

PCM 吹付け工法による打継目を有する低鉄筋比コンクリート部材の補強効果

九州大学	学生会員	○池本晃志郎
九州大学大学院	学生会員	金丸亜紀
九州大学大学院	フェロー会員	日野伸一
九州大学大学院	正会員	畠山繁忠

1. はじめに

戦前に造られた構造物の中には、構造鉄筋の不足、低強度コンクリートおよび打継目不良による耐力不足などの問題を抱えたものがあり、現在の耐震基準を満たしていないため、これら構造物の耐震補強対策が急務である。従来の補強工法の一つに、補強筋として鉄筋を配置し、コンクリートおよびモルタルなどで増厚する工法がある。しかし、補強対象となる構造物は、使用期間との兼ね合いによって工期に制限がある場合、構造的に補強できる範囲や厚さに制限がある場合が多々あり、従来工法が適用できないことがある。そこで、これらの問題を解消しつつ補強効果を発揮する工法として PCM 吹付け工法の適用を検討した。検討条件として、低鉄筋比コンクリート部材、はりの幅方向への部分的な補強、および打継目の有無を設けた。なお、既往研究¹⁾²⁾より、これらの条件における PCM 吹付け工法の曲げ補強効果およびせん断補強効果それぞれの有効性は確認済みである。しかし、曲げモーメントおよびせん断力の両方が同時に作用する場合において、補強部材が同等の補強効果を発揮できるか否か検討が必要である。そこで、本研究では、先に述べた条件に加え、曲げモーメントおよびせん断力が同時に作用する場合、PCM 吹付け工法による RC はりの変形挙動および耐力に与える影響について追加検討を行った。

2. 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 に示す。試験体は、スパン 2000mm、せん断アーム長 900mm 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 D13 鉄筋は不連続、断面中央に D16 鉄筋 2 本のみが芯材として連続している。A0 は無補強試験体、A1 は全周を補強した試験体、A2 および A3 は実施工を想定したはりの幅方向 2/3 区間を部分補強した試験体とし、それぞれ 1 体ずつ作製した。また、A2 は補強部の曲げ補強筋を引張側および圧縮側ともに 3 本ずつ配筋し、鉄筋量は A1 と同程度とした試験体である。A3 については A2 と同様、補強部に曲げ補強筋を 5 本ずつ配筋し、A2 と比較して鉄筋量を約 1.7 倍とした試験体であり、図-1 では割愛した。

3. 試験結果および考察

A0 のみ打継目位置において直接せん断破壊し、A1、A2、および A3 は打継目部からの開口に起因した曲げ破壊をした。A0 は、曲げひび割れが発生すること無く、打継目部に変形が集中し早期に破壊に至った。A1 については、打継目部、次いで載荷点直下に曲げひび割れが入り、荷重の増加とともにせん断ひび割れも発生し、最終的に打継目部からのひび割れの進展による曲げ破壊をした。A2 および A3 については、無補強

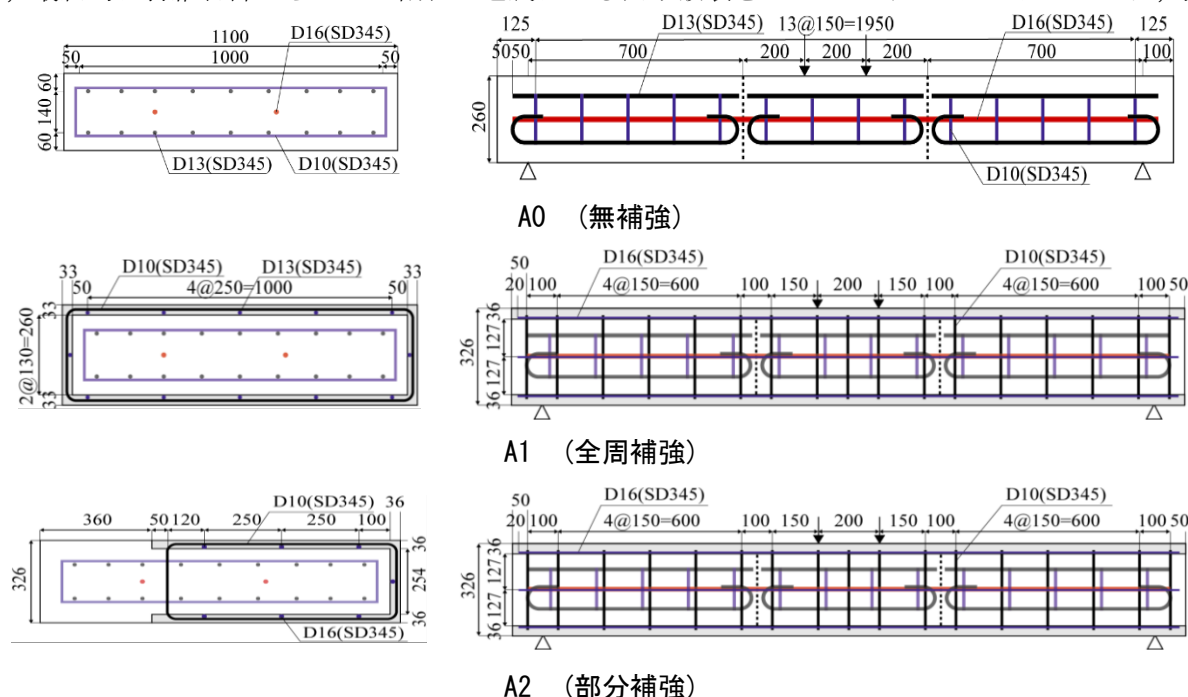


図-1 試験体概略図 単位 (mm)

側と補強側において異なる変形が見られた。無補強側は、A0と同様曲げひび割れが発生すること無く、打継目部への変形の集中が見られた。補強側は、A1と同様打継目部に次いで荷重点直下より曲げひび割れが発生し、その後せん断ひび割れが増加し、最終的に曲げ破壊した。

RC理論に基づく設計値および試験値を表-2に示す。Mcは曲げひび割れ発生時の荷重点でのモーメント、Pcはその時の荷重、Myは引張側補強鉄筋の降伏時の打継目でのモーメント、Pyはその時の荷重、Muは終局時の打継目でのモーメント、Puはその時の荷重を示す。括弧内は設計値に対する試験値の比を表す。表-2より、試験値において、A1、A2、およびA3の降伏荷重を各設計降伏荷重と比較すると、A1は3%程度、A2は11%程度、A3は25%程度下回る結果となった。また、A2の終局荷重をA1の終局荷重と比較すると、部分補強の影響を受けて8%程度の耐力低下が見られたが、両者ともに設計終局耐力と同等以上の結果を示した。A3については、設計終局耐力より11%程度下回る結果となったが、A3の終局荷重をA1の終局荷重と比較すると、部分補強にもかかわらず約13%の耐力向上が見られた。結果として、降伏荷重および終局荷重のいずれの場合においても、強度の大きさはA3、次いでA1、そしてA2の順となった。

次に、荷重-スパン中央変位関係を図-2に示す。A0、A1、A2、およびA3の比較より、著しい補強効果を確認できた。

最後に、打継目部における引張側曲げ補強筋の荷重ひずみ関係を図-3に示す。図-3より、A1、A2、およびA3において、ひび割れが発生した際にひずみが大きく増加した。その後A1は228kN付近、A2は208kN付近、A3は266kN付近で大幅にひずみが増加し、引張側曲げ補強鉄筋の降伏が認められた。

4. まとめ

補強試験体A1、A2、およびA3は、無補強試験体A0と比較して曲げ耐力が著しく改善し、補強効果を確認できた。部分補強試験体(A2)は全周補強試験体(A1)と比較すると、終局耐力は8%程度劣るものの、設計耐力を満たし一定の補強効果を確認できた。一方、補強鉄筋量を約1.7倍とした部分補強試験体(A3)は設計耐力をやや下回る結果となったが、全周補強試験体(A1)と比較すると、終局耐力は約13%上回る結果となり、部分補強試験体(A2)に比べ著しい補強効果を確認できた。

以上より、打継目を有する低鉄筋比コンクリート部材に対し、PCM吹付け工法を適用して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、補強鉄筋量を通常より増量することによって、現行のRC部材の曲げ補強設計法を適用して補強することが可能であることがわかった。

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) 金丸亜紀, 山下翔真, 日野伸一: 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, 第70回年次学術講演会, V-139, 2015

表-1 材料特性値

(a) 鉄筋 単位 (N/mm²)

	部材	径	降伏強度	引張強度	ヤング係数
既設部	芯材	D16	395	624	2.0×10 ⁵
	曲げ補強筋	D13	373	559	
	せん断補強筋	D10	382	578	
補強部	曲げ補強筋	D13	373	559	
		D16	395	624	
	せん断補強筋	D10	382	578	

(b) コンクリートおよびPCM

	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 ×10 ⁴ (N/mm ²)
コンクリート	48.5	5.59	2.80
PCM	57.3	6.24	2.70

表-2 設計値および試験値

試験体	設計値					
	Mc	My	Mu	Pc	Py	Pu
A0	28.0	19.2	20.1	62.2	54.9	57.4
A1	49.2	82.4	111.7	109.3	235.4	319.1
A2	49.0	81.7	109.8	108.9	233.4	313.7
A3	50.5	123.7	153.8	112.2	353.5	439.3
試験体	試験値					
A0	20.0 (0.71)	15.8 (0.82)	27.1 (1.34)	44.4 (0.71)	45.0 (0.82)	77.5 (1.35)
A1	44.0 (0.89)	79.7 (0.97)	121.2 (1.09)	97.8 (0.89)	227.8 (0.97)	346.2 (1.08)
A2	38.0 (0.78)	72.7 (0.89)	111.1 (1.01)	84.4 (0.78)	207.6 (0.89)	317.4 (1.01)
A3	32.6 (0.65)	93.0 (0.75)	137.4 (0.89)	72.5 (0.65)	265.6 (0.75)	392.5 (0.89)

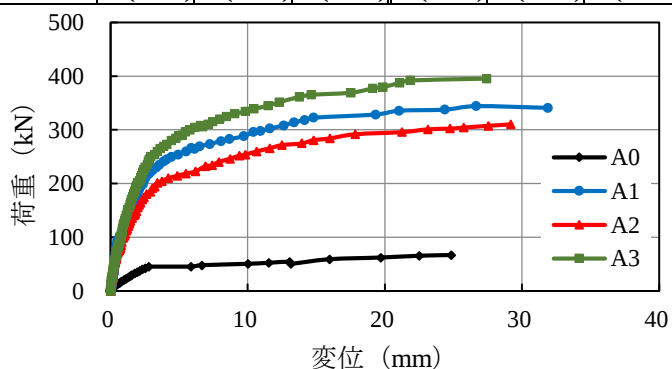


図-2 荷重-スパン中央変位関係

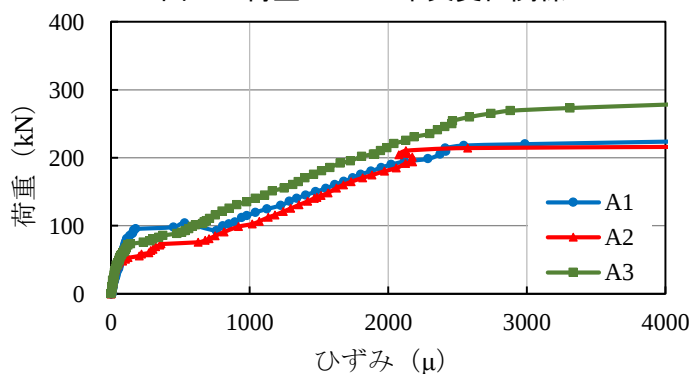


図-3 荷重-打継目部引張側曲げ補強筋ひずみ関係