

## 高強度鉄筋を用いた既設 RC 柱の曲げ補強工法の開発

(株)奥村組 正会員 ○山口 治 正会員 松本 恵美  
 (株)奥村組 正会員 三澤 孝史 正会員 廣中 哲也

### 1. はじめに

1994年に発生した阪神淡路大震災以降、RC造の高架橋や橋梁における柱のせん断耐力向上を目的とした耐震補強が進められ、現在までにせん断補強の耐震化が完了しつつある。一方、構造物における使用環境は時代と共に変化し、大量輸送や車両高速化、設計地震動の変更などにより、柱の曲げ補強を必要とする事例が生じている。補強工法は、軸方向鉄筋を配置したRC巻き立て工法や、端部を基部または頂部に定着させ一体化を図った鋼板巻き立て工法が一般的である。鋼板巻き立てと比較して安価に施工できるRC巻き立て工法であるが、補強後の柱断面が増大し、河川内の橋脚、建築限界近傍の柱での適用が困難であり、補強断面の薄い巻き立て工法が求められている。

そこで、RC巻き立て工法を改良し、補強材を普通鉄筋から高強度鉄筋を使用して小径化を図り、高耐久性の吹付けモルタルで保護することで、補強の厚さが薄層かつ軽量で、経済的なRC柱の曲げ補強工法を開発した。実大橋脚を想定した壁式の橋脚に対して、1/4縮小モデルにおける耐震性能確認試験を実施した結果を報告する。

### 2. 工法概要

既設RC柱の外周に配置する補強鉄筋に高強度鉄筋を用いて吹付けモルタルで鉄筋を被覆することで薄層の補強を実現している(図-1)。高強度鉄筋として、ウルボン(SBPDL1275/1420:降伏強度1,275N/mm<sup>2</sup>)またはUSD685(降伏強度685N/mm<sup>2</sup>)を用いる。高強度の軸方向鉄筋に、端部を球状に加工したウルボンまたはUSD685を用いることにより、定着部は削孔径の縮小と削孔長の低減が図れ、削孔時の既設部材への鉄筋損傷リスクが低減する。せん断補強鉄筋にはらせん状に加工したウルボンを使用し、せん断補強鉄筋の接合部分を機械式継手とすることで、大型の橋脚への対応と施工性の向上を図った。鉄筋保護の吹付けモルタルは、施工後の緻密化による耐久性の向上と合成短繊維の配合などによるひび割れ抵抗性の向上が図れる無機系材料である。現地で吹き付けることで補強厚さの薄層化に加えて、型枠組立・解体の省略による施工の効率化が可能となる。全ての工程において、人力施工を標準としており、狭隘箇所や揚重困難な特殊環境での施工を可能にした。これにより、通常のコングリート巻き立て工法に比べて補強厚さが1/3程度に低減でき、型枠作業の省略で施工効率を向上できる。また、鋼板巻き立てに比べて適用箇所の拡大とコスト低減が図れる(図-2)。

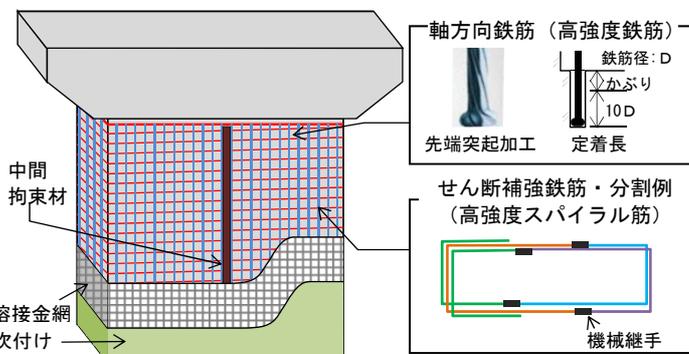


図-1 高強度鉄筋を用いた曲げ補強工法概要

増厚量  $t=60\text{mm}\sim 70\text{mm}$

図-2 補強部断面詳細図

### 3. 力学的性能試験

表-1 定着性能試験結果

#### 3.1 定着性能試験

軸方向鉄筋の定着性能確認のため、補強鉄筋種類(ウルボン, USD685), 先端形状(球形, 突起無し), 定着長(10D, 20D)をパラメータとした引き抜き試験を実施した(表-1)。試験

試験ケース	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
鉄筋種類	ウルボン	ウルボン	ウルボン	USD685	USD685	USD685
先端形状	突起なし	球形突起	球形突起	突起なし	球形突起	球形突起
定着長	20D	20D	10D	20D	20D	10D
引抜応力比 (引抜応力/ 降伏応力)	0.56	1.10	1.05	0.51	1.04	1.06

の結果、鉄筋種類によらず突起が無い場合、鉄筋と定着材の付着力不足により、規格降伏応力相当の荷重に達する前に抜け出したのに対して、突起がある場合には定着長10Dで規格降伏応力相当の荷重を超えても抜け出さなかったため、球状の突起を設けて定着長10Dを確保する仕様とした。

キーワード 耐震補強, 曲げ補強, 高強度鉄筋, 吹付けモルタル, 省力化施工

連絡先 〒108-8381 東京都港区芝5-6-1 株式会社 奥村組東日本支社 TEL 03-5427-2323

### 3.2 正負交番载荷試験

試験体は、実大橋脚を模した壁式橋脚 (□2.0m×6.0m, H=8.0m) の1/4 縮小モデル (□0.5m×1.5m) とした。軸方向鉄筋の種類 (ウルボン, USD685), せん断補強鉄筋の継手 (機械式継手, 継手なし) の組み合わせで3 ケースと補強なし (ケース N) の計4 ケースとした (表-1)。試験方法は、上载荷重相当の鉛直荷重 1.0N/mm<sup>2</sup> を載荷し、正負交番の水平荷重を橋脚基部から高さ 2m に作用させた。载荷方法は、ケース N において荷重制御により載荷し、既設軸方向鉄筋が降伏するまでの水平変位(载荷点)の正負载荷における平均値を 1 δ y とし、以降は変位制御により偶数倍 (1 δ y, 2 δ y, 4 δ y...) に変位を増加させた。各変位レベルにおける繰り返し回数は3 回とし、荷重が最大荷重の 1/2 程度を下回った時点で試験を終了した。

試験結果より、水平荷重-水平変位の関係の例 (ケース B1) を図-3 に示す。試験は、全てのケースにおいて曲げ破壊し、ケース N に比べて約 1.5 倍の最大荷重を示した。各ケースの包絡線の比較を図-4 に示す。図中には Y 点, M 点, N 点<sup>1)</sup>を併記する。補強した全てのケースにおいて、ケース N に対して M 点荷重が 1.5 倍に増加し、N 点の変位が 1.1~1.2 倍に増加した。また、既存の設計式<sup>1)</sup>により算出した計算結果との比較例(ケース B1) を図-5 に示す。いずれも計算結果と試験結果が良い整合を示した。

表-2 正負交番载荷試験ケース

既設部		
ケース	引張鉄筋	せん断補強鉄筋
N	D13(SD345)、25本 引張鉄筋比 0.45%	D6(SD295A)、6本 200mmピッチ せん断補強筋比 0.06%
曲げ補強部		
ケース	引張鉄筋	せん断補強鉄筋
B1	ウルボンU7.1 13本 (SBPDL 1275/1420) 補強筋比 0.07%	ウルボンU7.1 (SBPDL 1275/1420) 2本、75mmピッチ 機械式継手 補強筋比 0.07%
B2	D10(USD685) 13本 補強筋比 0.13%	
B3	ウルボンU7.1 13本 (SBPDL 1275/1420) 補強筋比 0.07%	ウルボンU7.1 (SBPDL 1275/1420) 2本、75mmピッチ 継手なし 補強筋比 0.07%

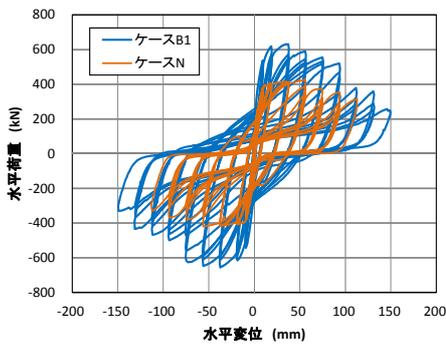


図-3 水平荷重-水平変位関係(B1)

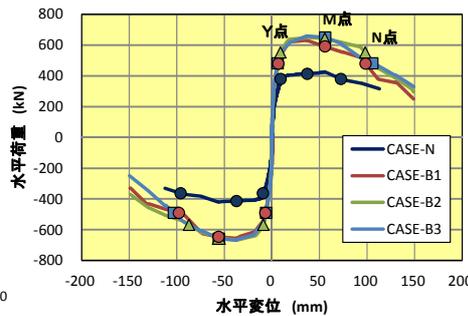


図-4 包絡線の比較

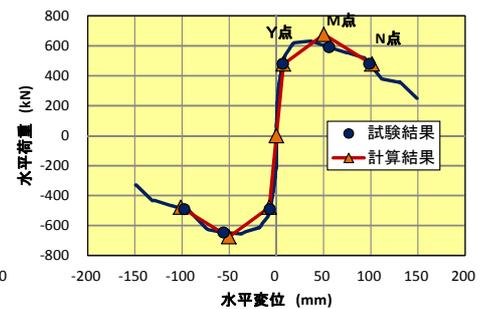


図-5 験結果と計算結果の比較(B1)

### 4. 施工方法

既設柱に対して、表面処理、補強鉄筋の組立、モルタル吹付けの手順で補強する。写真-1(a)に示すように、基部コンクリートを削孔し先端加工した軸方向鉄筋をセメント系定着材料で定着する。その後、中間拘束の PC 鋼棒設置の削孔と定着を実施する。次に、らせん状にせん断補強鉄筋を組み立て、外側に中間拘束材を取り付け(写真-1(b))、現場で練り混ぜたモルタルを2層に分けて吹付け(写真-1(c))、養生を経て完了となる。いずれの工程においても人力での運搬と施工が可能なこと確認した。

### 5. まとめ

各種の実験により、高強度鉄筋を用いた RC 柱の曲げ補強工法における現行設計法による補強効果および施工の確実性を確認した。今後は同工法における設計法・施工・積算の標準化を進め、実案件への適用を図りたい。

【謝辞】本研究は、試験の計画・実施・評価に関して、公益財団法人鉄道総合技術研究所構造物技術研究部コンクリート構造研究室の技術指導をいただきました。この場を借りて御礼を申し上げます。

【参考文献】1) 公益財団法人鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物), 丸善, 2004.4

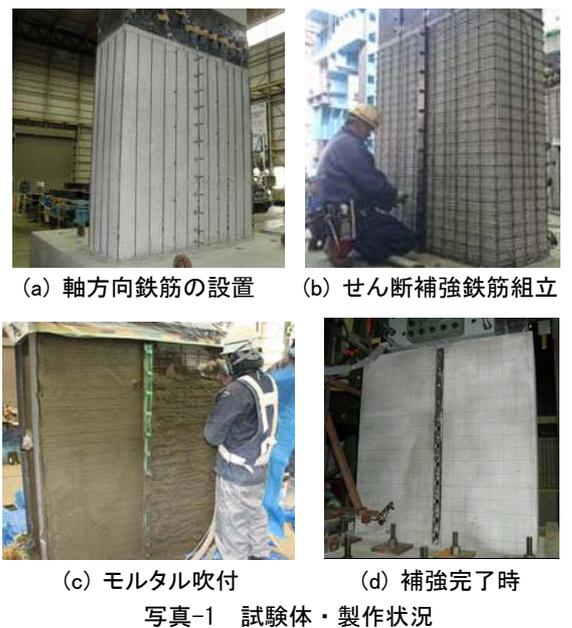


写真-1 試験体・製作状況