

PC 造 L 型柱梁接合部の応力伝達機構に関する解析的研究

Analytical Study on Shear Transfer Mechanism of L-shaped Prestressed Concrete Beam-column Joint Cores.

○山田泰之¹, 浜原正行²

*Hiroyuki Yamada¹, Masayuki Hamahara²

Abstract: Finite element analyses were performed to clarify the elasto-plastic behaviors of L-shaped prestressed concrete beam-column joint assemblies. The analytical results were as follows. 1) The slope of the minimum principal stress was 45 degrees. 2) No stresses occurred near the surface of the top and back side of the joint core was.

1. はじめに

文献 1) では、接合部破壊が先行する骨組の最大層せん断力が鉄筋コンクリート（以後、RC）とプレストレストコンクリート（以後、PC）で有意な差が見られないことを実験的に明らかにし、この実験結果を基に、接合部の破壊が接合部内の柱頭側と柱脚側に生じる最大曲げモーメントを結んだ直線の勾配に支配されるとした十字型、ト型、T 型および L 型接合部の設計法を提案した。この設計法では、接合部の終局せん断応力を RC 靱性保障指針式によって評価している。周知のように、この式は実験式であり、接合部内の応力伝達機構を理論的に説明できるものではない。

設計式としての汎用性を高めるためには、応力伝達機構に基づいた合理的で力学的に明解なマクロモデルに基づいた理論が求められる。このようなモデルを設定するためには、実験結果と有限要素法等による詳細な応力解析を両輪としたアプローチが有効であると考えられる。

本報告は、柱・梁接合部の破壊が先行する PC 造 L 型部分架構に対する弾塑性有限要素解析を行い、その結果に対する考察、検討を行おうとするものである。

2. PC 造 L 型部分架構の有限要素解析

文献 2) の研究ではト型接合部についての詳細な検討を行い、アスペクト比とプレストレスが最大耐力に及ぼす影響を検討した。本解析では PC 造 L 型部分架構について解析を行い、各応力について検討を行う。

3. 解析概要

解析には汎用構造解析プログラム DIANA 中の有限要素法 2 次元弾塑性解析ソフトを用いた。Fig.1 に梁せい 300mm 試験体の要素分割を示す。

鋼材及びプレート位置と断面積および有効緊張力は文献 2) に倣った。支点、載荷点および PC 鋼材の定着

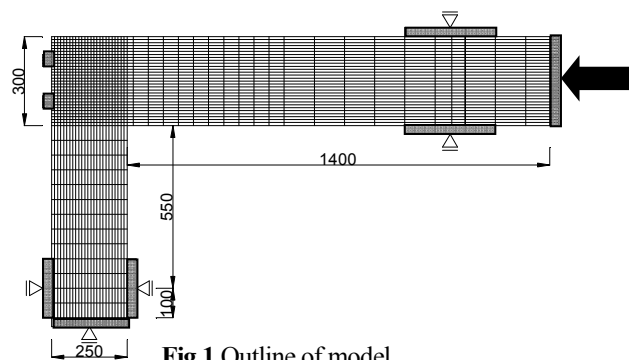


Fig.1 Outline of model

位置には厚さ 30mm、ヤング係数 205GPa の支圧板を設置し、応力の集中を緩和した。コンクリートは 4 節点平面応力要素とし、降伏条件には Drucker-Prager の降伏基準を採用し、引張りひ割れの判定には、Tension cut-off 基準を用いた。主筋や PC 鋼材はトラス要素とし、降伏点と引張強度を特異点とする Tri-Linear モデルを採用した。プレストレスの導入は、付着要素の剛性をゼロとして所定の応力を PC 鋼材に与えた後、PC 鋼材と支圧板を結合させ、付着要素に初期合成を与えた状態で応力を開放することによって梁にプレストレスを与えた。

鋼材、コンクリート、及び両者の付着に関する構成則の具体的な諸元は、文献 2)~5) に従った。

4. 解析結果

Fig.2 は、層せん断力と層間変形角の関係の解析結果を示したものである。図中、横実線は (1) 式によって評価した¹⁾。式中の τ_{ju} は靱性保証型指針の接合部せん断強度式の下限式²⁾を用いて評価した。

$$V_c = \frac{2 \cdot j_{be} \cdot b_j \cdot D_j}{H \{1 - (D_c/L)\} - 2 \cdot j_{be}} \cdot \tau_{ju} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 b_j = 接合部有効幅、 D_j = 接合部有効せい
 D_c = 柱せい、 H = 階高、 L = スパン
 j_{be} = 等価応力中心間距離 = $0.8 \times$ 梁せい

1 : 日大理工・院 (前)・海建、Graduate Student of Oceanic Architecture & Engineering, Nihon University

2 : 日大理工・教員・海建、Prof., Dept. of Oceanic Architecture & Engineering, Science & Technology Nihon University

Fig.2 より、次のことが指摘できる。

1) 最大層せん断力の解析値は正側 156kN, 負側 148kN であり, 正側が負側より約 5.4%大きい。この大小関係は文献 6) の実験結果に対応している。

2) (1)式による計算値は 112kN であり, 解析値/計算値は正側で 1.39, 負側で 1.32 であり, 解析値と計算値がうまく適合できていない結果となった。

Fig.3 に最大層せん断力時の接合部内の最小主応力分布を示す。この図より、以下のことが指摘できる。

1) 接合部における最小主応力の角度は, 十字型や T 型接合部と同様にほぼ 45 度方向に分布している。

2) 接合部背面側の主応力は, 支圧板近傍以外では, ほとんどゼロとなっている。

3) ストラット幅は 正側より負側のほうが小さい。この結果は, Fig.2 の正側と負側の最大層せん断力の大小関係によく対応している。

Fig.4 は最大層せん断力時の接合部中央水平位置の正側と負側の最小主応力, せん断応力, 垂直応力を示したものである。Fig.4 より以下のことが指摘できる。

1) 最小主応力 σ_2 とせん断応力 τ_{xy} は柱の主筋間ではほぼ一定値をとり, 柱主筋の外側で急激に減少している。

2) σ_2 は柱の主筋間ではほぼ圧縮強度に達している。また, σ_2 , τ_{xy} とも正負で大きな差異は見られない。

3) 垂直応力 σ_x, σ_y については, 正側, 負側とも接合部背面側の主筋より外側ではゼロとなっている。

4) 垂直応力とせん断応力の値は 8MPa 程度であり, ほぼ等しい。この結果は Fig.3 に示す最小主応力の方向 (45 度) に対応している。

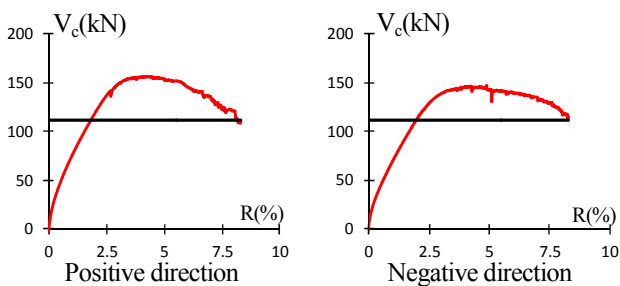


Fig.2 Story shear force - Story drift

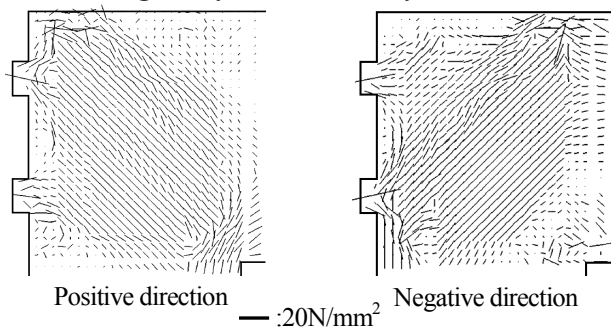


Fig.3 Minimum principal stress distribution of the maximum layer shear force

5. まとめ

1) 最大層せん断力の解析値は正方向の耐力が負側より 5.4%程度大きい結果となっていた。

2) 圧縮ストラットの傾斜角は, ほぼ 45 度であり, その幅は正側より負側のほうが小さかった。

3) 接合部背面側の主応力は, 支圧板近傍以外では, ほとんどゼロとなっていた。

4) 最小主応力とせん断応力は柱の主筋間でほぼ一定値をとり, 柱主筋より外側で急激に減少していた。

5) 最小主応力は柱主筋間でほぼ圧縮強度に達していた。

6) V_c の解析結果と計算結果がうまく適合できていない結果となったため, その原因を現在究明中である。

6. 参考文献

1) Hamahara et al. : Design for Shear of Prestressed Concrete Beam-Column Joint Cores, ASCE, Jour. Of Structural Engineering, pp.1520-1530, Nov. 2007

2) 小池 正大: PC 造柱梁接合部の応力伝達機構に関する解析的研究, 日本大学大学院, 修士論文, 2012

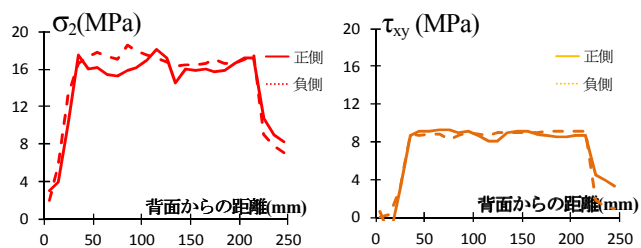
3) 藤井栄: 鉄筋コンクリートにおける付着定着特性とその部材に及ぼす影響に関する研究, 京都大学学位論文, 1992.1

4) 浜田: 建築雑誌, 1929.9

5) 共同研究「PC 構造設計・施工指針の作成 最終年度報告書」構造性能評価 WG 8. PC 鋼材の τ -S 特性および付着特性 pp. II-2-226~II-2-227, 1999. 3

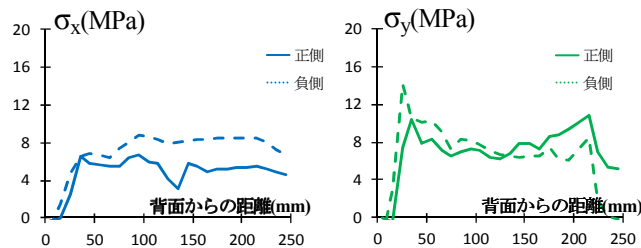
6) 共同研究「PC 造柱梁接合部に関する共同研究 最終研究成果報告書」, 社団法人プレストレストコンクリート技術協会 PC 造柱梁接合部研究委員会

7) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針(案)・同解説, 1997.7



(a) Minimum principal stress σ_2

(b) Shear stress τ_{xy}



(c) Normal stress σ_x

(d) Normal stress σ_y

Fig.4 Stress distribution in the joint center