

補強鉄筋埋設方式 PCM 巻立て補強工法における鉄筋定着長に関する実験的研究

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
 パシフィックコンサルタンツ (株) 正会員 小沼 恵太郎 (株) アーテック 正会員 彌永 裕之
 九州大学大学院 学生会員 多田 隈 育生 九州大学大学院 正会員 畠山 繁忠

1. はじめに 橋脚・ダムピア等を対象とした補強工法である溝切り埋設方式 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、施工条件により削孔ができず、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、溝切り定着のみで補強を行った事例は存在せず、補強鉄筋の必要定着長も確認できていない。本研究では、補強鉄筋を 3 面定着のみで定着した際の必要定着長の算出を目的に、実規模および室内試験規模の 2 パターンにおける鉄筋の引抜き試験を行った。

2. 試験概要 表-1 に試験体の材料特性値、表-2 に試験体一覧を示す。

試験方法は、実規模試験と室内試験の 2 種行った。図-2 に実規模試験の載荷試験方法模式図を示す。実規模試験に関しては、試験体はエポキシ樹脂を用いて鉄筋をコンクリートに定着したもので、全周定着と 3 面定着の 2 ケース用意した。全周定着試験体は、定着長 640mm (20φ)、比較用としてエポキシ樹脂を用いない定着長 640mm (20φ) の試験体を用意した。また、3 面定着試験体は試験体コンクリート側面に埋設溝を設け、エポキシ樹脂により鉄筋を 3 面定着した。3 面定着試験体のコンクリート破壊面を半円錐形状と仮定し、破壊面積から定着長の算定を行った。コーン状破壊面積を全周定着と同等面積とした場合の定着長である 910mm (20φ 相当)、680mm (15φ 相当) とした。

室内試験は JSCE-G 503-2013¹⁾に準拠して行った。試験体は一辺 200mm の立方体コンクリート試験体を作成し、エポキシ樹脂により鉄筋(D32)をコンクリート内に定着した。また、付着長は 127mm(4D)、非付着長を 73mm とした。試験

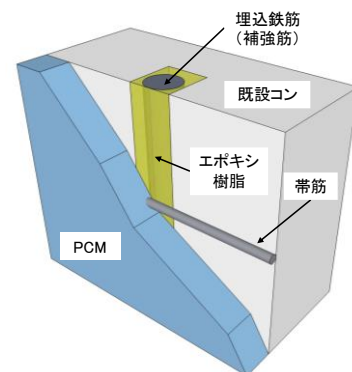


図-1 工法概要図

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 (N/mm ²)
コンクリート (実規模)	39.0	—	—	28.2
コンクリート (学内)	53.6	—	—	30.7
異形鉄筋 SD345 D32	—	402	565	200
エポキシ樹脂 (全周定着)	66.0	48.6	27.7	2.10
エポキシ樹脂 (3 面定着)	67.8	63.5	44.4	2.70

表-2 試験体一覧

試験	試験体	定着長(mm)	定着方式
実規模	1-640con	640	コンクリート定着
	1-640		エポキシ全周定着
	2-910	910	エポキシ 3 面定着
	2-680	910	
室内	コンクリート	127	コンクリート定着
	全周定着		エポキシ全周定着
	3 面定着		エポキシ 3 面定着
	5/6 定着		エポキシ 5/6 定着

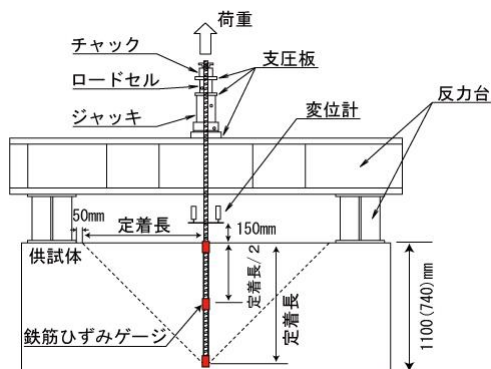
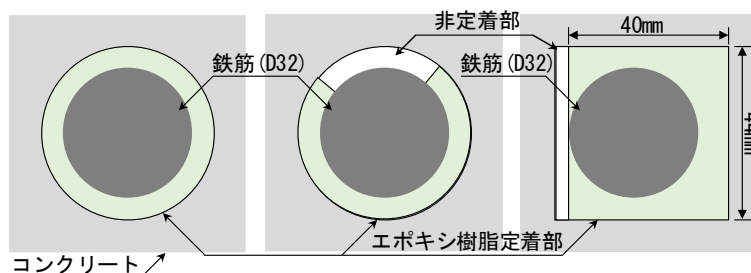


図-2 実規模試験体載荷方法模式図



(a) 全周定着

(b) 5/6 定着

(c) 3 面定着

図-3 室内試験定着部詳細

キーワード 補強工法, 定着長, PCM 巻立て, エポキシ樹脂, 引抜き試験

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 ウエスト 2 号館 1104 号室 TEL:092-802-3392

表－3 試験結果一覧(実規模試験)

試験体	定着方式	定着長(mm)	降伏荷重(kN)	最大荷重(kN)	破壊モード
1-640con	全周定着	640(20φ)	290.0	391.1	軸筋降伏
1-640		640(20φ)	289.8	343.8	
2-910	3面定着	910(20φ相当)	287.1	320.6	
2-680		680(15φ相当)	288.7	317.5	付着破壊

表－4 最大荷重・最大付着応力度一覧

試験	試験体	定着方式	定着長(mm)	最大荷重(kN)	最大付着応力度(N/mm ²)
実規模	1-640con	コンクリート定着	640(20φ)	391.1	6.11
	1-640	エポキシ全周定着	640(20φ)	343.8	5.37
	2-910A	エポキシ3面定着	910(20φ相当)	320.6	4.70
	2-680B		680(15φ相当)	270.2	4.67
室内	コンクリート	コンクリート定着	127(4φ)	220.7	17.4
	全周定着	エポキシ全周定着		191.6	15.1
	3面定着	エポキシ3面定着		143.4	15.1
	5/6定着	エポキシ5/6定着		163.5	15.4

体種類はコンクリート定着、エポキシ全周定着、エポキシ三面定着、エポキシ 5/6 定着の 4 ケースとした。5/6 定着は三面定着とコンクリートーエポキシ間の付着面積が同等になるようにした。

3. 試験結果 表－3 に実規模試験の載荷試験結果を示す。試験は安全性を考慮し、コンクリート天端に円周状のひび割れが繋がったときに除荷を行った。コーン破壊面積の等しい 1-640、2-910 試験体を比較すると、最大荷重値は低下しているものの、どちらも軸筋の降伏で試験は終了した。図－4 に実規模試験の荷重-変位関係を示す。いずれの試験体も 300kN 付近で降伏していることがわかる。1-640con、1-640 試験体を比較するとエポキシ樹脂により定着した試験体の方が剛性は高くなるが、定着長の短い 2-680 試験体は載荷初期の時点から、他の試験体と比べ剛性は小さくなる。

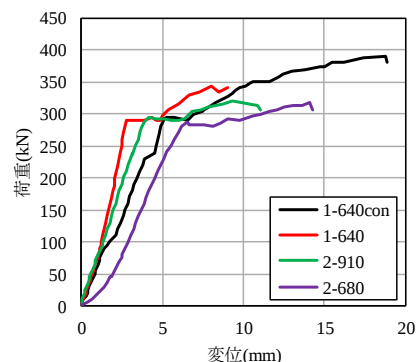
図－5 に室内試験の荷重-変位関係を示す。室内試験において、コンクリート定着試験体の剛性が最も高くなった。エポキシ定着試験体間を比較すると、載荷初期においては、いずれの試験体も剛性は同程度であるが、荷重の増加とともに 3 面定着と 5/6 定着試験体の剛性は減少する。表－4 に最大荷重・最大付着応力度の一覧を示す。最大付着応力度算定時の定着面積に関して、5/6 定着試験体は、全周試験体の定着面積の 5/6、3 面定着試験体は、全周試験体の定着面積の 3/4 として算定を行った。実規模試験体は途中除荷の影響もあり、付着応力は室内試験に比べ小さくなった。また、実規模試験、室内試験ともにコンクリート定着の最大付着応力度が大きくなる。室内試験において、エポキシ定着試験体の最大荷重値は、3 面試験体で全周試験体の 25%程度、5/6 定着で全周定着の 15%程度低下しているが、最大付着応力度は同程度となっており、最大荷重は定着面積に比例するということがわかる。表－5 に、エポキシ全周定着 20φ、15φ 相当の強度を予想される 3 面定着での定着長を示す。コーン状破壊面積から算定した場合と、付着応力度の低下量から算定した場合の値を比較すると、付着応力度で算定したものの方が、定着長はやや短くなる。

4. まとめ 室内試験において、コンクリート定着とエポキシ定着では、付着応力度はコンクリート定着の方が大きいことが確認できた。三面定着では全周定着に比べて、最大荷重値は低下した。その低下割合から、3 面定着において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。剛性に関して、コンクリート定着が最も大きく、エポキシ定着では載荷初期においては定着面積の違いによって剛性に差はなかった。しかし、荷重が上がるにつれて全周定着の剛性は 5/6 定着と三面定着よりも大きいことが確認された。また、実規模試験、室内試験ともに最大荷重の低下が確認された。実設計においても、この付着応力度の低下を考慮する必要があると考えられる。

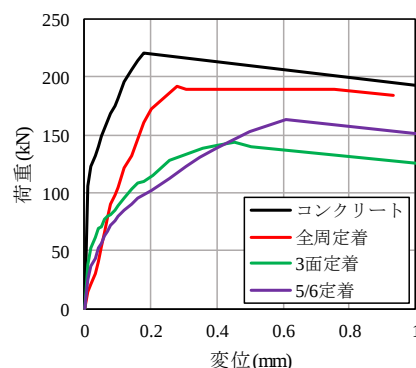
参考文献 1)土木学会：2013 年制定コンクリート標準示方書（規準編）

表－5 定着長の算出

算定方法	20φ相当(mm)	15φ相当(mm)
コーン状破壊面積	910	680
付着応力度	854	640



図－4 荷重-変位関係(実規模試験)



図－5 応力-変位関係(室内試験)