

(3) PRCはりの曲げ性状に及ぼすPC鋼材応力度の増加量の影響

群馬大学工学部 正会員 辻 幸和
オクイスマツカフキ
 群馬大学大学院 ○奥泉 貴朗
 鹿島建設(株)技術研究所 岩井 稔
 群馬大学工学部 橋本 親典

1. まえがき

プレストレストコンクリート部材の緊張材として、FRPロッドを用いた研究がこれまで数多く報告されており、すでに実用に供された例もある。しかしながら、PC鋼材に比べてヤング係数の小さいFRPロッドを用いた場合には、曲げ破壊までの緊張材応力度の増加量が大きくなるため、このことがPRCはりの曲げ性状に及ぼす影響を検討する必要があると思われる。

本研究では、PC鋼棒の緊張レベルを、曲げ破壊までのPC鋼材応力度の増加量が大きくなるような低レベルから、通常使用されているような高レベルまで変化させることにより、PRCはりの曲げ性状に及ぼすPC鋼材応力度の増加量の影響を検討した。そして、膨張コンクリートを用いてケミカルプレストレスを導入したPRCはりについても検討を行った。

2. 実験概要

機械的プレストレスの導入量は、PC鋼棒の引張強さ($f_{pu} = 150 \text{ kgf/mm}^2$)に対する緊張時の有効引張応力度(σ_{pe})の比 σ_{pe} / f_{pu} で、0.14、0.42および0.70とした。また、ケミカルプレストレスは、結合材のうちセメントと置き換えて使用する膨張材を、単体量Eで 50 kg/m^3 として導入した。

実験に用いたはり供試体の断面形状は、図-1に示す矩形およびT形の2種類である。荷重方法は、図-2に示すように、支間長が80cm、最大曲げモーメントの一定となる区間が17cmの2点集中荷重とし、鉄筋、PC鋼棒およびコンクリートのひずみ、たわみを測定した。また、曲げひびわれ幅を供試体側面の引張鉄筋位置において、矩形断面では π 型ゲージを、T形断面ではコンタクトゲージを用いて測定した。

はり供試体の養生は、材令14日まで水中養生(平均水温 12°C)を行い、その後は実験室内(平均室温 15°C)に放置して乾燥させた。材令21日にPC鋼棒の緊張を行って所定の機械的プレストレスを導入し、その直後にPCグラウトを行った。そして、材令28日に荷重試験を行った。

コンクリートの配合は、水結合材比を50%、単体結合材量を 330 kg/m^3 、細骨材率を38%とし、スラン

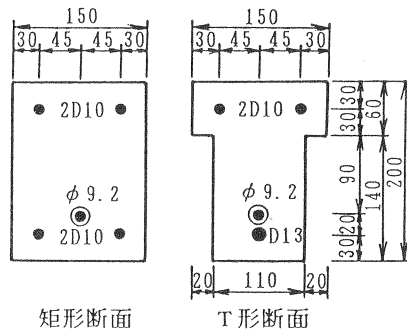


図-1 断面形状 単位:mm

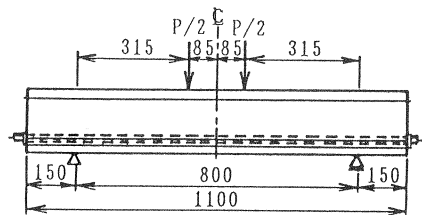


図-2 荷重方法 単位:mm

プが $4 \pm 1 \text{ cm}$ 、空気量が $1.5 \sim 2.5\%$ となるようにした。

3. 解析方法

解析には図-3に示すような積層モデルを採用した。この際に、P C鋼棒がグラウトとの付着によって周囲のコンクリートと完全に一体化されていると仮定した場合（以下、付着有と略称する）には、ひずみ分布

は平面保持に従うとした。また、P C鋼棒の付着作用がないと仮定した場合（以下、付着無と略称する）には、はり長さ方向の変形の適合条件を満足させる解析方法を用いた¹⁾。ケミカルプレストレスの推定は、仕事量の概念に基づく推定方法²⁾によった。

4. P C鋼棒のひずみ

P C鋼棒のひずみ増加量と外力による曲げモーメントとの関係を、P C鋼棒の付着の有無を考慮した解析値とともに、図-4に示す。単位膨張材量が 0 kg/m^3 の矩形断面について、P C鋼棒の緊張レベルが 0.14 の場合である。

曲げひびわれ発生までの荷重段階においては、実測値は付着有とした解析値にほぼ一致している。しかしながら、曲げひびわれ発生以降の荷重段階において、実測値は、付着有の解析値からはずれ、付着無とした解析値に近いひずみ変化を示している。このような現象は、緊張レベルの高い場合や、T形断面および膨張材を使用してケミカルプレストレスを複合させた場合においても等しく認められた。このことから、曲げひびわれの発生にともなう断面内の応力状態の急変により、断面形状および緊張レベルにかかわらず、P C鋼棒とグラウトの付着力の低下が生じているものと思われる。

5. 引張鉄筋のひずみ

引張鉄筋のひずみ増加量と外力モーメントとの関係を図-5に示す。単位膨張材量 E が 0 kg/m^3 および 50 kg/m^3 の矩形断面について、緊張レベルが 0.70 の場合である。解析値は、 $E = 0 \text{ kg/m}^3$ のはりについて示してある。

曲げひびわれが発生するまでの荷重段階においては、付着有と付着無の解析値はほぼ一致しており、いずれも実測値と同様なひずみ変化を示している。曲げひびわれ発生以降の荷重段階においては、P C鋼棒の

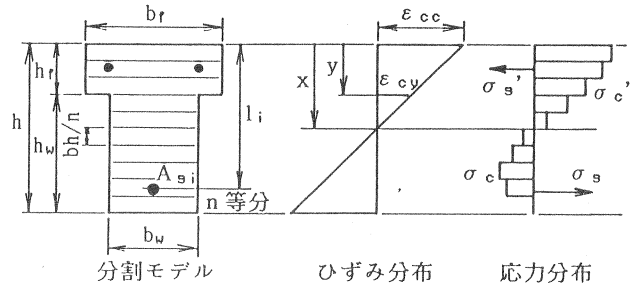


図-3 曲げ解析に用いた積層モデルの説明図

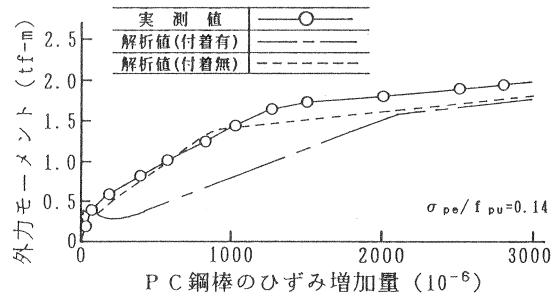


図-4 P C鋼棒のひずみ変化(矩形断面)

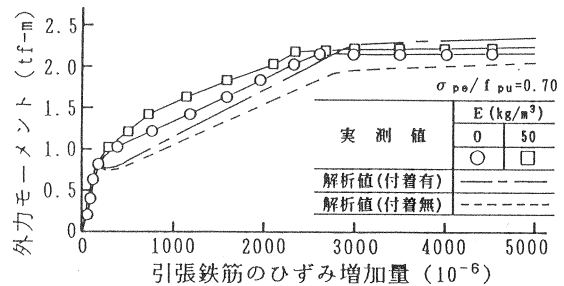


図-5 引張鉄筋のひずみ変化(矩形断面)

ひずみ変化とは逆に、付着無とした解析値が同一の外力モーメントに対する付着有の解析値よりも大きくなっている。

実測による引張鉄筋のひずみ増加量は、P C 鋼棒の緊張レベルが0.70と大きい場合においても、膨張材を使用すると同一の外力モーメントに対してさらに小さくなっており、ケミカルプレストレスの効果が現れている。また、実測値はいずれの解析値よりも小さくなっていた。この原因としては、曲げひびわれの発生位置とひずみの測定位置が相違したことなどが考えられる。

6. 曲げひびわれ幅

T 形断面における曲げひびわれ幅と外力モーメントとの関係を図-6 に示す。これまでも明らかにされているように、P C 鋼棒の緊張レベルが大きくなると、いずれの荷重レベルにおいても曲げひびわれ幅が小さくなる。また、膨張材を使用すると、さらに曲げひびわれ幅が小さくなっている。

図-7 に、曲げひびわれ幅と引張鉄筋のひずみ増加量の関係を示す。引張鉄筋のひずみ増加量は、引張鉄筋位置のコンクリートの応力度が0となるモーメントからの増加量で示してある。曲げひびわれ幅と鉄筋のひずみ増加量は、緊張レベルにかかわらずほぼ等しい直線関係になることが確かめられた。図-5 に示したように、引張鉄筋のひずみ増加量の解析値においては、付着有に比べて付着無の場合は、同一の外力モーメントに対してひずみ増加量が大きくなることから、付着力が低下すると曲げひびわれ幅が大きくなる。そして、小さい外力モーメントで付着力が低下する低レベルのプレストレスを導入したP R C はりでは、低い荷重段階から付着有の場合に比べて曲げひびわれ幅が大きくなると思われる。

7. たわみ

T 形断面におけるはり供試体の中央位置のたわみと外力モーメントとの関係を図-8 に示す。たわみは、緊張レベルが大きくなるとともに、また膨張材を使用すると、両プレストレスの効果により小さくなることが確かめられた。

8. 破壊モーメント

T 形断面におけるP R C はりの破壊モーメント

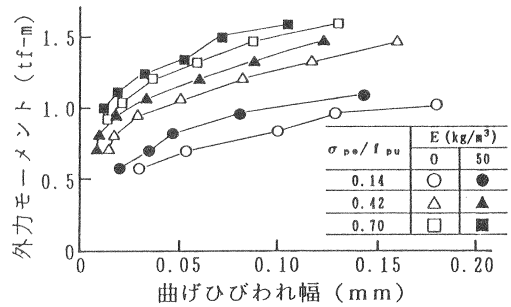


図-6 曲げひびわれ幅 (T形断面)

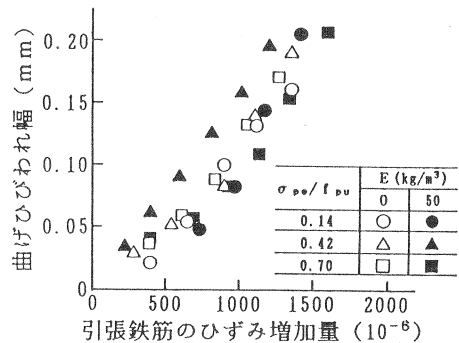


図-7 曲げひびわれ幅と引張鉄筋のひずみ増加量の関係 (T形断面)

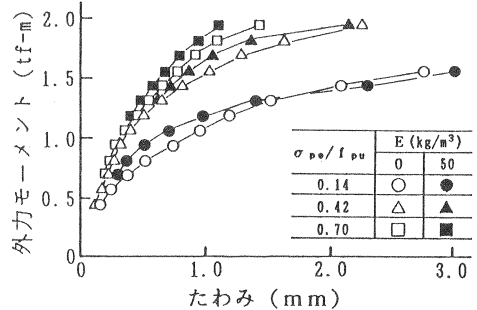


図-8 外力モーメントとたわみの関係 (T形断面)

を、緊張レベルとともに図-9に示す。付着有とした解析値では、P C鋼棒の緊張レベルにかかわらず破壊モーメントは一定の値となっている。これに対して、付着無とした解析値では、実測値と同様に、緊張レベルの増加により破壊モーメントが大きくなっている。これは、付着有の解析値では、P C鋼棒の緊張レベルや単位膨張材量にかかわらず、P C鋼棒の応力度が引張強さに達している。しかしながら、付着無とした解析値では、緊張レベルが高い場合においてはP C鋼棒の応力度が引張強さに達しているものの、緊張レベルの低い場合には、破壊時においてもP C鋼棒の応力度は引張強さに達していず、コンクリート圧縮縁が破壊ひずみに達し、曲げ圧縮破壊となったためである。

実測値と解析値を比較すると、T形断面においては、付着有・付着無の解析値は、実測値よりも少し小さくなっているものの、緊張レベルの増加にともなう破壊モーメントの増加の程度は、付着無とした解析値と同様な傾向が認められる。

9. 結論

P C鋼棒の緊張レベルを、曲げ破壊までのP C鋼材応力度の増加量が大きくなるような低レベルから、通常使用されているような高レベルまで変化させた場合の、ポストテンション方式のP R Cはりについて曲げ載荷試験を行い、はりの曲げ性状に及ぼすP C鋼材応力度の増加量の影響を検討した。本研究の範囲内で次のことがいえる。

(1) P C鋼材の緊張レベルを低くして、曲げモーメントによる応力度の増加量が大きくなるようにしたP R Cはり、外力モーメントが低い段階にP CグラウトとP C鋼棒との付着が低下する。そのため、付着がある場合に比べ、P C鋼材応力度の増加量が小さくなるものの、引張鉄筋応力度の増加量が大きくなり、曲げひびわれ幅が大きくなると思われる。膨張コンクリートを用いてケミカルプレストレスを導入したはりでは、このような現象が軽減される。

(2) 緊張レベルが低レベルのP R Cはりでは、曲げ破壊型式が曲げ圧縮破壊に移行して、曲げ破壊モーメントが小さくなる。

本研究は、文部省科学研究費補助金一般研究 (C) (課題番号 01550373) により行ったものである。

[参考文献]

- 1) 六車・渡辺・西山：アンボンドP C部材の曲げ終局耐力に関する研究，プレストレストコンクリート，vol. 26, No. 1, Jan. 1984, pp. 10~16
- 2) 辻 幸和：ケミカルプレストレスおよび膨張分布の推定方法，コンクリート工学，vol. 19, No. 6, June 1981, pp. 99~105

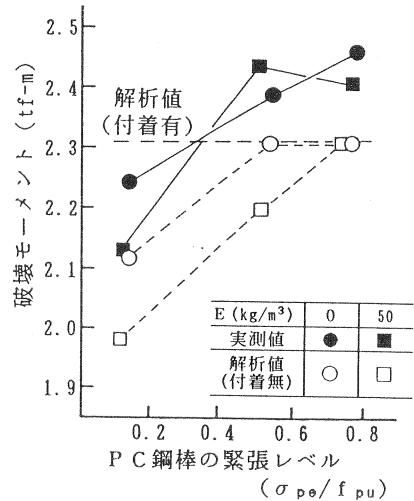


図-9 破壊モーメント (T形断面)