

B-13

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3 解析結果

Analytical Study on Shear Mechanism of Unbonded Precast Prestressed Concrete Members

Part.3 Analytical Results

小池正大¹, 増田雄太², ○奥祐太朗², 福井剛³

Shohdai Koike¹, Yuta Masuda², Yutaro Oku², Tsuyoshi Fukui³

This study presents the results of finite element method analysis of two unbonded precast prestressed concrete (PCaPC) members subjected to inverse symmetric bending moment as described in the previous section (Part 1). The analysis results show that the neutral axis depth of the unbonded PCaPC members decreases as the critical section is approached, while the vertical and shear stresses increase. It is shown that the max. principal stresses hardly occur in the critical section where the neutral axis exists in the cross section. The calculated stresses in the critical section shown in the previous section (Part 2) are in relatively good agreement with the analytical results. These results indicate that the stress state of the the compression side on concrete of unbonded PCaPC members can be evaluated by the beam theory considering vertical stresses.

1. はじめに

本報告では、前報(その1)で示した曲げと一定せん断(以後、逆対称曲げ)を受けるアンボンドプレキャスト PC (以後、アンボンド PCaPC) 部材 2 体に対して有限要素法弾塑性解析を行った結果を示し、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. 実験結果と解析結果の比較

荷重一部材角関係

図1は荷重一部材角関係を示したもので、点線が文献1)で示されている実験結果、実線が解析結果である。同図中に示す一点鎖線は、文献2)による曲げ耐力式の計算結果 Q_{cu} を示す。

各試験体の破壊経過は、実験、解析ともに部材端部に曲げひび割れが発生したのち、端部で圧壊が生じた。

各試験体とも、その後も耐力は上昇し、端部の圧壊部から中央に向かって対角線上にせん断ひび割れが発生し、ほぼ同時に耐力低下した。

図1に示すように、最大耐力の解析結果と文献2)による曲げ耐力式の計算結果は、実験結果とよく一致している。また、荷重一部材角関係の解析結果は、荷重の増加に伴って、変形が実験結果より若干小さくなっているが、最大耐力は実験値とよく一致している。

3. 解析結果

図2~図5は、曲げ危険断面近傍(以後、断面①)、反曲点位置(以後、断面③)、反曲点と曲げ危険断面の中間位置(以後、断面②)における最大荷重時の最小

主応力分布、鉛直応力分布、せん断応力分布、最大主応力分布の解析結果を示したものである。図2~図4中、断面①における緑実線は前報(その2)で示した最小主応力、鉛直応力、せん断応力の計算結果を表す。

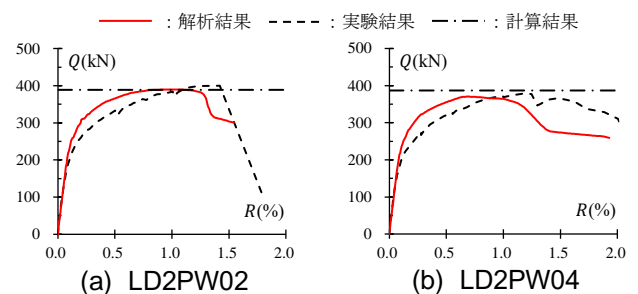


図1 荷重一部材角関係

それぞれの応力の算定に用いたデータは以下のとおりである。

$$b = 200\text{mm}, D = 450\text{mm}, L = 900\text{mm}$$

$$n_0 = 2C_c / (\sigma_B \cdot b) = 200.7\text{mm}$$

$$\text{ここに, } C_c = 2T_p = 903.6\text{kN}$$

$$2T_s = \text{上下段鋼材張力解析値の平均}$$

$$x = \text{材端から断面①の中心までの距離} \\ = 56.25\text{mm}$$

$$\lambda = \{D - (2n_0/3)\} / (L - 2x) = 0.402$$

$$n = \text{断面①における中立軸距離}$$

$$= n_0 + 3\lambda x = 268.4\text{mm}$$

$$Q = \text{最大耐力解析値の平均} = 378.0\text{kN}$$

最小主応力分布

図2より、各試験体ともに最小主応力分布は、断面

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

③では高さ方向にほぼ一定、断面①、断面②では、圧縮縁で最大、圧縮縁から離れるに従って減少しており、断面①における引張側の最小主応力は、圧縮側のそれと比較すると、かなり小さい値となっている。アーチ機構では、応力は対角線方向に形成された圧縮ストラットを介して応力伝達される。文献3)中の解説図6.4.14(a)で示されているアーチ機構模式図のように、この応力伝達の条件下では、曲げ危険断面以外の圧縮縁応力はゼロとなる。したがって、最小主応力が圧縮縁で最大となる図2の結果は、これらの試験体で、最大荷重時にアーチ機構が形成されないことを示している。また、断面①における前報(その2)で示した最小主応力の計算結果と解析結果は比較的良く一致している事が分かる。

鉛直応力分布とせん断応力分布、最大主応力分布

図3より、最大荷重時における鉛直応力分布は、中立軸が断面内に存在する断面①以外ではゼロ。そして、断面①で解析による最大値はLD2PW02で11.4N/mm²、LD2PW04で8.6N/mm²に達している。また、図4、図5に示すように、せん断応力は断面①で最大となっている。最大主応力は、断面内に中立軸が存在する断面①ではほとんど生じていない。また、断面①における鉛直応力、せん断応力、最大主応力の計算結果と解析結果は比較的良く一致している事が分かる。

上述の結果は、前報(その2)で示したように、鉛直応力を考慮することで梁理論によって圧縮側のコンクリート応力状態を評価可能であることを示している。

4. まとめ

本報告では、逆対称曲げを受けるアンボンドPCaPC部材の圧縮側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2体のアンボンドPCaPC部材に有限要素法弾塑性解析を行い、以下に示す結果を得た。

1) 最大耐力の解析結果と文献2)による曲げ耐力式の計算結果は、実験結果とよく一致しており、荷重一部材角関係の解析結果は、荷重の増加に伴って、変形が実験結果より若干小さくなっているが、最大耐力は実験値とよく一致していることを示した。

2) アンボンドPCaPC部材の中立軸深さは、曲げ危険断面に近づくほど減少し、鉛直応力とせん断応力は増加することを明らかにした。最大主応力は断面内に中立軸が存在する曲げ危険断面では、ほとんど生じていないことを示した。また、前報(その2)で示した曲げ危険断面におけるそれぞれの応力の計算結果は、解析結果と比較的によく一致していることを示した。

以上より、逆対称曲げを受けるアンボンドPCaPC部材の耐力及び、圧縮側コンクリートの応力状態は、鉛直応力を考慮した梁理論により、精度よく評価可能であることが分かった。

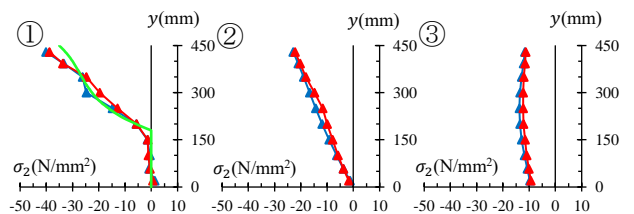
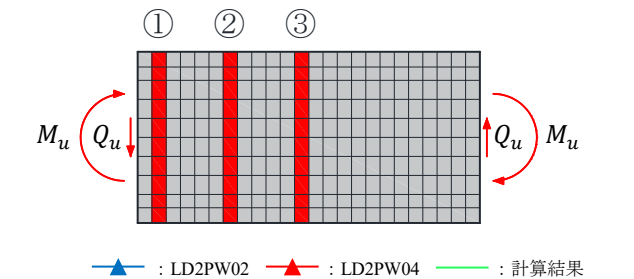


図2 最小主応力分布

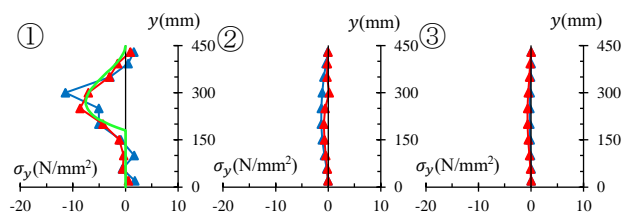


図3 鉛直応力分布

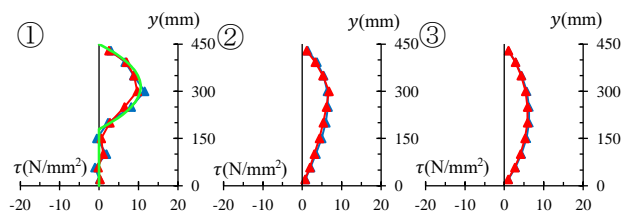


図4 せん断応力分布

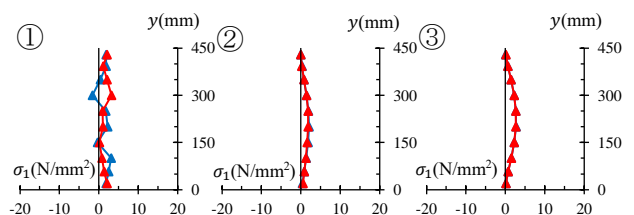


図5 最大主応力分布

参考文献

[1] 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
 [2] 浜原ほか：アンボンドプレキャストプレスト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
 [3] 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・同解説，p.151，1999.8