

報 告

[2112] 型枠を兼ねたフープ筋付き分割型プレキャスト部材を用いたRC柱のせん断耐力に関する実験研究

正会員 松崎 育弘 (東京理科大学建築学科)

正会員 〇生田 俊則 (東京理科大学大学院)

正会員 斉藤 駿三 (東急建設構造設計部)

正会員 青木 雅秀 (東急建設構造設計部)

1. はじめに

シェル部分が複数に分割された薄型プレキャスト (以下PCa) 部材を口字型に組立て、それを型枠としても使い、形成された中空部に、主筋を配置後、場所打ちコンクリートを打設して構築するRC柱に関する一連の研究を進めている。この薄型PCa部材はせん断補強筋が内蔵され、場所打ちコンクリートと構造的に一体化するように意図されている。本研究はこの構法で作製された柱部材のせん断性状についての実験を行い、その破壊性状を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

表1に試験体概要を、表2に鉄筋材料試験結果を示す。試験体は、実大柱の1/2縮尺を想定し、 $b \times D = 35 \times 35 \text{ cm}$ 、せん断スパン 105 cm ($a/D = 1.5$)、コンクリート材料強度はPCa部分は $\sigma_c = 374 \sim 433 \text{ kg/cm}^2$ 、コア部分は $\sigma_c = 272 \text{ kg/cm}^2$ 、隅角部の主筋は試験区間端部から定着長 40 cm ($= 30d$) の重ね継手の柱部材である。実験における変動要因はせん断補強筋接合方式3種類 (I, II, III)、せん断補強筋比2水準 ($p_w = 0.4, 0.8\%$)

とし、同一の配筋形式をもつ一体打ち試験体 (TCタイプ) との比較をした。柱型枠 (PCa部材) の組み立ては、I型はL字型PCa部材を、II型はコ字型PCa部材を組み合わせて口字型にするものである。I, II型はPCa部材に内蔵されたフープ筋をU字型鉄筋により接続する。またIII型は深いコ字型PCa部材を用い、柱主筋が溶接されたフープ筋の間に壁筋を通すもので、片側に耐震壁がある柱を想定している。加力は逆対称モーメント载荷とし、軸力はPC鋼線により $\sigma_a = 0.125 \cdot \sigma_c$ ($\approx 30 \text{ kg/cm}^2$) の軸応力度を導入した。

表1 試験体概要

	TPC-I	TPC-II	TPCH-III
断面形状			
接合方式			

TPC-D4-A21-I

(1) (2) (3)

(1) 断面形状
 TPC: PCa柱部材
 TPCH: 壁付きPCa柱部材
 TC: 一体打ち柱部材

(2) せん断補強筋比
 D4: 0.4%, D8: 0.8%

(3) フープ筋接合方式

表2 鉄筋材料試験結果

鉄筋		降伏点強度 $\sigma_y (\text{kg/cm}^2)$	引張強度 $\sigma_u (\text{kg/cm}^2)$	ヤング係数 E_s ($\times 10^6 \text{ kg/cm}^2$)
フープ筋	D6	4110	5180	1.88
PCa部内主筋	D13	3730	5420	1.92
重ね継手主筋		10470	12160	1.87
コア内主筋	D19	10790	12330	1.87

3. 実験結果

3-1. 破壊性状

図1に代表的な試験体についての最終ひび割れ状況図及び実験終了後にカッティングして観察した内部ひび割れ状況図の比較を示す。外部ひび割れ状況は、各試験体とも接合方式の差異にかかわらず、加力点を斜めに結ぶせん断ひび割れが発生したが、最終的には加力点付近のコンクリートが圧縮破壊(①)し、それにより最大耐力に至る傾向がみられた。TPCタイプは、外部では、試験区間全域に渡ってひび割れが分散し、P C a部材接合部(②)では、TPC-Iは最大耐力時付近で、TPC-IIはせん断初ひび割れ発生以降に細かいひび割れが多数発生したが、いずれもP C a部材接合部に沿ったひび割れ(②)が大きく口開くことはなかった。一方、内部では、ひび割れは分散せず、P C a部材接合部に沿うひび割れ(③)が、TPC-I, TPC-IIともに大きく口開き、外部とは異なるひび割れ性状を示した。次にTPCHタイプについては、TPCH-III Xは外部ひび割れ・内部ひび割れ共に分散したせん断ひび割れを生じ、内部と外部がほぼ同様の破壊性状を示していたのに対して、TPCH-III Yは外部ひび割れが数本(④)に集中し大きく口開いたのに対して、内部ひび割れは細かく分散したひび割れ(⑤)がみられ、外部と内部では異なる破壊性状を示した。

3-2. せん断終局耐力

図2に各接合方式による試験体のせん断終局耐力実験値の比較を示す。まず、各接合方式のそれぞれについてはせん断補強筋比(p_w)が増加することによりせん断終局耐力は上昇する傾向がみられた。次に、P C a柱部材の各接合方式についての比較をすると各試験体ともほぼ同等の最大耐力を示し、各接合方式による耐力の差は見られなかった。また、TC(一体打ち)タイプとの比較では、TPCタイプの方がTCタイプに比べ、I型で約3%、II型で約14%の耐力上昇がみられ、P C a化による耐力の減少はみられなかった。TPCH(壁付きP C a柱部材)タイプについては、加力方向(X方向、Y方向)の違いによる差はほとんどみられなかったが、X方向加力の方がY方向加力に比べ多少耐力が上昇する傾向がみられた。

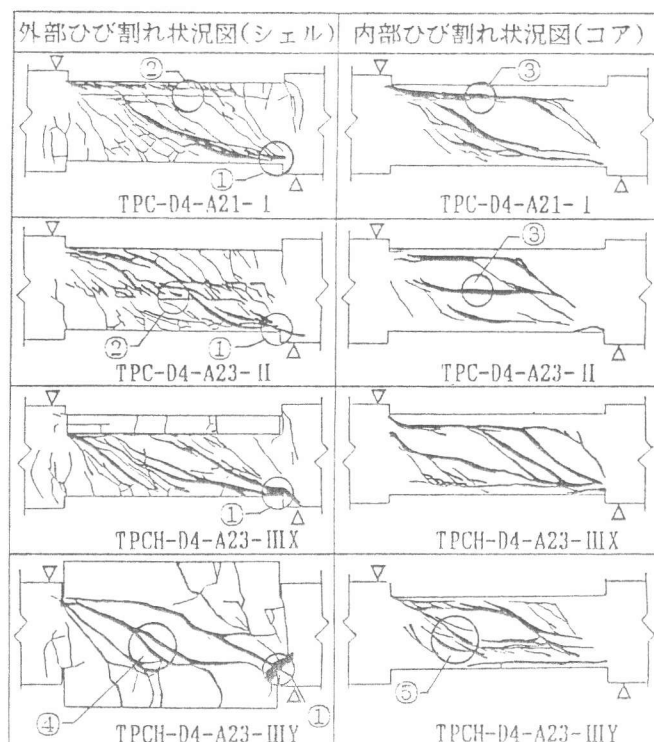


図1 破壊性状の一例

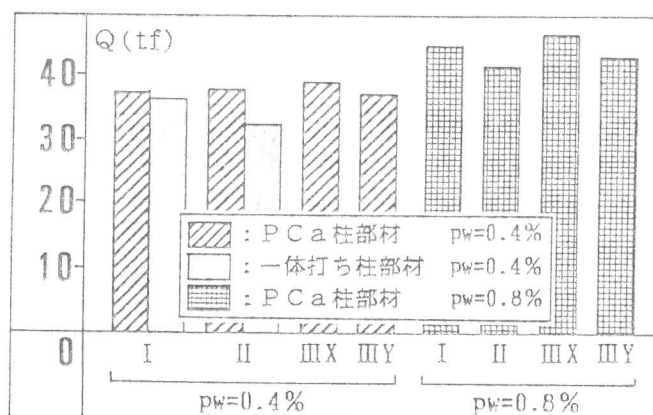


図2 せん断終局耐力の比較

図3にせん断終局耐力実験値(eQ_{su})と全断面を有効として算出した広沢せん断耐力式による計算値($c_H Q_{su}$)との比較を示す。この図より各試験体において実験値は計算値の1.14~1.42倍の値を示しており、全試験体とも広沢せん断耐力式によって安全側に評価できることが分かる。

図4にせん断終局耐力実験値(eQ_{su})と終局強度設計指針式(AIJ.1990:A法)による計算値($c_A Q_{su}$)との比較を示す。この図より実験値は計算値を下回る傾向にあり、特に $p_w=0.8\%$ の試験体では比較値で0.6~0.7の値を示した。

3-3. $Q-\delta$ 関係

図5に共通要因を $p_w=0.4\%$ としたときの接合方式I, II型のそれぞれの接合形式におけるTPC(P C a柱部材)タイプとTC(一体打ち柱部材)タイプとのせん断力(Q)—支点間相対変位(δ)包絡線の比較を示す。この図から、TPC-IとTPC-IIを比較すると剛性及び変形状はほぼ一致しており、接合位置による違いはみられなかった。また、両者ともTCタイプに比べて曲げひび割れ発生以降の剛性は高く、P C a化による構造性能の低下はみられなかった。

図6に共通要因を $p_w=0.4\%$ としたときの各接合方式によるP C a柱部材のそれぞれについてのせん断力(Q)—支点間相対変位(δ)包絡線の比較を示す。この図から各試験体ともほぼ同等の耐力及び変形状を示し、各接合形式による差は認められなかった。またTPCHタイプについては加力方向(X方向, Y方向)の違いに関わらずほぼ同等の剛性及び変形状を示し、加力方向による差はみられなかった。

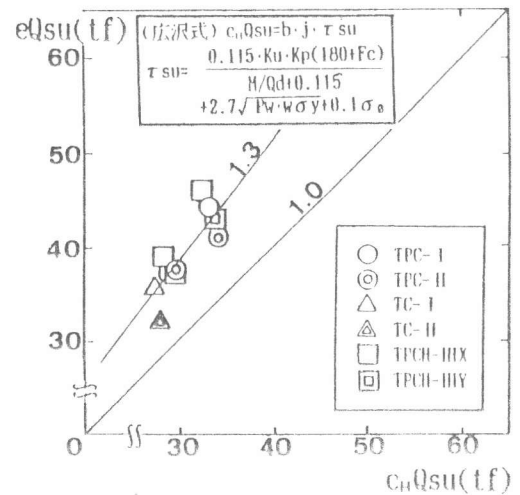


図3 実験値と広沢式の比較

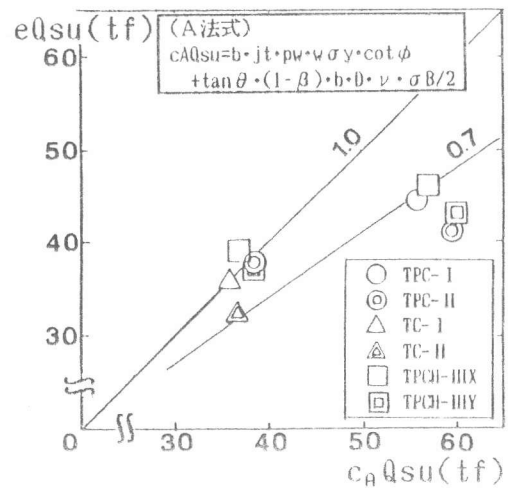


図4 実験値とA法式の比較

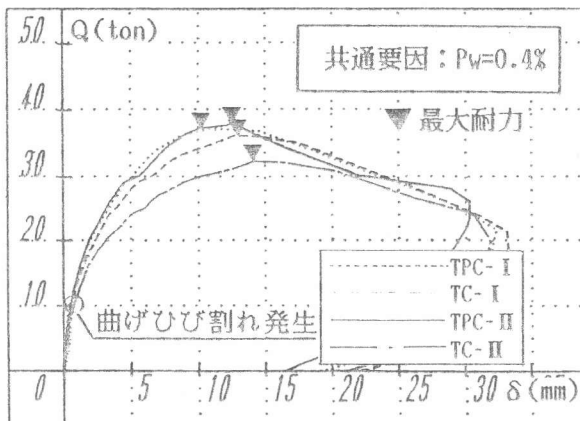


図5 せん断力(Q)—支点間相対変位(δ)関係
(一体打ち柱部材(TC)との比較)

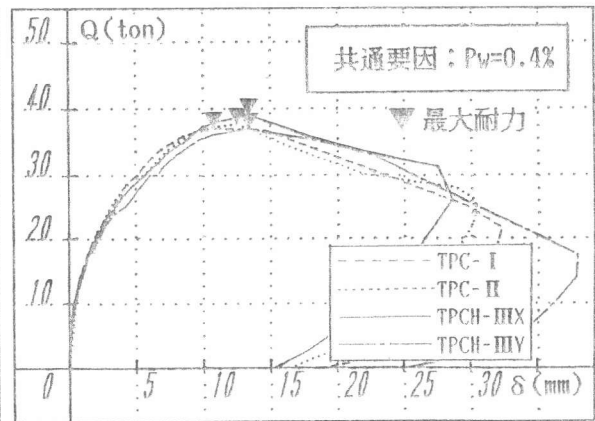


図6 せん断力(Q)—支点間相対変位(δ)関係
(接合方式による比較)

3-4. せん断補強筋の挙動

図7に最大耐力時におけるI, II型のせん断補強筋の材軸方向における応力度分布図を示す。pw=0.4%の場合、最大耐力時においてせん断補強筋はTPC-I, TPC-II共に降伏レベルに達し、十分な補強効果を示しており、せん断補強筋分割による影響はみられなかった。また、pw=0.8%の各試験体はコンクリートのせん断圧縮破壊により最大耐力となったため、せん断補強筋が降伏する以前に最大耐力に至っており、最大耐力時のせん断補強筋の応力度は低い値となった。同様にTCタイプについてもせん断圧縮破壊が先行し、TPCタイプと比較して最大耐力時のせん断補強筋の応力度は低い値となった。

図8にpw=0.4%を共通要因とした各工法別のせん断力(Q)ーせん断補強筋の実応力度($w\sigma_s$)関係を示す。ここでの実応力度は最大耐力を決定したと思われるせん断ひび割れを横切る区間のせん断補強筋の応力度の相加平均とした。まず、実応力度はせん断ひび割れ発生時点(Q=20.0tf付近)から急激に伸び始め最終的には降伏レベル($\sigma_y=4110\text{kg/cm}^2$)の73~95%で最大耐力に至った。TPCHタイプはTPCタイプ同様、加力方向の違い(X方向, Y方向)に関わらず、せん断補強筋の実応力度は降伏レベル付近にまで達しており、TPCHタイプにおける壁筋がせん断補強筋として有効に作用していると思われる。

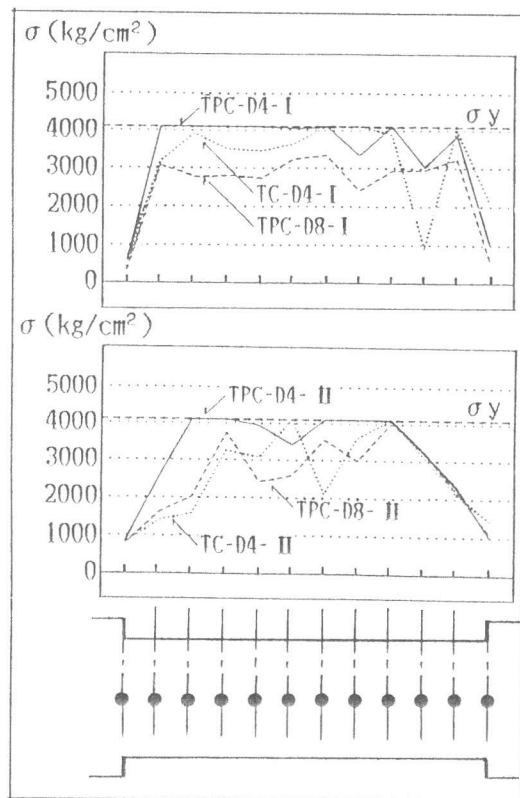


図7 最大耐力時におけるせん断補強筋の応力度分布

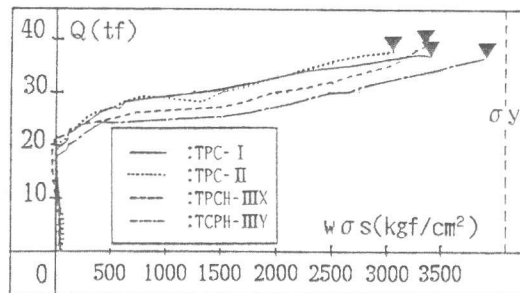


図8 せん断補強筋の実応力度の比較

4. まとめ

- 1) 本年度提案した各工法によるP C a柱部材は、初期剛性・変形状・せん断終局耐力等において良好であり十分な構造性能を示した。
- 2) P C a柱部材において外部と内部の破壊性状に多少の差異がみられたが、構造性能において一体打ち部材と同等あるいはそれ以上に評価でき、P C a化による影響は認められなかった。

[謝辞] 本研究をまとめるにあたり御指導・御協力頂いた東京理科大学松崎研究室助手 中野克彦氏、並びに平成2年度松崎研究室卒研生 安達直人、市村敦史両君に深く感謝致します。

[参考文献]

- 1) 広沢雅也・後藤哲郎：軸力を受ける鉄筋コンクリート部材の強度と粘り（その2 既往の資料に関する検討）、日本建築学会学術講演梗概集、No.2261、pp.819-820、1971.11
- 2) 松崎育弘・関口智文：フープ筋付プレキャスト型枠を用いたR C柱部材に関する実験研究、コンクリート工学年次論文報告集、vol.11、No.1111、pp.661-666、1989.6