

PCM 吹付けによる CFRP グリッドを用いた RC はりのせん断補強効果

九州大学 学生会員 ○鶴丸純司 九州大学大学院 正会員 山口浩平
九州大学大学院 フェロー会員 日野伸一 (株) SNC 正会員 宮野暢紘

1. 目的

2011 年に起きた東日本大震災では地下、地中に一部埋没している海岸河川構造物とりわけ樋門函体部(写真-1¹⁾)の損傷が際立ち、現在樋門のせん断補強が急務とされている。一般に鉄筋を用いたせん断補強ではハンチ部(図-1 補強対象構造物例)を削孔する必要があるが、同部には既設鉄筋が密に配置しており施工上困難となる。また、補強後のウェブ断面が著しく増大するので河積阻害率が増加し構造物の機能上の問題となる。さらに、鉄筋の部分は常時水の影響を受けるので腐食する恐れがある。そこで耐震補強工法の一つとして炭素繊維格子筋(以下 CFRP グリッド)を補強筋として用い、ポリマーセメントモルタル(以下、PCM)で吹付ける補強工法²⁾が確立されている。本工法は、CFRP グリッドの特性である高強度・軽量を生かして人的省略化の点で優れており、また PCM 吹付けによって既設構造物と一体化するためアンカー定着する必要がなく、施工速度に優れている。さらに、CFRP グリッドは鉄筋と異なり腐食しないため、かぶりを小さくすることができ、補強断面を小さく押さえられるため、構造面からも形状に与える影響が小さく、維持管理が容易である。

一方、これまでの既往の研究では U 型に成型したハンチ部のような同一平面上にない定着領域、いわゆる面外定着にて補強した時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。

以上より、樋門の壁部またはハンチ部に CFRP グリッドを補強筋とした PCM 吹付け工法によるせん断補強効果また、ハンチ部まで補強した場合の面外の応力伝達機構の解明を本研究の目的とした。

2. 試験概要

せん断補強筋の割合は実構造物と同一であるが、主鉄筋の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。本試験での試験体は無補強の P-0、壁部のみ CFRP 格子筋で補強した P-1、壁部とハンチ部を補強した P-2 の 3 種類それぞれ一体ずつとした。それぞれ既設部に関しては、主鉄筋には D32(SD345 降伏強度

407N/mm²)をせん断補強筋には D10(SD295 降伏強度 388N/mm²)いずれもヤング係数 2.0×10⁵ N/mm²を使用した、CFRP グリッドは一本当たりの断面積は 13.2mm²、引張強度 1400N/mm²、ヤング係数は 1.0×10⁵ N/mm²である。試験体の概略図を図-1 に示す。なお、ハンチ部の定着については既往の研究より 3 格点必要であるが本試験体は実構造物の 1/3 相当(実構造のハンチ高さ: 300mm, 試験体 75mm)のため 2 格点定着とした。コンクリート、PCM の材料特性を表-1 に示す。

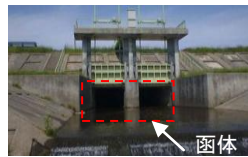


写真-1 樋門写真

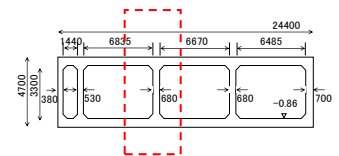


図-1 補強対象構造物例

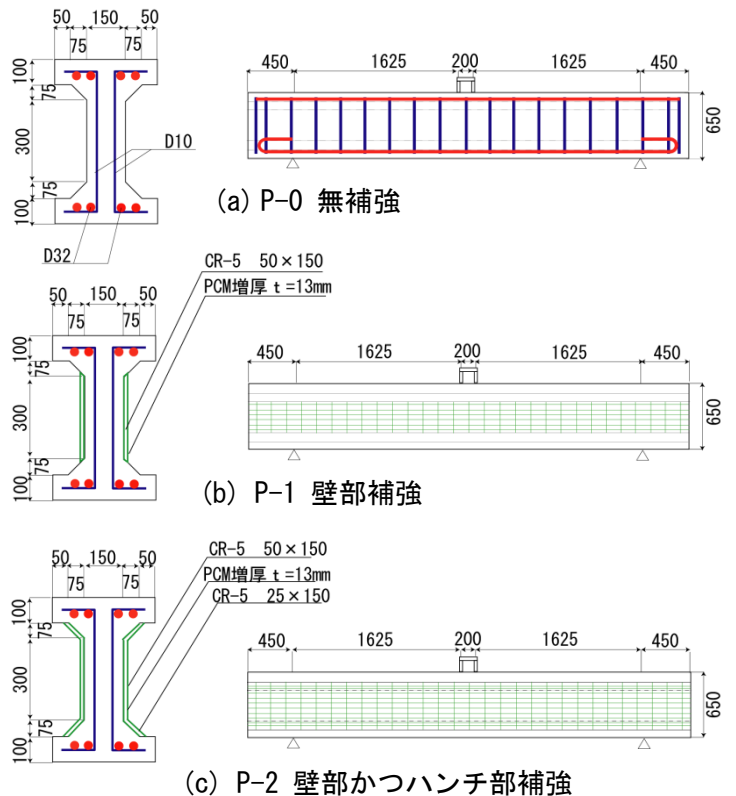


図-2 試験体概略図

表-1 コンクリート、PCM 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	-	-

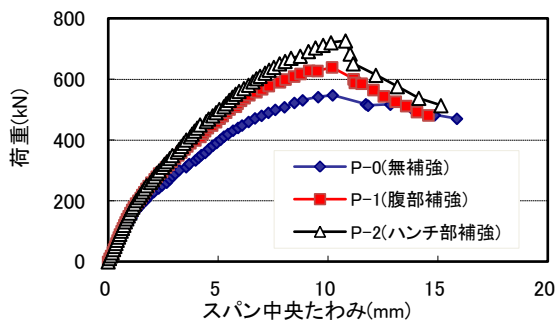


図-3 荷重-たわみ関係

表-2 設計値、試験値とせん断耐力の比較

試験体	項目	P_{cr}	P_{y0}	P_u	P_s	P_s : 試験/設計
		(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
P-0 (無補強)	試験	131	-	-	548	1.20
	設計	126	780	860	458	
P-1 (腹部補強)	試験	161	-	-	640	0.88
	設計	193	854	916	727	
P-2 (ハンチ部補強)	試験	180	-	-	727	1.00
	設計	193	858	925	730	

3. 試験結果

3.1 変形性状

最大荷重-スパン中央たわみ関係を図-3 に示す。P-1、P-2 試験体は、P-0 試験体と比較すると最大荷重が 2~3 割増加し、壁部かつハンチ部まで補強した P-2 試験体は、壁部のみ補強した P-1 試験体と比べ最大荷重が 14% 増加した。

P-0 の最大荷重および P-1 の最大荷重とその 1/2 の荷重時の部材高さおよびひずみ分布の関係を図-4 に示す。P-1 試験体は、断面中央部にて最もひずみが大きく、せん断応力を負担していることが明らかになった。一方、P-2 試験体は、部材高さ 225mm で最もひずみが大きく、荷重の増加に伴って P-1 と比較して壁部下方でせん断力に抵抗していることが分かる。CFRP グリッドを面外定着することにより、CFRP グリッドと既設コンクリートが十分に一体化されて、P-2 の方が P-1 に比べ発生ひずみを小さく抑えられたと考えられる。

3.2 ひび割れ性状

いずれの試験体とも、載荷点直下に小さなひび割れが発生し、次に支点と載荷点を結ぶ直線状付近にせん断ひび割れが発生し、荷重が増加するごとにひび割れの幅、本数が増し、最終的に上縁のコンクリートが圧壊した。P-1 と P-2 のひび割れの本数と幅はともに少なくともハンチ部補強が要因と考えられる。

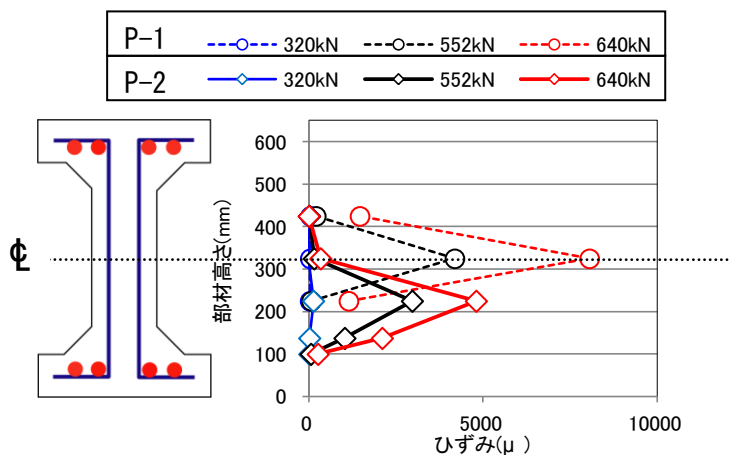


図-4 高さ-ひずみ分布

3.3 せん断耐力の評価

設計値と試験値を表-4 に示す。ひび割れ荷重 P_{cr} 、初期降伏荷重 P_{y0} 、終局荷重 P_u 、せん断耐力 P_s を道路橋示方書・同解説 V³⁾(以下：道示 V) およびコンクリート標準示方書⁴⁾に基づき算出した。設計値と試験値の比は、P-0 と P-2 試験体では有効数字で 1.00 以上であり、道示 V のせん断耐力と比較すると十分安全側である、一方 P-1 試験体では 0.88 となりやや危険側と評価される。この要因として P-1 試験体は終局時にコンクリート躯体と PCM の界面に剥離が生じたためと考えられる。

4. まとめ

CFRP グリッドにより壁部のみを定着領域とした試験体のせん断耐力は、無補強のものに比べ向上したものの、現行の設計法の算定値の比が 0.88 とやや小さく、安全側のものとは言えなかった。CFRP グリッドにより壁部およびハンチ部を定着領域とした試験体のせん断耐力は、無補強のものに比べ向上し、設計値と同等であった。現行の設計法が適用できることが確認され、樋門の函体におけるせん断補強工法として期待できた。定着方法に関わらず、CFRP グリッドは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。特にハンチ部の CFRP グリッドは、既設部と一体化することで壁部下方の位置にて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式会社 http://www.3928.co.jp/about_us.php 2) 渡邊弘史, 日野伸一, 山口浩平: 2 層接触配置した CFRP グリッドの付着強度に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.2, pp.1411-1416, 2009.7 3) 日本道路協会: 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[構造的照査編], 2002.3