

せん断スパン比 1.0 のアンボンド PC 圧着梁の性能に関する研究

その2 FEM 解析と評価式の検討

正会員 ○山中 健次*
同 柳沼 尚輝**
同 島崎 和司***

PC アンボンド 圧着梁
FEM 解析 せん断耐力 曲げ耐力

1.はじめに

その1で報告したアンボンド PC 圧着梁の試験体3体について FEM 解析を行い、実験と解析によりせん断性能を検討する。さらに各耐力式で算定された耐力と実験の比較を行う。

2.解析概要

解析には、汎用非線形有限要素法構造解析プログラム ADINA¹⁾を用いた。解析対象は $M/QD=1.0, Fc=45$ の試験体 PC08, PC09, PC10 の3体とし、解析モデルを図1に示す。試験体の圧着部分は、スタブと目地モルタルの間に引張強度を低くした薄い要素を入れることで模擬した。固定条件は下スタブの底面のみ固定とし、実験時と同じ加力をするため図1に示すように L 型の治具を入れ、試験体に逆対称モーメントが作用するようにした。

要素モデルは、コンクリートと目地モルタルは 8 節点立体要素、鉄筋は 2 節点トラス要素とした。加力治具、鉄板部分はコンクリートと同様に 8 節点立体要素とした。材料特性として、図 2(a)にコンクリート、(b)に鉄筋の応力-歪度関係を示す。コンクリートはプログラムに用意されているモデルを用い、強度とヤング係数は実験値を用いた。鉄筋と鉄板はバイリニアモデルとして材料特性を定義した。

最初に、プレストレスを PC 鋼棒が付いている上下の鉄板に実験開始時の値約 1300kN を圧縮力として加えた。次に、試験体の中央高さの位置の治具に水平力を単調加として荷した。

3.解析結果

図 3(a)~(c)に実験と解析結果のせん断力-変位関係を示す。解析結果は、耐力・剛性ともに実験結果を概ね捉えることができた。図 4(a),(b)にせん断補強筋の歪分布を示す。解析ではせん断補強筋が主筋とピンとして結合しているため、かなり大きい値となっている。

図 5(a)~(c)に層間変形角 $R=1/200$ 時の Z 方向応力図を示す。図 5(a)~(c)では対角方向に圧縮力が掛かっており、圧縮ストラットができていることが分かり、アーチ機構で抵抗していることが見てとれる。写真 1 の最終状況と合わせて考えると、PC08 は端部のコンクリートが圧壊してアーチ機構で抵抗できなくなりせん断破壊したと思

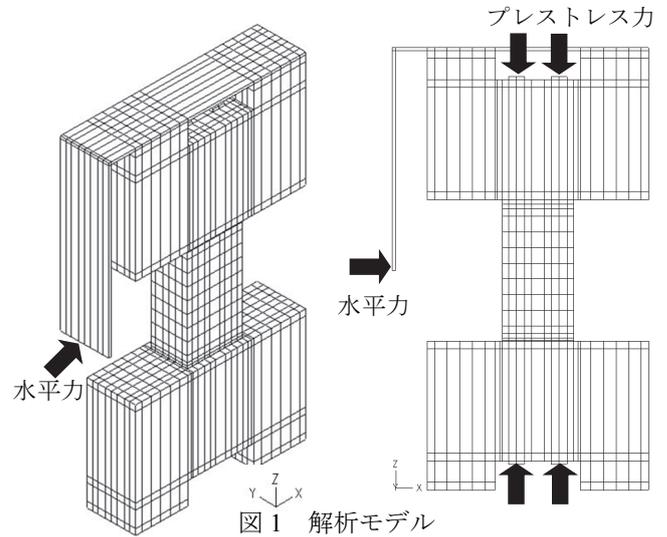


図1 解析モデル

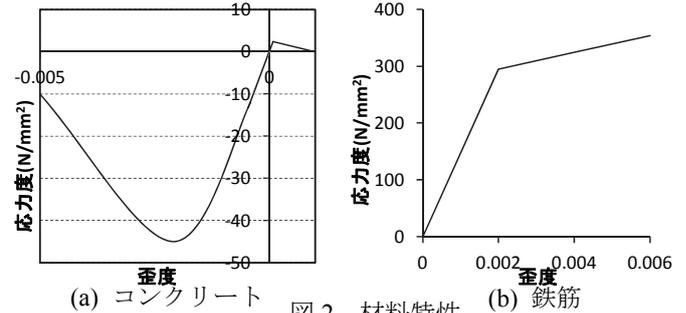


図2 材料特性

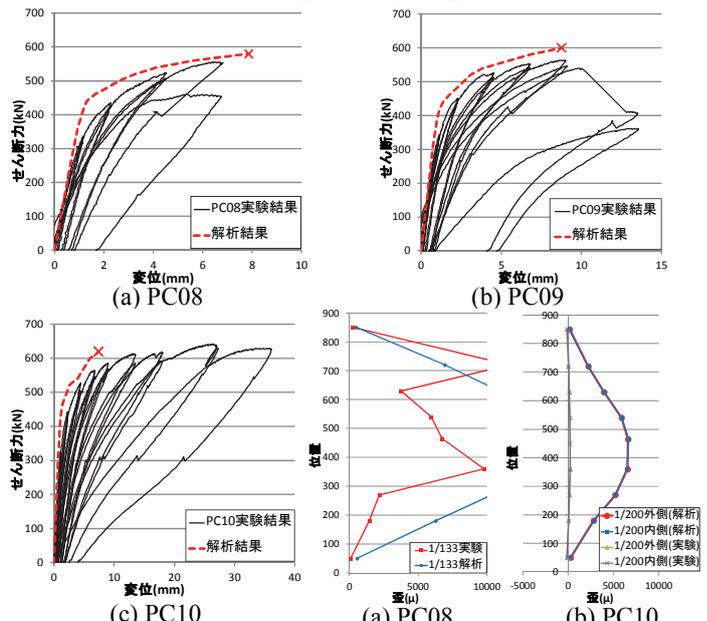


図3 せん断力-変位関係

図4 せん断補強筋の歪分布

A study on the performance of the Post-Tensioning Precast Beams using Unbonded Tendons of the shear span ratio of 1.0 (Part2 : Examination of FEM analysis and Evaluation formula)

YAMANAKA Kenji, YAGINUMA Naoki, SHIMAZAKI Kazushi

れ、PC09 は変形が増えたことによるコンクリート劣化や曲げによる影響で耐力が低下しせん断破壊したと思われる。せん断スパン比 1.0 の試験体でせん断破壊する場合は、せん断耐力はアーチ機構の消失で決まると言える。

4. 耐力評価式の検討

1) せん断耐力

アンボンド PC 部材の耐力算定には確立した式はなく、PC 規準式²⁾と既往の研究³⁾を参考に修正した式、NewRC 式⁵⁾が想定されているため(1)~(3)式を用いて算定を行い PC08~PC10 の実験値と比較をした。

・ PC 規準式を修正した式

$$Q_{su2} = b_0 \cdot j_0 \cdot 2 \cdot p_w \cdot w_{fy} + \frac{b_0 \cdot D}{2} (v \cdot F_c - 2p_w \cdot w_{fy}) \cdot \tan \theta \quad (1)$$

・ 軸力(プレストレス)の影響を考慮した NewRC 式

$$Q_{su3} = b \cdot j_t \cdot p_w \cdot w_{fy} \cot \phi + \alpha(1 - \beta) \cdot b \cdot D \cdot v_0 \cdot f'_c \quad (2)$$

(記号は各参考文献を参照)

図 6(a),(b)に各式の算定値と実験値の比較を示す。図 6(a)では耐力を過大評価しているが耐力は安全側の評価となった。図 6(b)では PC09 がほぼ評価できており、PC08 も精度が良くなっている。

2) 変形性能

図 7 に軸力—変形関係を示す。変形の増大に伴い軸力が上昇している。変形によるせん断耐力の低下を考慮するため次式の靱性指針式⁶⁾で評価を行う。

$$V_u = \mu \cdot p_{we} \cdot \sigma_{wy} \cdot b_e \cdot j_e + \left(v \cdot \sigma_B - \frac{5p_{we} \sigma_{wy}}{\lambda} \right) \frac{bD}{2} \cdot \tan \theta \quad (3)$$

(記号は参考文献を参照)

図 8 に靱性指針式と曲げ耐力の算定と実験の比較を示す。曲げ耐力はその 1 で算定した式を用い、図 7 の各層間変形角のピーク時の軸力を使用した。図 9(a),(b)に耐力と変形の算定値と実験値の比較を示す。耐力は評価できており、変形性能は概ね安全側に評価できている。

4. まとめ

- ・ 実験と解析から、せん断スパン比 1.0 の試験体のせん断破壊耐力はアーチ機構の消失で決まると言える。
- ・ せん断耐力の評価式では、軸力(プレストレス)を考慮した NewRC 式で算定すると精度よく評価できる。
- ・ 靱性指針式で変形性能を概ね評価できる。

【参考文献】

- 1) ADINA Ver.9.0 : The Finite Element System for Structures, ADINA R&D, Inc, 2014
- 2) 日本建築学会：プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説, 1998
- 3) 増田ほか：プレストレストコンクリート部材の終局せん断耐力と変形性能, AIJ 学術講演梗概集 2009.8
- 4) 内山ほか：高強度材料を用いた PCaPC 柱のせん断耐力に関する研究, PC 技術協会 第 19 回シンポジウム論文集 2010.10
- 5) 倉本ほか：柱部材に対する NewRC せん断強度式の耐力予測精度, AIJ 学術講演梗概集 1993.9
- 6) 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, 1999

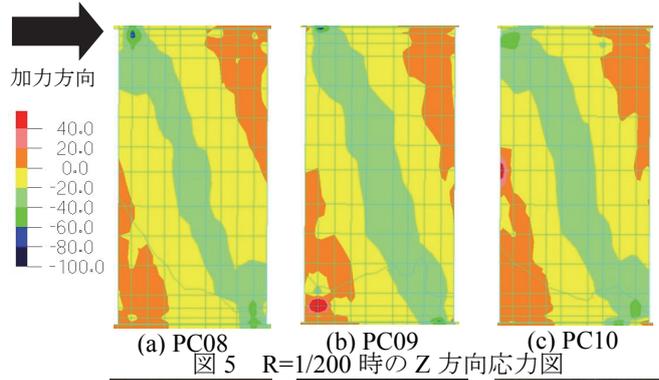


図 5 R=1/200 時の Z 方向応力図

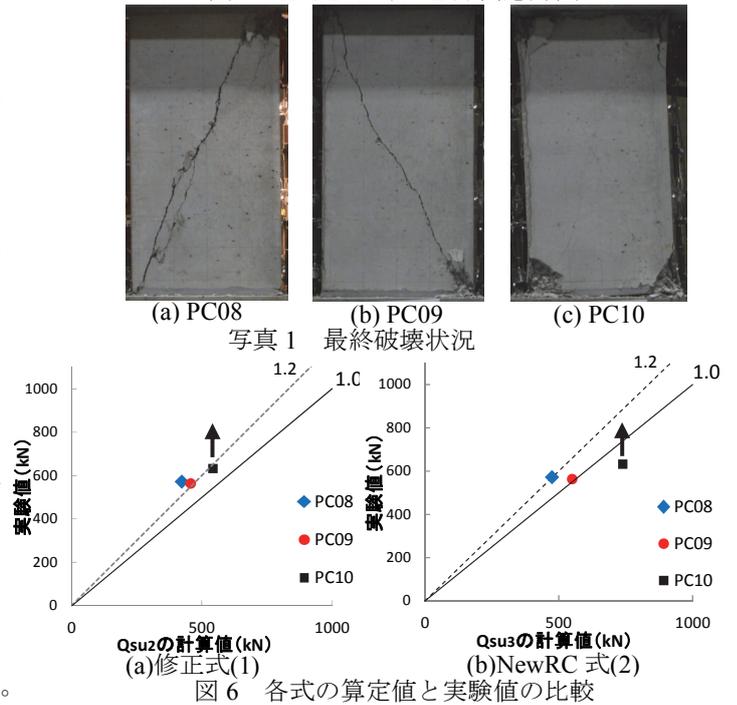


図 6 各式の算定値と実験値の比較

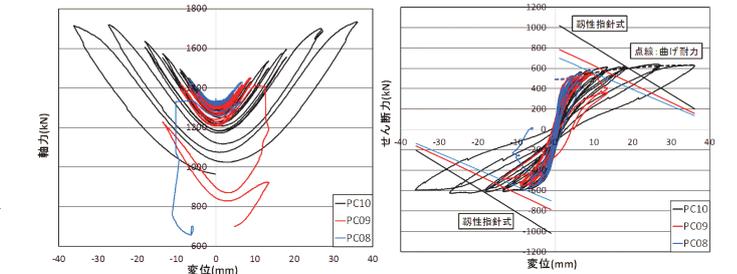


図 7 軸力—変形関係 図 8 靱性指針式と曲げ耐力の評価

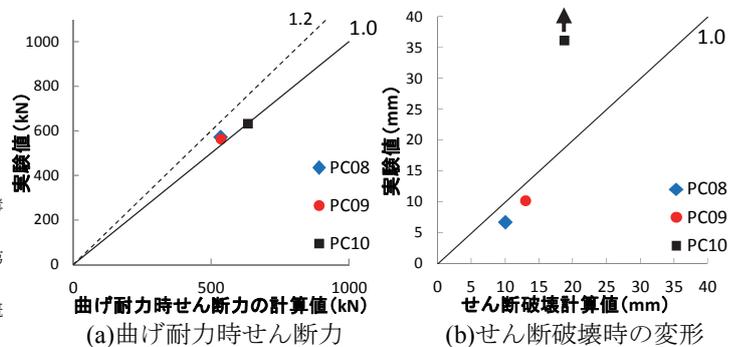


図 9 変形を考慮した算定値と実験値の比較

*エナ・デザインコンサルタント

**神奈川大学大学院 工学研究科 建築学専攻

***神奈川大学 工学部 建築学科 教授 博士(工学)

* ENA Design Consultant

** Graduate Student, Kanagawa University

** Professor, Kanagawa University, Dr. Eng.