

高じん性繊維補強モルタルを用いた実規模橋脚基部の震動破壊形態の改善

(株) 大林組技術研究所 正会員 ○平田 隆祥
 (株) 大林組技術研究所 正会員 石関 嘉一
 (独) 防災科学技術研究所 フェロー 中山 学
 東京工業大学大学院 フェロー 川島 一彦

1. はじめに

(独) 防災科学技術研究所・兵庫耐震工学研究センターにおける橋梁耐震実験研究は、2005 年度から開始され「兵庫県南部地震で被災した橋梁の破壊メカニズムの解明」「現在実施されている耐震補強技術や耐震設計法の有効性の実証」「耐震性向上を図るための次世代型耐震技術の開発」を目標¹⁾としている。

これまでの研究で、1970 年代に建設された橋脚を対象に、JR 鷹取駅で記録された観測波を震動台に作用させた結果、震動に伴う部材の変形により、橋脚の最下部でかぶりコンクリートがはく落するとともに、躯体内部のコンクリートがこぶし大のコンクリート塊に破碎されて鉄筋かごの内部から飛び出し、大きな破壊へと進展することが確認された。また、現行の基準で設計された橋脚を同じように揺らした結果、兵庫県南部地震と同程度の地震に対しては、ひび割れが発生する程度の損傷で済むことが確認された。さらに、耐震性に対する余裕度を検証するため 1.25 倍のゆれの大きさの地震とすると、1970 年代に建設された橋脚と同様の破壊形態となり、橋脚の耐力が低下することが分かった¹⁾。

そこで、現行の設計基準による RC 橋脚の耐震性を更に上回る次世代の高耐震 RC 橋脚を開発することを目的とし、巨大地震が発生した場合に被害が想定される橋脚基部のコンクリートの破壊形態を改善することを目指した。即ち、被害が集中する橋脚基部の粘りを増すため、補強繊維を練り込んだ構造材料の適用を検討した。

実規模橋梁耐震実験に先立ち、橋脚基部に①鋼繊維補強コンクリート、②UFC 巻立て、③高じん性繊維補強モルタルを用いた 1/4 のモデル試験を実施し、その結果、橋脚基部の破壊形態から高じん性繊維補強モルタルが採用され、その後実規模橋梁耐震実験を行った。



図-1 実規模橋梁耐震実験の状況 (E-Defense)

2. 高じん性繊維補強モルタル

巨大地震が生じた場合、橋脚基部のコンクリート躯体に生じる破壊エネルギーが、部分的にどの程度作用し、ひび割れが生じた後に躯体内部でどのように破碎が進展するかを想定することは難しい。

一方、躯体にひび割れが発生した後も応力を負担でき、従来のモルタル・コンクリートの 100 倍以上の変形性能を有する材料²⁾として、高じん性繊維補強モルタルがある。この材料は、多量の有機短繊維を添加することで、引張力を担保できるとともに、ひび割れを分散する性能を有し、適用の拡大が期待されている。

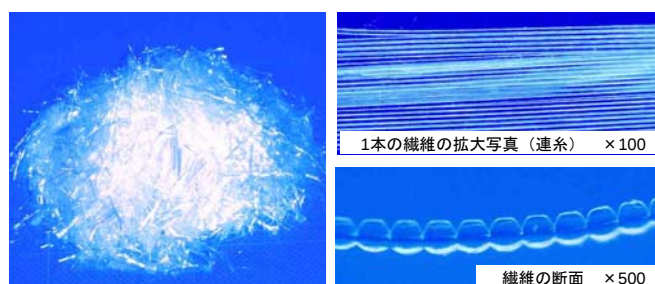


図-2 使用したポリプロピレン短繊維 (φ43 μm, 12mm)

表-1 高じん性繊維補強モルタルの配合

W/P (%)	W (kg/m ³)	P (kg/m ³)	PP 繊維 (kg/m ³)	流動助剤 (kg/m ³)
27.0	371	1,400	27.0	7.0

P ; 粉体密度 2.87g/cm³, PP 繊維 ; 繊維密度 0.91 g/cm³, 3vol. %

キーワード 橋脚, 兵庫県南部地震, 破壊, 有機短繊維, 高じん性, モルタル, E-ディフェンス

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株) 大林組 技術研究所 生産技術研究部 TEL 042-495-1012

表-2 高じん性繊維補強モルタルの硬化物性

部位		材齢 (日)	圧縮 強度 (N/mm ²)	圧縮じん 性係数 (N/mm ²)	静弾性 係数 (kN/mm ²)	割裂引張 強度 (N/mm ²)	一軸 引張降伏 強度 (N/mm ²)	一軸 引張 強度 (N/mm ²)	一軸 引張終局 ひずみ (%)
①	ブー チング	28	38.4	22.2	15.5	5.64	2.00	4.02	2.52
		91	49.2	—	17.8	—	—	—	—
②	橋脚 基部	28	36.1	21.6	14.9	5.24	1.99	3.68	3.54
		91	45.9	—	16.6	—	—	—	—

圧縮強度試験(JIS A 1108), 圧縮じん性試験(JSCE-G551), 静弾性係数試験(JIS A 1149),
割裂引張試験(JIS A 1113), 一軸引張試験(JSCE-HPFRCC 指針) 各試験結果は3本の平均値

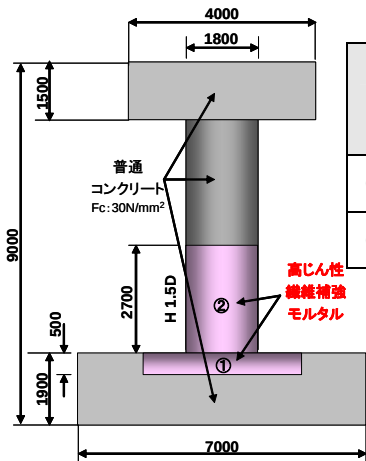


図-3 高じん性繊維補強モルタルの適用部位

そこで本橋梁耐震実験では、図-2 に示すポリプロピレン短繊維を、表-1 に示すように 1m³ 当たり 3vol.% 添加した高じん性繊維補強モルタルを用い、図-3 に示す範囲に打設した。現在、ポリプロピレン短繊維は、トンネルの2次覆工用やコンクリート片のはく落防止用、火災爆裂防止用の躯体材料として多用されている。本検討では、普通コンクリートを使用した場合と、高じん性繊維補強モルタルを使用した場合とで、橋脚基部の震動後の破壊形態を比較した。

3. モルタルの硬化物性および橋脚基部の破壊形態

(1) 室内試験による品質試験結果

高じん性繊維補強モルタルの硬化物性を表-2 に、圧縮じん性試験結果を図-4 に、一軸引張試験結果を図-5 に示す。使用した高じん性繊維補強モルタルは、静弾性係数が普通コンクリートの約1/2で、圧縮側は5,000μ, 引張側は25,000μ程度変形しても応力を担保でき、その後も、緩やかに応力低下することが確認できた。

(2) 実規模橋梁耐震実験における破壊形態の比較

橋脚基部の耐震実験後の破壊形態を図-6 に示す。橋脚基部の破壊形態は、普通コンクリートに比べ、兵庫県南部地震の1.25倍の2回の揺れに対しても、ひび割れが生じるものの、躯体内部のモルタル塊の飛び出しや、かぶり部分のはく落がないことを証明できた。

4. まとめ

次世代型の高耐震 RC 橋脚の開発を目標とし、橋脚基部に高じん性繊維補強モルタルを用いると、巨大地震を想定した震動に対してもはく落が発生せず、橋脚基部の破壊形態を改善できることが明らかとなった。

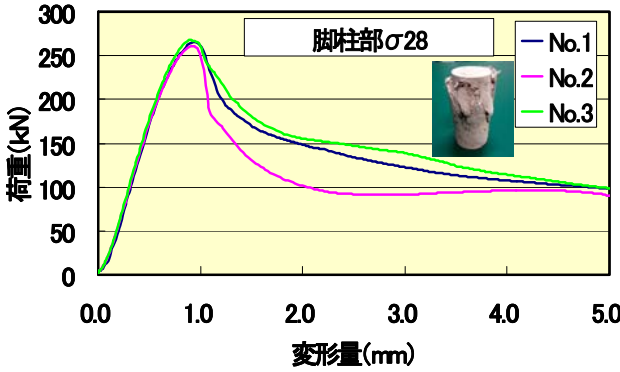


図-4 圧縮じん性試験結果(φ100×200mm)

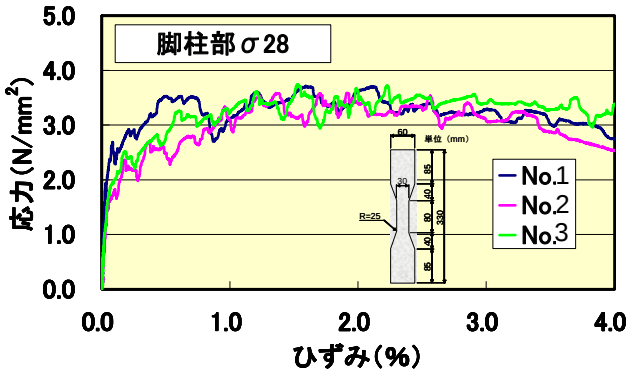


図-5 一軸引張試験結果(JSCE-HPFRCC 指針)



左:普通コンクリート 右:高じん性繊維補強モルタル
図-6 実規模橋脚基部の破壊形態の比較

謝辞 本研究に際してご協力を頂きました太平洋マテリアル(株)、萩原工業(株)の各位に深く感謝します。

参考文献

1) 中山学：橋梁耐震実験研究;特集 E-ディフェンスによる地震防災への挑戦, 防災科研ニュース”冬”, No.170, 2010
2) 土木学会：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針(案), コンクリートライブラリー, No.127, 2007.3