

アンボンド PCaPC 部材の曲げ耐力式の提案  
その3 トラス機構の残余分の耐力推定式への適用

Equations for Predicting Ultimate Flexural Strength of PCaPC Members with Unbonded Tendons  
Part 3 Application of Equations for Flexural Strength to Residual Resistance Mechanism of Truss Mechanism

○小池正大<sup>2</sup>, 浜原正行<sup>1</sup>, 福井剛<sup>1</sup>

\*Syohdai Koike<sup>2</sup>, Masayuki Hamahara<sup>1</sup>, Tsuyoshi Fukui<sup>1</sup>

Abstract: This paper reexamines the equations in The AIJ Standard for Prestressed Concrete Structures for predicting the ultimate shear strength by replacing the arch mechanism with the mechanism that plane sections remain plane. The validity of the reexamination was verified by making the comparison with the test results of 178 prestressed concrete specimens that failed in shear.

1. はじめに

本報告では、アーチ機構式の代わりに、前報(その2)で誘導した曲げ耐力式を用いて PC 技術基準式<sup>1)</sup>の再評価を試みることによって、前々報その1で述べた仮説(2)の検証を行う。

2 トラス機構のせん断耐力

2.1 臨界せん断補強筋比

主筋を弦材とする 45° トラス機構のせん断耐力  $Q_t$ , 圧縮ストラット応力  $\sigma_{ct}$ , 軸方向力  $N_t$  は, Fig. 1 中の  $\triangle ABC$  と  $\triangle DEF$  での X, Y 両方向の釣合いより, それぞれ(1a)式~(1c)式のように求まる。

$$Q_t = p_w \cdot f_{wy} \cdot b \cdot j_r \text{-----(1a)}$$

$$\sigma_{ct} = 2p_w \cdot f_{wy} \text{-----(1b)}$$

$$N_t = Q_t = p_w \cdot f_{wy} \cdot b \cdot j_r \text{-----(1c)}$$

ここに,  $j_r$  = 上端筋から下端筋までの距離

曲げ危険断面 (Fig. 1 中, 部材左右端) の  $Q_t$  による曲げモーメント  $M_t$  は, (2)式で与えられる。

$$M_t = Q_t \frac{L}{2} = p_w \cdot f_{wy} \cdot b \cdot j_r \cdot \frac{L}{2} \text{----- (2)}$$

曲げ危険断面の抵抗モーメントは,

$$M_t = (T_t + C_t) \cdot \frac{j_r}{2} \text{----- (3)}$$

一方, この位置における軸方向力の釣合条件より,

$$C_t = T_t - N_t \text{----- (4)}$$

(4)式を(3)式に代入し, この式に(1c)式を代入したものを(2)式に等置し, 主筋の引張力  $T_t$  について解くと,

$$T_t = p_w \cdot f_{wy} \cdot b \cdot \frac{(L + j_r)}{2} \text{----- (5)}$$

(5)式左辺を主筋降伏荷重  $T_y$  に等置し,  $p_w$  について解

くと, (6)式のようになる。

$$p_{wcr} = \frac{2T_y}{b \cdot (L + j_r) \cdot f_{wy}} \text{----- (6)}$$

$p_{wcr}$  は主筋とせん断補強筋が同時に降伏するときのせん断補強筋比 (以後, 臨界せん断補強筋比) である。 $p_w < p_{wcr}$  ではせん断補強筋の降伏が先行し,  $p_w \geq p_{wcr}$  では主筋の降伏が先行する。

2.2 PC 部材と PCaPC 部材のトラス機構のせん断耐力

$p_w < p_{wcr}$  の部材 トラス機構せん断耐力  $Q_t$  とコンクリート圧縮ストラット応力  $\sigma_{ct}$  は (1a)式, (1b)式による。

$p_w \geq p_{wcr}$  の部材 PC 鋼材に丸棒が用いられている場合は, トラス機構によるせん断耐力  $Q_t$  とコンクリート圧縮ストラット応力  $\sigma_{ct}$  は, (1a)式, (1b)式中のせん断補強筋比  $p_w$  を臨界せん断補強筋比  $p_{wcr}$  に置換したもので評価できる。すなわち,

$$Q_t = p_{wcr} \cdot f_{wy} \cdot b \cdot j_r \text{----- (7a)}$$

$$\sigma_{ct} = 2p_{wcr} \cdot f_{wy} \text{----- (7b)}$$

PC 鋼材により線または異形 PC 棒鋼が用いられてい

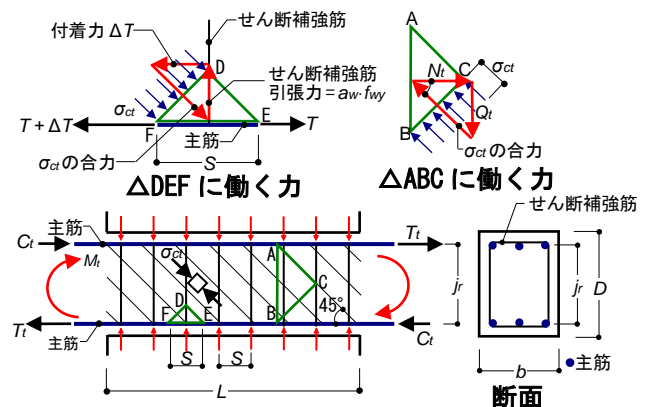


Fig. 1 Truss Mechanism

1: 日大理工, Nihon Univ. 2: 日大院, Graduate Student of Nihon Univ.

る部材は、主筋だけでなくPC鋼材によってもトラスの形成されることとなる。このような部材のトラス機構のせん断耐力  $Q_t$  は(8)式で、コンクリート圧縮ストラットの応力  $\sigma_{ct}$  は(1b)式によって評価できる。

$$Q_t = b \cdot f_{wy} \cdot \{p_{wcr}(j_r - j_p) + p_w \cdot j_p\} \dots\dots\dots (8)$$

**3 トラス機構残余分の耐力**

ここでは、**仮説(2)**に従い、トラス機構の残余耐力として、アーチ機構式の代わりにアンボンド部材としての曲げ耐力の極値  $Q_{bu}$  を用いる。

**Fig. 2** のような応力状態を想定すると、せん断力は、以下のように求まる。

$$Q_b = \frac{b \cdot D}{L} (v \cdot \sigma_B - \sigma_{ct}) \left( x_n - \frac{x_n^2}{D} \right) \dots\dots\dots (9)$$

(9) 式の極値は、 $\partial Q_b / \partial x_n = 0$  を満たす  $x_n = D/2$  を(9)式に代入することによって、(10)式のように求まる。

$$Q_{bu} = \frac{b \cdot D^2}{4L} (v \cdot \sigma_B - \sigma_{ct}) \dots\dots\dots (10)$$

上式中、コンクリート有効係数  $v$  は、以下に示すようにPC技術基準式に従う。

$$v = \alpha \cdot L_r (1 + \eta_g) \dots\dots\dots (11)$$

ここに、 $\alpha = \sqrt{60 / \sigma_B} \leq 1$      $L_r = M / (2Q \cdot D) \leq 1$   
 ただし、 $0.65 \leq v \leq 1$      $f_{wy} \leq 390 \text{N/mm}^2$      $p_w \leq 0.012$

(10)式中、 $\sigma_{ct}$  は、トラス機構の圧縮斜材の応力であり、(12)式による。

$$\sigma_{ct} = 2p_w \cdot f_{wy} \dots\dots\dots (12)$$

ただし、 $p_w > p_{wcr}$  でPC鋼材に丸棒鋼を用いている部材では  $p_w$  を  $p_{wcr}$  に置き換える。

**4. 実験結果との比較**

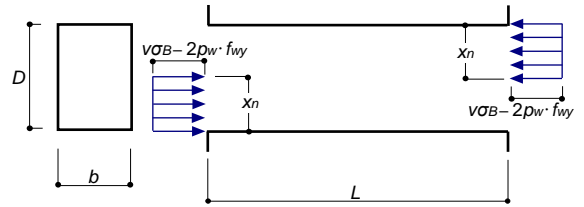
検討には、文献2)中の220体の試験体の内、せん断破壊が先行した178体を用いた。

**Fig. 3** は(1)式～(12)式を用いたせん断耐力式の計算精度  $Q_{eu} / Q_u$  と諸要因の相関の有無について検討したものである。これらの図より、以下のことが指摘できる。

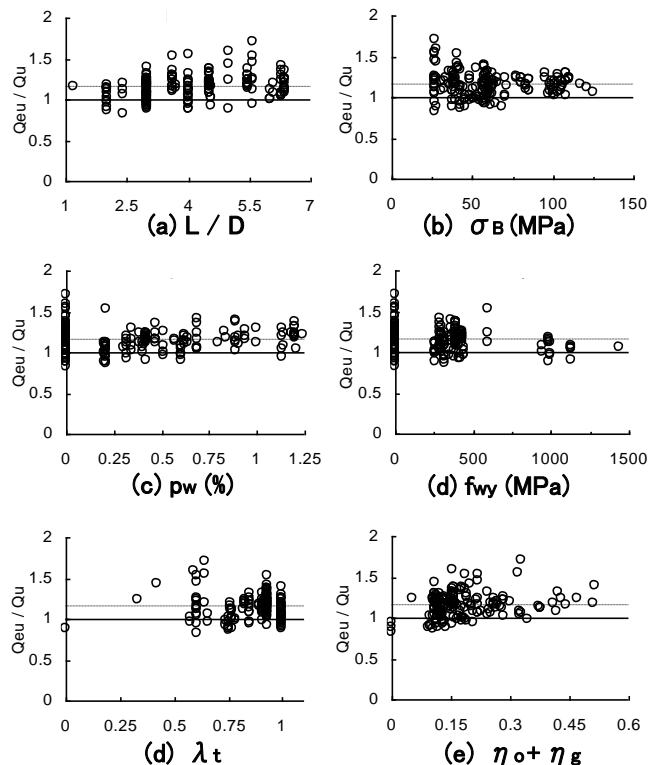
- 1)  $Q_{eu} / Q_u$  は、いずれの要因にも依存しておらず、系統的な誤差は見られない。
- 2)  $Q_{eu} / Q_u$  は、平均値=1.154、変動係数=12.46%であり、計算精度は比較的良好で安全側の評価であるといえる。

3) せん断補強筋比ゼロの試験体 58 体を除外した120体の試験体に関する計算精度について検討してみると、 $Q_{eu} / Q_u$  は、平均値=1.132、変動係数=10.59%であり、計算精度が若干向上する。

4) 以上より、**仮説(2)** が成立し得ることを示すことができた。



**Fig. 2 Concrete Compressive Stresses due to Flexure**



**Fig. 3 Verification of Proposed Equations**

**5. まとめ**

アーチ機構式の代わりに下界定理を用いた曲げ耐力の極値式をPC技術基準のせん断耐力式に組み入れ、178体のせん断破壊型にPC試験体との比較検討を行った。その結果、この式の実験結果に対する適合性が比較的高いことが分かった。これにより、**仮説(2)** が成立し得ることを示すことができた。

**【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，pp126-129, 2009(1)
- 2) 石井ほか:PC部材のせん断耐力に関する研究(その1)～(その3), 日本建築学会大会学術講演梗概集(構造IV), pp.783-787, 2019, 9