

コンクリートのコア供試体の引張ならびに曲げ試験による ひび割れに充填された樹脂の付着性能の評価

破壊診断工学研究室 西尾亮人

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物に種々の原因により生じたひび割れの補修には、樹脂注入が適用される場合が多い。その現状の中で、コンクリートと樹脂との付着強度はコンクリートの引張強度より大きく、樹脂とコンクリートとの界面や樹脂部でひび割れが生じないという付着性能が求められることが多い。

ひび割れ部に注入された樹脂とコンクリートとの付着性能については、様々な要因の影響を受ける可能性がある。しかしながら、注入後の樹脂とコンクリートとの付着性能に及ぼすこれらの影響について検討するための試験方法は、確立していない。

本研究においては、ひび割れに注入した樹脂とコンクリートとの付着性能を評価するための試験方法を提案することを目的としている。鉄筋を配置した鉄筋コンクリートブロック（RCブロック）ならびに鉄筋を配置していないコンクリートブロック（無筋ブロック）にひび割れを生じさせ、内圧充填接合補強工法（IPH システム）により流動性の高いエポキシ樹脂を注入し、ひび割れ面に直角方向にコア供試体（外径 25mm または 50mm、長さ 250mm）を採取し、コア供試体の引張試験ならびに曲げ試験を行い、樹脂とコンクリートとの付着性能を評価した。

2. 実験概要

2.1 コンクリート配合

ブロックの作製に用いたコンクリートの水セメント比は 55%，粗骨材の最大寸法は 15mm，空気量は 4.8%，スランプは 12.0 cm であった。

コア供試体をダンベル型供試体への加工に用いた複数微細ひび割れ型繊維補強モルタル（以下 HPRCC）は、高強度ポリエチレン繊維（直径 0.012×長さ 12mm）を体積比で 1.25% 含有しており、水セメント比は 42.9%，水粉体比は 30%，とした。

2.2 ブロックの形状寸法とひび割れ導入

各ブロックの試験条件を表-1 に示す。RC ブロックを切り出した鉄筋コンクリート部材と寸法を図-1 に示す。上側の鉄筋の両端部にねじ節鉄筋 D22（長さ 300mm）を溶接し、ねじ節鉄筋を介して油圧ジャッキで引張り、部材にひび割れを導入した。ひび割れは下側の鉄筋の手前まで進展した。ひび割れをほぼ中央に含むように RC ブロック（寸法 120mm×250mm×400mm）を 2 個、コンクリートカッターで切出した。

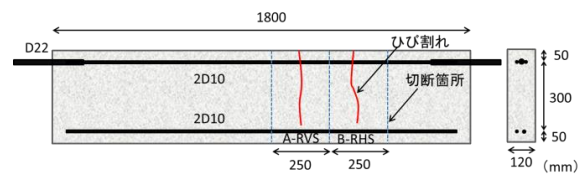


図-1 鉄筋コンクリート部材

表-1 試験条件と主な結果

ブロック名	試験条件				主な結果	
	鉄筋の有無	ひび割れの方向	ひび割れの幅 (mm)	シールの穴の有無	樹脂未充填部の有無	試験で、コア供試体の破壊箇所
A-RVS	有筋	垂直	0~1.8	無	無	コア供試体は、コンクリート部分で破壊（樹脂部や界面部での破壊は無し） 未試験
B-RHS	有筋	水平	0~1.8	無	無	
C-PVS	無筋	垂直	0.3~1.0	無	無	
D-PHS1	無筋	水平	0.1~1.0	無	未充填部有	
E-PHS2	無筋	水平	0.1~1.3	無	無	
F-PHS3	無筋	水平	0.1~1.9	無	無	
G-PHS4	無筋	水平	0.2~2.2	無	無	
H-PHS5	無筋	水平	0.1~1.3	無	未充填部有	
I-PHH	無筋	水平	0.1~2.4	有	無	

無筋ブロックについては、RCブロックと同様の寸法で7個作製した。7体すべてに割裂ひび割れを導入した。

ひび割れ面と交わるブロックの側面には、樹脂注入を行う前面を除く3面に、空気の逃げ道を塞ぐ目的とひび割れ部の固定を目的として、光硬化型FRPシートを貼付した。ブロックC-PVSとD-PHS1は、樹脂注入を行う面の反対側の面を、エポキシ樹脂のパテでシールした。ブロックI-PHHについては、樹脂注入を行う面の反対側の面にドリルで削孔し、空気の逃げ道を確保した。

2.3 ひび割れへの樹脂注入

ひび割れ部への樹脂注入には、前述のように内圧充填接合補強工法（IPHシステム）を用いて、エポキシ樹脂をひび割れ面水平方向または鉛直方向として加圧注入した。

2.4 コアの採取とダンベル型供試体への加工

樹脂が充填されたひび割れ面に直交する方向に、コア供試体（外径25mmまたは50mm、長さ250mm）を採取した。外径25mmのコア供試体は引張試験に、外径50mmのコア供試体は曲げ試験に用いた。外径25mm、長さ250mmのコア供試体については、両端の肩部にHPFRCCを打設し、ダンベル型供試体に加工した。

2.5 引張ならびに曲げ試験

引張装置を用いて、ダンベル型に加工したコア供試体の引張試験を行い、最大荷重をロードセル（容量10kN）によって計測した。

試験中の安定を確保するため、合板（外寸40mm×100mm、厚さ12mm、円弧部分の直径50mm）で作製した4枚の支持板を用いて、コア供試体（外径50mm、長さ250mm）の曲げ試験を行い、最大荷重を計測した。

3. 試験結果

3.1 コア供試体採取による樹脂充填状況の評価

3面をシールされたRCブロック（A-RVS, B-RHS）では、閉塞したひび割れの先端まで樹脂が充填されていてコア供試体に未充填部分は無かった。

ひび割れを水平方向に含み3面をシールされた5個の無筋ブロックのうち、2個（D-PHS1, H-PHS5）で樹脂が未充填のためコア供試体を一体として採取できない箇所があった。

3.2 引張ならびに曲げ試験による樹脂付着性能の評価

RCブロック供試体2個（A-RVS, B-RHS）と

無筋ブロック供試体2個（C-PVS, D-PHS1）から採取した外径25mmのコア供試体15個を加工したダンベル型供試体を用いて引張試験を、外径50mmのコア供試体12個を用いて曲げ試験を行なった。平均引張強度は、 $1.59\text{N}/\text{mm}^2$ 、平均曲げ強度は、 $5.81\text{N}/\text{mm}^2$ であった。引張試験を行なった25mmのコア供試体の破壊状況の一例を写真-1に示す。また、曲げ試験を行なった50mmのコア供試体の破壊状況の一例を写真-2に示す。

引張および曲げ試験の結果は、樹脂充填部分あるいは樹脂とコンクリートの界面で破壊したものではなく、すべてコンクリート部分で破壊した。

以上の結果から、本研究の条件の範囲では、樹脂が充填されていれば、樹脂充填部の付着強度は、コンクリート部の引張強度よりも大きいことが確認された。

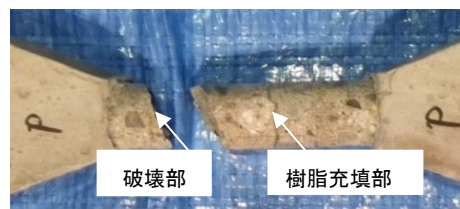


写真-1 25mm コア引張供試体の破壊状況

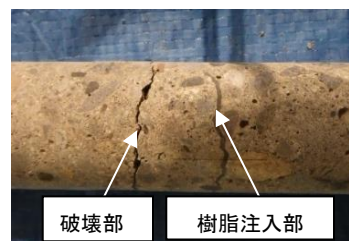


写真-2 50mm コア曲げ供試体の破壊状況

4. まとめ

コンクリート構造物のひび割れ部に充填した樹脂とコンクリートとの付着性能を評価するための試験方法として、樹脂充填部を含むコア供試体（外径25mmまたは50mm、長さ250mm）を用いて引張ならびに曲げ試験を行う方法を提案した。得られた主な結果は次のとおりである。

- (1) コア供試体の曲げ試験においても、またコア供試体をダンベル型供試体に加工して行った引張試験においても、樹脂充填部分あるいは樹脂とコンクリートの界面で破壊したものは無く、すべてコンクリート部で破壊した。
- (2) 本研究の範囲では、内圧充填接合補強工法（IPH工法）によって、微細なひび割れに樹脂がよく充填され、樹脂が充填されていれば、樹脂充填部の付着性能も確保されていた。