

B-14

アンボンド PCaPC 部材の応力伝達機構に及ぼすシアスパン比に関する解析的研究

その1 解析概要

Analytical Study on the Effect of Shear Span on Stress Transfer Mechanism of Unbonded Precast Prestressed Concrete Members

Part 1 Analysis Outline

○周鵬¹, 小川智輝¹, 福井剛²* Zhou Peng¹, Tomoki Ogawa¹, Tsuyoshi Fukui²

Abstract: In this study, the analytical model and material constitutive law are presented. The finite element method elastic-plastic analysis is performed to clarify the conditions under which the arch mechanism is formed from the stress distribution and failure progress of two precast prestressed concrete specimens with no adhesion to axial steel (unbonded) with shear span ratio as a parameter.

1. はじめに

プレストレストコンクリート（以後、PC）造技術基準において、軸方向鋼材に付着のない（以後、アンボンド）部材は、アーチ機構のみでせん断耐力を評価することが推奨されている。そのため、アーチ機構を研究対象とした実験では、アンボンド部材が多く用いられてきた²⁾⁵⁾。図1は、逆対称曲げ一定せん断（以後、逆対称曲げ）を受ける部材におけるアーチ機構を示したものである。この機構は、図中、赤三角形で示したノードを介して、せん断力 Q_a と曲げ圧縮力 C_a を合成させ、対角線方向に一軸圧縮力 N_a を生成させている。図2に示したこの応力伝達経路は、アーチ機構モデルでは圧縮ストラットに置き換えられている。アーチ機構の圧縮ストラットは、「せん断ひび割れによってコンクリートが一軸圧縮状態となり、その後も耐力低下しない」という条件を満たした部材にのみ形成されると考えられる。

これを踏まえ、滝口ほか²⁾は、シアスパン比とコンクリートの圧縮強度をパラメータとした主筋付着を除去した試験体に対して、逆対称モーメントが生じるように偏心圧縮力を作用させ、アーチ機構の破壊性状と最大荷重について検討している。これより、シアスパン比0.75以下の試験体は、対角線状せん断ひび割れ発生後も耐力が上昇していることから、これらの試験体は、図2に示したアーチ機構が成立していることが推測されている。しかし、この研究では、アーチ機構が形成される条件を実験的に示したのみで、部材内の詳細な応力状態に対する検討は行われていない。

本研究では、シアスパン比をパラメータとした2体のアンボンドPCaPC試験体の部材内の応力状態や破壊経過から、アーチ機構が形成される条件を示し、これらの応力伝達機構を明らかにするため、有限要素法弾塑性解析を行い、以下の項目について検討する。

1) 最大荷重時におけるコンクリート最小主応力の伝達機構

2) 対角線状せん断ひび割れの発生部位とその後の挙動

本項その1では、解析に用いる材料の構成則及び解析モデルを示す。

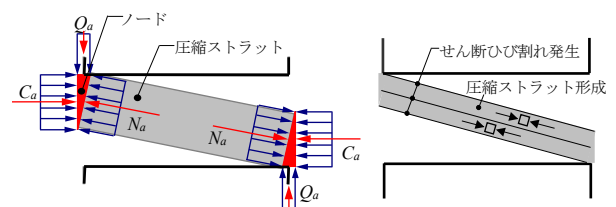


図1 アーチ機構モデル 図2 アーチ機構成立条件

2. 解析概要

2.1 解析に用いた材料の構成則

解析には、非線形の有限要素法解析ソフトであるFINALver.11.2を用いた。

コンクリートの圧縮応力-歪関係を図3(a)に、引張応力-歪関係を図3(b)に示す。圧縮応力-歪関係には、上昇域は修正 Ahmad モデル⁶⁾、軟化域は中村・桧貝らのモデル⁷⁾を用い、引張応力-歪関係には、出雲らのモデル⁸⁾を採用した。せん断補強筋の応力-歪関係は、図4(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 鋼材の応力-歪関係は、図4(b)に示すような Tri-Linear モデルを用い、第2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。

2.2 検討に用いた試験体と解析モデルの概要

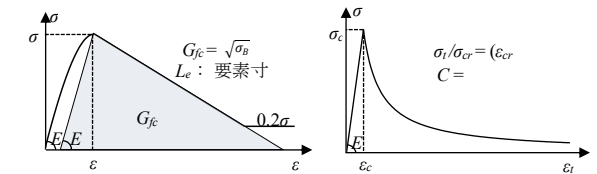
表1に試験体概要を示す。SR10は宮原ら⁹⁾が行った実験の試験体諸元および材料試験結果を用いた試験体, SR5はこの材料諸元を用いてシアスパン比を0.5とした仮想試験体である。表2に材料試験結果を示す。図5にシアスパン比1.0の場合の解析モデルを示す。境界条件は, 逆対称载荷を再現するために, 図5中の上段に示すように片側スタブは拘束, 他方のスタブは拘束部分に対して平行を保持させるように強制変位を与える。コンクリートは二次元アイソパラメトリック要素とし, PC鋼材とせん断補強筋はトラス要素とした。PC鋼材とせん断補強筋は水平剛性ゼロのボンドリンクを介してコンクリート要素と結合させた。

3. まとめ

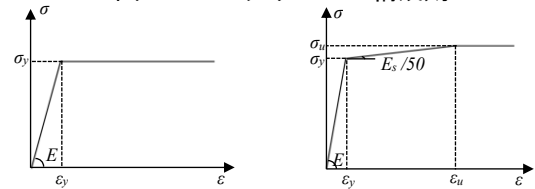
本報告では, 材料の構成則及び解析モデルの概要を示した。解析結果はその2に続く。

【参考文献】

- [1]国土交通省: 2009年版プレストレストコンクリート造技術基準解説及び設計・計算例, 2009
- [2]滝口ほか: R/C柱部材のアーチ機構による終局せん断耐力に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第63巻, pp.93-100, 1998. 1
- [3]梅村ほか: RC短スパン梁のせん断抵抗機構に関する実験的研究(その1, その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.535-538, 1995. 7
- [4]平井ほか: 一定軸力下におけるR/C柱のアーチ機構によるせん断耐力に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.359-362, 1998. 7
- [5]鏡ほか: 短スパンRC梁の変形性能改善に関する研究(その3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp. 421-422, 1993. 7
- [6]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60巻, 第
- [7] Nakamura: 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
- [8]出雲ほか: 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, 第25巻, 第9号, pp.107-120, 1987 DOI
- [9]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1 実験概要, 構造IV, 2022. 9



(a) 圧縮側の応力-歪関係 (b) 引張側の応力-歪関係
図3 コンクリートの構成則



(a) 鉄筋の応力-歪関係 (b) PC鋼材の応力-歪関係
図4 鋼材の構成則

表1 試験体概要

試験体名	スパン		
	L(mm)	L _{ub} (mm)	L/2D
SR10	900	2200	1.0
SR5	450	1750	0.5

【共通因子】断面: b=200mm D=450mm
せん断補強筋: ρ_w=0.2% 配筋: D4-@75

表2 材料試験結果

せん断補強筋 (単位: N/mm ²)		
径(材種)	降伏強度	ヤング係数
D4(SD295)	368	189×10 ³
コンクリート (単位: N/mm ²)		
圧縮強度	ヤング係数	引張強度
45.4	31.7×10 ³	2.83

PC鋼棒: 4c-Φ26(SBPR 1080/1230)アンボンド処理
降伏強度=1192N/mm² ヤング係数: 200×10³ N/mm²

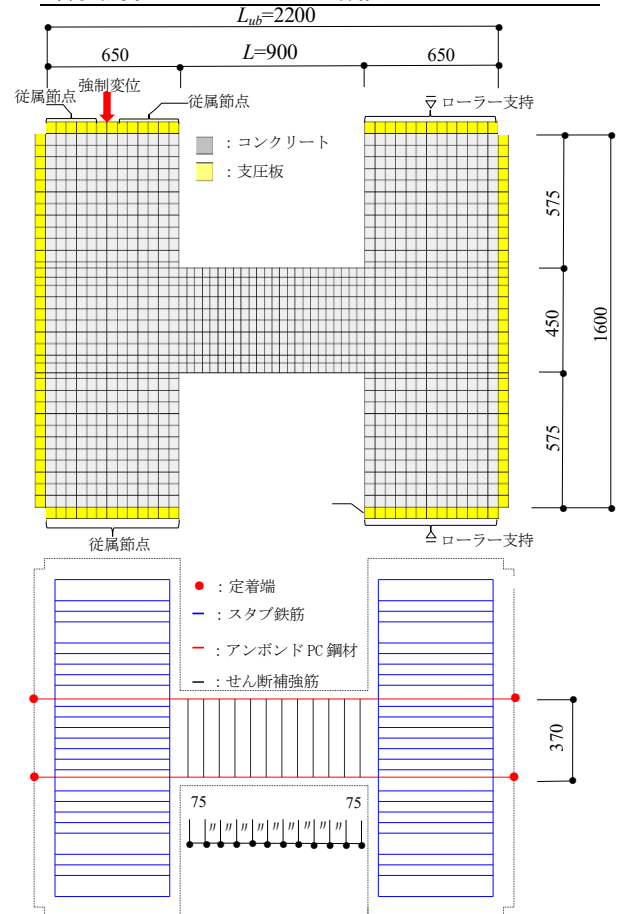


図5 解析モデル (シアスパン比 1.0 の場合)