

(100) 超高強度 PRC はりの引張鉄筋のひずみと曲げひび割れ性状の関係

徳島大学 大学院 ○川口 史浩
 徳島大学 建設工学科 正会員 橋本 親典
 群馬大学 建設工学科 正会員 辻 幸和
 ドーピー建設工業 正会員 金井 昌義

1. はじめに

近年、コンクリート材料の技術は著しく発達し、シリカフェーム、高粉末度高炉スラグ微粉末等の粉体材料、高性能減水剤、高性能 AE 減水剤などの混和剤の開発により、圧縮強度が 100N/mm^2 以上の超高強度コンクリートの製造が可能となり、超高強度コンクリートなる新しいコンクリート構造材料の設計を構築する必要がある。しかしながら、超高強度コンクリートを構造体コンクリートとして用いたときの構造部材としての力学的特性はこれまで必ずしも明らかになっていないとは言い難く、不明確な部分が多い。これまで、橋本らの実験的研究によって、プレテンション方式の PRC はりの曲げひび割れ性状に関しては、構造体コンクリートが 100N/mm^2 程度の超高強度コンクリートは必ずしも有利でないということ、むしろ、高強度グラウトを用いたポストテンション方式の PRC はりの方が曲げひび割れ分散性が向上するということが明らかになっている¹⁾。すなわち、超高強度コンクリートを用いた構造部材の設計では、従来の PRC 構造の付着性状と曲げひび割れ性状の関係が成立しないということを意味し、この種のコンクリートの構造設計に関しても注意を要することになる。これは、超高強度コンクリートと補強材の間の付着特性に起因するものであると考えられる。

本研究では、超高強度コンクリートを構造体コンクリートとして用いたプレテンション方式の PRC ならびに RC はりの曲げ荷試験を実施し、超高強度コンクリート構造部材の曲げひび割れの発生機構を引張鉄筋のひずみの変化から検討する。

2. 実験概要

本実験で使用したプレテンション方式の PRC ならびに RC はりの供試体の形状寸法を図-1 と図-2 に示す。荷重方法は、静的 2 点集中荷重とする。PRC はりは、プレテンション方式で PC 工場で作製し、工場内の荷重試験場で荷重試験を行った。RC はりは、徳島大学のコンクリート実験室で作製し、荷重試験を行った。

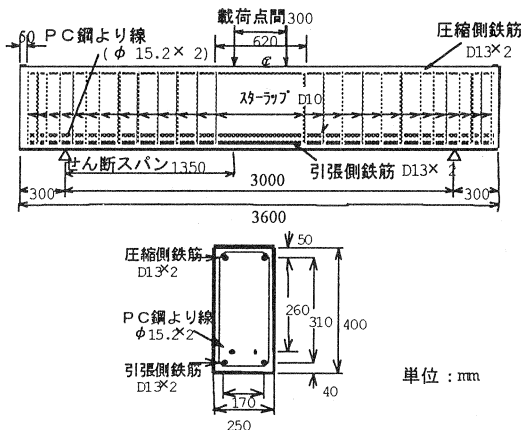


図-1 PRC はりの供試体寸法図

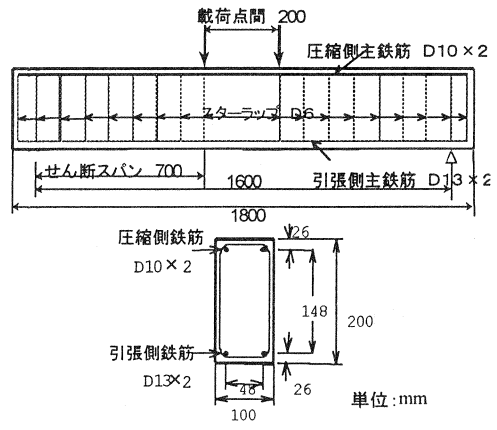


図-2 RC はりの供試体寸法図

供試体は、PRC はり、RC はり、それぞれ4体作製し構造体コンクリートの強度は、表-1と表-2に示す。PRC はりに用いたPC 鋼材は、φ15.2のPCより線を用いている。プレストレス導入率は、0.2%永久伸びに対する荷重の規格値である222kNの約80%で一定とした。また、供試体種別で、「高流動」は、高性能AE 減水剤やシリカフュームを用いてスランプフロー60cm以上の単位粗骨材量が1000kg/m³以下の高流動コンクリートの配合で製造したものを意味し、「高強度」とは、スランプ12cm程度の従来の単位粗骨材量が1100kg/m³程度の高強度コンクリートの配合で製造したものを意味する。なお、配合等詳細は参考文献2)を参照。

表-1 PRC はりの供試体種別

| 供試体名 | 種別 | 圧縮強度(N/mm ²) |
|------|-----|--------------------------|
| HS84 | 高強度 | 84.4 |
| HS54 | 高強度 | 53.5 |
| HF89 | 高流動 | 89.4 |
| HF71 | 高流動 | 71.1 |

表-2 RC はりの供試体種別

| 供試体名 | 種別 | 圧縮強度(N/mm ²) |
|------|-----|--------------------------|
| RC95 | 高流動 | 92.2 |
| RC85 | 高流動 | 85.4 |
| RC75 | 高流動 | 77.0 |
| RC70 | 高流動 | 73.3 |

3. 実験結果

3.1 ひび割れ分散状況

各供試体のひび割れ分散状況を図-3に示す。PRC はりは、超高強度コンクリートのHF89、HS84よりも、従来の高強度コンクリートのHF71、HS54の方が、ひび割れ分散状況が良好である。一方、RC はりに関しては、強度が大きい順に、ひび割れ分散状況が向上しており、RC95が最も良好なひび割れ分散状況を呈した。

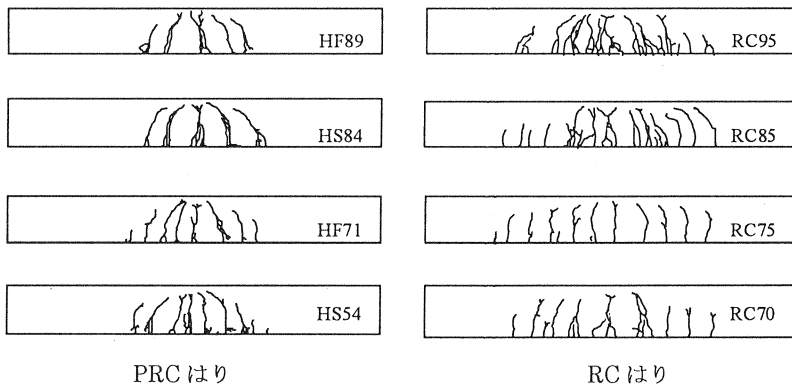


図-3 最終ひび割れ分散状況

3.2 曲げひび割れ幅

荷重-曲げひび割れ幅の関係を図-4、図-5に示す。曲げひび割れ幅は、等モーメント区間に貼付したコンタクトゲージの最大3箇所の総和である。PRC はりに関しては、HS54以外の3体については、ほぼ同一曲線であり、曲げひび割れ幅の総和としては超高強度コンクリートと高強度コンクリートで有為な差がない。した

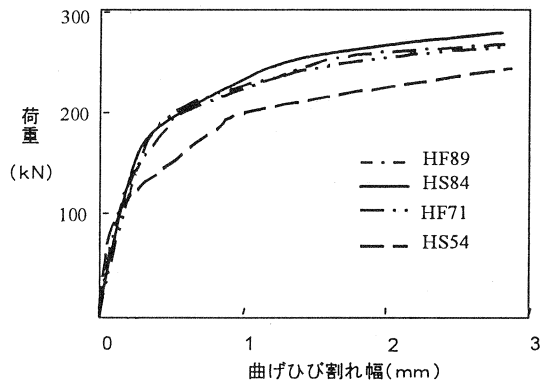


図-4 PRC はりの荷重-曲げひび割れ幅の関係

がって、ひび割れ本数の多い、HF71の方が、ひび割れ一本あたりのひび割れ幅は小さくなり、ひび割れ幅の制御の観点からも、超高強度コンクリートよりも高強度コンクリートの方が良好である。これに対し、RCはりでは、強度が大きい方が、曲げひび割れ幅が小さく、高強度コンクリートよりも超高強度コンクリートの方が良好である。

3.3 引張鉄筋のひずみ

図-6、図-7は、等モーメント区間中央付近の引張鉄筋に貼付したひずみゲージから求めた荷重-ひずみ関係を示す。PRCはり、RCはりともに、ひずみは、ある荷重レベルまで単調に増加し、ある荷重レベルで傾きが変化する。傾きが変わる点(以下、変曲点と称す)は、その荷重レベルで、鉄筋にひび割れが入った点であり、変曲点の荷重レベルが小さいほど、早くひび割れが引張鉄筋に達したと考えられる。PRCはりでは、この変曲点が高強度コンクリートよりも超高強度コンクリートの方が高い。一方、RCはりでは、構造体コンクリートの種類に関係なくほぼ一定である。

従来のPRC構造では、PC鋼材によって導入されたプレストレスは、主としてコンクリートに対して圧縮応力として導入されるだけであり、引張鉄筋に対して無視していた。しかしながら、超高強度コンクリートでは、鉄筋とコンクリートとの付着が良好であるために、PC鋼材によって導入されたプレストレスは、コンクリートのみならず、引張鉄筋にも導入されることになる。その結果、引張鉄筋位置にひび割れが発生するときの引張鉄筋のひずみは、引張鉄筋に導入された圧縮ひずみの量だけ増大する。これが、変曲点が変わった理由であると考えられる。

図-8に引張鉄筋のひずみとひび割れ発生との関係を示す。まず、①の段階で高強度PRCはりでは引張鉄筋位置に第一

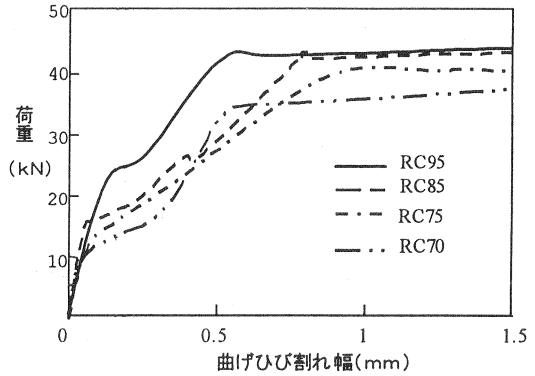


図-5 RC はりの荷重-曲げひび割れ幅の関係

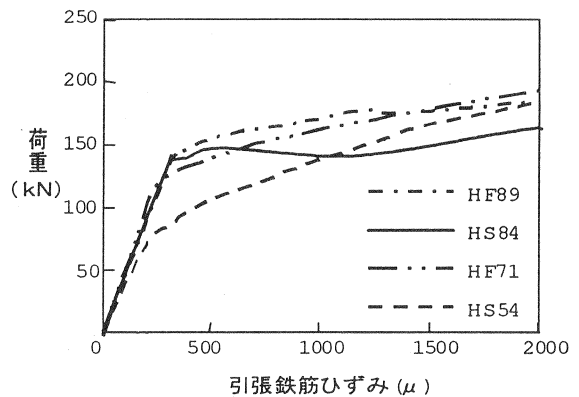


図-6 PRC はりの荷重-引張鉄筋ひずみ

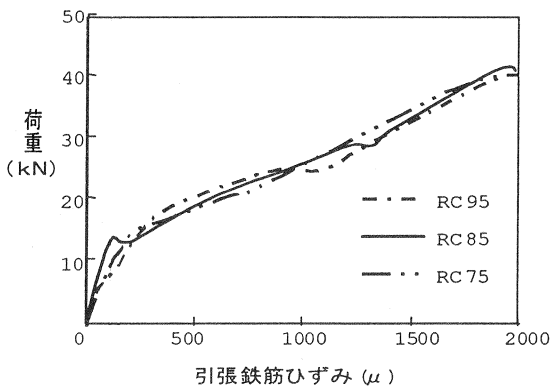


図-7 RC はりの荷重-引張鉄筋ひずみ

本目のひび割れが到達するのに対して超高強度 PRC はりでは、引張鉄筋に導入されたプレストレスの影響で、引張鉄筋位置に到達するまでに鉄筋に発生するひずみの増分が大きくなり到達が遅れる。次に、②の段階の超高強度 PRC はりにおいて、ひび割れが引張鉄筋位置に到達するが、高強度 PRC はりでは、次のひび割れが発生している。さらに、③の段階に示すように超高強度 PRC はりで2本目のひび割れが引張鉄筋位置に到達するが、高強度 PRC はりでは3本目のひび割れが進展している。このようにして、超高強度 PRC はりでは高強度 PRC はりに比べ引張鉄筋のプレストレスの影響が大きいため、ひび割れが発生するときまでの鉄筋のひずみも大きい。そのため、ひび割れの間隔が大きくなり、ひび割れの分散が行われなくなる。言い換えれば、超高強度 PRC はりでは、引張鉄筋に導入されたプレストレスによる圧縮ひずみの分だけ引張鉄筋位置のコンクリートの伸び能力が増大したことになり、その結果、ひび割れが集中したかのようになる。

これに対して、RC はりでは、引張鉄筋自体にプレストレスが導入されていないため、ひび割れが発生するときに引張ひずみの大きさは、超高強度、高強度に関係なく同程度である。すなわち、引張鉄筋近傍のコンクリートの引張ひずみがコンクリートの引張限界ひずみに達したときと同程度のひずみである。したがって、ひび割れの間隔は、従来の RC 構造で説明される鉄筋とコンクリートの付着性状に支配されることになり、付着応力度が大きい超高強度 RC はりの方が、ひび割れ分散性が良好になる。

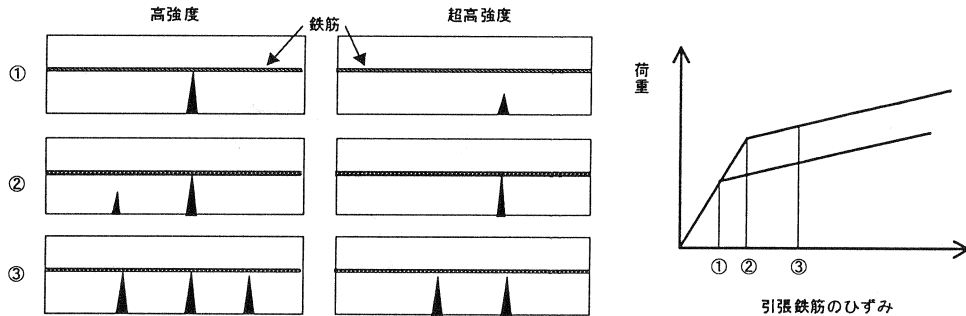


図-8 引張鉄筋ひずみとひび割れの関係

4. おわりに

本研究の範囲内で以下のことが明らかとなった。

超高強度コンクリートをプレテンション方式の PRC 部材として用いたとき、曲げひび割れの分散性が低下する理由として PRC 部材中の鉄筋へのプレストレス導入が考えられた。すなわち、プレテンション方式の超高強度コンクリート PRC 部材では、鉄筋とコンクリートの付着性状が良好であるため、PC 鋼材のプレストレスによって、引張鉄筋に圧縮ひずみが導入され、引張鉄筋位置のコンクリートの伸び能力が増大する。そのため、曲げひび割れが発生するまでに必要な引張鉄筋のひずみが増大し、超高強度コンクリートを用いない通常の PRC 部材と同一の変形量に対して少ないひび割れ数で対応することになる。その結果、見かけ上、曲げひび割れが集中しひび割れ分散性状の低下を誘発させたかのような挙動を呈する。

参考文献

- 1)橋本親典・辻 幸和・杉山隆文・金井昌義：100N/mm²級の超高強度コンクリート PRC はり部材の曲げひび割れ性状に関する実験的研究，プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，Vol.6,pp.103-108,1996
- 2)橋本親典・辻 幸和・金井昌義：超高強度コンクリートの種類が PRC はりの曲げ耐荷特性に与える影響について，プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，Vol.7,pp.811-816,1997