

NSM 工法に用いる超早強モルタルとコンクリートの付着特性

山口大学大学院 学生会員 ○下瀬 恒大

三菱ケミカルインフラテック株式会社 正会員 長谷川 泰聡

山口大学大学院 正会員 吉武 勇

1. はじめに

本研究は高速道路橋などにおける鉄筋コンクリート (RC) 床版張出し部の床版上面の補強工法に関するものである。特に、引抜成形法によって棒状に形成された高弾性タイプの炭素繊維補強材 (CFRP ロッド) をコンクリート表層に設置する Near Surface Mounted (NSM) 工法を主対象に検討を行った。この NSM-CFRP 工法は、補強材として用いる CFRP ロッドが軽量且つ耐腐食性に優れており、これを数時間で硬化する超早強モルタル内に埋設するため、死荷重増加は軽微であり、さらに補強工事に伴う交通規制期間の短縮が可能となる。この NSM-CFRP 工法の十分な補強効果を得るためには、既設 RC 床版と超早強モルタルの一体性が重要である。そこで本研究では、既設コンクリートと超早強モルタルの界面における引張付着実験を行った。さらに NSM-CFRP 補強した RC 床版張出し部をモデル化し、その有限要素解析を通じて求めた界面応力と実験値の比較を行った。

2. 引張付着実験

2.1 実験供試体

付着実験に用いた供試体の模式図を図-1 に示す。さらに試験一覧を表-1 に示す。高さ 200 mm×径 100 mm の円柱型枠を用い、引張用の全ネジ材 (径 16 mm) を埋設して高さ 190 mm のコンクリートを作製した。型枠から取り出したコンクリートを 28 日間水中養生した後、グラインダーでレイトランスを除去して粗面処理を施し、補修用プライマー、エポキシ樹脂を順に塗布して、同全ネジ材を設置して高さ 190 mm の超早強モルタルを敷設した。なお本研究では水セメント比 (W/C) 70%および 40%のコンクリートを準備した。試験に用いたコンクリートおよび超早強モルタルの材齢 28 日における圧縮強度とヤング係数は、表-1 に示すとおりである。コンクリートと超早強モルタル間の引張付着強度を調べ

るため、全ネジ材の先端には六角ナットを取り付け、埋設したネジの抜け出しを防いだ。本研究では、エポキシ樹脂接着剤の有・無、コンクリート表面処理を行う補修用プライマーの有・無、含水・乾燥状態といった各種の影響を調べるため、計 8 パラメータで引張付着実験を行った。ここで、エポキシ樹脂と補修用プライマーを使用した供試体を EP、エポキシ樹脂のみの供試体を E、補修用プライマーのみの供試体を P、比較用供試体を N とする。

2.2 実験結果

破壊状況を表-2 にまとめて示す。W/C=70%のコンクリートでは、N 供試体以外のすべての試験において、付着界面の破壊ではなく、コンクリート母材が先行して引張破壊を示した(写真-1)。一方、W/C=40%では、すべての供試体がコンクリートと超早強モルタルの付着界面で破壊した(写真-2)。引張付着強度の結果を図-2にまとめて示す。

含水・乾燥状態にある W/C=40%の試験ケースでは、

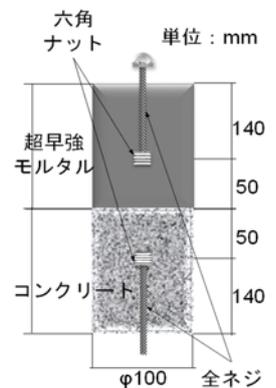


図-1 供試体形状

表-1 試験一覧

記号	W/C (%)	エポキシ ^{a)}	プライマー ^{b)}	コンクリート/モルタル	
				圧縮強度	ヤング係数
				f_c MPa	E_c GPa
EP	70	○	○	15.4/ 52.2	28.9/ 34.3
E		○	×		
P		×	○		
N		×	×		
EP	40	○	○	54.7/ 48.3	44.9/ 29.7
E		○	×		
P		×	○		
N		×	×		

a) エポキシ樹脂 b) 補修用プライマー, ○有: ×無

キーワード NSM 工法, 張出し床版, 付着特性, 有限要素解析

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 TEL 0836-85-9306

表-2 破壊位置

供試体		W/C = 70 %	W/C = 40 %
EP	乾燥	コンクリート	付着界面
E			
P		付着界面	
N			
EP	湿潤	コンクリート	付着界面
E			
P		付着界面	
N			



写真-1 コンクリートの破断 写真-2 界面の破壊

EP 供試体の付着強度は3.5 MPaおよび3.4 MPaとなり、有意な差異はなかった。これはエポキシ樹脂と補修用プライマーが防水性を有することから、コンクリート～超早強モルタル界面において水が介在する影響は小さいことを示している。またE 供試体に比べ、EP 供試体の引張付着強度は0.7 MPa程度高く、補修用プライマーがエポキシ樹脂の付着強度をさらに高める効果を確認した。なおW/C=70%の試験ケースでは、含水状態におけるすべての供試体の引張付着強度が、乾燥状態に比べ低い結果となったが、これは先述のように付着界面の引張破壊ではない。この結果は、湿潤状態にあるコンクリートが水圧の影響によって強度が低下した可能性が考えられる²⁾。

3. 張出し RC 床版モデルの有限要素解析 (FEM)

3.1 解析方法

本解析では160 mm 高×3050 mm 幅×4500 mm 長のRC 床版張出し部をモデル化し、3次元 FEM ソフトウ

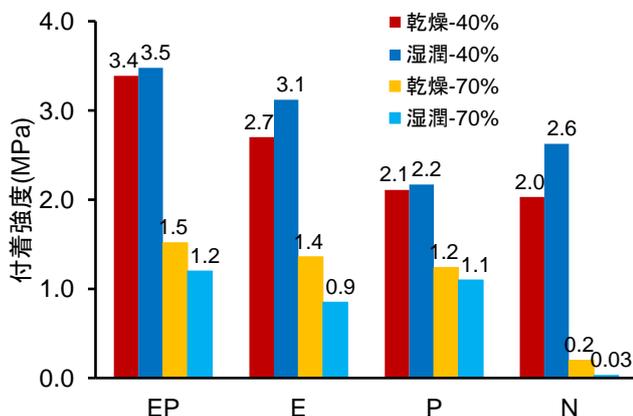


図-2 付着強度結果

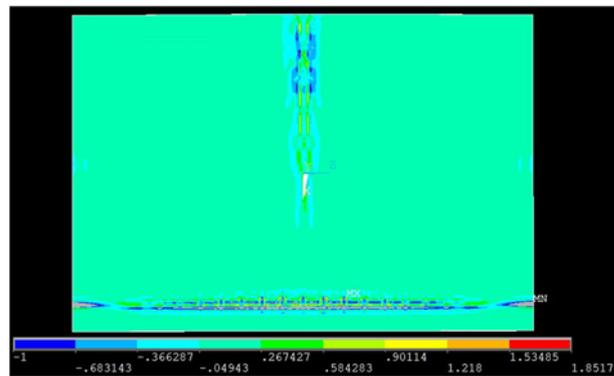


図-3 引張付着応力のコンター図

エア (ANSYS APDL) を用いて超早強モルタルとコンクリート界面に生じる引張付着応力を求めた。ここで用いたコンクリートおよび超早強モルタルの圧縮強度とヤング係数は、それぞれ 34.0 MPa, 24.8 GPa および 50.0 MPa, 29.8 GPa であり、ポアソン比を 0.2 とした。

3.2 解析結果

RC 床版に対して鉛直上向きに作用する界面応力分布を図-3 に示す。NSM-CFRP 工法で補強した RC 床版上の張出し長 1000 mm 位置に 60.0 kN の載荷荷重を作用させると、モルタル下面に作用する最大応力は約 1.9 MPa であった。これはコンクリートと超早強モルタルの界面で破壊した EP 供試体の付着強度の約 56 % の応力レベルであった。この結果は、NSM-CFRP 工法で補強した RC 床版張出し部について、60.0 kN の載荷荷重を作用させた場合においても、コンクリートと超早強モルタルの界面に剥離は生じないことを示唆している。

4. まとめ

- エポキシ樹脂と補修用プライマーが防水性を有するため、コンクリート～超早強モルタル間の付着強度におよぼす水の影響は小さい。
- W/C=70%の低強度コンクリートでは、付着界面の破壊よりもコンクリート母材が先に引張破壊するなど、超早強モルタルの高い接着性が確認された。
- FEM 解析により張出し RC 床版の接着界面に作用する最大応力は約 1.9 MPa と推定されたが、これはコンクリート～超早強モルタル間の付着強度の約 56 % の応力レベルであった。

参考文献

- 1) Yoshitake I., Hasegawa H. and Shimose K. (2020), Monotonic and Cyclic Loading Tests of Reinforced Concrete Beam Strengthened with Bond-Improved Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Rods of Ultra-High Modulus, *Engineering Structures*, Vol.206, 110175.
- 2) 大岸佐吉, 小野博宣, 棚橋 勇 (1983), 数種の建設材料の強度と膨張に及ぼす界面エネルギーの影響, 材料, Vol.32, No.353, pp.67-73.