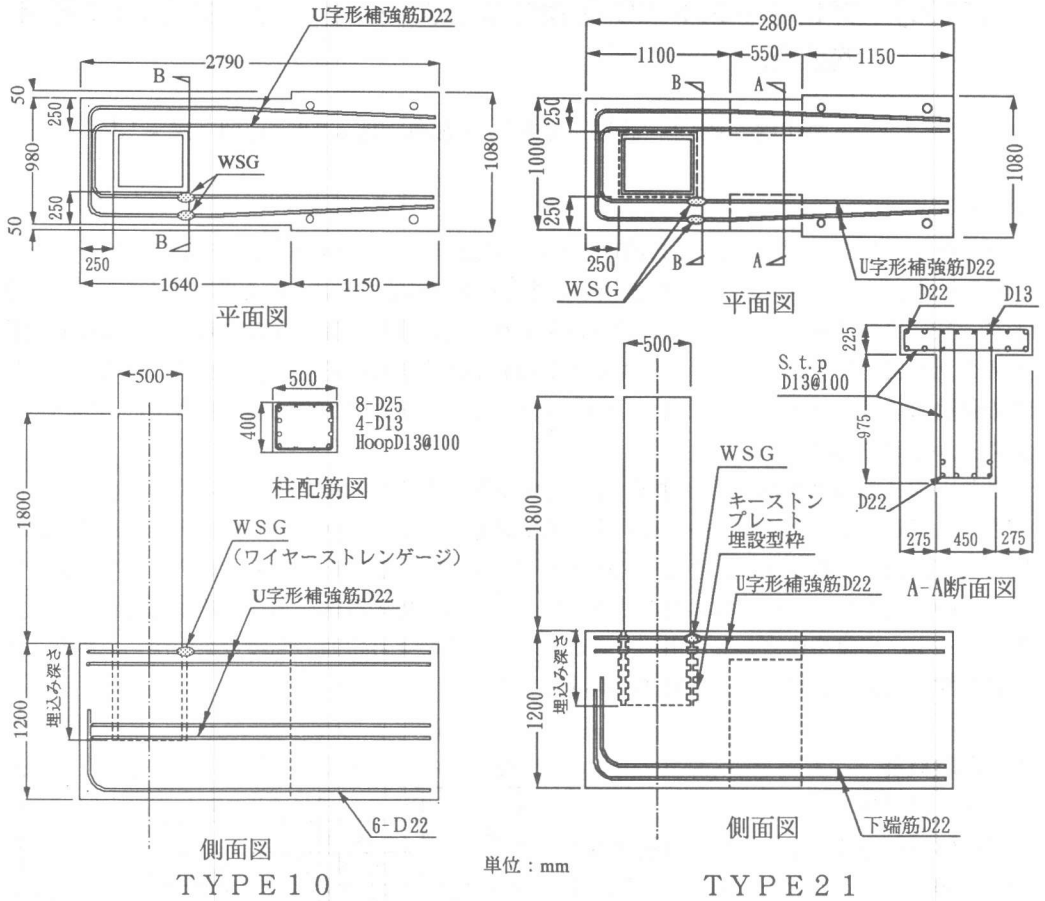


図1 供試体

枠した。

供試体は、柱を基礎のソケットに差し込み、幅4cmの隙間に $F_c=400\text{kgf/cm}^2$ の無収縮コンクリートを充填しての組立てた。TYPE21、23は隙間が25mmと狭いため、 $F_c=400\text{kgf/cm}^2$ の無収縮モルタルを充填した。

基礎補強筋はコの字型のD22を4本、柱を取り巻くように配置し(図2鉄筋)、端部をスタブに定着させた。

TYPE21、23では、図1(A-A断面図)に示すように基礎梁は断面積の小さなT型梁を採用し、フランジを通してスタブに基礎補強筋を定着させた。

図に示す以外の雑配筋(ソケット部の縦筋・Hoop筋、基礎梁のSTP、スタブのSTP、etc.)は表記を省略した。

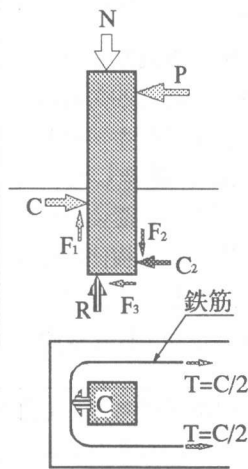


図2 埋込み柱脚に作用する応力

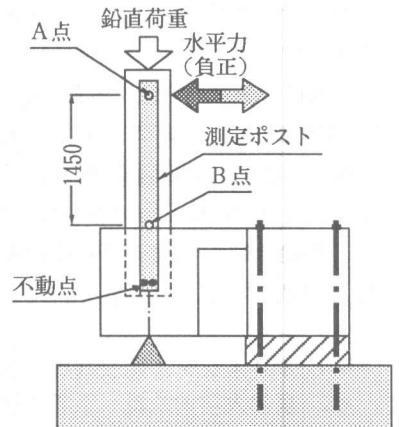


図3 加力方法

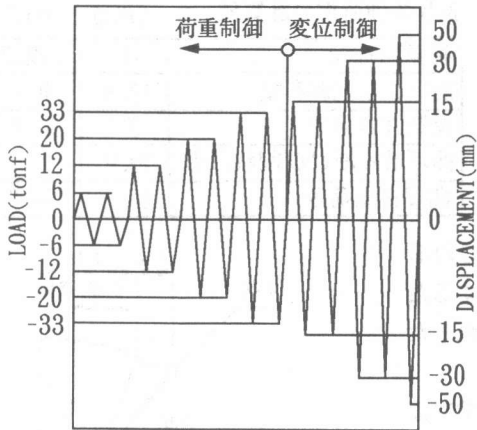


図4 加力サイクル

2. 2 加力・測定方法

埋込み形式柱の応力状態を図2に、加力方法を図3に示す。荷重は、120tonfの鉛直荷重を一定に保持し、A点に正負交番水平荷重を作用させた。加力サイクルを図4に示す。前半は荷重制御とし柱の曲げ降伏以降は変位制御とした。

変位は、不動点に固定したポストを基準として、A点で水平変位、B点で回転変位および水平変位を測定した。これによりスタブの回転変位を含まない変位を測定することができた。

基礎補強筋のひずみは図1のB-B断面位置にワイヤーストレンゲージを貼付して測定した。

3. 試験結果と考察

3. 1 全柱頭変位量 (δt)

表3に各種荷重の計算値を示す。

これらの値は材料試験の実測平均値を使用し、日本建築学会「鉄筋コンクリート終局強度に関する資料」[1]によった。

柱頭(A点)の荷重-変位曲線の包絡線を図5に示す。

正の荷重では全ての供試体がほぼ同一の曲線を示している。

負の荷重ではTYPE10、18、21、23はほぼ同一の曲線を示すが、TYPE16、17は荷重

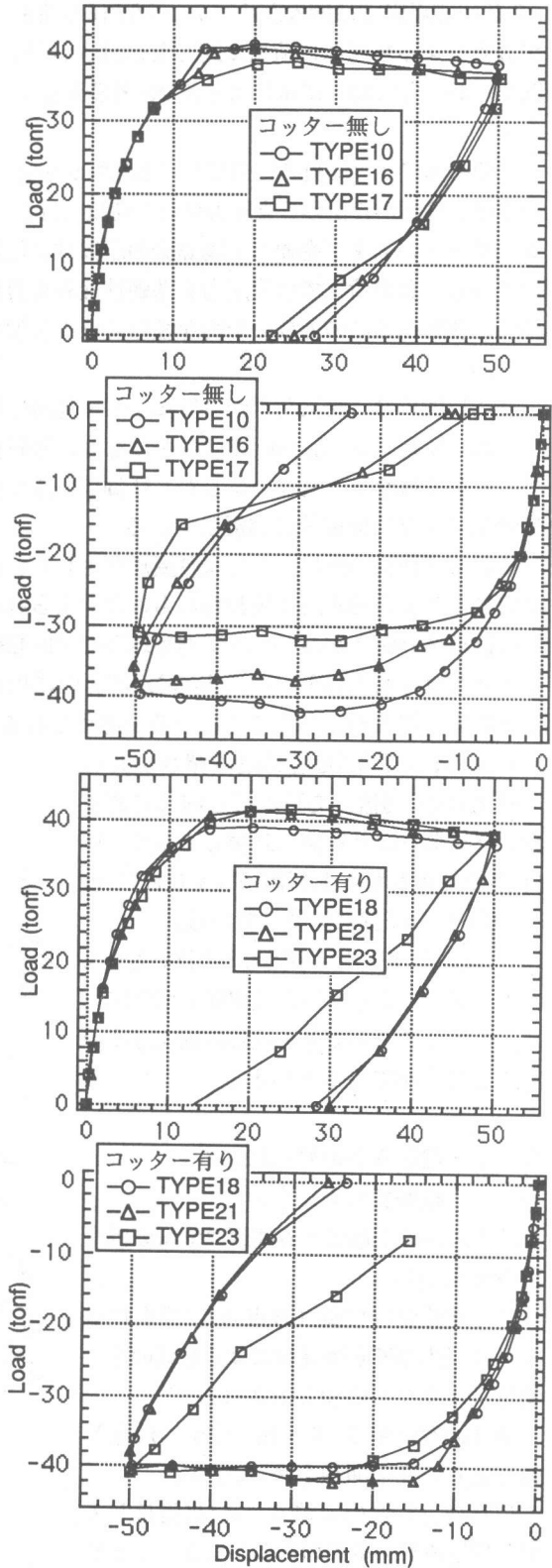


図5 荷重-変位曲線

が-28tonf以降では剛性が小さい。TYPE16の荷重が計算による終局曲げ荷重に達したのは $\delta t \approx$ 約30mm ($R=1/70\text{rad}$)に達したときであり変形量は大きい。

正の荷重に比べて負の荷重における剛性が小さいのは、柱脚から伝わる支圧力が正の荷重ではコンクリートのスタブを通して基礎梁の圧縮域に伝達されるのに対し、負の荷重では支圧力を基礎補強筋で負担するために、基礎補強筋の伸びの影響が柱頭変位に付加されるためである。

特にTYPE17は、最大荷重が計算による終局曲げ荷重に達しておらず荷重が-32tonfで頭打ちになり、基礎補強筋のひずみも進展が見られない。しかし柱脚部の水平変位と回転変位により柱頭変位は進展している。

すなわち柱脚の抜け出しにより変形が生じて、水平荷重に対する柱脚の固定度が失われたものと考えられる。その原因は埋込み深さが浅いために埋め込み部の回転拘束の為の大きなせん断力(図2中 F_1, F_2 等)が境界面に生じ、その結果境界面滑りが生じたことによると考えられる。

しかるにTYPE23は埋め込み深さが50cm(柱成Dの1.0倍)でTYPE17と同じであるが、終局荷重は計算値に到達しており、荷重-変位曲線も埋め込み深さ75cm(柱成Dの1.5倍)のTYPE18に近似している。

したがって埋め込み深さが1.0Dでもせん断キー成形により前述の境界面の滑り応力に抵抗することができ、柱脚の固定度を改善することができるといえる。

3. 2 埋込み部の変形による柱頭変位量 (δb)

埋込み部の変形による柱頭変位量の概念図を図6に示す。

この変位量は柱脚(B点)の水平変位量(δh)と柱脚の回転変位による柱頭の水平変位量($\delta \theta$)の和で表される。

全柱頭変位量 δt をX軸、 δb 、 δh をY軸にとり、変形曲線を図7に示す。

TYPE16, 17, 21は直線 $\delta = \delta t$ に近接しており埋込み部の変形の影響が大きいことを表している。TYPE16, 17は $\delta t=10\text{mm}$ 以降は

表3 各種荷重の計算値 (単位: tonf)

荷重の種類	柱	基礎梁
曲げひび割れ荷重	10.8	9.4
長期許容荷重	15.1	30.2
曲げせん断ひび割れ荷重	22.2	-
曲げ終局荷重	38.1	54.8

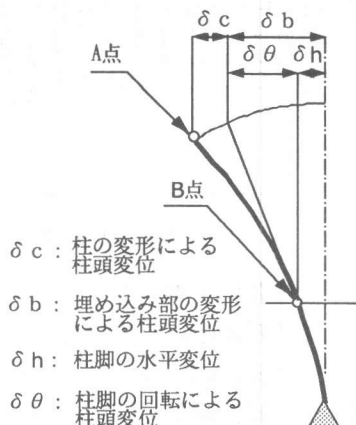


図6 柱頭変位概念図

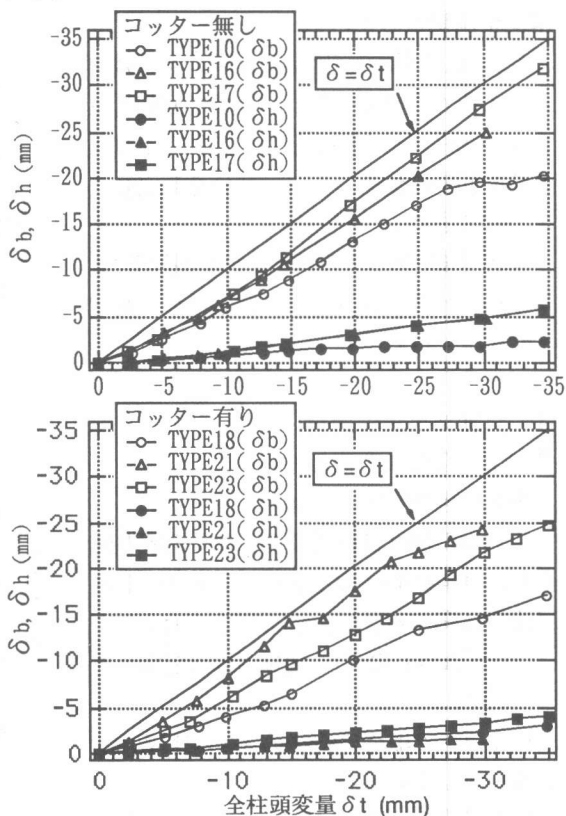


図7 $\delta t - \delta b, \delta h$ 曲線

直線 $\delta = \delta t$ と並行になっている。これは柱の変形が進んでいないことを示しており、柱頭の変位量が埋込み部分の変形によって進展していることを意味する。

他の供試体は曲線が直線 $\delta = \delta t$ と並行ではなく、柱の変形も進展していることを表している。

また δh については $\delta t = 30\text{mm}$ のときに TYPE16, 17 は $\delta h = 5\text{mm}$ の変位を生じているが、他の供試体は $\delta h = 3\text{mm}$ 以下である。

これから埋込み深さが 1.25D、1.0D の供試体ではせん断キーのないものは柱脚の固定度が小さいといえる。

3. 3 基礎補強筋のひずみ

基礎の初ひび割れ発生荷重を表4に示す。基礎の初ひび割れは全ての試験体においてB-B断面で発生している。

表3中のB-B断面の基礎の初ひび割れ発生荷重の計算では、柱頭に作用する水平荷重による曲げモーメントと軸引張り力が同時に作用していると仮定した。初ひび割れ発生荷重は概ね計算値以上となっている。

図8に実験結果と計算による基礎補強筋の荷重-ひずみ曲線を示す。ここで基礎補強筋に生じる応力は図2に示されたソケットに生じる支圧応力Cを引き戻す力 $T=C/2$ である。Cを計算する式は前報[4]、[5]を参照されたい。

埋め込み深さが62.5cmと50cmの供試体ではせん断キーのないTYPE16、TYPE17はせん断キーのあるTYPE21およびTYPE23に比べて低荷重時から鉄筋のひずみが大きい。

せん断キーのあるTYPE21およびTYPE23は鉄筋のひずみは埋め込み深さ75cmの試験体と同様のひずみ変化

表4 基礎梁の初ひび割れ発生荷重 (単位: tonf)

TYPE	10	16	17	18	21	23
荷重	-11	-10	-8	-11	-16	-12

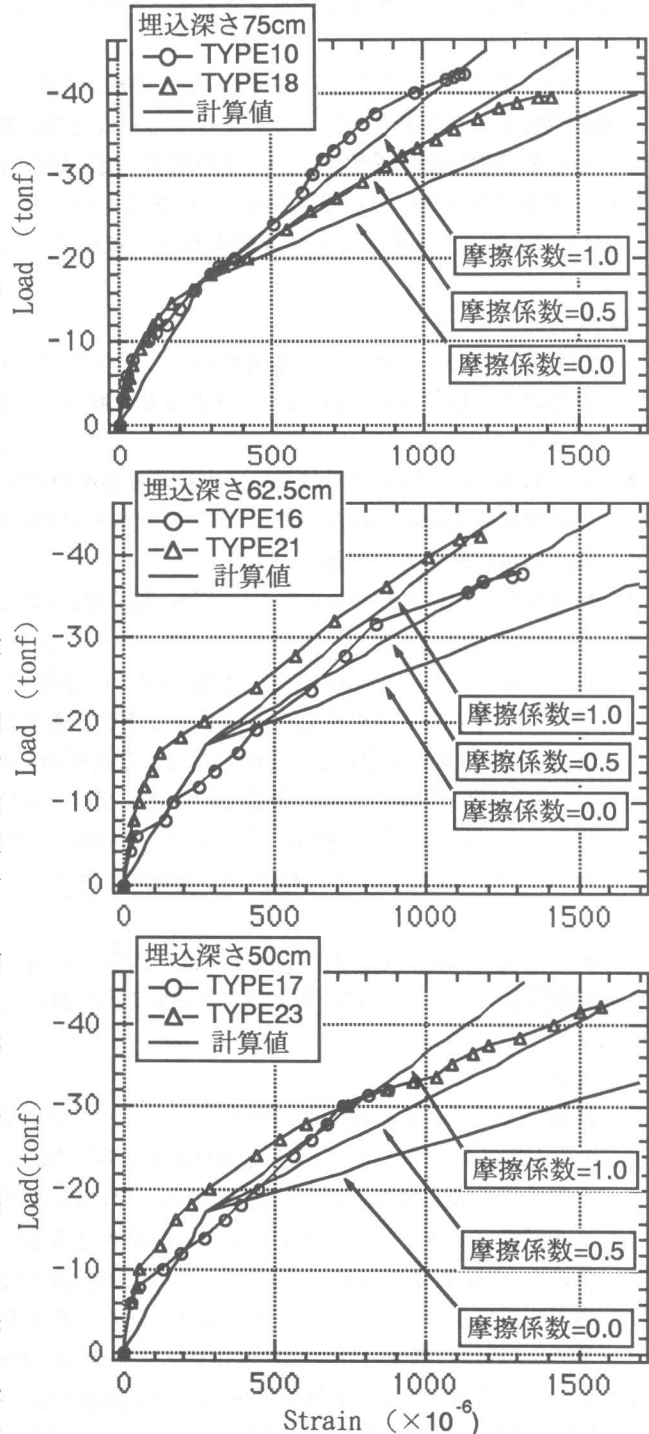


図8 基礎補強筋の荷重-ひずみ曲線

となっており、柱脚の固定度が改善されたといえる。

基礎補強筋のひずみは柱のコンクリート強度の高い供試体の方が鉄筋のひずみが小さいという共通点が観察される。すなわちTYPE10とTYPE18では柱のコンクリート強度の高いTYPE10の方が、TYPE16とTYPE21では、やはり柱のコンクリート強度の高いTYPE21の方が基礎補強筋のひずみが小さい。

TYPE23は基礎補強筋のひずみが 700μ 位で曲線が近接しているが、荷重が増加しなかったために基礎補強筋のひずみが 800μ で止まっており以後の比較ができない。

これらの曲線は摩擦係数が0.5~1.0の範囲で実験値によく適合している。埋め込み深さ1.5Dまたは埋め込み深さ1.25Dでせん断キーのあるものは摩擦係数が1.0の計算値に、埋め込み深さ1.0Dでせん断キーのあるものは摩擦係数が0.5の計算値に近い曲線を描いている。

4. まとめ

今回の実験の範囲で得られた結果から次のような知見が得られた。

- 1) 柱の埋め込み深さが1.5D以上であればせん断キーが無くても柱脚は剛接合と見做すことができる。
- 2) せん断キーの形成により柱脚の応力伝達性能を改善することができ、埋込み深さが1.0D以上の供試体では埋込み深さが1.5Dの供試体と同等の柱脚固定度が得られ、また荷重は柱の保有曲げ終局耐力に到達した。
- 3) 埋込み深さが1.25Dでせん断キーが無い場合は、荷重は柱の保有曲げ終局耐力に到達したがその時の変形は大きく、部材角(R)= $1/70\text{rad}$ であった。
- 4) 埋込み深さが1.0Dでせん断キーが無い場合は柱脚の固定度が不十分で、柱の保有終局曲げ荷重に相当する水平抵抗力を確保することができなかった。
- 5) 参考文献[4][5]に発表した応力推定式による基礎補強筋の荷重-ひずみ曲線は摩擦係数が0.5~1.0の範囲で実験値によく適合している。ソケット部の摩擦係数は、埋め込み深さが1.5D以上または埋め込み深さが1.25D以上でせん断キーがある場合は1.0、また埋め込み深さが1.0Dでせん断キーが有る場合は0.5を推奨値とする。

最後になりましたが本研究は、建築研究振興協会に設けられた「プレキャスト埋込柱脚部の性能検討委員会〔委員長：岡本 伸(建設省建築研究所所長、工博)〕」で行われたことを報告します。

参考文献

- 1) 鉄筋コンクリート終局強度に関する資料、日本建築学会, pp. 70, 1990
- 2) 小山内裕ほか：プレキャストRC造柱の埋込み接合部の挙動に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol 14, No. 2, pp. 447-452, 1992
- 3) 立花正彦ほか：プレキャストRC造柱脚部埋込み接合部の挙動に関する実験的研究、その1. 実験概要と荷重-変位関係、日本建築学会大会, pp. 987-988, 1992年8月
- 4) 小山内裕ほか：プレキャストRC造柱脚部埋込み接合部の挙動に関する実験的研究、その2. 側柱の脚部の性能、日本建築学会大会, pp. 989-990, 1992年8月
- 5) 小山内裕ほか：プレキャスト埋込柱脚部試験と施工例、第3回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム、プレストレストコンクリート技術協会, pp. 423-428, 1992年, 11月