

打継目を有する低鉄筋比 RC はりを対象とした PCM 吹付け工法による曲げおよびせん断補強効果

九州大学大学院 学生会員 ○金丸亜紀
九州大学大学院 学生会員 山下翔真
九州大学大学院 フェロー会員 日野伸一

1. はじめに 戦前に造られた構造物には、構造鉄筋やコンクリート強度の不足、打継目不良による耐力不足の問題を抱えているものが多数あり、これら構造物で耐震補強等の対策が急務となっている。しかし、工期の制限や補強の範囲や部材厚の制限などの問題を抱えていることも多々あり、従来工法が適用できないことがある。そこで、薄肉での施工および工期短縮が可能となる工法として、既設コンクリートの外側に鉄筋を接触配置し、ポリマーセメントモルタル（PCM）を高圧で吹付けることで既設コンクリートと一体化させる PCM 吹付け工法の適用について検討した。検討条件として、低鉄筋比コンクリート部材、はりの幅方向に部分的な補強しかできず、かつ打継目が存在するなどの条件を設定した。なお、既往研究より、同種の条件において PCM 吹付け工法の曲げ補強に対する有効性は確認している。本研究では、曲げ補強量をパラメータとして補強量の増加が曲げ耐力におよぼす影響、軸方向補強筋のダウエル作用によるせん断補強効果と断面内部分補強の影響について検討した。

2. 曲げ補強効果

(1) 試験方法 試験体の概略を図-1、使用材料の材料特性値を表-1、2に示す。試験体は、スパン 2.0m、載荷スパン 0.8m の 2 点線載荷とし、全ての試験体において、図-1 中に黒破線で示した打継目を既設部に設けた。打継目同士は、完全に縁を切っており、打継目において D6 鉄筋は不連続、芯材と呼ぶ D16 鉄筋 2 本のみが連続している。製作時や運搬時は、試験体の自重や衝撃荷重などに対して芯材が抵抗する。B0 は無補強試験体、B1 および B2 は実施工を想定したはりの幅方向に部分補強した試験体であり、B1 は補強部曲げ補強筋を引張・圧縮側ともに 3 本ずつ、B2 は同じく 5 本ずつ配筋した試験体で、それぞれ 1 体ずつ作製した。なお、曲げ破壊を先行させるために、既設部にはせん断補強筋を配筋し、せん断破壊が起きないように設計した。

(2) 試験結果および考察 全試験体は曲げ破壊した。B0 は 3 箇所の目地が存在するため、曲げひび割れが発生することなく打継目に變形が集中し早期に終局に至った。B1 および B2 については、無補強側は B0 と同様打継目が開いて終局となり、補強部側はひび割れが多数分散した。B1 と B2 を比較すると、補強量を 5/3 倍とした B2 の方がひび割れの分散性がよく、致命的ひび割れは少なかった。次に、荷重－スパン中央変位関係を図-2 に示す。S0 と

表-1 コンクリートおよび PCM 材料特性値

試験体	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 × 10 ⁴ (N/mm ²)
曲げ試験体	コンクリート	31.8	3.69	3.23	2.21
せん断試験体		44.3	5.38	3.46	2.42
共通	PCM	72.3	12.9	3.23	2.70

表-2 鉄筋材料特性値

径	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)
D6	334	525	2.0×10 ⁵
D10	379	554	
D13	360	504	
D16	356	500	
D19	418	566	
D22	400	575	

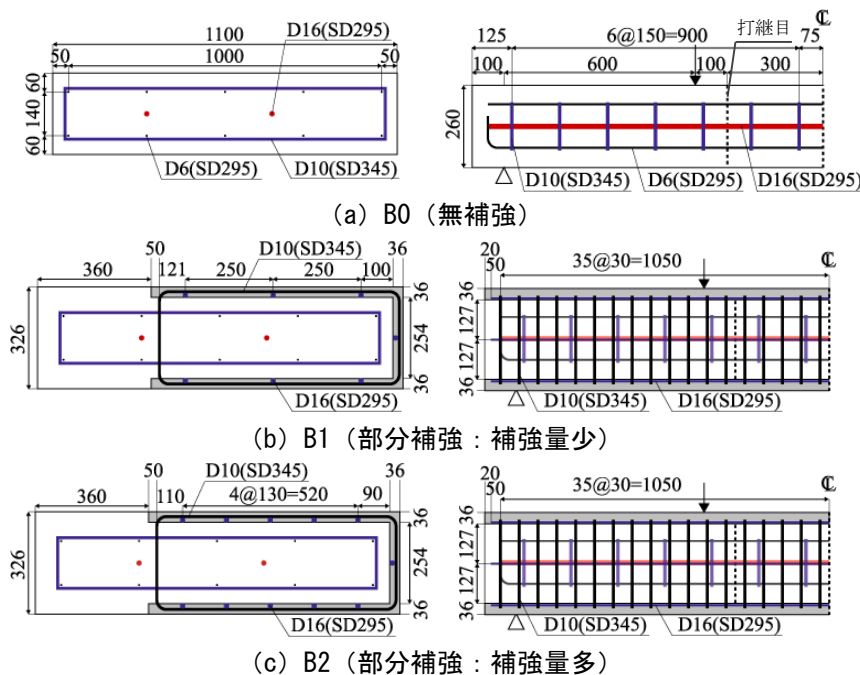


図-1 曲げ試験体概略図

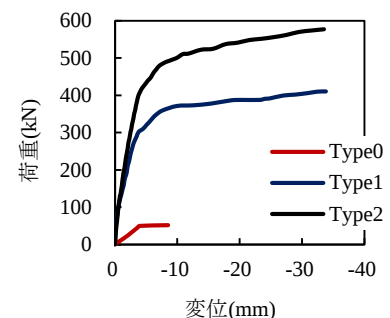


図-2 荷重－スパン中央変位関係

$$V_{sd} = mcd^2 \sqrt{f'_c f_y} \cdots (1)$$

V_{sd} : 軸方向筋のダウエル作用によるはりのせん断耐力

m : 軸方向筋本数

c : 定数 ($c=1.0$)

d : 軸方向筋の径

f'_c : コンクリート圧縮強度

f_y : 軸方向筋降伏強度

キーワード ポリマーセメントモルタル吹付け工法、打継目、曲げ補強、せん断補強、ダウエル効果
連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 ウエスト 2 号館 1104 号室 TEL092-802-3392

表-3 打継目作用せん断力
(せん断試験)

Type	計算値 (kN)			試験値 (kN)	試験値/計算値
	既設	補強	合計		
0	44	-	44	108	2.45
1	44	171	215	233	1.08
2	44	171	215	192	0.89
3	44	256	300	269	0.90

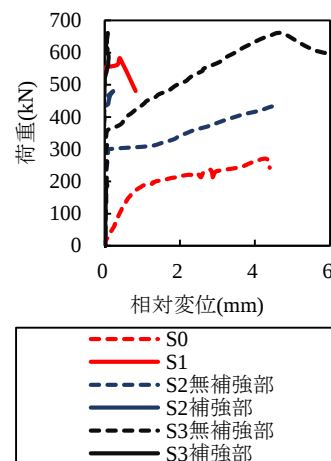


図-4 荷重－打継目部相対変位関係

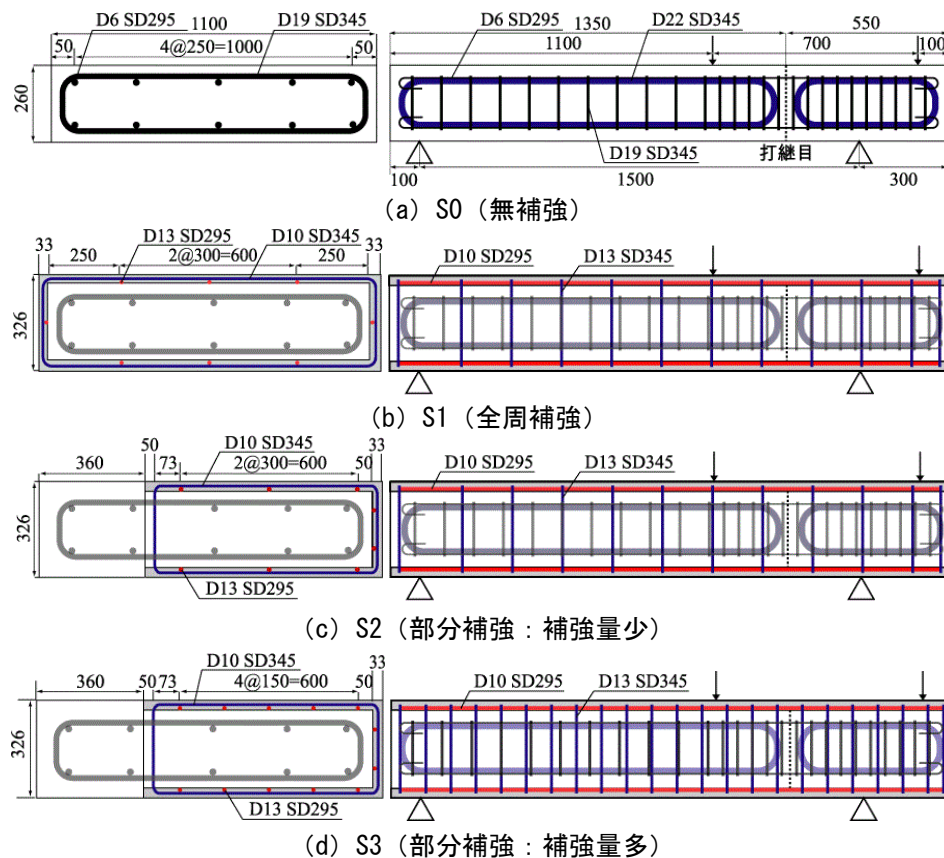


図-3 せん断試験体概略図

S1 および S2 の比較より著しい補強効果を確認できた。また、S1 と S2 の比較より、両者は類似した挙動であることから補強量を増やした場合でも変形挙動に大きな差異がないことがわかった。

(3) まとめ 無補強試験体に対して部分補強試験体は、曲げ耐力が著しく改善し、終局時まで良好な曲げ性状を示すことがわかった。曲げ補強量を増加させた場合もひび割れ性状や荷重変位挙動に大きな差はないことがわかった。また、部分補強試験体 2 体の比較より、補強量を増やしたとき、設計上の上昇耐力と実際の上昇耐力が同程度であったことから、PCM 吹付け工法による補強を行えば、打継目を有する低強度無筋コンクリート部材をはりの幅方向に部分的な補強しかできない場合においても、現行の RC 部材の曲げ補強設計法が適用可能であることがわかった。

3. せん断補強効果

(1) 試験方法 試験体の概略を図-3 に、使用材料の材料特性値を表-1, 2 に示す。本試験は、曲げモーメントが打継目部に作用しない純せん断試験とした。図-3 中に黒破線で示した打継目は全試験体共通で、曲げ試験同様打継目同士は完全に縁を切っており、軸方向筋 D22 鉄筋は不連続、D6 鉄筋 10 本のみが連続している。また、既設部は上下対称の低鉄筋比断面とした。S0 は無補強試験体、S1 は全周補強した試験体である。そして、補強量は S1 と同じだがはりの幅方向に部分補強した試験体 S2 と、補強量を S2 に比べ 1.7 倍とした部分補強試験体 S3 がそれぞれ 1 体ずつの計 4 体製作した。また、変位計は打継目部の上下方向の相対変位を測定するため目地をはさんで左右等間隔、幅方向に 3 組計 6 体設置した。

(2) 試験結果および考察 破壊形態はすべて共通して打継目部の相対変位増加に伴うせん断破壊であった。軸方向鉄筋のダウエル作用によるせん断耐力計算式として式 (1) ²⁾ を用い、打継目に作用するせん断力を表-3 に示す。補強試験体については、試験値と計算値の間には±10%以内でのよい対応が見られ、軸方向筋のダウエル作用によるせん断耐力は式 (1) を基に定式化することが妥当であると確認できた。荷重-打継目部相対変位関係を図-4 に示す。図-4 より、S0 の最大荷重は 270kN であったが、これは打継目部コンクリート界面における摩擦力に起因するものと考えられる。補強試験体については、補強部せん断補強鉄筋は最大荷重到達後に降伏したため、既設部および補強部軸方向筋のダウエル耐力のみを設計値として採用した。表-3 より S2 のせん断耐力は、同一鉄筋量である S1 に比べ約 18%低下したが、補強量を 1.7 倍増加させた S3 では S1 に比べ約 15%耐力が増加した。また S2 に対する S3 のせん断耐力比は設計上 1.40 であるのに対して試験値も 1.40 となり同程度のせん断耐力増加となった。補強後のせん断耐力の試験値は、計算値に対して、全周補強した場合は 108%、部分補強の場合は約 90%であることが確認された。

(3) まとめ 軸方向鉄筋が過少かつ打継目を有し、断面内に部分的な補強しかできない場合、軸方向補強筋のダウエル作用によるせん断耐力の向上は確認でき、本試験の範囲内において PCM 吹付け工法によるせん断補強効果が確認された。式 (1) を用いることで、打継目部せん断耐力を評価することが可能である。

参考文献

- 1) 繁戸起文, 日野伸一, 山口浩平: PCM 吹付け工法による無筋コンクリート部材の曲げ補強効果, 第 68 回年次学術講演会, V-185, 2013
- 2) 村越潤, 田中良樹: 鋼・コンクリート接合構造に関する調査, (独) 土木研究所成果報告書, 2006