

V-29 反応性粉体で引張部を補強した鉄筋コンクリート梁部材の挙動に関する研究

愛媛大学 学生会員 ○加藤和教 正会員 氏家 勲
(株)愛橋技術部 正会員 小西吉満 沼田正人

1. はじめに

近年、引張応力条件下で延性と破壊エネルギーが大幅に向上した高靱性セメント複合材料が開発されている¹⁾。高靱性セメント複合材料の一つである反応性粉体コンクリート(Reactive Powder Concrete, 以下RPCと呼ぶ)は、引張応力下で弾性変形後、最初にひび割れが発生する応力である初期ひび割れ強度も、著しく高くなっている。現在、鉄筋コンクリート(RC)部材においてはひび割れの発生を許容した設計となっている。しかし、ひび割れは狭くても弱点であり、高い耐久性を確保するためにはひび割れを発生させないことが必要である。さらに、ひび割れにおける劣化因子の進入メカニズムが複雑であることから、ひび割れの影響を合理的に評価したRC部材の耐久性の照査方法は確立していない。本研究はRPCの高い初期ひび割れ強度に着目しRC部材の引張部の一部をRPCで補強し、使用限界状態で考慮する荷重が作用した場合にひび割れが発生しないRPC補強RC梁部材について検討した。

2. 実験方法

図-1に示す長方形断面RC梁(高さ20cm×幅15cm×長さ180cm, 引張鉄筋2D16)を作製し、同断面で下側をRPCで補強したRC梁と比較した。補強の割合は面積比で25%とし、RPCは鋼繊維が混入されているもの(FRPC)とそうでないもの(NRPC)の2種類のRPCを用いた。RPC補強部とコンクリートの一体性を確保するために10cm間隔でスターラップ(D10)を配筋した。補強RC梁のスターラップはかぶりを確保するために引張鉄筋の内側を巻くように配置した。梁の作製には鉄筋を組んだ後にまずRPCを打設し、約98℃で2日間蒸気養生を行った後、残りのコンクリート部分を打設した。それぞれのRC梁はスパンを150cmとし、3等分点に載荷する2点載荷方式で行い、引張鉄筋ひずみ、RPCとコンクリートの境界上下のひずみ、梁中央50cm間のたわみの測定を行った。

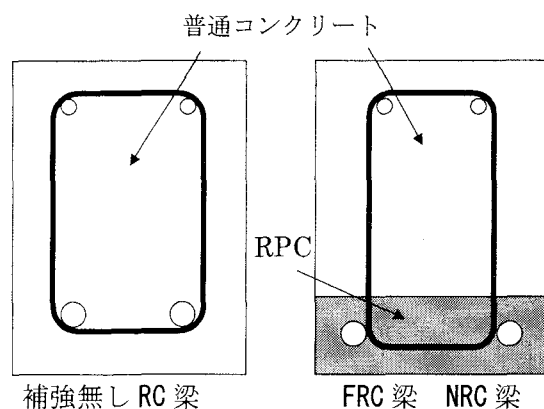


図-1 RC梁断面図

3. 実験結果および考察

載荷試験による図-2の引張鉄筋ひずみや他の結果からFRP梁には36kN, NRP梁には16kNでひび割れが発生した。

・使用状態で作用する荷重

本実験において基本となる補強無しRC梁に使用限界状態で作用する荷重を求める。土木学会コンクリート示方書による許容ひび割れ幅より²⁾, 補強無しRC梁の許容ひび割れ幅は0.16mmとなる。また、コンクリートの収縮とクリープの影響を考慮したひび割れ幅の関係から、今回の断面でひび割れ幅0.16mmが発生する時の引張鉄筋応力は 161N/mm^2 と計算される²⁾。そして、引張部を無視する弾性計算に基づく断面解析より、補強無しRC梁の引張鉄筋に引張応力 161N/mm^2 が発生する荷重として35.9kNが得られ、この値を使用限界状態で作用する荷重とした。従って本研究の実験結果と比較すると、補強RC梁のうちFRP梁については使用限界状態の荷重までにひび割れは発生しなかった。

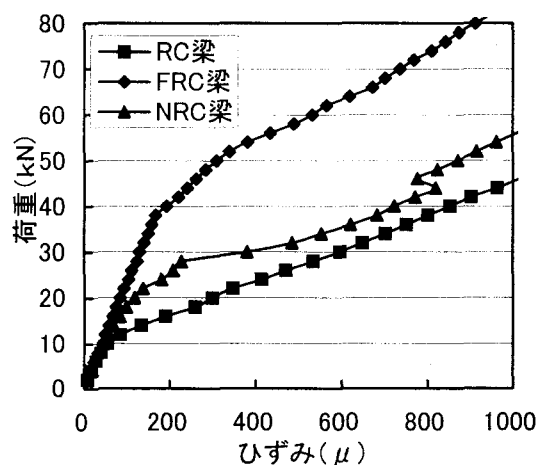


図-2 引張鉄筋ひずみ

・ひび割れ発生荷重の解析

補強 RC 梁のひび割れ発生荷重の解析を行う上で、従来鉄筋コンクリートの解析に用いられる弾性計算を用いた。梁の底面の引張応力が引張強度(表-1)に達した時点でひび割れが発生したと仮定すると、FRC 梁

表-1 強度試験結果

	RC	FRPC	NRPC
圧縮強度 (N/mm^2)	45.9	193	182
引張強度 (N/mm^2)	2.3	14.1	11.4
弾性係数 (kN/mm^2)	31.7	53.8	50.6

は 53.8kN, NRC 梁は 44.6kN でひびが発生することとなる。しかし、実験結果ではそれぞれ 36kN, 16kN の荷重でひび割れが発生した。ここで、RPC の自己収縮の影響を考慮する。FRPC, NRPC にはそれぞれ 500μ , 800μ 程度の自己収縮ひずみが発生することが既存の試験で知られている。自己収縮が鉄筋に拘束されることにより、載荷試験を始める時点で RPC には引張応力が作用する。引張鉄筋の圧縮力と RPC の引張力の釣り合いから、FRPC には 4.4N/mm^2 , NRPC には 7.3N/mm^2 の引張応力が載荷前の段階で作用していることになる。そこで、引張強度から初期に発生する引張応力を差し引いた応力が梁の底面に作用する荷重でひび割れが発生したと仮定すると、計算上 FRC 梁は 37.2 kN, NRC 梁は 16.0kN となり、実験値に近い値となった。

・RPC とコンクリートの一体性

RPC とコンクリートの境界上下の側面ひずみを図-3, 4 に示す。補強梁にひび割れが発生する荷重までは上下のゲージともに同じようにひずみが増加していることから、ひび割れ発生までの RPC とコンクリートの一体性は保たれている。

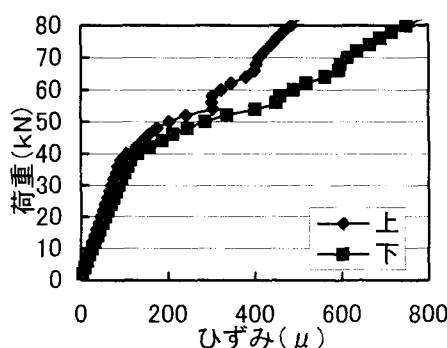


図-3 FRC 梁側面ひずみ

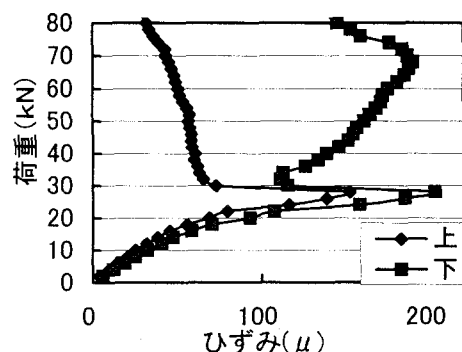


図-4 NRC 梁側面ひずみ

・鋼繊維の効果

梁中央 50cm 間のたわみを図-5, 6 に示す。それぞれ弾性計算による計算値と比較している。ひび割れ発生まではどちらも計算値と実験値は一致しているが、ひび割れ発生後は FRC 梁は計算値よりたわみが小さくなっている。さらに、最大荷重は

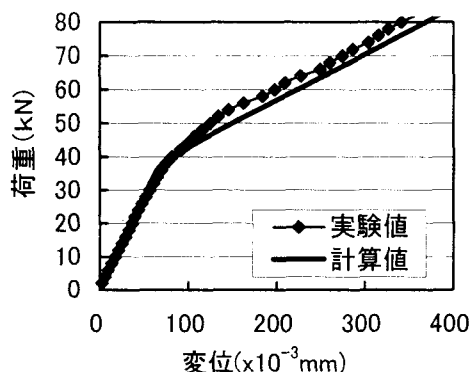


図-5 FRC 梁たわみ

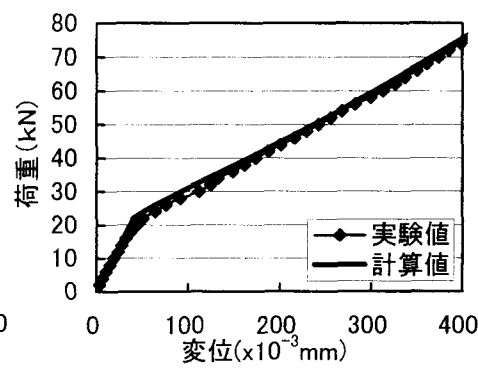


図-6 NRC 梁たわみ

FRC 梁で 100kN, NRC 梁で 90kN であった。これらの相違は鋼繊維の効果によるものと思われる。

4. まとめ

- 1) 鋼繊維入り RPC(FRPC)を 25%補強した補強 RC 梁は、補強無しコンクリート梁に使用限界状態で作用する荷重が作用してもひび割れは発生しなかった。
- 2) RPC 補強 RC 梁の解析は従来の鉄筋コンクリートに使用される弾性計算で可能である。しかし、補強 RPC のひび割れ発生荷重を求める場合は、RPC の自己収縮を考慮する必要がある。
- 3) RPC 補強 RC 梁部材は RPC とコンクリートにズレは生じるものの、本研究の目的であるひび割れ発生までの段階ではズレは生じない。

以上のように、本研究の目的である使用状態で曲げひび割れが発生しない RC 梁部材は開発可能である。今後は種々の断面での挙動や、繰返しや持続荷重下などの長期的挙動などを検討していく必要がある。

<参考文献> 1)日本コンクリート工学協会：高韌性セメント複合材料の性能評価と構造利用研究委員会報告書、2002. 2)土木学会：平成 8 年制定コンクリート標準示方書[設計編]、1996.