

ストラップ材として CFRP 板を用いた無鉄筋コンクリート梁の曲げ強度

秋田大学
オリエンタル建設株式会社
秋田大学大学院学
秋田大学

学生会員
正会員
学生会員
フェロー会員

○竹村 和晃
鄭 慶玉
奥山 佳史
川上 洵

1. はじめに

近年、塩害によるコンクリート床版内の鋼材の腐食による劣化が年々深刻な問題となってきた。同様な問題に対し、筆者らは無鉄筋コンクリート床版の研究を行っている¹⁾。無鉄筋コンクリート床版とは床版劣化の原因となる鉄筋をコンクリート内部に配置せず、鋼板ストラップを主桁フランジ間に設けた構造形式である。また、無鉄筋コンクリート床版は外力が作用したときに、コンクリートと鋼材ストラップから形成されるアーチングアクションによって外力に抵抗する優れた力学的性質を示す床版である。しかし、実用化された無鉄筋コンクリート床版において橋軸方向のひび割れおよび鋼板ストラップの腐食が課題となっていた。

本研究では鋼板ストラップに耐食性に優れる CFRP 板を適応し、また、床版下面に反応性微粉末複合材料 (RPCM) を用い、さらに、CFRP 板を RPCM に埋め込んだ無鉄筋コンクリート梁の曲げ試験を行った。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

(1) RPCM

曲げ試験に使用した RPCM の配合を表-1 に示す。使用した繊維はビニロン繊維である。RPCM のフロー値は 228 mm であり、また、空気量は 5.1 % である。RPCM は脱型後 48 時間 80℃ で蒸気養生を行った。材齢 19 日での RPCM の圧縮強度は 161.4 N/mm²、弾性係数は 49.3 kN/mm² である。

表-1 RPCM の配合

W/P (%)	単位量 (kg/cm ³)			
	W	P	SP	ビニロン繊維
7.99	148	2231	30	39

(2) CFRP 板

CFRP 板は炭素繊維の押し出し成型により製造された繊維が一方方向のものを使用した。CFRP 板の引張強度は 1705 N/mm² であり、弾性係数は 467 kN/mm² である。

(3) FRC

曲げ試験に使用した FRC の配合を表-2 に示す。FRC の圧縮強度は材齢 12 日で 40.0 N/mm² であり、弾性係数は 34.6 kN/mm² である。

表-2 FRC の配合

W/C (%)	単位量 (kg/cm ³)					
	W	C	S	G	減水剤	ポリプロピレン繊維
44	103	272	432	612	1.36	1.62

2. 2 供試体名および寸法

曲げ試験に用いた供試体は表-3 に示すように、2 点載荷 (B-T) と輪荷重載荷 (B-W) を行った 2 体である。供試体の寸法を図-1 に示す。RPCM は梁下面に使用し、FRC を RPCM に打継いでおり、CFRP 板は RPCM に埋め込んだ構造となっている。供試体の平面寸法は、550×1800 mm である。梁の断面高さは FRC が 100 mm、RPCM が 30 mm の 130 mm である。ストラップ材である CFRP 板の平面寸法は 100×1800 mm であり、部材厚さは 4 mm である。輪荷重載荷の場合は図-1 に示したとおりであり、2 点載荷の場合は図-2 に示すように、支間中央から 267 mm の場所に載荷している。

測定項目は支間中央の鉛直変位および CFRP 板の上面のひずみである。

表-3 供試体名および実験結果

供試体名	実験結果			
	ひび割れ発生荷重 P _c (kN)	最大荷重 P _m (kN)	P _m /P _c	破壊モード
B-T	36.4	87.1	2.4	RPCM と CFRP 板の引抜け
B-W	21.6	92.8	4.3	

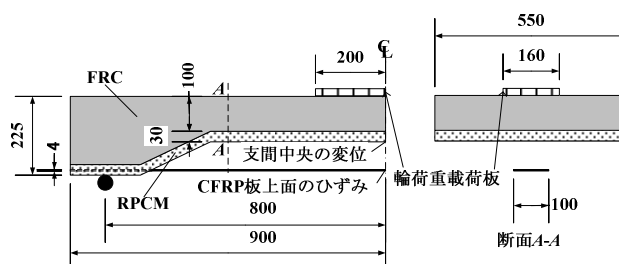


図-1 供試体寸法

3. 実験結果および考察

3. 1 破壊パターンおよびひび割れ性状

ひび割れ発生荷重、最大荷重および破壊モードは表-3に示すとおりである。B-T および B-W はひび割れ発生後も荷重は増加し、最大荷重はひび割れ発生荷重よりも2.4 倍以上の荷重を示した。B-T および B-W のひび割れが発生した後の構造はストラップ材である CFRP 板に生じる引張力と FRC 内部に生じる圧縮力によるアーチングアクションによって構造が成立している。CFRP 板は RPCM に埋め込まれているため、CFRP 板の引張力が増加することにより、RPCM と CFRP 板には相対変位が生じる。相対変位が増加することで CFRP 板が引抜け、破壊に至ったと考えられる。

供試体に発生したひび割れを図-2に示す。B-T および B-W の初期ひび割れは載荷点内に発生した。また、その後発生したひび割れも全て載荷点内に発生している。B-T のひび割れは初期ひび割れが発生した場所から進展し分散することはなかったが、B-W のひび割れは分散し発生した。ひび割れの進展は載荷方法によって異なることが明らかとなった。また、2 つの供試体のひび割れは FRC 上面に向かって進展しており、曲げひび割れであると考えられる。また、それらのひび割れは FRC 上縁までは進展していない。これは、アーチングアクションにより FRC に圧縮力が作用するために、ひび割れは進展しないと考えられる。

3. 2 変位

荷重と支間中央の変位の関係を図-3に示す。B-T および B-W は初期ひび割れが発生するまで荷重と変位の関係は線形である。ひび割れ発生後、B-T および B-W の変位は増加し破壊に至った。2 つの供試体の破壊は RPCM とストラップ材の CFRP 板の相対変位が増大したためである。最大荷重を示したときは RPCM と CFRP 板の相対変位が増大することによる引抜けと一致し、ひび割れ後生じるアーチングアクションが最大を示したときであると考えられる。

3. 3 CFRP 板のひずみ

荷重と CFRP 板ひずみの関係について図-4に示す。ひずみの結果から、CFRP 板に引張ひずみが作用しており、CFRP 板はストラップ材として機能していると考えられる。初期ひび割れ発生前後においてひずみの増加量は異なる。これは、ひび割れ発生後は引張力が主に CFRP 板に生じるためであると考えられる。

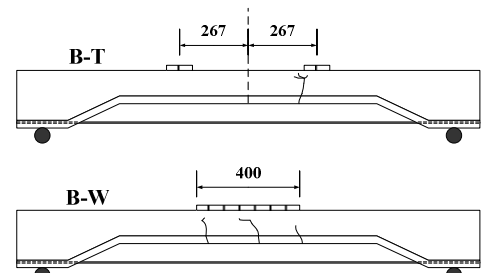


図-2 ひび割れ図

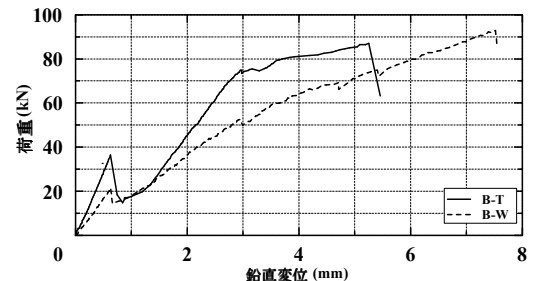


図-3 荷重と変位の関係

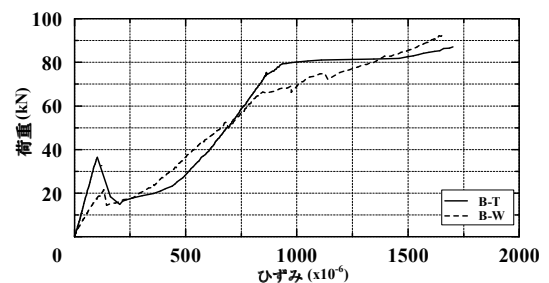


図-4 荷重とひずみの関係

4. まとめ

本実験をまとめると以下に示すとおりである。

- 1) RPCM および CFRP 板を用いた無鉄筋コンクリート梁はアーチングアクションにより、初期ひび割れ荷重よりも最大荷重は2.4 倍以上を示した。
- 2) 2 点載荷および輪荷重載荷試験において、破壊は RPCM と CFRP 板の相対変位の増大による引抜けであり、供試体の側面方向の拘束が小さくなることにより外力に抵抗することが出来なくなり最大荷重を示した。
- 3) ひび割れは載荷点内に発生し、FRC 上縁まで達することはなかった。これは、FRC 内に圧縮力が作用することによってひび割れが進展しないためであると考えられる。

参考文献

- 1) Hassan, A., Kawakami, M.: Steel-free composite slabs made of reactive powder materials and fiber-reinforced concrete, ACI Structural Journal, Vol. 102, No.5, pp.709-718. (2005)