

基部座屈後の荷重低下抑制と復旧性向上を実現するメタボリズム鋼製橋脚の正負交番載荷実験

京都大学 学生会員 ○白井 洵
 京都大学 正会員 植村 佳大
 京都大学 正会員 高橋 良和

1. 研究背景・目的

予め柱に取替え可能な部材(可換部)を設けることで、可換部の取替えによる柱の耐震性能が可能な「メタボリズム構造(図-1)」が提案されている¹⁾。この構造は、常時軸力を支持する永続部と、地震時にエネルギー吸収性能を発揮する可換部で構成されており、既往研究において、可換部に鋼製部材を用いたメタボリズム鋼製橋脚が研究されている²⁾。この構造では、可換部が座屈しても永続部が軸力を支持し、荷重低下を抑制できる可能性が実験的に示されている。その一方で、塑性化した可換部を取替える際、わずかな水平荷重を柱に加えて残留変位をゼロに戻す必要があり、復旧性の観点から課題といえた。本検討では、メタボリズム鋼製橋脚の永続部に復旧時セルフセンタリング機能³⁾を持つ構造を適用し、鋼製橋脚における基部座屈後の荷重低下抑制と、復旧時の残留変位低減を両立する新たな「メタボリズム鋼製橋脚」を提案する。

2. 提案構造

(1) 鋼製部材を用いたコの字型可換部

可換部は過去の植村ら²⁾の検討を参考に、取付け時の作業性を考慮して、コの字型断面の二部材によって構成された鋼製部材を採用する。なお、本研究では部材の接合に関する詳細な検討は対象外とする。

(2) 復旧時セルフセンタリング機能を有する永続部

著者らは、地震時にはセルフセンタリング機能の発現を要求せず、復旧時において塑性部材を取替える中でセルフセンタリング機能の発現を期待する、という概念を「復旧時セルフセンタリング」と定義した¹⁾。

復旧時セルフセンタリング機能を実現する構造として、鋼管拘束コンクリートヒンジが提案されている³⁾。当該構造では、コンクリートヒンジへの反力作用位置が断面中心から偏心すると復元力が発揮され、セルフセンタリング機能が発現する(図-2)。この時、鋼管は内部コンクリートを拘束し、コンクリートヒンジ下端で

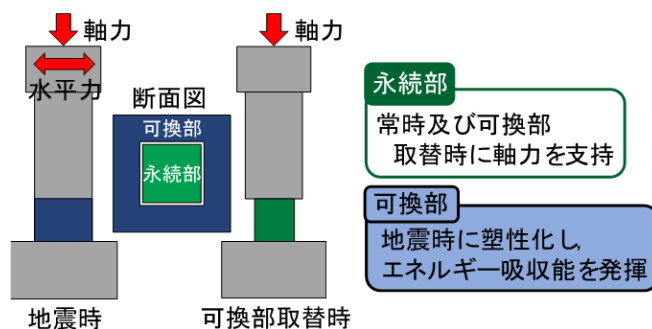


図-1 メタボリズム柱構造概要

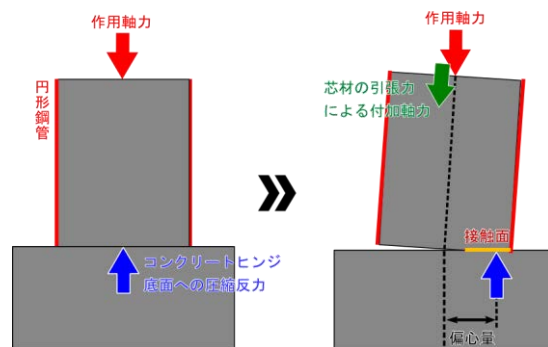


図-2 コンクリートヒンジの耐荷メカニズム

のコンクリートの圧壊を抑制している。

本検討では、メタボリズム鋼製橋脚構造の永続部に鋼管拘束コンクリートヒンジを用いた構造を提案する。この構造では、永続部に $P-A$ 効果による柱の倒壊を防止する程度のセルフセンタリング力を要求するとともに、軸剛性の大きな永続部を適用することで、地震時に可換部が座屈しても永続部が軸沈下を防止し、軸力を支持し続けることを期待する。それにより、可換部座屈後の荷重低下を抑制し、復旧時に塑性化した可換部を切断していくと、永続部のセルフセンタリング機能が発揮されることが期待される。

3. 正負交番載荷実験

(1) 供試体概要(図-3)

本検討の永続部では、直径 254mm (以下, E254) と直径 165mm (以下, E165) の二通りの鋼管拘束コンクリートヒンジ供試体を作製した。永続部に、厚さ 4.5mm

キーワード メタボリズム, 鋼製橋脚, 機能分離, 復旧性, コンクリートヒンジ

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-139 TEL: 075-383-3246 FAX: 075-383-3244

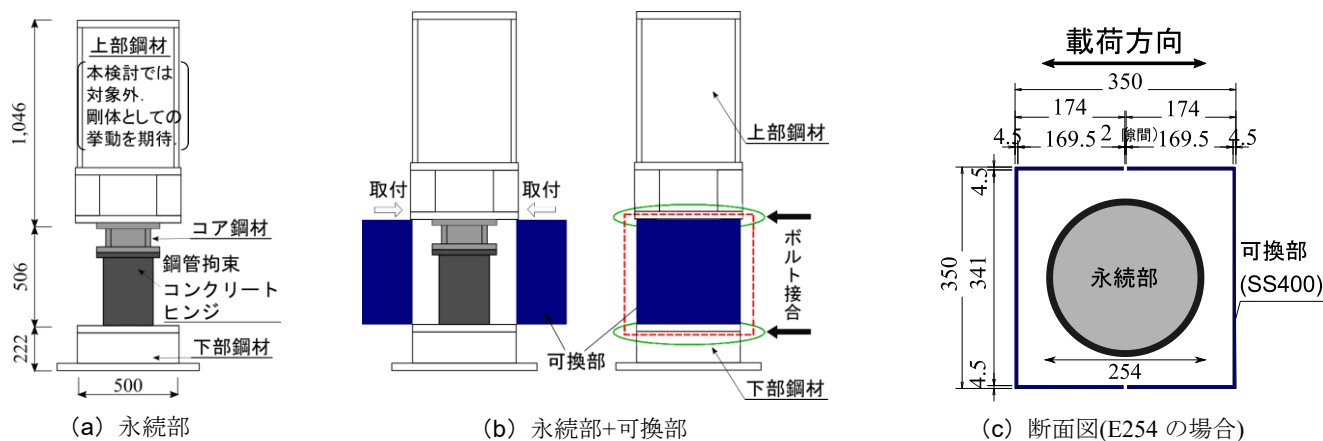


図-3 実験供試体(Unit : mm)

の鋼製部材による可換部を取付けたメタボリズム鋼製橋脚（各々E254-R4.5, E165-R4.5と呼ぶ）に対し、正負交番载荷実験を実施し、耐震性能について検討した。

(2) 水平荷重－水平変位関係

実験によって得られた水平荷重－水平変位関係を図-4に示す。E254-R4.5(黒), E165-R4.5(紫)のいずれの供試体においても可換部座屈後の荷重低下は生じず、履歴面積の大きな履歴ループを描き、可換部が期待通りのエネルギー吸収性能を発揮したことがわかる。

(3) 正負交番载荷時の鉛直変位－水平変位関係

図-5に、正負交番载荷時の鉛直変位－水平変位関係を示す。水平変位ゼロ時を見ると、E165-R4.5(紫), E254-R4.5(黒)ともに軸沈下量はわずかであった。これより、軸剛性の大きな永続部の存在によって、軸沈下が防止されたといえる。よって、繰り返し载荷の中で、一度局部座屈した可換部が再引張りされ、荷重低下抑制につながったと考えられる。

4. 軸力支持下での可換部撤去実験

可換部撤去実験を実施し、軸力支持下でも可換部が取替可能であることが確認された。可換部の撤去は正負交番载荷実験後に実施したため、一定の残留変位が発生していたが、E254-R4.5においては、可換部の鋼製部材を切断していく中で、永続部によるセルフセンタリング機能が発現し、残留変位が27.2mmから6.1mmまで軽減された。

5. まとめ

本検討で提案したメタボリズム鋼製橋脚では、可換部座屈後も永続部によって軸沈下が防止され、荷重低下を抑制でき、可換部を撤去する中で永続部による復旧時セルフセンタリング機能の発現が可能であることを実験的に確認した。

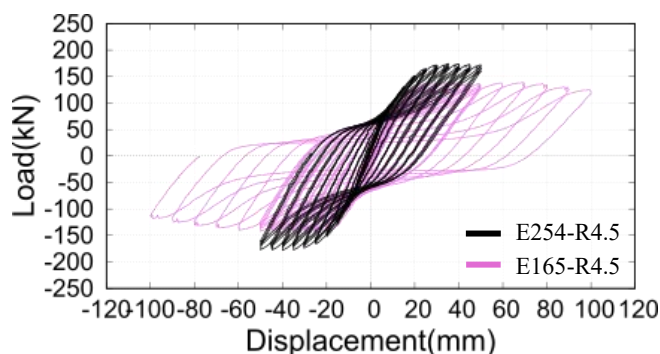


図-4 水平荷重－水平変位関係

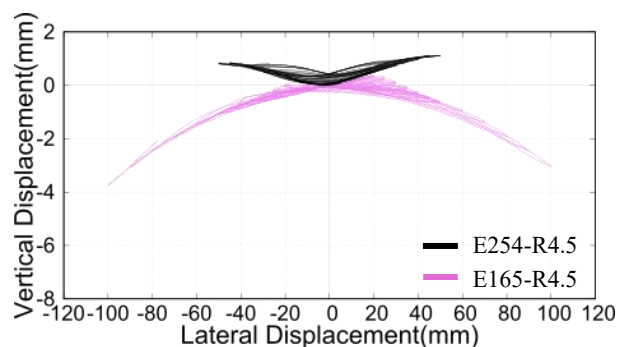


図-5 鉛直変位－水平変位関係

謝辞：本研究の一部は科学研究費補助金基盤研究(A)21H04574と、科学研究費補助金若手研究21K14231の助成を受けて実施した。謝意を表します。

参考文献

- 1) 白井洵, 植村佳大, 高橋良和: 復旧時セルフセンタリング機構を有するメタボリズム柱構造の解析的検討, 土木学会論文集A1, 78巻4号, pp. 523-536, 2022.
- 2) 植村佳大, 前田紘人, 高橋良和: 軸力支持下で耐震性能の改変が可能な構成メタボリズム柱構造の開発, 土木学会論文集A1, 78巻4号, pp. 294-306, 2022.
- 3) 植村佳大, 五島健斗, 高橋良和: 0.2G相当の復元力を有するコンクリートヒンジを埋め込んだRC柱に関する研究, 第40回地震工学研究発表会講演論文集, No.1607, 2020