

FRP グリッドと吹付け靱性モルタルによる下面増厚補強はりの載荷試験

Loading Test of RC Beam strengthened by Under laying Method using FRP Grid and HPFRCC

北海道大学工学部環境社会工学科
北海道大学大学院工学研究科
北海道大学大学院工学研究科
BASF ポゾリス(株)営業技術部
BASF ポゾリス(株)営業技術部
(株)デ-ロス
(株)マレックス技研
(株)マレックス技研

○学生会員 菊地 裕介 (Yusuke Kikuchi)
フェロー 上田 多門 (Tamon Ueda)
正会員 古内 仁 (Hitoshi Furuuchi)
石原 紀裕 (Notiyasu Ishihara)
府川 勝也 (Katsuya Fukawa)
森井 直治 (Naoharu Morii)
加来 哲一 (Tetsuichi Kaku)
齋藤 恒雄 (Tsuneo Saitoh)

1. まえがき

現在、日本国内の道路橋の 40%は高度成長期に建設されたもので、老朽化が進行しコンクリートの剥離・剥落が危惧されている。そのため、近年、道路橋の維持管理が大きな課題となっている。橋梁床版においては数種類の補強方法が提案されている中に、下面増厚工法がある。本研究では、引張応力下でひずみ硬化の性質を持ち、かつ複数微細ひび割れの特性を有する靱性モルタルと、軽量で高強度である FRP グリッド筋を補強筋として組み合わせた下面増厚補強工法を対象として、その耐荷性状を調べることを目的とする。

2. 実験概要

実験供試体の形状寸法を図 1 に示す。既設梁部には、全供試体共通で主筋に D13 (SD295A) を 3 本、せん断補強筋として D10 (SD295A) スターラップを 100mm 間隔で配置した。実験変数は、表 - 1 に示すように補強筋のクリアランス (既設梁下面から FRP 筋上面までの距離) および増厚部補強筋のかぶり厚とした。供試体の増厚補強部の施工手順は、以下のとおりである。

既設梁下面を WJ 工法により表面処理を行う。

プライマーを塗布し、FRP グリッド筋をオールアン

カーにより既設梁下面に取り付ける。

靱性モルタルを吹付け工法により、所定の厚さに施工する。

補強筋に用いた FRP グリッド筋は、予め炭素繊維を格子状に一体成型 (断面積 17.5mm², 引張強度

表 - 1 実験変数

供試体 No	クリアランス (mm)	かぶり厚 (mm)	増厚部全厚 ^{注)} (mm)
No.1	0	6	10
No.2	5	6	15
No.3	10	6	20
No.4	5	11	20

注) FRP グリッド筋の厚さを 4mm と仮定して計算した

表 - 2 靱性モルタルの材料特性 (カタログ値)

圧縮強度	40 N/mm ²
曲げ強度	10 N/mm ²
引張強度	4.5 N/mm ²
ひび割れ性状	複数微細ひび割れ

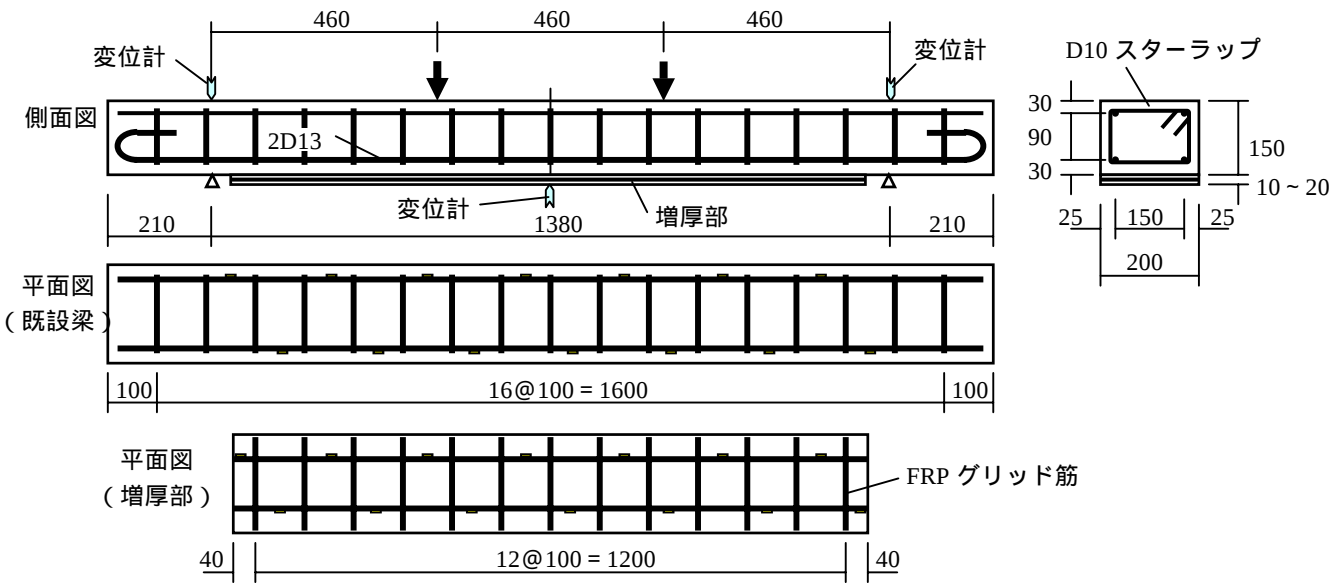


図 - 1 実験供試体の形状寸法

1200N/mm²，引張弾性率 165,000N/mm²，筋ピッチ 100×100mm) したものである。使用した塑性モルタルはセメント，珪砂（約 1mm 以下），ポリマー，繊維（PVA，PE）を主材料としたもので，その材料特性のカタログ値は表 - 2 のとおりである。また，既設梁部のコンクリート圧縮強度は，38.5～46.1N/mm²であった。

荷重装置には 1000kN ローゼンハウゼン試験機を用い，2 点荷重として供試体に静的単調に荷重を加えた。また，両側支点の上縁と支間中央点の下縁に一軸変位計を取付け，終局に至るまで荷重において変位を測定した。

3. 実験結果

3.1 破壊性状

荷重の低い段階では引張縁より曲げひび割れが発生し，荷重の増加にしたがいひび割れ本数が増えながら上方への進展が見られた。その後，ひび割れ幅を増大させながら，最初に既設鉄筋が降伏した。その後に荷重点間の上縁コンクリートが圧壊し，最終的には増厚部の補強筋である FRP グリッド筋の破断により終局に至った。その間，目視による増厚部の剥離は確認されなかった。

3.2 荷重変位曲線

4 体の静的荷重試験における荷重 - 中央点変位の関係を図 - 2 に示す。

ひび割れ荷重，降伏荷重付近では中央点変位に大きな違いを確認することはできなかった。しかし，最大荷重付近において，クリアランスが小さいほど中央点変位が大きくなるという結果を得た。

3.3 各荷重の計算値と実験値の比較

ひび割れ発生荷重，降伏荷重および終局荷重について，実験値を表 - 3 に，計算値を表 - 4 に示す。実験値のひび割れ荷重は，目視により既設梁部下面あるいは増厚部下面よりひび割れを確認した荷重である。降伏荷重は荷重変位曲線における折れ曲がり点である。

ひび割れ発生荷重と降伏荷重の計算では，コンクリートは弾性体と仮定（降伏荷重算定の際は引張応力を無視）し，鉄筋にはバイリニアモデル，FRP グリッド筋は弾性体としてのモデルを用いた。終局荷重の計算では，コンクリートの応力は等価応力ブロックを用いた。塑性モルタルについては，ひずみ硬化特性の数値を把握していなかったため，引張強度に達した後の応力は負担しないと仮定した。そのため，終局荷重においては，計算値は実験値を下回ることが予想される。

ひび割れ発生荷重については既設梁からひび割れが発生することとなった。実験値は，既設部のひび割れ発生荷重と増厚部のひび割れ発生荷重の計算値のちょうど中間に位置しており，概ね妥当な結果が得られている。

降伏荷重については，実験値が計算値を下回っている。これは実験値が荷重変位曲線における折れ曲がり点を確認したものであるため，鉄筋が降伏してから部材剛性の低下が認められるまでの荷重の分が大きくなったと考えられる。

終局荷重については，いずれの供試体も実験値が計算値を 1 割ほど上回った。これは，計算上塑性モルタルの引張応力を計算に考慮しなかったためであると考えられ，終局時においても塑性モルタルの貢献が無視できないこ

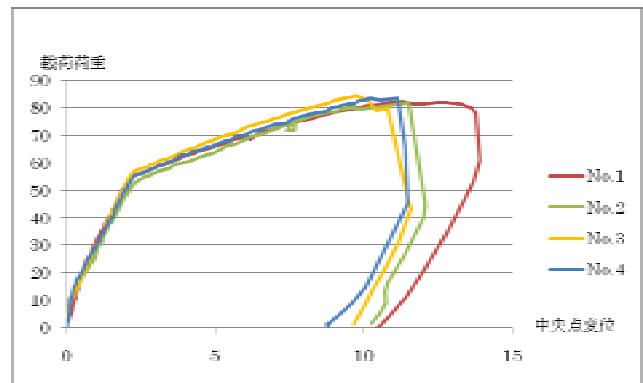


図 - 2 荷重 - 変位曲線

表 - 3 実験値

供試体 No.	ひび割れ 発生荷重 (kN)	降伏荷重 (kN)	終局荷重 (kN)	破壊 モード
1	9.5	54.8	81.9	曲げ破壊
2	9.8	54.8	81.9	"
3	9.9	54.7	84.5	"
4	10.1	55.8	83.5	"

表 - 4 計算値

供試体 No.	ひび割れ発生荷重 (kN)		降伏荷重 (kN)	曲げ耐力 (kN)
	既設梁部	増厚部		
1	7.8	11.6	55.1	73.8
2	7.9	12.0	56.3	74.4
3	8.1	12.5	57.6	74.9
4	7.9	12.0	56.3	74.4

とを示している。また，クリアランスや FRP グリッド筋のかぶり厚が，破壊荷重や破壊性状に与える影響は小さいと考えられる。

以上のことから，本実験供試体では曲げ破壊による終局荷重まで，既設部と増厚部が一体化した挙動をしていると考えられる。

4. まとめ

本研究の実験から以下の知見が得られた。

- 1) FRP グリッド筋と既設梁下面までのクリアランスが小さいほど終局荷重付近において中央点変位が大きくなった。
- 2) ひび割れ発生荷重や降伏荷重については，既設梁と増厚部を一体と仮定して計算によって，推定することが可能である。
- 3) 終局荷重は，いずれの供試体も実験値が計算値を 1 割ほど上回った。これは，計算上塑性モルタルの引張応力を計算に考慮しなかったためであり，終局時においても塑性モルタルの貢献が無視できないことを示された。

謝辞：本研究の実験を行うにあたり，北海道大学工学部の木村勉技術職員にご指導いただきました。ここに謝意を表します。