

## B-4

## アンボンド PCaPC 部材の最大荷重時における等価ストレスブロック

## Equivalent Concrete Compressive Stress Block of PCaPC Members with Unbonded Tendons

○小池正大<sup>1</sup>, 浜原正行<sup>2</sup>, 福井剛<sup>2</sup>\* Syoodai Koike<sup>1</sup>, Masayuki Hamahara<sup>2</sup>, Tsuyoshi Fukui<sup>3</sup>

Abstract: The authors had presented equations for predicting ultimate flexural strength of precast concrete members prestressed by unbonded tendons, applying rectangular stress block to the compressive concrete stress. Theoretical results obtained from the equations had agreed well with the test results of members that fail in shear as well as those in flexure. In order to verify the validity of the application of the rectangular stress block, Comparisons were made between the eccentricity of the concrete compressive stress obtained from tests and that of theoretical results, and it was found that the test results was consistent with the theoretical results.

## 1. はじめに

PC 鋼材にアンボンド鋼材あるいは丸棒を用いた圧着タイプの PCaPC 部材 (以後, それぞれアンボンド部材, 丸棒部材と略称) は, 軸方向鋼材に, コンクリート圧縮ストラットの応力とせん断補強筋の引張力に釣合う付着力が確保できないため, トラス機構が形成されない. したがって, アンボンド部材と丸棒部材のせん断耐力は, アーチ機構のみで負担されると考えられている<sup>1)3)</sup>. これに対して, 筆者らは, この考えに相反する以下のことを明らかにした<sup>6),7)</sup>.

1) アンボンド部材と丸棒部材の破壊モードは, **図 1(a)** に示す曲げ圧縮破壊と **図 1(b)** に示す対角線状せん断破壊に分類できることが知られているが, これらの部材は, 曲げ破壊を起こすものだけでなく, 対角線状せん断破壊を起こすものにも最大荷重時にアーチ機構が形成されることはなく, 曲げ変形が卓越した挙動を示した<sup>4),5)</sup>.

2) この結果を受け, アンボンド部材と丸棒部材を対象に, 圧縮コンクリートの応力を等価矩形ストレスブロックでモデル化した曲げ耐力式を提案した. この式は, 破壊モードに関係なく, いずれの試験体にも, 高い適合性を有していた<sup>5)</sup>.

しかしながら, この研究では, 最大荷重時において

曲げ危険断面の圧縮コンクリートの応力が提案式で想定するような等価ストレスブロックに対応するような状態になっていることは明らかにされていない. 特に, 対角線状せん断破壊を起こす試験体については, 曲げ圧縮領域の塑性化が進行する前に対角線状せん断破壊が生じる可能性はないのか, といった疑問も生じる.

本報告は, アンボンド部材に関する既存の実験資料を用いて, 曲げ圧縮破壊を起こした試験体だけでなく対角線状せん断破壊を起こした試験体についても最大荷重時における曲げ危険断面における圧縮コンクリートの応力分布がコンクリート圧縮強度を応力とする等価矩形ストレスブロックによってモデル化できることを示す.

## 2. 検討に用いた実験資料

検討に用いた資料は, 正負繰り返し逆対称曲げを受ける 19 体の長方形断面を有するアンボンド PCaPC 梁試験体の載荷実験<sup>6-12)</sup>から得られた最大荷重と最大荷重時の PC 鋼材張力の計測値  $T_{pe}$ <sup>13)</sup> である. これらの試験体の主筋は, 曲げ危険断面位置に設置した目地モルタル前面でカットオフされており, アンボンド PC 鋼材は, 図心に関して対称に平行配置されている. 破壊モードの内訳は, 曲げ圧縮破壊を起こした試験体が 9 体, 対角線状せん断破壊を起こした試験体が 10 体となっている.

## 3. 最大荷重時のストレスブロック

検討に用いた試験体の PC 鋼材の引張力は, **Fig.2(a)** に示すように, 上下で等しい. したがって, これらの試験体が最大荷重  $Q_{ue}$  に達したときの最大モーメント  $M_{ue} (= Q_{ue} \cdot L/2)$  は, コンクリート圧縮合力  $C_c$  とその

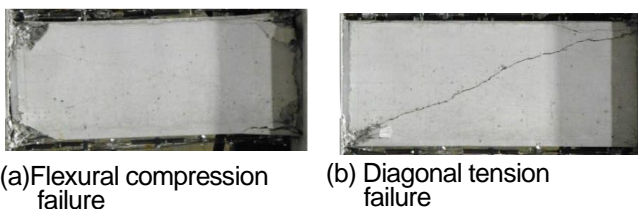


Fig. 1 Modes of failure of concrete members with unbonded longitudinal steels<sup>7)</sup>

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

偏心距離  $e_e$  の積で与えられる。前述のように、 $M_{ue}$  と  $T_{pe}$  は実験値として与えられているので、各試験体の  $C_c$  の偏心距離  $e_e$  は、(1)式でその具体的な値が求まる。

$$e_e = M_{ue} / C_c \text{ ----- (1)}$$

ここに、対象とする試験体では、 $C_c = T_{pe}$

一方、この試験体の圧縮応力を Fig.2(b)に示すような等価矩形ストレスブロックでモデル化すると、その偏心距離  $e_c$  は(2)式によって評価できる。

$$e_c = (D - x_n) / 2 \text{ ----- (2)}$$

ここに、 $x_n = C_c / (b \cdot F_c)$   $C_c = T_{pe}$

Fig.3(a), Fig.3(b)は、横軸にそれぞれプレストレスレベル  $\eta_g$  と(3)式によるせん断ひび割れ耐力を最大荷重の実験値で除したものの  $Q_{scr}/Q_{ue}$  を、縦軸に(1)式による偏心距離  $e_e$  を(2)式による偏心距離  $e_c$  で除したものを取り、この平面上に前述の19体のアンボンドPCaPC試験体の結果をプロットしたものである。Table 2は  $e_e/e_c$  の平均値、変動係数 COV,  $e_e/e_c$  の値が0.9未満たは1.1を超える試験体の割合  $P$  を示したものである。

$$Q_{scr} = (2/3) \cdot b \cdot D \cdot \sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_g \cdot \sigma_T} \text{ ----- (3)}$$

Fig.3, Table 2 より以下のことが指摘できる。

1)  $e_e/e_c$  は19体の試験体中、18体が0.9以上、1.1以下の範囲内に収まっており、 $F_c$  を応力とした等価矩形ストレスブロック合力の偏心距離  $e_c$  は、最大モーメントの実験値とPC鋼材張力計測値から求まるストレスブロック合力の偏心距離  $e_e$  を精度よく評価している。

2)  $e_e/e_c$  の値は、 $\eta_g$ ,  $Q_{scr}/Q_{ue}$ 、および破壊モードが曲げ圧縮破壊(図中、○)であるか対角線状せん断破壊(図中、△)であるかには依存していない。

以上より、アンボンドPCaPC部材の最大荷重時の圧縮側コンクリートの応力状態は Fig.8(b)に示すような等価矩形ストレスブロックでモデル化できることが分かる。これは、アンボンド部材の最大荷重が曲げ耐力式によって評価できることを示している。

#### 4. まとめ

1) 最大荷重時における曲げ危険断面の応力状態は、破壊モードが対角線状せん断破壊であるか曲げ圧縮破壊であるかに関係なく、コンクリート圧縮強度を応力とする矩形ストレスブロックでモデル化できた。

2) これより、アンボンド部材の最大荷重を破壊モードによらず曲げ耐力で評価した文献2)の妥当性を裏付けることができた。

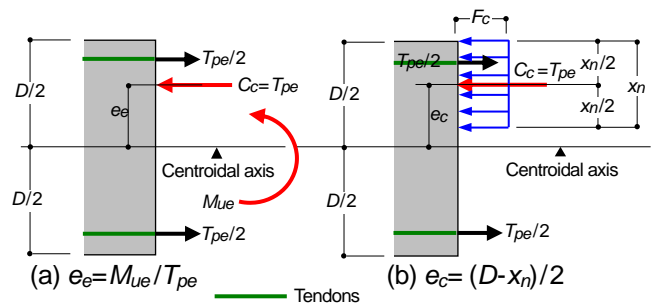


Fig. 2 Eccentricity of stress block

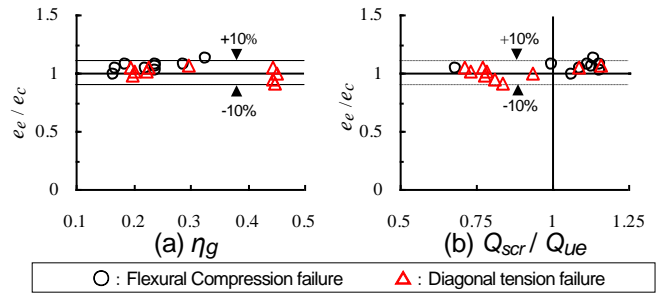


Fig. 3 Verification of validity of rectangular stress block

Table1 Statistical results of  $e_e / e_c$

Modes of failure	No.	Average	COV (%)	P(%)
Diagonal tension (DT)	10	1.021	4.572	0
Flexural compression (FC)	9	1.050	3.692	11.1
FC + DT	19	1.030	4.794	5.27

Notation P = Probability that  $e_e / e_c > 1.1$  or  $e_e / e_c < 0.9$

#### 【参考文献】

1) 滝口克己ほか: 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 503 号, pp.93-100, 1998. 1  
 2) 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. 8  
 3) 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(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.359-362, 1998. 9  
 4) 飯田ほか: 軸方向鋼材の付着の有無が鉄筋コンクリートのせん断性状に及ぼす影響, 日本建築学会構造系論文集(第 564 号) pp.103-108, 2005  
 5) 浜原ほか: アンボンドプレキャストプレストレスコンクリート部材の耐力, 日本建築学会構造系論文集, Vol.86, No.789, pp.103-108, 2021. 11  
 6) 江頭ほか: アンボンド PC 圧着梁のせん断耐力確認実験(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.857-860, 2013. 7  
 7) 柳沼ほか: アンボンド PC 圧着梁のせん断耐力に関する実験的研究(その 1), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.723-724, 2015. 7  
 8) 柳沼ほか: アンボンド PC 圧着梁のせん断耐力に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.769-770, 2016. 7  
 9) 竹内ほか: アンボンド PC 圧着梁のせん断耐力と損傷評価に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.775-776, 2018. 7  
 10) 島崎ほか: アンボンド PC 圧着梁の曲げ降伏後のせん断耐力に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.755-756, 2017. 7  
 11) 竹内ほか: アンボンド PC 圧着梁の部材耐力と曲げ降伏後の変形性能に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.817-818, 2019. 7  
 12) 竹内ほか: アンボンド PC 圧着梁の曲げ耐力後の変形性能に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.711-712, 2020. 7  
 13) 島崎ほか: 逆対称曲げを受ける平行配筋されたアンボンド PCaPS 梁のせん断耐力評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.719-720, 2020. 7