

B-11

アンボンドプレキャスト PC 部材のせん断抵抗機構に関する解析的研究

その1 解析概要

Analytical Study on Shear Mechanism of Unbonded Precast Prestressed Concrete Members

Part.1 Analytical Outline

○小池正大¹, 増田雄太², 奥祐太朗², 福井剛³Shohdai Koike¹, Yuta Masuda², Yutaro Oku², Tsuyoshi Fukui³

The purpose of this study is to clarify the stress state of compression side on concrete at maximum load of unbonded precast prestressed concrete (PCaPC) members subjected to diagonal tension failure. In Part 1, Specifications of specimens and material property of two unbonded PCaPC members subjected to inverse symmetric bending moment with stirrups ratio as a parameter for comparison and investigation in this study are presented, and the analytical outline and analytical model for each specimen are described.

1. はじめに

現在、プレストレストコンクリート（以後、PC）造技術基準解説¹⁾において、アンボンドプレキャスト PC（以後、アンボンド PCaPC）部材のせん断耐力は軸方向鋼材の付着を必要としないアーチ機構で評価することが推奨されている。しかし、既往の実験²⁾において、曲げと一定せん断（以後、逆対称曲げ）を受けるアンボンド PCaPC 部材のせん断抵抗機構とされるアーチ機構には、耐力や変形性状に矛盾点が存在することが報告されている。この実験事実から、浜原ら³⁾はアンボンド PCaPC 部材の最大荷重が通常の梁理論を用いた曲げ理論によって定式化（以後、曲げ耐力式）できることを示した。この耐力式の誘導に際しては、以下のような仮定が設定されている。

1) コンクリートは、長方形のストレスブロックを仮定し、高強度コンクリートについては、コンクリート圧縮強度を PC 造技術基準式に従った低減⁴⁾を行う。

2) 最大耐力時の軸方向鋼材の引張力は、有効プレストレス力と載荷による増分引張力の和で与えられ、スパン内で張力は一定である。

この耐力式は、曲げ破壊だけではなく対角線状せん断破壊したアンボンド PCaPC 部材の耐力を統一的手法により精度良く評価することができる。この結果は、アンボンド PCaPC 部材では曲げ耐力に達する前にせん断破壊を起こすことはないことを示している。しかし、上述の仮定では、材端圧縮域でコンクリート引張強度に対して最大主応力が非常に大きくなり、圧縮縁応力が圧縮強度に達するよりもかなり早い段階で、材端圧縮域でせん断ひび割れが発生し、せん断破壊を起こす

ことになる。これは、前述した実験結果とは異なるため、材端圧縮域で生じる応力を主応力レベルで再度検討する必要がある。

本研究は、逆対称曲げを受けるアンボンド PCaPC 部材を対象とし、以下に示すような項目に対して解析的に考察・検討を行う。

1) 逆対称曲げを受けるアンボンド PCaPC 部材の材端圧縮域では、材軸直交方向の応力（以後、鉛直応力）が発生し、それにより、最大主応力がゼロとなる理論的根拠を示す。

2) 逆対称曲げを受けるアンボンド PCaPC 部材に対して有限要素法弾塑性解析を行い、部材の応力状態を調べ、鉛直応力を考慮した梁理論と解析結果の適合性を確かめる。

2. 解析概要と解析モデル

本研究で比較・検討に用いる試験体は、宮原らの研究⁴⁾で示されているせん断補強筋比をパラメータとした逆対称曲げを受けるアンボンド PCaPC 部材 2 体とし、各試験体の試験体諸元及び、コンクリート、鋼材の材料試験結果は表 1～表 3 に示す。

解析に使用したソフトは、FINAL ver.11.2 である。コンクリートは二次元アイソパラメトリック要素とし、軸方向鋼材とせん断補強筋はトラス要素とした。軸方向鋼材、せん断補強筋は水平剛性ゼロのボンドリンクを介してコンクリート要素と結合させた。

コンクリートの圧縮応力-歪関係を図 1(a)に、引張応力-歪関係を図 1(b)に示す。圧縮応力-歪関係には、圧縮強度までは修正 Ahmad モデル⁵⁾、圧縮強度到達後のひずみ軟化域は中村・桧貝らのモデル⁶⁾を用い、引張

1 : 日大理工・院 (後) 海建、2 : 日大理工・院 (前) 海建、3 : 日大理工・教員・海建

応力-歪関係には、出雲らのモデル⁷⁾を採用した。

せん断補強筋の応力-歪関係は、図2(a)に示すような Bi-Linear モデルを用い、降伏後は応力一定とした。PC 鋼棒の応力-歪関係は、図2(b)に示すような Tri-Linear モデルを用い、第二勾配の剛性をヤング係数の1/50、引張強度後は応力一定とした。

解析におけるコンクリートと鋼材の材料諸元は表2、表3で示した材料試験結果を使用した。図3に解析モデルを示す。解析ではスタブを介して梁部分に逆対称曲げを与えた。

表1 試験体諸元

試験体名	せん断補強筋		P_e (kN)
	p_w (%)	配筋	
LD2PW02	0.19	□ - D4@75	698.0
LD2PW04	0.42	□ - D6@75	664.8

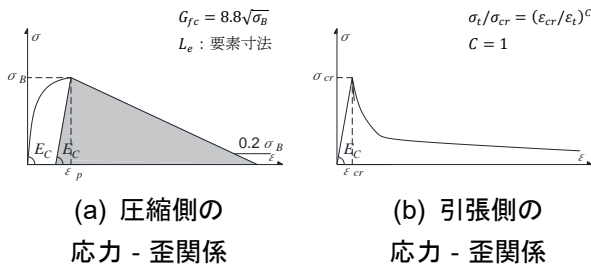
【共通因子】 断面：b = 200 mm, D = 450 mm, j = 370 mm
 PC 鋼棒：4c-26mm (SBPR 1080/1230) アンボンド処理
 【記号】 p_w ：せん断補強筋比, P_e ：有効プレストレス力

表2 コンクリート材料試験結果

試験体名	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	割裂強度 (N/mm ²)
LD2PW02	45.43	31.67×10^3	2.83
LD2PW04	44.62	31.95×10^3	

表3 鋼材材料試験結果

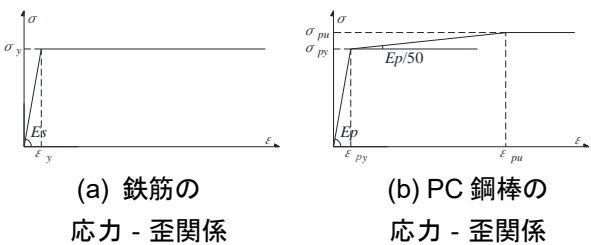
径 (材種)	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)
26mm(C-1)	1192	1271	200×10^3
D4(SD295A)	368		189×10^3
D6(SD295A)	437		186×10^3



(a) 圧縮側の
応力 - 歪関係

(b) 引張側の
応力 - 歪関係

図1 コンクリートの構成則



(a) 鉄筋の
応力 - 歪関係

(b) PC 鋼棒の
応力 - 歪関係

図2 鋼材の構成則

3. まとめ

本報告では、対角線状せん断破壊を起こすアンボンドPCaPC部材の最大荷重時における材端圧縮域で生じるコンクリートの応力状態を明らかにするため、せん断補強筋比をパラメーターとする逆対称曲げを受ける

2体のアンボンドPCaPC部材の解析概要と解析モデルについて述べた。

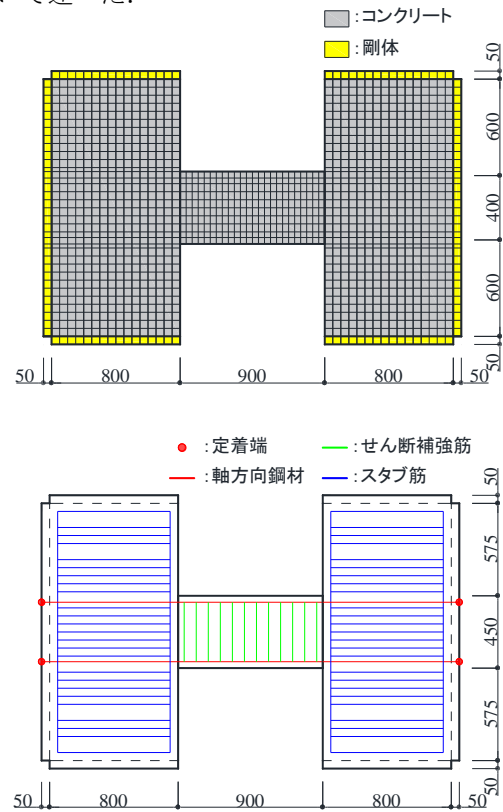


図3 解析モデル

参考文献

- [1] 国土交通省国土技術政策総合研究所 独立行政法人建築研究所：2009年版プレレストコンクリート造技術基準解説及び設計・計算例, pp.126-128, 2009
- [2] 浜原ほか：軸筋の付着を除去したRC部材のせん断抵抗機構に関する実験的研究(その1-その3), 日本建築学会大会梗概集(構造IV) pp.455-460, 2000.7
- [3] 浜原ほか：アンボンドプレキャストプレレストコンクリート部材の耐力, 日本建築学会構造系論文集, 第86巻, 第789号, 1549-1557, 2021年
- [4] 宮原ほか：アンボンドPCaPC梁部材の破壊過程とせん断抵抗機構に関する実験的研究(その2), 日本建築学会構造系論文集, 構造IV, pp.623-624, 2022.9
- [5] 長沼一洋：三軸圧縮下のコンクリートの応力-ひずみ関係, 日本建築学会構造系論文集, 第474号, pp.163-170, 1995.8
- [6] H. Nakamura, et al : Compressive Fracture Energy and Fracture Zone Length of Concrete, Seminar on Post-peak Behavior of RC Structures Subjected to Seismic Load, JCI-C51E, Vol.2, pp.259-272, 1999.10
- [7] 出雲らほか：面内力を受ける鉄筋コンクリート板要素の解析モデル, コンクリート工学論文, No.87.9-1, pp.107-120, 1987.9