

第 I 部門

軸方向鉄筋取替により塩害環境下で持続可能な RC 柱構造の開発

京都大学工学部 学生員 ○上田 知弥

京都大学大学院工学研究科 正会員 植村 佳大

京都大学大学院工学研究科 正会員 高橋 良和

1. 背景および目的

2015 年に国際連合で採択された「持続可能な開発目標」にはインフラの維持管理に関する項目が複数あり、土木分野もそれを通じて持続可能な開発に貢献する必要がある。現在、構造物の維持管理で問題となる現象の一つに塩害があり、塩害による RC の鉄筋腐食が重度な場合は、軸方向鉄筋の取替を伴う断面修復が行われる。しかし、柱構造においては軸方向鉄筋取替を伴う断面修復は容易には行うことができない。そこで本研究では、構造物の維持管理の際に容易に軸方向鉄筋の取替ができる柱構造の開発を行う。

2. 提案構造

本研究では、前田ら¹⁾が提案した、軸力支持下で部材の取替が可能な柱構造であるメタボリズム構造に着目する。腐食因子は RC 外部から浸透することを踏まえ、提案構造では、断面外側を鉄筋腐食時に取替可能な部分(可換部)とし、中央部を可換部取替時に軸力を保持する部分(永続部)とする(図-1)。永続部は、軸力で座屈が発生しない断面幅を確保し、偏心に備え引張鉄筋を導入する。また、この引張鉄筋は供用期間中に腐食が発生しないよう適切にかぶりを設計する。

また、従来のメタボリズム構造には永続部と可換部に空隙が存在するが、その部分が維持管理上の弱部となる恐れを考慮し、提案構造ではその空隙を設けないこととする。その際、作業性向上のため永続部と可換部の境目に厚さ 0.8mm の鋼板を導入する。

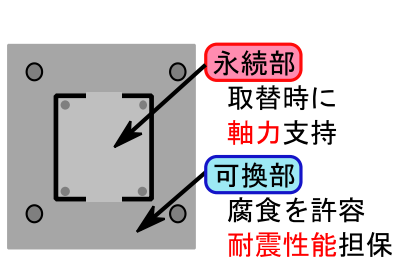


図-1 メタボリズム構造

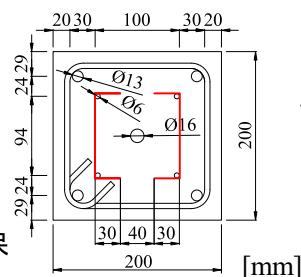


図-2 供試体の断面図および側面図 [N-RC のみ鋼板(赤色)無し]

提案構造では、腐食ひび割れが表面化した時点での可換部取替を基本とするが、本研究では、Ma らの研究²⁾を参考に、RC の耐力低下が小さい質量欠損率 5%程度の鉄筋腐食時の可換部取替可能性を検証する。

提案構造の持続可能な点は、取替が簡易であり、開発途上国においても現地の資材、人材のみで性能を回復・更新し供用を続けられることであると考えている。

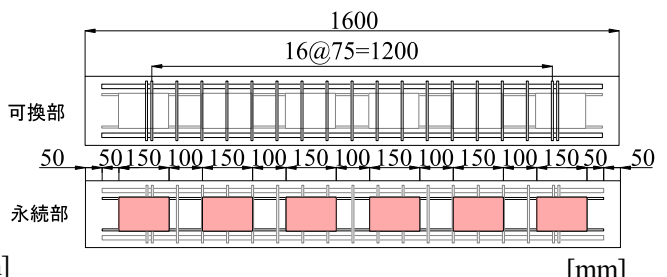
3. 実験概要及び結果

(1) 実験供試体

本研究では RC 梁を用い、全断面に対し 1MPa (40kN) 軸力を PC 鋼棒で付加して柱を模擬する。供試体は計 3 体で、腐食・取替を行わない N-RC、取替のみ行う MB-RC、腐食促進後に取替を行う MBC-RC とする(図-2)。また、MB-RC、MBC-RC の断面は取替前後で同一とし、取替後の復元力特性が N-RC と同様になることを期待する。取替を行う MB-RC と MBC-RC は、軸力支持下で可換部を撤去する取替実験を行い、その後可換部の鉄筋を再配筋し可換部の再打設を行う。

(2) 腐食促進実験及び結果 (MBC-RC)

軸方向鉄筋の腐食は電食で模擬した。可換部のみを腐食させるため、0.21A の直流電流を可換部軸方向鉄筋のみに印加し、ファラデー則をもとに質量欠損率 6%となるよう電食期間を設定した。電食終了時の MBC-RC を図-3 に示す。腐食生成物の除去を行い、腐食量を測定したところ質量欠損率 5.7%であった。



[mm]

Tomoya UEDA, Keita UEMURA, Yoshikazu TAKAHASHI

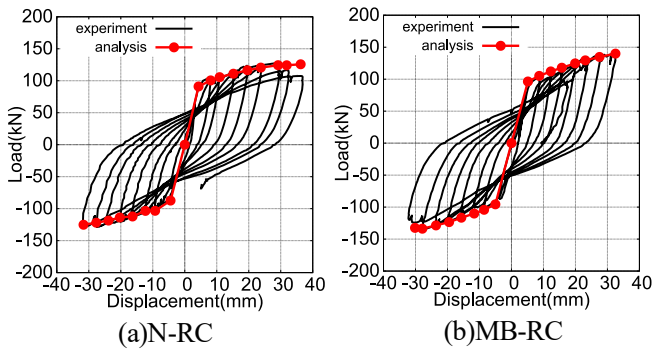
ueda.tomoya.83a@st.kyoto-u.ac.jp



図-3 腐食促進終了後の MBC-RC



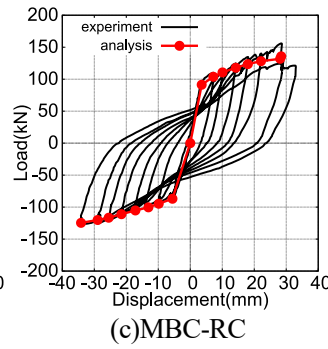
図-4 可換部撤去後の MBC-RC



(a)N-RC

(b)MB-RC

図-5 各供試体の荷重－変位関係と解析結果



(c)MBC-RC

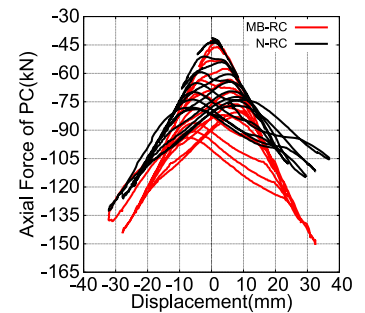


図-6 軸力－変位関係

(N-RC 及び MB-RC)

(3) 取替実験及び結果 (MB-RC, MBC-RC)

コンクリートカッターで可換部に切れ込みを入れ、チッパーではつすることで、両供試体とも永続部で軸力を支持しつつ可換部の撤去ができることを確認した(図-4)。この間軸力の大きさが維持されていることも確認している。これより、永続部・可換部一体型のメタボリズム構造においても取替ができることが確認された。

(4) 正負交番载荷及び実験結果

正負交番载荷については、せん断スパン 530mm、等曲げ区間 300mm の 2 点载荷とし、基準振幅 4mm とした整数倍の振幅で载荷を行う。载荷回数は 1 回とする。

各供試体の荷重－変位関係(図-5)より、全ての供試体にて曲げ挙動特有の紡錘形状が発現しているが、各変位での最大荷重が N-RC と MB-RC・MBC-RC でわずかに異なっている。その理由を以下で考察する。

本実験供試体は、製作時に軸方向鉄筋が偏り、载荷方向のかぶりが上下で異なっていたことを確認している。また、MB-RC と MBC-RC では、取替により鉄筋およびコンクリートの材料特性が変化していた。これを反映したプッシュオーバー解析を行い、実験で得られた荷重－変位関係と比較すると、実験結果を十分に再現できた(図-5 赤線)。これより、各供試体間の最大荷重の差は、軸方向鉄筋の偏りと材料特性の変化で発現したものであることがわかった。また、各供試体の荷重－変位関係には、明確な二次剛性が発現している。これは、供試体変位の増大に伴い PC 鋼棒による軸力の増大が起こり(図-6)、断面耐力が増加したためである。先述したプッシュオーバー解析でも、PC 鋼棒の軸力増大を考慮

しており、二次剛性発現を再現できている。二次剛性の大きさは、N-RC と MB-RC・MBC-RC で異なっているが、実際の柱構造では死荷重による軸力は一定であるため、二次剛性は発現しないと考えられる。

以上より、本実験で N-RC と MB-RC・MBC-RC の復元力特性はわずかに異なっていたが、可換部の取替そのものは復元力特性に影響を与えないことがわかった。

4. まとめ

提案構造では、腐食の有無に関わらず軸力支持下で軸方向鉄筋の取替が可能であることを確認し、取替が復元力特性に影響を与えないことを確認した。よって、簡易な方法で取替ができ、先進国・開発途上国を問わず利用できる持続可能な柱構造開発の知見を得た。

謝辞: 本研究は国立研究開発法人科学技術振興機構の持続可能開発目標達成支援事業『ミャンマーの地震災害に対する橋梁構造物強靱化へ向けた課題抽出のための大型共同実験』の助成のもと行った。謝意を表す。

参考文献

- 1)前田紘人, 林学, 高橋良和: メタボリズム耐震橋脚構造の開発に向けた正負交番载荷及び塑性ヒンジ部取替実験, 土木学会論文集 A1, Vol76, No.4, pp.377-392, 2020.
- 2)Ying, Ma., Yi, Che. and Jinxin, Gong.: Behavior of corrosion damaged circular reinforced concrete columns under cyclic loading, Construction and Building Materials, 29 2012.