

エポキシ樹脂による鉄筋定着における付着強度の検討

九州大学大学院 学生会員 ○多田 隈 育生
 パシフィックコンサルタンツ (株) 正会員 小沼 恵太郎
 九州大学大学院 学生会員 石村 昌也

九州大学大学院 フェロー会員 日野 伸一
 (株) アーテック 正会員 彌永 裕之
 九州大学大学院 正会員 畠山 繁忠

1. はじめに 既設コンクリート構造物の曲げ補強工法の一つである補強鉄筋埋設方式 PCM 巻立て補強工法は、既設コンクリート表面に切削溝を設け、補強鉄筋を埋設する工法である。本工法は通常、補強鉄筋の全周を定着するアンカー定着部を設けるが、施工条件により、補強鉄筋を切削溝内への埋設（以下、3 面定着）のみで定着しなければならないケースが存在する。しかし、定着に使用するエポキシ樹脂の異形鉄筋に対する付着強度に関して十分な把握ができていないため全周定着と同等の強度を有する必要定着長が明らかではない。そこでアンカー定着および溝切り定着に関して、それぞれの定着方法における付着応力度の測定および定着方法の異なる際の付着応力度の変動について検討を行うことを目的とした鉄筋引抜き試験を行った。

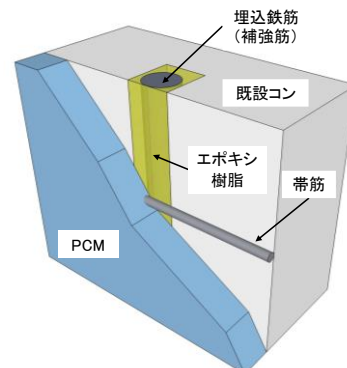


図-1 工法概要図

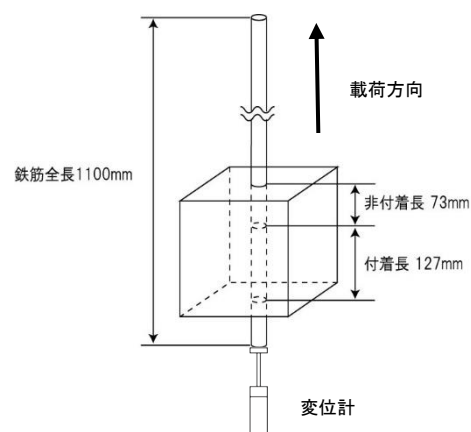


図-2 試験体模式図

2. 試験概要 表-1 に試験体の材料特性値、表-2 に試験体一覧、図-2 に試験体模式図、図-3 にエポキシ充填状況を示す。試験体は JSCE 503-2013¹⁾ に準拠し、一辺 200mm のコンクリートに SD345, D32 の鉄筋をコンクリートまたはエポキシ樹脂により定着させるものとした。また、付着長は 127mm、非付着長を 73mm とした。試験体種類はコンクリート定着、エポキシ全周定着、エポキシ 3 面定着、エポキシ 5/6 定着の 4 ケースとした。5/6 定着は 3 面定着とコンクリート-エポキシ間の接着面積が同等となるようにした。図-2 に示す矢印の方向に油圧ジャッキを用いて、鉄筋に緊張力を作用させ、荷重および鉄筋の変位を測定した。

3. 試験結果 表-3 に試験結果一覧を示す。最大付着応力度については最大荷重時の鉄筋-エポキシ間の付着応力度の値を求めた。付着応力度の算出方法については JSCE 503-2013¹⁾ に準じて以下に示すとおりである。

$$\tau = P/A \times \alpha$$

ここで τ : 付着応力度, P : 引張荷重, A : 付着面積

表-1 材料特性値

	圧縮強度 (N/mm ²)	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
コンクリート	54.2	—	—	28.2
異形鉄筋 (SD345, D32)	—	402	565	200
エポキシ樹脂	66.0	48.6	27.7	2.1

表-2 試験体一覧

試験体	定着方式	備考
コンクリート	コンクリート定着	比較用試験体
全周定着	エポキシ全周	アンカー定着
3 面定着	エポキシ 3 面定着	溝切り定着
5/6 定着	エポキシ 5/6	コンクリート部の接着面積が 3 面定着と同等

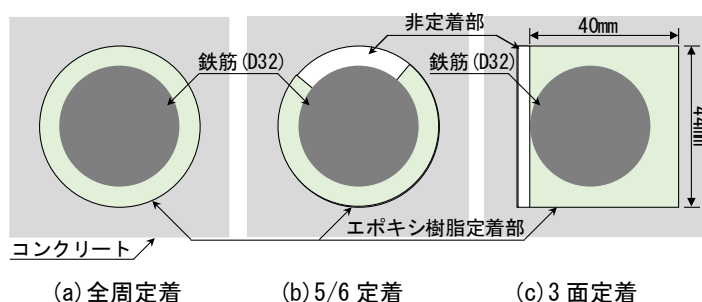


図-3 室内試験定着部詳細

$\alpha = 30 / f'_c$: コンクリートの圧縮強度による補正係数,
 f'_c : 圧縮強度

エポキシ樹脂全周定着を基準試験体として最大荷重を比較すると、コンクリート定着は、エポキシ樹脂全周定着に比べて 1.2 倍大きく、コンクリートと鉄筋の付着応力はエポキシ定着よりも強固であることが確認された。また、エポキシ樹脂同士で比較すると、接着面積を減じた 5/6 定着は全周定着と比べ最大荷重は 0.84 倍であった。しかし、最大付着応力度で比較すると全周定着とほぼ同等であり、円周状に接着した場合、5/6 定着までは最大付着応力に変化は生じないと考えられる。一方 3 面定着では、コンクリートとエポキシ樹脂の定着面積は 5/6 定着とほぼ同等にも関わらず最大荷重は低下しており、全周定着と比較すると最大荷重、最大付着応力度ともに 25%低下している。これは、3 面定着の自由面側の影響により、鉄筋引抜きに対して有効に作用している接着面積は、実際の接着面積よりも小さいと考えられる。すなわち、3 面定着における最大付着応力度は、全周定着の付着応力度の 75%であると考えられる。表-4 に、エポキシ全周定着 20φ、15φ、10φ 相当の強度を予測される 3 面定着での定着長を示す。図-4 に荷重-鉄筋引抜き変位関係を示す。いずれの試験体においても鉄筋が降伏に至る前に終局を迎えた。各試験体の剛性を比較すると、コンクリート定着がもっとも大きい値となった。エポキシ定着では、初期剛性はほとんど同じだったが 80kN 付近で 5/6 定着、3 面定着では引抜きが大きくなることが確認された。表-5 に試験終了時の写真を示す。いずれの試験体も母材コンクリートの割裂破壊により終局を迎えた。

表-3 試験結果一覧

試験体	最大荷重 (kN)	最大付着応力度 (N/mm ²)	全周定着との 最大付着応力度比
コンクリート	223.0	9.70	1.20
全周定着	186.6	8.13	1.00
5/6 定着	156.6	8.17	1.00
3 面定着	140.1	6.00	0.75

表-4 溝切り定着試験体の定着長の算出

D32 鉄筋の場合	20φ	15φ	10φ
アンカー定着 (mm)	640	480	320
溝切り定着 (mm)	850	640	430

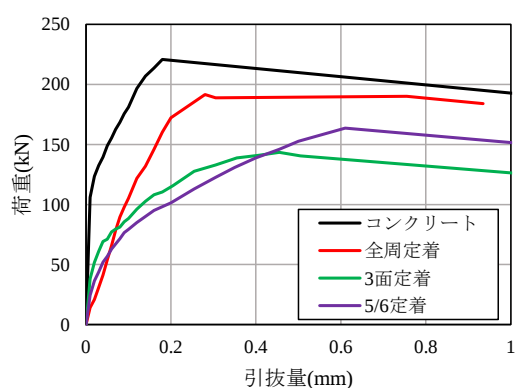


図-4 荷重-鉄筋引抜き変位関係

表-5 試験終了時写真

写真				
試験体名	コンクリート定着	全周定着	3 面定着	5/6 定着

4. まとめ コンクリート定着とエポキシ定着の最大付着応力度を比較すると、コンクリート定着の方が 1.56N/mm² 大きいことが確認された。エポキシ定着において、3 面定着では全周定着に比べ 25%最大付着応力度は低下する。このことより、3 面定着の引抜き抵抗に対して有効に作用する面積は、鉄筋周長の 3/4 の範囲であると考えられる。したがって、実施工において、溝切り定着の定着長は通常アンカー定着の 4/3 倍必要であると推察される。また、引抜き剛性に関して、コンクリート定着が最も大きく、荷重が増大するにつれて 5/6 定着と三面定着の剛性の低下が確認された。

参考文献 1) 土木学会：2013 年制定コンクリート標準示方書（規準編）