

鉄筋によるポーラスコンクリートの曲げ性能向上に関する一考察

愛知工業大学 正会員 ○山本 貴正 豊田工業高等専門学校 正会員 大畑 卓也
愛知工業大学 会員外 小島 圭人 野尻 加津也 重村 哲郎

1. はじめに

1.1 本研究の背景・目的

幅広い分野で使用されている安価なかつ錆びないポリプロピレン製のコルゲートチューブ (CT) の芯に鉄筋を配置し、隙間にグラウト材を充填した補強筋 (鉄筋内蔵 CT) の付着性能の基礎的資料を得ることを目的として、内径が使用する鉄筋 D10 の外径に近い公称内径 10.7mm (外径は 14.1mm) の CT を用いた鉄筋内蔵 CT によるポーラスコンクリート (以下、POC) との付着性能について、単純梁曲げ試験を通じて検討している。なお、統計的検討において、有意水準を 5% としている。

1.2 関連研究

筆者らは、本報と同一寸法の鉄筋内蔵 CT で補強したモルタルの単純梁曲げ試験を実施し、例として図-1 に示す曲げ耐力-中央たわみを得た¹⁾。同図に示すように、曲げ耐力-中央たわみ関係は、最大耐力到達まで、荷重が劣化した後に再び上昇する現象が生じている。この 1 回目の極大値 (第 1 ピーク) は、無被覆の鉄筋補強モルタルとともに、無筋モルタルの最大耐力とほぼ一致する。

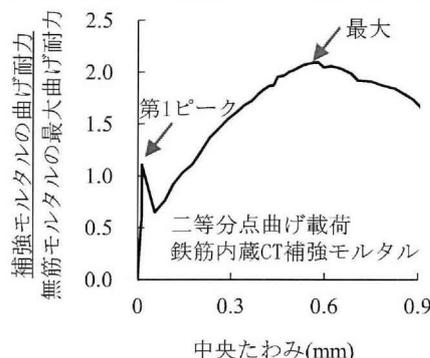


図-1 曲げ耐力-中央たわみ関係の例

2. 実験概要

POC の液相である結合材に使用したセメントは普通ポルトランド (密度: 3.15g/cm³), 固相である粗骨材は瀬戸産の 6 号砕石 (表乾密度: 2.70g/cm³, 吸水率: 0.52%, 実積率: 57.8%) を用いた。鉄筋は、D10 (降伏応力度: 361N/mm²), CT はポリプロピレン製 (蛇腹形状, スリット無) の公称径 14.1mm (公称内径: 10.7mm, 公称ピッチ: 27mm) である。結合材の水セメント比は 35%, POC の設計空隙率は 20% である。100mm×100mm×400mm の長方形型枠に混練した POC を 2 層 50 回突きで詰め込み、最後に各型枠の上面に揃うようにならした。その後、時間 10 秒でパイプレーティングタンパによる振動締固めを施した。空隙率試験は JCI-SP02-1 の容積法、圧縮強度試験は JIS A 1108 に準拠した。単純梁曲げ試験では、二等分点による一点集中荷重形式とした。

3. 実験結果・考察

3.1 空隙率試験結果

図-2 に、各種 POC の全空隙率の標本変動係数と標本平均の関係を示す。実線は、次式に示す標本変動係数の上限値 [V(vol. %)] を表している²⁾。なお、式(1)は、著しい結合材の垂れが生じていない POC が対象となる。

$$V = -0.34P + 14.5 \tag{1}$$

同図に示すように、各種 POC の全空隙率とともに、標本変動係数は式(1)の上限値以下である。なお、各種長方形 POC の全空隙率の平均値は、分散分析における F 検定を行うと差がある。これは、鉄筋内蔵 CT または鉄筋周辺の空隙が起因していると考えられる。

3.2 曲げ試験結果

各種長方形 POC の曲げひび割れ発生耐力を表-1 に示す。曲げひび割れ発生耐力は、無筋 POC と鉄筋内蔵 CT 補強 POC は最大耐力であり、鉄筋

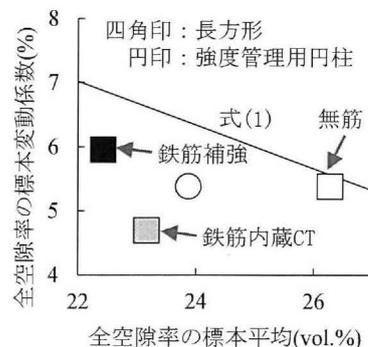


図-2 全空隙率の標本変動係数
表-1 曲げひび割れ発生耐力

補強	標本平均 (kN)	標本変動係数 (%)
無補強	2.30	6.19
鉄筋内蔵CT	2.55	11.72
通常鉄筋補強	2.54	7.11

補強 POC は、前述 1.2 の補強モルタルと同様に生じた第 1 ピークとした。鉄筋内蔵 CT 補強 POC は、破壊状況より、曲げひび割れ発生耐力を最大耐力とした。また、表-2 に、鉄筋補強の次式で求めた終局曲げモーメント (M_u) 時の耐力(終局耐力)に対する最大耐力を示す。

$$M_u = A_s \cdot \sigma_y (h - x) / 2, \quad x = A_s \cdot \sigma_B \cdot b / 2 \quad (2)$$

ここに、 A_s : 鉄筋の公称断面積、 σ_y : 鉄筋の降伏応力度、 h : 試験体高さ、 b : 試験体幅、 σ_B : 強度管理用円柱 POC の圧縮強度の標本平均(16.7N/mm²)

式(2)は、平面保持の仮定と、POC の応力は引張を無視また圧縮を等価矩形応力ブロックとしている。また鉄筋補強 POC と強度管理用円柱 POC の全空隙率の平均値は、 t 検定において差があると言えないため、ここでは、POC の圧縮強度を強度管理用円柱 POC の圧縮強度の標本平均としている。

(a) ひび割れ発生耐力

各種長方形 POC のひび割れ発生個所の空隙率は、全空隙率と異なると考えられるため、ここでは、各種長方形 POC のひび割れ発生個所の空隙率に差はないと仮定する。そこで、前掲表-1 に示す各種長方形 POC のひび割れ発生耐力の平均値を、分散分析における F 検定をすると差があるとは言えない。これらのことから、鉄筋内蔵 CT かつ鉄筋補強 POC の第 1 ピークは、POC の曲げひび割れ発生時であると考えられる。以上より、第 1 ピーク後または最大耐力到達後の耐力劣化は、前述 1.2 のモルタルと同様に、POC の曲げひび割れ発生で、曲げ引張力の鉄筋の負担が生じ、中立軸が小さくなることが起因していると考えられる。

(b) 最大耐力

前掲表-2 に示すように、付着引抜破壊が生じた鉄筋補強 POC は、最大耐力が終局耐力より低い。なお、付着割裂破壊が生じた鉄筋補強 POC は、曲げ破壊が生じる前に、POC の付着応力度が付着割裂強度に到達したと考えられる。

(c) 耐力-変位関係

図-3 に、鉄筋内蔵 CT および鉄筋補強 POC それぞれの最大耐力到達後の耐力-変位関係を併せて示す。縦軸は、最大耐力で減じてあり、横軸は、最大耐力到達時の変位で減じている。変位はクロスヘッドストローク値である。同図より、鉄筋内蔵 CT 補強は、付着引抜破壊の鉄筋補強と同様に曲げ靱性向上の効果があると推測できる。また、耐力劣化後に耐力を維持する現象が生じていることが認められる。これは、鉄筋内蔵 CT が付着引抜破壊していることが起因していると考えられる。なお、付着割裂破壊の鉄筋補強 POC は、付着引抜破壊と比較し靱性が著しく低下している。

表-2 曲げ試験・鉄筋補強POC

最大耐力 (kN)	全空隙率 (%)	最大耐力 終局耐力	最終 破壊状況
11.5	24.2	0.745	付着引抜
10.9	22.0	0.746	
14.8	23.3	0.998	付着割裂

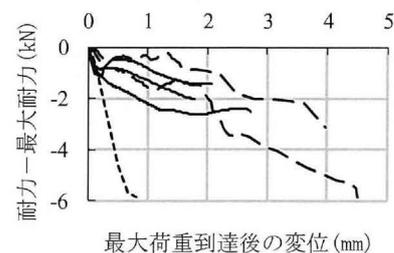


図-3 最大耐力到達後の耐力-変位関係
破線: 付着引抜破壊の通常鉄筋
点線: 付着割裂破壊の通常鉄筋
実線: 付着引抜破壊の鉄筋内蔵CT

図-3 最大耐力到達後の耐力-変位関係

4. おわりに

POC への鉄筋内蔵 CT 補強は、曲げ靱性向上の効果はあるが、最大耐力上昇の効果はない結果が得られた。これは固相の粗骨材の寸法と比較して、CT 径が相対的に大きいため、CT 周辺に POC が十分に付着していないことが起因していると考えられる。今後は、D6 鉄筋などを CT に内蔵するなどして、鉄筋内蔵 CT による POC への補強効果を実験的に検討する。

謝辞 本稿の研究成果は、2017 年度公益財団法人内藤科学技術振興財団研究助成および平成 31 年度愛知工業大学研究特別助成の支援による。

参考文献 1) 小島圭人, 他 3 名: 鉄筋を内蔵したコルゲートチューブとモルタルとの付着性能に関する基礎研究(その 2), 日本建築学会東海支部研究報告集, Vol. 57, pp. 69-73, 2020.2 2) 畑中重光(編著): 透水性コンクリート(POC)の基礎と実践, コンクリート新聞社, 初版, 2019.8