

CFRP グリッドによるせん断補強 RC はりの耐荷性状に関する実験的検討

(株)SNC 正会員 ○宮野 暢紘 九州大学大学院 正会員 山口 浩平
 新日鉄住金マテリアルズ(株) 正会員 谷口 碩士 九州大学大学院 フェロー会員 日野 伸一

1. はじめに

東日本大震災以降、地下地中に埋没している樋門構造物(写真-1 参照)の函体のせん断補強対策が急務とされている。せん断補強工法としてハンチ部を削孔し補強鉄筋を腹部に沿って定着させる方法が一般的であるが、ハンチ部には既設鉄筋が密に配置しており施工上大きな課題である。アンカー定着が不要なせん断補強工法の一つとして、炭素繊維格子筋(以下 CFRP グリッド)をポリマーセメントモルタル(以下、PCM)で吹付ける工法が挙げられる。ただし、既往の研究ではハンチ部のような同一平面にない定着領域、いわゆる面外定着にて補強した際の応力伝達機構については十分な検討がなされていない。そこで本研究では、CFRP グリッドによるせん断補強効果を検討するため、樋門構造物(函体)の隔壁を切り出した RC はりを作製し、これに CFRP グリッドを配置し PCM にて吹付けを施して載荷試験を実施した。



写真-1 樋門構造物 1)

2. 試験概要

(1) 供試体および使用材料

供試体形状は既設構造物を模した RC はり(I 桁)とした。供試体は、有効高さ $d=650\text{mm}$ 、せん断スパン $a=1625\text{mm}$ 、せん断スパン比 $a/d=2.75$ とし、主鉄筋量はせん断破壊先行型のため実構造物よりも多く配筋した。図-1 に供試体の形状、配筋、CFRP グリッドの概略図を示す。供試体は無補強の P-0、腹部のみを補強した P-1、腹部およびハンチ部を補強した P-2 の計 3 種類を $n=1$ ずつ作製した。各使用材料の特性値を表-1 に示す。主鉄筋には D32(SD345;降伏強度 407N/mm^2)、せん断補強筋には D10(SD295;降伏強度 388N/mm^2)を使用した。また CFRP グリッドの一本当り断面積は 13.2mm^2 、引張強度 1400N/mm^2 、ヤング係数 $1.0 \times 10^5\text{N/mm}^2$ とし、補強量は実構造物の補強筋量と同一とした。なお、CFRP グリッドの定着は通常 3 格点必要であるが²⁾、本供試体は実構造物の 1/3 相当(実構造のハンチ高さ:300mm、供試体:75mm)のため 2 格点の定着とした。設計上の保有せん断力は、PCM の増厚分を考慮し、CFRP グリッドはハンチ部で十分に定着されているものとして算出した^{3),4),5)}。P-2 の保有せん断力の内訳は、 $V_{cd}=264\text{kN}$ 、 $V_{sd}=228\text{kN}$ 、 $V_{fd}=46\text{kN}$ である。

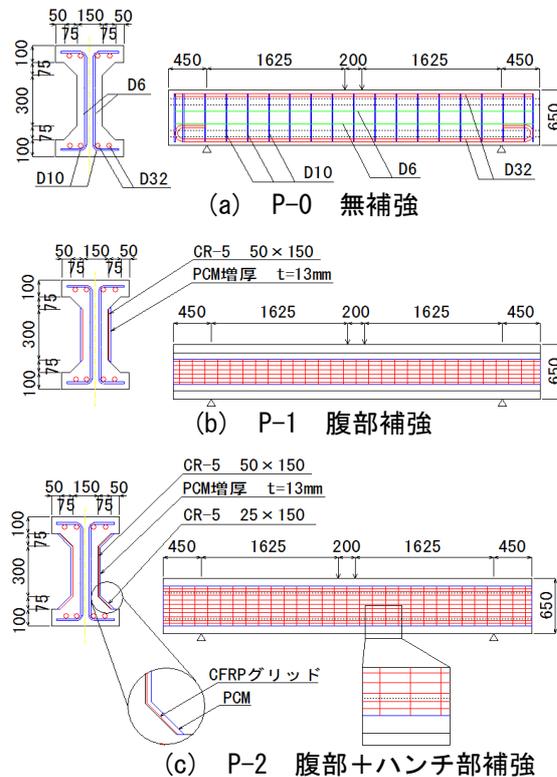


図-1 コンクリート供試体概略図

表-1 材料特性値

材料	規格	圧縮強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)
コンクリート (P-0)	設計	21.0	3.20	-	2.35×10^4
	実測	22.4	3.05	1.04	2.44×10^4
コンクリート (P-1,2)	設計	21.0	3.20	-	2.35×10^4
	実測	22.2	4.58	1.38	2.45×10^4
PCM	設計	69.6	9.00	3.16	2.70×10^4
	実測	72.7	10.1	-	-

(2) 試験方法

載荷は、両端単純支持として、せん断スパン $a=1625\text{mm}$ で 2 点載荷とした。また、変位計は中央下端に 3 点と支点上端にそれぞれ 1 点設置した。さらに、ひずみゲージは、既設部上縁側のスパン中央と既設部主鉄筋の下縁側のスパン中央に設置した。せん断補強効果を確認するために、せん断補強筋および CFRP グリッドのせん断区間にそれぞれ設置した。

キーワード CFRP グリッド, PCM 吹付け, 耐震補強, せん断補強, 面外定着

連絡先 〒811-2202 福岡県糟屋郡志免町志免 90 番地 TEL 092-935-1453

3. 試験結果

荷重-スパン中央たわみ関係を図-2に示す。破壊形態は全てせん断破壊であった。補強したP-1, P-2の供試体は、無補強のP-0と比較して最大荷重が2割程度向上した。また、P-2はP-1と比べて高荷重域での剛性が高く、最大荷重は14%向上した。

最大荷重時のひび割れ性状を図-3に示す。いずれも、載荷点直下にひび割れ幅の小さい曲げひび割れが発生し、次いで支点と載荷点とを結ぶ線上に斜めせん断ひび割れが発生後、最終的には上縁コンクリートの一部が圧壊した。試験終了後にPCMをはつり出し、CFRPグリッドの破断状況やPCMの剥離状況を確認した。P-1のCFRPグリッドは、破断には至っていないもののせん断ひび割れ直上に剥離およびCFRPグリッド格点部が直角性を失っている箇所が見られた。また、既設部と補強部の界面ではPCMの剥離も確認された。一方、P-2のCFRPグリッドは、破断や剥離は無く、P-1に比べてグリッド格点の変形が小さかった。

CFRPグリッドによるせん断耐力の評価を行うため、ひび割れ荷重 P_{cr} 、初降伏荷重 P_{y0} 、曲げ終局荷重 P_u およびせん断耐力 P_s を算出した^{3),4),5)}。試験結果を表-2に示す。 P_s の試験値と計算値の比はいずれも1.0以上であり、道示V³⁾のせん断式を適用すれば、安全側に評価できると考えられる。一方、P-1のせん断耐力がP-2のそれと比較して小さく評価されたのは、CFRPグリッドの定着に起因するものであり、前述のように終局時に既設部と補強部の界面に剥離が生じたことも要因の1つと考えられる。

以上のことから、RCはりにおいて腹部のみ、腹部+ハンチ部までCFRPグリッドを定着した場合は、現行の設計法が適用可能であることが示唆された。ただし、付着力や定着長などを含めた面外定着の応力伝達メカニズムの詳細は明らかにすることができなかったため、今後の検討が必要とされる。

4. まとめ

CFRPグリッドは、定着方法に関わらず既設部のせん断補強鉄筋に代わりせん断力を負担しており、せん断補強効果が確認された。特に腹部およびハンチ部を補強したCFRPグリッドは、既設部と一体化することでせん断力に抵抗した。

参考文献

- 1) 三国屋建設コンサルタント(株) http://www.3928.co.jp/about_us.php
- 2) 秋山功樹ら：CFRPグリッドを用いたPCM吹付け工法による補強部界面の応力伝達機構および既設RC橋脚の耐震補強，土木学会構造工学論文集, Vol.57A, pp.1-9, 2011.3
- 3) 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2002.3
- 4) 土木学会：コンクリート標準示方書[構造性能照査編], 2010.3
- 5) 土木学会：連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の補修補強指針, 1996.9

【謝辞】本研究はFRPグリッド工法研究会の新工法開発研究テーマの一環として行ったものです。

研究を遂行するにあたり九州大学鶴丸氏、郭氏には多大な協力を頂きました。ここに深く感謝致します。

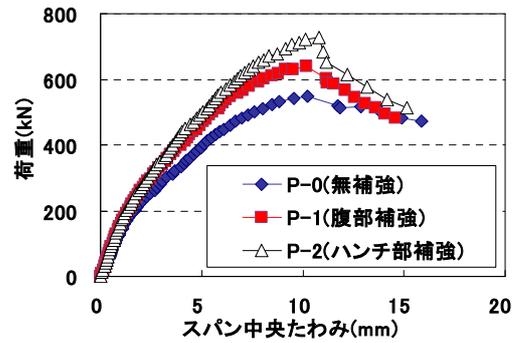


図-2 荷重-スパン中央たわみ関係

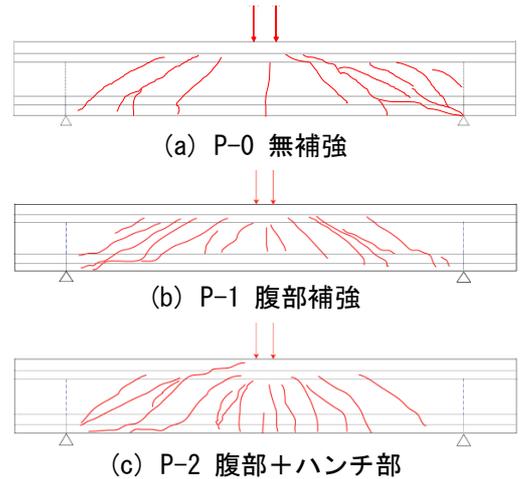


図-3 ひび割れ性状

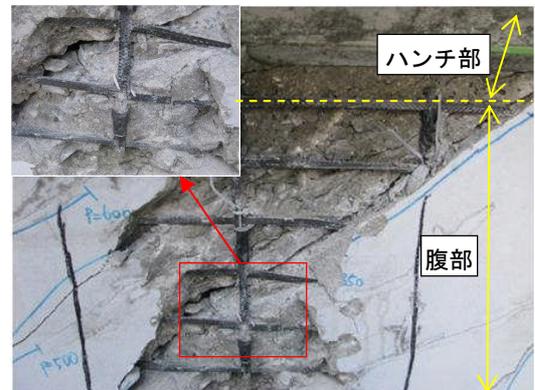


写真-2 破壊後の供試体状況 (P-1)

表-2 試験結果

供試体	項目	P_{cr} (kN)	P_{y0} (kN)	P_u (kN)	P_s (kN)	P_s : 試験/計算
P-0 (無補強)	試験	131	-	-	548	1.20
	計算	126	780	860	458	
P-1 (腹部補強)	試験	161	-	-	640	1.19
	計算	193	854	916	536	
P-2 (腹部+ハンチ部補強)	試験	180	-	-	727	1.35
	計算	193	858	925	538	