

12.CFRP グリッドの PCM 吹付け工法による RC 部材のせん断補強効果に関する研究

鶴丸 純司

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-1)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が確立されている。CFRP グリッドは高強度・軽量で耐腐食性が優れておりさらに、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、施工速度に優れており人的省略化が見込める。CFRP グリッドを補強筋に用いることにより、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。

そこで本研究では、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および、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目的とした。

2. 試験概要

図-2 に試験体概略図を示す。なお、表-1 に試験体の材料特性値を示す。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。既設部の主鉄筋には 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。なお、ハンチ部の定着については既往の研究より 3 格点必要であると実証されているが、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。

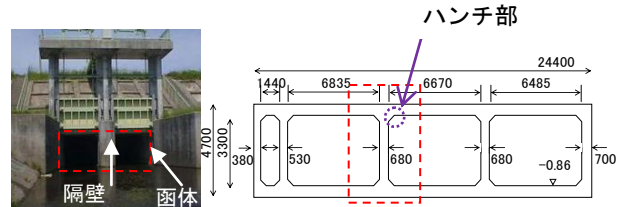


写真-1 樋門写真 図-1 補強対象構造物例

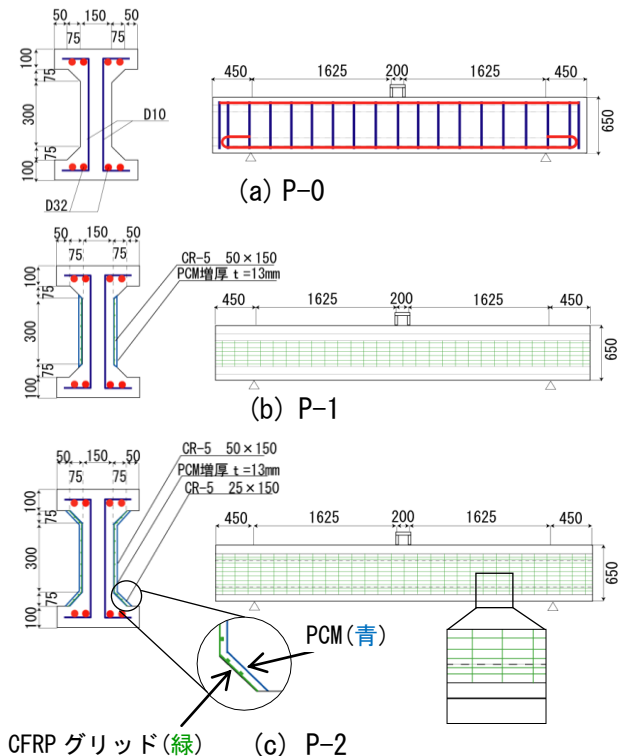


図-2 試験体概略図

表-1 材料特性値

材料	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)	22.4	3.05	1.04	2.44 × 10 ⁴
コンクリート(P-1,P-2)	22.2	4.58	1.38	2.45 × 10 ⁴
PCM	72.7	10.1	3.16	2.70 × 10 ⁴

3. 試験結果

3.1 変形性状

最大荷重-たわみ関係を図-3に示す。P-1、P-2試験体は、P-0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は、壁部のみ補強したP-1と比べ最大荷重が14%増加した。

スパン中央からの1050mmの位置のひずみ分布を図-4に示す。P-1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

試験終了後のひび割れを図-5に示す。P-2はP-1に比べひび割れ本数が少なくひび割れ幅も小さい。これよりひび割れ発生位置においてハンチ部からのひび割れの進展が抑制されていることが分かった。これはハンチ部のCFRPグリッドがせん断耐力を負担していることに加え、ハンチ部に発生したひび割れをCFRPグリッドとPCMによって面で抑えているためと考えられる。試験終了後のCFRPグリッドとPCMの状況を写真-2,3に示す。P-1のCFRPグリッドは破断には至っていないが、せん断ひび割れ直上にて剥離とグリッド格点部の直角性が失われている箇所が見られた。また、既設部と補強部の界面ではP-2に比べより多くのPCMの剥離が見られた。

3.3 せん断耐力の評価

せん断耐力の試験値と設計値と解析値を表-2に示す。設計値は道路橋示方書・同解説 V およびコンクリート標準示方書に基づき算出した。解析値は、PCMと母材のコンクリートの付着界面は完全定着としてFEM解析で算出した。設計値、解析値に対する試験値の比は、P-0とP-2では十分安全側である、一方P-1ではやや危険側と評価される。この要因としてP-1の試験では終局時にコンクリート

体とPCMの界面に剥離が生じ補強部が応力を負担しなかったと考えられる。

4. 結論

P-1のせん断耐力は、P-2に比べ向上したものの、設計値の比と、解析値の比はやや小さく、安全側であるとは言えなかった。P-2のせん断耐力は、P-0と比べ向上し、設計値と解析値とほぼ同等であった。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。

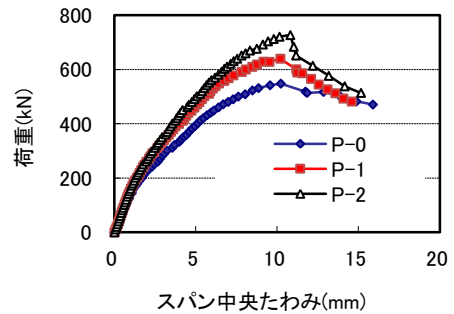


図-3 荷重-たわみ関係

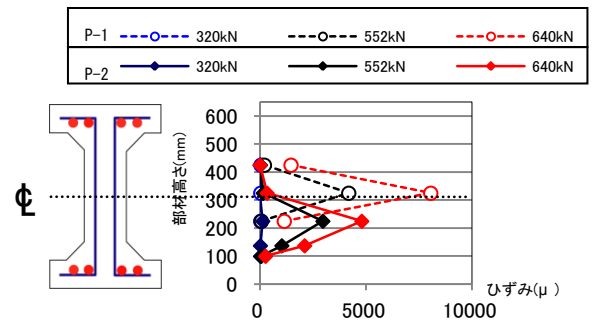


図-4 せん断方向のひずみ分布

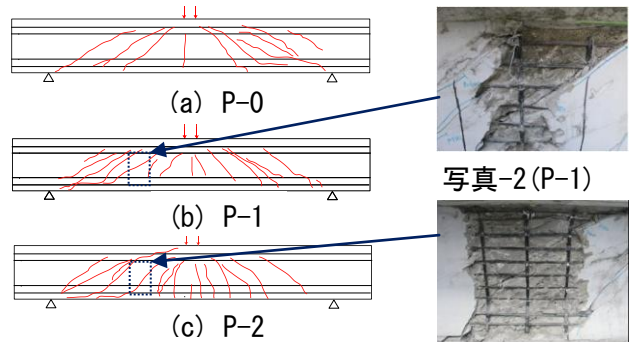


図-5 ひび割れ性状

表-2 せん断耐力

試験体	試験値 (kN)	設計値 (kN)	解析値 (kN)	試験/設計	試験/解析
P-0	548	458	454	1.20	1.21
P-1	640	727	666	0.88	0.96
P-2	727	730	691	1.00	1.05