熱可塑性 FRP を埋設したコンクリート梁の曲げ性状

| 金沢工業大学 | 正会員 | ○保倉 | 篤 |
|--------|-----|-----|----|
| 金沢工業大学 | 正会員 | 宮里 | 心一 |
| 金沢工業大学 | 非会員 | 後藤 | 匠 |

1. はじめに

塩害劣化により鉄筋コンクリート構造物の性能は早 期に失われる.そこで,高耐食性の特長を有する FRP 筋が,コンクリート中に埋設される鉄筋の代替品とし て適用されている^{例えば1)}.しかしながら,従来の熱硬化 性 FRP (以下, FRTS と称す)では高いコストが弊害と なり,普及には至っていない.そこで,前述の FRTS と 比較して,製造工程の少ない熱可塑性 FRP(以下, FRTP と称す)の大量製造に著者らも取り組んでおり,それが 開発されれば,コストの低減が期待される.しかしな がら,コンクリートと FRTP との複合体に着目した研究 事例は少なく,社会実装へ向けた検討は必要とされて いる.そのため,FRTP ロッドをコンクリート用補強筋 として活用し,高耐久な建設部材による安全な社会を 構築するためには,先ずは基礎研究が重要になる.

以上の背景を踏まえ本研究では、炭素およびガラス を繊維として用いた FRTP と FRTS,および鉄筋を用い たコンクリート梁供試体を作製し、曲げ載荷試験する とともに、FEM 解析を行い比較した.

2. 実験手順

コンクリートの配合を表1に示す.セメントは早強ポ ルトランドセメントを使用した.コンクリートの打込 みから24時間後に脱型し,材齢14日目まで20℃の湿潤 気中(RH90%)で暴露した.ここで,供試体および載荷試 験の概要を図1に示す.補強筋はCFRTP,GFRTP,CFRTS, GFRTSおよび鉄筋の5種類を用い,コンクリート中に1 本のみを埋設した.また,曲げ載荷試験時は,変位計 を供試体中央部に設置した.なお,載荷点と支点の間 に,炭素鋼によるスターラップを設け,せん断破壊を 防ぎ、曲げ破壊が先行するようにした.

3. 解析手順

表2に解析に用いた補強筋の入力値を示す.FRPの引 張強度および静弾性係数は,引張試験を行い,実験値 から算出した.また,コンクリートの圧縮強度は,実 験値から70.8N/mm²になることを確認した.ここで,理 論値として設定した項目において,コンクリートの静 弾性係数および引張強度は,コンクリート標準示方書²⁾ を参考にした.

次に,既往の研究³⁾を参考にし,解析を行った.すな わち,コンクリートのピークひずみおよびFRPを埋設し



図1 曲げ載荷試験の概要

表2 解析に用いた補強筋の入力値

| 補強筋 | 径 | 引張強度 | 弾性係数 | | | |
|-------|------|------------|-------------|--|--|--|
| 種類※ | (mm) | (N/mm^2) | (kN/mm^2) | | | |
| CFRTP | 9.0 | 1357.6 | 103.6 | | | |
| GFRTP | 4.4 | 437.5 | 18.8 | | | |
| CFRTS | 8.0 | 1974.3 | 150.6 | | | |
| GFRTS | 9.0 | 1126.7 | 66.1 | | | |
| 鉄筋 | 10.0 | 440.0 | 2000.0 | | | |
| | | | | | | |

※FRP は実験値,鉄筋はカタログ値

表1 コンクリートの配合

| W/C | s/a | 単位量(kg/m ³) | | | 単位量(g/m ³) | | スランプ | 空気量 | |
|------|------|-------------------------|-----|-----|------------------------|------------|------|------|-----|
| (%) | (%) | W | С | S | G | 高性能 AE 減水剤 | AE 剤 | (cm) | (%) |
| 33.0 | 40.0 | 175 | 530 | 636 | 961 | 2650 | 26.5 | 18.0 | 4.0 |

キーワード 熱可塑性 FRP, 熱硬化性 FRP, 鉄筋, 曲げ性状, FEM 解析 連絡先 〒924-0838 石川県白山市八束穂 2-2 革新複合材料研究開発センター TEL076-274-7798

© Japan Society of Civil Engineers

たコンクリートの破壊エネルギーは,1733µおよび 58.7N/mm²に設定した.

解析には静的非線形FEM解析プログラムを用い,中 央における変位量が0.1mm増加したとき毎に,荷重値を 解析した. 図2に供試体の解析モデルを示す.解析領域 は対称性を考慮し,フルスケールに対して1/2モデルに, 要素寸法は1辺10mmとした.

なお,支点および載荷点には,コンクリートの破壊に よる不安定な挙動を抑制すべく,鋼板要素を設けた.

4. 実験結果と解析結果

V-407

図3に実験および解析における荷重-支間中央変位の 関係を示す.これによれば,鉄筋と比較して,CFRTP, CFRTSおよびGFRTSの方が最大荷重は大きいことを確 認した.さらに,FRPのみに着目すると,CFRTPはCFRTS と同等で,GFRTSより最大荷重は大きくなることを確 認した.一方で,GFRTPは試作段階で径が細いため, 最大荷重は小さくなることを確認した.また,補強筋 の種類に拘らず,実験と解析の曲げ性状は同等になる ことを確認できた.

表3に実験結果および解析結果の最大荷重時におけ るひび割れ発生状況を示す.ここで,解析結果におい ては,幅が0.2mm以上のひび割れのみを表した.これに よれば,実験と解析の曲げひび割れの分布はほぼ同様 になることを確認できた.したがって,本研究による FEM解析³は,FRTPを用いたコンクリート梁供試体にも 適用できると判断した.

5. 結論

CFRTP を埋設したコンクリート梁供試体の曲げに対 する最大荷重は、CFRTS と同等で、GFRTS よりも向上 した.また、GFRTP を含めて、実験と解析による荷重 一変位曲線は同等になることを確認できた.したがっ て、鉄筋コンクリートと同様に設計できると考える.

謝辞

本研究は、文部科学省・科学技術振興機構による COI プログラム「革新材料による次世代インフラシステム の構築~安全・安心で地球と共存できる数世紀社会の 実現~」により進められたものである.

参考文献

 深田宰史,花岡大伸,小林和弘,幸田英司:塩害 環境に長期暴露された CFCC 緊張材を有する PC 桁 の耐荷力・耐久性,コンクリート工学年次論文報 告集, Vol.40, No.2, pp.1411-1416, 2018



図2 解析モデル





表3 最大荷重時におけるひび割れ発生状況

- 2) 土木学会:2017年制定コンクリート標準示方書[設計 編], p.39, p.43, 2017
- 伊藤始,岩波光保,横田弘,岸添拓,石川靖晃, 久保全弘:短繊維補強コンクリートの圧縮破壊性 状に関する実験的研究,土木学会論文集 E, Vol.62, No.2, pp.341-355, 2006