

アンボンドPC部材の曲げ特性に与える無応力鉄筋配置の影響

京都大学 正員 岡田 清 小林知夫
 学生員 大石龍太郎 ○畑村博行

1 まえがき 土木構造物にアンボンドPC工法が実用化されつつあるが、従来のグラウトを施したボンドPC部材に比べて曲げ破壊耐力の低下やひびわれの分散性等に問題があるとされている。本報告は、このような力学的性質の低下を改善する方法として、引張縁の近くに見形鉄筋を配置する方法をとり上げ、その効果を検討したものである。

2 実験概要 供試体の変動要因として鉄筋比とプレストレス力を取り上げた。はりの寸法はすべて $10 \times 20 \times 160 \text{ cm}$ とし、配置する見形鉄筋の量を表-1のように5タイプに分けそれぞれ本づつ作製し、 13 mm のPC鋼棒（降伏点応力 143 kgf/cm^2 、引張強度 150 kgf/cm^2 ）を用いてポストテンション方式で 3 MPa のプレストレス力を与えた。なお土木学会ではボンドPCはりに対するアンボンドPCはりの破壊耐力の低下を30%としおり、それを補う鉄筋は本実験では2D10（コンクリートの断面積の0.7%に相当する）。供試体の種類と断面寸法を表-1、図-1に示す。以上のはりについて対称2点載荷で静的曲げ載荷試験を実施した。（スパン 140 cm 、曲げスパン 40 cm ）載荷時材令におけるコンクリートの圧縮強度、曲げ強度、静弾性係数は $\sigma_c = 45.0 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_b = 54.0 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $E_c = 3.30 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ である。

3. 理論解析 1) 破壊モーメント：PC鋼材に付着が無い場合の破壊モーメントはA-TamとF.N.Pannellによる次の理論式によって算定した。図-2を参照して破壊時の断面力のつり合いから $k_1 \sigma_c b m d = P_p b d f_{pb} + P_s b d f_y$ 、破壊時のPC鋼材の引張応力度を次式によって求める。 $f_{pb} = f_{pe} + \Delta \cdot E_p / L = f_{pe} + \psi \epsilon_u (1-m) E_s d / L$ 、ここに、

$k_1 = 0.83$ 、 $\psi = (\text{塑性領域長さ}) / md$ 、 Δ = 塑性領域におけるPC鋼材位置のコンクリートの伸び、 L = スパン長、 ϵ_u = コンクリートの終局圧縮ひずみである。上記2式より中立軸比 m を求め次式より破壊モーメントを計算する。 $M_u = P_p b d^2 f_{pb} (1 - k_2 \eta) + P_s b d^2 f_y (k_2 - k_2 \eta)$ 、 $k_2 = 0.42$ 。

2) ひびわれ断面の解析：ひびわれ発生以後の断面の応力解析はNilson²⁾による方法を適用した。これは図-3のようにプレストレス力と荷重による曲げモーメントの作用している断面を偏心圧縮力を外に受ける鉄筋コンクリート断面とみなして解析するものである。これより計算された鉄筋のDecompressionからの増加応力 $\Delta \sigma_s$ をもとにして、 $FIP-CES$ の最大ひびわれ幅 $\Delta \sigma_s$ の簡易式 $W_{max} = (\Delta \sigma_s - 408) \times 10^{-4} \text{ (mm)}$ から W_{max} を推定した。

表-1 OPIはグラウトあり

配置鉄筋	プレストレス力
0	$3^2 7^1 1^1 14^2$
1D-10	$3^2 7^1 1^1 14^2$
2D-10	$3^2 7^1 1^1 14^2$
2D-13	$3^2 7^1 1^1 14^2$
2D-16	$3^2 7^1 1^1 14^2$

図-1 供試体はりと測尺箇所

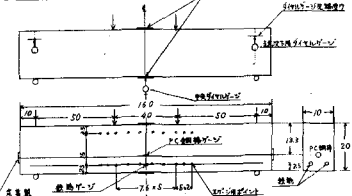


図-2

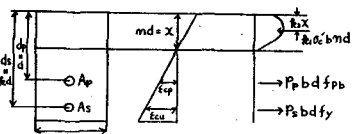
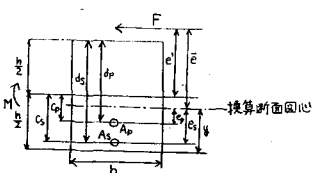
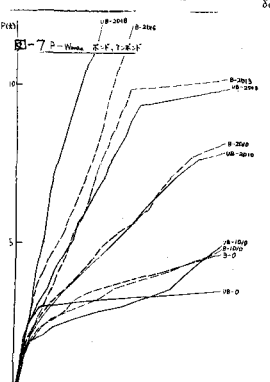
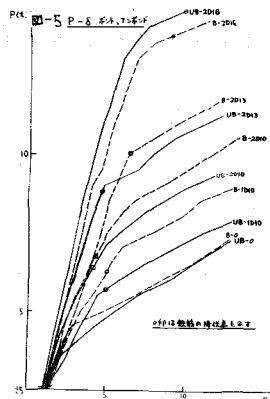
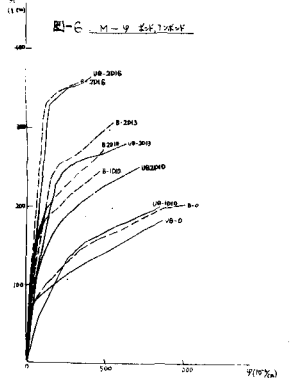
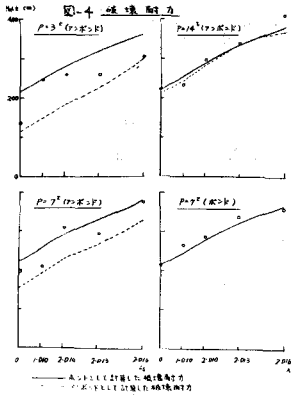


図-3





4. 実験結果と解析結果 図-4に示すようにボンドPはりについては、配置鉄筋比に關係なく、実験値と付着有として計算した理論値はほぼ等しく、両者の比は平均して1.03である。一方、アンボンドPはりでは付着無として計算した理論値はかなり安全側の値を与え、実験値の理論値に対する比が平均して1.18である。これは塑性域以外のコンクリートの伸びも無視しているためである。またZ-D10以上の鉄筋を配置したアンボンドPはりではプレストレスに關係なく無鉄筋ボンドPはりに上まめる破壊耐力を示している。さらに本実験の結果によると、アンボンドに起因する破壊耐力の低下はプレストレスが小さいほど大きくなることが明らかである。一方、アンボンドPはりのひびわれ分散性は、少量(D10程度)の鉄筋配置によって著しく改善され、それ以上の鉄筋を配置したはりでは、ボンドPはりの間で明瞭なる差異が認められない。

荷重とDecompressionからの鉄筋の増加応力 $\Delta\sigma_s$ との關係について、Nilsonの解析法による計算値と実験値を比較するとボンドPはりでは両者はほぼ一致した。これに対しアンボンドPはりではP鋼材の増加応力がボンドPはりより小さく、鉄筋の応力の実験値は計算値より 600 kg/cm^2 程度上まめることが認められる。レカレZ-D10以上の鉄筋を配置したはりではボンドPはりとして計算した $\Delta\sigma_s$ からFIP-CEBの簡易式によつて最大ひびわれ幅を推定してもさしつかえないこと、またそれより鉄筋量が少ない場合は過小評価することになり危険であることが示された。このようにアンボンドP部材の破壊耐力、ひびわれ性状ならびに剛性の改善には少なくとも土木学会のようにボンドはりに対する破壊耐力の低下を30%とし、これを補う程度の鉄筋を配置することが有効であり、ACI規定(引張側コンクリート断面積の0.7%)程度の鉄筋量ではあまり効果がないといえる。(図-5,6,7参照)なお、別途実施したコンクリートのクリープ・乾燥収縮に関する実験から、鉄筋比が大きすぎると、コンクリートの有効プレストレスの減少が大きく、ひびわれ耐力が著しく低下することも示された。

参考文献 1) 'The ultimate moment of resistance of unbonded partially prestressed reinforced concrete beams' Magazine of Concrete research, Vol 128, No 29, December 1976.
2) 'Flexural Stresses After Cracking in partially prestressed beams' PCI JOURNAL / July - August 1976.
3) CEB-FIP: Recommendations internationales pour le calcul et l'exécution des ouvrages en beton (1970), 訳: コンクリート構造物設計施工関係指針 (鹿島出版)。