

種々のコンクリートおよび鋼管を用いたコンクリート充填鋼管の耐荷性能に関する研究

愛媛大学大学院 学生会員 ○三好勇太 愛媛大学大学院 非会員 紀川敦彦
 愛媛大学大学院 正会員 氏家勲 愛媛大学大学院 正会員 岡崎慎一郎

1. はじめに

現在、我が国における落石防護対策において、従来型落石防護柵の耐荷性能向上および補修費等の低減が必要となっている。この様な背景により着想されたのが、落石防護柵の支柱にコンクリート充填鋼管構造（以降、CFT 構造と略記する）を適用することである⁽¹⁾。CFT 構造は鋼管とコンクリートの相互拘束効果による座屈抑止効果および変形性能の増大効果が期待でき、この適用を目指す過程として、落石防護柵の様な状況下での基礎的な研究が必要である。また補修費等を低減した開発を考えると、CFT 構造の耐荷性能に、より効果的な要素を抽出することも求められる。本研究では、CFT 構造を鋼材の種類、鋼管厚さ、コンクリート強度により細かく種類分けし、CFT 構造の耐荷性能のメカニズムを評価していくことを目標とする。

2. 実験概要と結果

本研究では、片持ち梁形式曲げ試験によって取得した物性値から、鋼材の機械的特性の変化に伴う CFT 構造の耐荷性能の比較、および鋼材厚さの変化に伴う CFT 構造の耐荷性能の比較、内部コンクリート強度変化に伴う CFT 構造の耐荷性能の比較を行う。はじめに内部コンクリートの強度が与える CFT 構造の靱性量の比較を行う。図-1 に片持ち梁形式曲げ試験により取得した種々の鋼材・鋼管厚さ・コンクリートの靱性量を示す。図-1 の各供試体の水セメント比に着目すると、W/C40%と W/C65%の配合条件の靱性量の相違はごく僅かであることが分かる。図-2 に、鋼管と W/C40%・W/C65%の CFT 構造供試体を比較した靱性量の増加割合を示す。鋼材の種類、鋼管厚さに関係なく、コンクリートの強度変化が与える靱性量への増加効果は、鋼管と比べて約 1.7 倍は期待できる結果となった。次に鋼材厚さが与える CFT 構造の靱性量に及ぼす影響について検討する。図-3 に NFG 鋼と STK400 鋼の鋼材厚さを増加した際の靱性量の増加割合を示す。どちらの鋼管に厚さ変化を与えた場合でも、鋼管と CFT 構造関係なく、断面積が大きくなると同程度の靱性量増加があると判断できる。ここで、前に示した内部コンクリート強度が与える靱性量の増加割合と比べると、鋼材厚さが与える靱性量への影響は、鋼管と CFT 構造の靱性に鋭敏に影響を及ぼす要素と考えられる。次に、鋼材の引張強度が与える CFT 構造の靱性量を比較するため、鋼管厚さ 2.3mm の NFG 鋼と STK400 鋼の実験結果を比較する。なお、NFG 鋼の引張強度は STK400 鋼の引張強度の約 1.7~2.0 倍を有している材料であり、STK400 鋼と比較した NFG 鋼の靱性量の増加割合の結果を図-4 に示す。鋼管と CFT 構造で相違なく、同程度の靱性量の増加が確認できる。つまり、鋼材の引張強度を約 1.7~2.0 倍程度増加した場合、CFT 構造に関係なく靱性量を約 1.5 倍程度増加する結果となった。なお、鋼材の断面積を約 1.5 倍に増加した場合、靱性量が約 2.7 倍に増加したことを考慮すると、鋼材強さを増加するよりは、鋼管厚さを上げる方が、靱性量を大幅に確保できるといえる。最後に、鋼管の材質、鋼管厚さ、コンクリート強度の

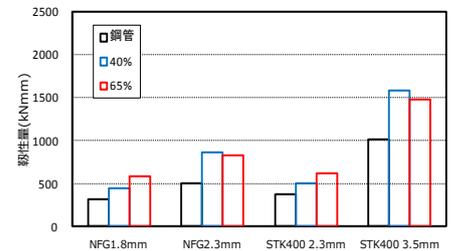


図-1 種々の鋼材・鋼管厚さ・コンクリートの靱性量

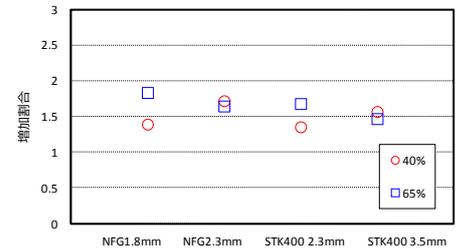


図-2 CFT 構造適用による鋼管に対する靱性率の増加割合

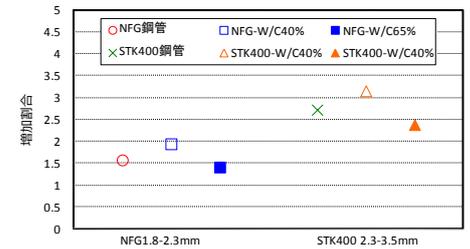


図-3 厚さ変化に伴う各鋼材の靱性量の増加割合



図-4 STK400 に対する NFG 鋼の靱性量の増加割合

各要素を変化させた場合での、鋼管柱に対する CFT 構造の最大荷重への影響を比較する。図-5 に各供試体の最大荷重を示す。まず鋼管単身から比較すると、鋼管厚さが増加するごとに最大荷重も増加傾向を示すことが確認できた。次に各 CFT 構造の最大荷重に着目する。NFG 鋼と STK400 鋼ともに、鋼材厚さ 2.3mm 以下の CFT 構造供試体に着目すると、その最大荷重が最も靱性を有する STK400 の 3.5mm 厚の鋼管に近付いていることがわかる。しかし、STK400 の 3.5mm 厚の鋼管と CFT 構造を比較すると最大荷重の増加が他の供試体に比べ、微小である。つまり、厚さ 2.3mm 以下の鋼材は塑性座屈を起こしやすく、それらに CFT 構造を適用した場合、内部コンクリートが圧縮部で鋼材の代わりに耐荷性能を多に発揮し、最大荷重が増加する。その一方で厚さ 3.5mm の鋼材は座屈しづらく、CFT 構造を適用した場合、鋼材が上部の圧縮力を大幅に受け持ち CFT 構造の最大荷重の増加能を発揮しづらいついえる。

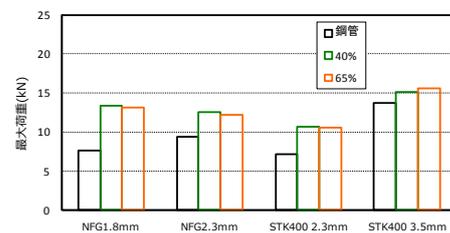


図-5 各供試体の最大荷重

3. 一般化累加強度式を用いた終局耐力計算

本章では、CFT 構造供試体の終局耐力の実験値と、論理計算によって算出した計算値とを比較し、実現象と理論計算との相違について評価する。そこで、本実験の終局曲げモーメントを CFT 構造の終局曲げ耐力の算定にも汎用される一般化累加強度式⁽²⁾⁽³⁾により算出する。図-6 に NFG 鋼の片持ち梁形式曲げ試験の各供試体の最大曲げモーメントと、一般化累加強度式により算出した計算値の比較を示す。NFG 鋼の厚さ 1.8mm, 2.3mm の鋼管の計算結果は、実験値の終局耐力を程度よく算定できているといえるが、鋼管および CFT 構造の双方で計算結果が実験値を総じて過小評価した。CFT 構造供試体の実験値は、鋼材厚さが小さくなるにつれ、鋼管に対する内部コンクリートの最大荷重の増加効果が大きくなり、乖離が生じたと考えられる。

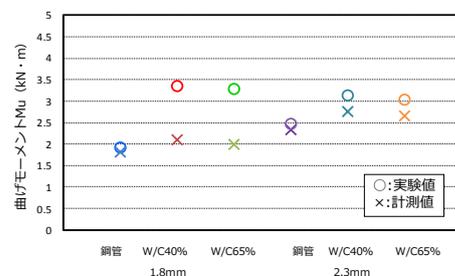


図-6 NFG の最大曲げモーメントの実験値と計算値

4. まとめ

片持ち梁形式曲げ試験結果より種々の変化が CFT 構造の靱性量に及ぼす影響を評価する。まずコンクリート強度については、その増減に関係なく、鋼管の靱性量と比較して、約 1.7~2.1 倍程度の靱性量の増加が期待できる。次に鋼材厚さと引張強度については両者とも靱性量の増加が期待でき、鋼材厚さを上げる方が靱性量を大幅に確保できる。管柱の最大荷重に CFT 構造が及ぼす影響を評価すると、座屈を起こしやすい鋼材では、一定の最大荷重の増加が期待でき、座屈を起こしにくい鋼材では、CFT 構造の最大荷重の増加能は発揮しにくい。一般化累加強度式で算定した計算値と実験値を比べた結果、CFT 構造の膨張拘束効果により、計算値が実験値を過小評価する。また鋼材厚さが小さくなるにつれ、膨張拘束効果の影響が大きくなり、実験値と計算値との相違が大きくなる結果となった。

5. 参考文献

- (1) 石谷留美子, 藤井智弘, 西田陽一, 吉田博ほか, 大森清武, 前川幸次: コンクリート充填鋼管梁の静的および動的挙動について, 第 5 回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集, 土木学会, 2000 年, p285-290.
- (2) 日本建築学会: コンクリート充填鋼管構造設計施工指針, 2008 年.
- (3) (社) 新都市ハウジング協会: コンクリート充填鋼管構造技術指針及び同解説, 2002 年.