

## RC 橋脚の靱性向上策の提案と正負交番载荷実験による効果検討

九州大学 学生会員 ○富安 龍一  
 九州大学大学院 フェロー会員 園田 佳巨  
 日本工営株式会社 フェロー会員 興石 正己

九州大学大学院 正会員 玉井 宏樹  
 九州大学大学院 非会員 Wang Wenming

### 1. 目的

大規模地震時における鉄筋コンクリート橋脚（以下、RC 橋脚）の靱性を向上させ、想定以上の地震動に対しても倒壊しない RC 橋脚を実現することは国土強靱化に向けての重要な課題である。国内では、鉄道等の RC 橋脚において、既に内巻スパイラル筋等を用いた靱性向上策が提案されており、一定の効果を得ているが万全ではないと考えられる。そこで本研究では、新たな靱性向上策として、塑性ヒンジ部に予め内向きに R 加工した(Pre-Deform)軸方向鉄筋を用い、軸方向鉄筋のはらみ出しを防止し、鉄筋降伏後の圧縮鉄筋と引張鉄筋のつり合い式を構成することで靱性向上を目指す橋脚を提案する（図-1 参照）。なお、このアイデアは一方向载荷における高靱性 RC 梁構造（靱性率  $\mu=38$ ）の実現<sup>1)</sup>に基づいたものである。本稿では、提案した新たな靱性向上策の概要を記すとともに、RC 橋脚試験体による正負交番载荷実験を通して得られた効果や今後の課題などについて述べる。

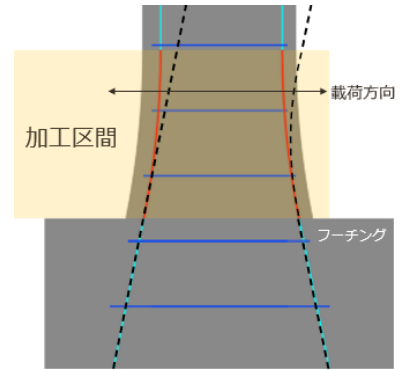
### 2. 正負交番载荷実験の概要

#### 2.1 試験体概要

本研究では、通常の RC 橋脚（以下、タイプ 1）と上述の靱性向上策を施した RC 橋脚（以下、タイプ 2）の 2 種類の RC 橋脚試験体を製作し、正負交番载荷実験を実施し、その結果を比較検討することで、提案した靱性向上策の効果について検討した。図-2 にそれぞれの試験体の断面図を示す。また、実験時のコンクリートの圧縮強度はそれぞれ  $40.0\text{N/mm}^2$ 、 $39.4\text{N/mm}^2$ であった。

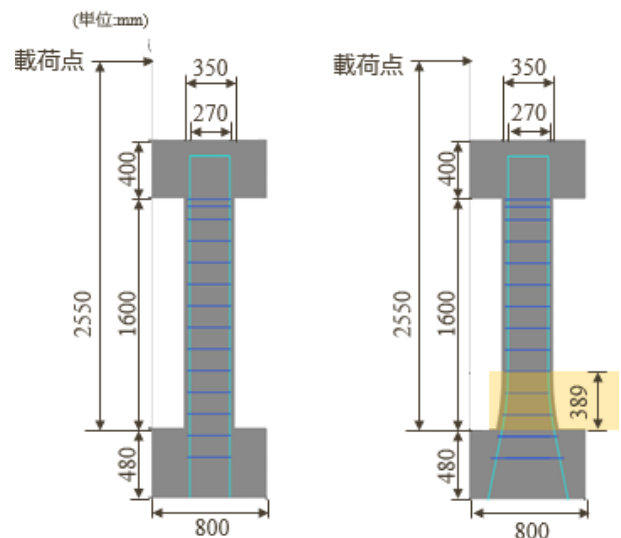
#### 2.2 载荷方法

载荷は、本学が所有する複合载荷試験装置を用いた。試験体設置状況を写真-1 に示す。载荷方法は、一定圧縮応力 ( $2.0\text{N/mm}^2$ ) 作用下で、降伏変位  $\delta_y$  を基準として、 $\pm 1\delta_y$  を 1 サイクルとした正負交番载荷とした。载荷サイクルとしては、水平力が  $0.8P_y$  以下になるまでは海洋型地震を想定して各サイクル 3 回繰り返し载荷とし、それ以降は直下型地震を想定して各サイクル 1 回繰り返



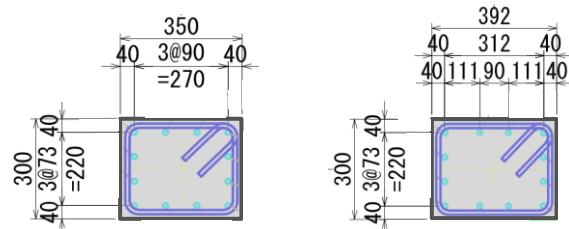
--- 载荷時の軸方向主鉄筋形状

図-1 提案した靱性向上策のイメージ



(a)タイプ 1 平面図

(b)タイプ 2 平面図



(c)タイプ 1 断面図

(d)タイプ 2 断面図

(基部から 121mm)

(基部から 121mm)

図-2 試験体の形状寸法 (単位:mm)

返し载荷とし、水平力が  $0.5P_y$  を下回った段階を終局として、载荷を終了した。なお、 $\delta_y$  はタイプ 1 で  $22.5\text{mm}$ 、タイプ 2 で  $19.0\text{mm}$  であった。

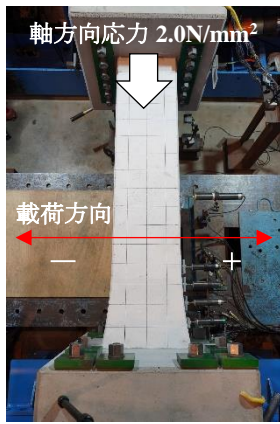


写真-1 試験体設置状況

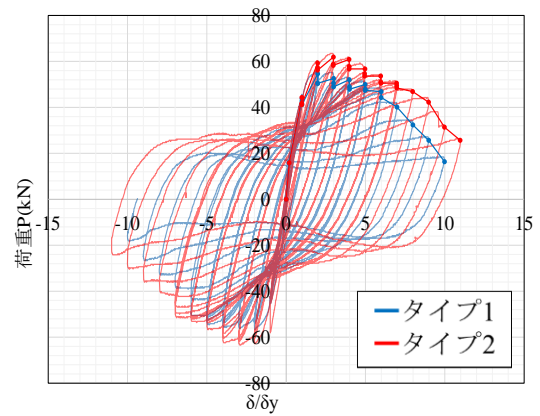


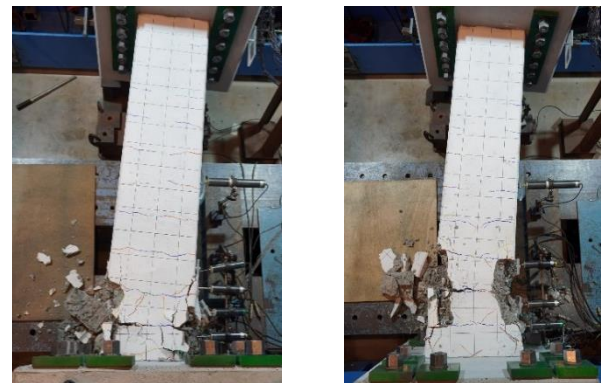
図-3 荷重-変位関係

### 3. 実験結果および考察

図-3 に水平荷重と変位（降伏変位  $\delta_y$  で除して正規化したもの）の関係図を示す。この図より、通常の RC 橋脚であるタイプ 1 の耐荷力は約 55.6kN、最大荷重の 80%における変位を降伏変位  $\delta_y$  で除した靱性率は  $\mu = 6$  程度であることが確認できた。一方、靱性向上策を施したタイプ 2 では、耐荷力は約 63.5kN、靱性率は  $\mu = 6$  程度であった。この結果から、耐荷力の向上は見られたものの、靱性率の向上はなく、靱性向上効果は得られなかった。これは、タイプ 2 においては、荷重方向への軸方向鉄筋のはらみ出しは防止できたが、実験では荷重方向に直交する面外方向へのはらみ出し、座屈が生じたことに起因していると考えられる。よって、面内だけでなく面外にも Pre-Deform が必要であることが判明した。写真-2 にタイプ 2 における主鉄筋の破壊性状（面外座屈と破断）を示す。



写真-2 タイプ2の主鉄筋破断状況



(a)タイプ 1 (+10 $\delta_y$  荷重時) (b)タイプ 2 (+11 $\delta_y$  荷重時)

写真-3 試験体の損傷状況

次に、写真-3 に試験体の損傷状況を示す。この様子より、タイプ 1 では、基部から 260mm までの区間において、ひび割れ発生、鉄筋降伏、かぶりコンクリート剥落が生じていた。一方、タイプ 2 では、基部から約 150mm~410mm の区間で大きな損傷が発生した。これは、Pre-Deform で曲げ加工した区間の影響であると考えられるため、今後、曲げ加工区間（曲げ開始点や曲率など）について検討する必要がある。

### 4. 結論

本研究によって得られた知見を以下に列挙する。

- 1) 提案した新たな靱性向上策では、耐荷力の向上は見られたものの、想定通りの靱性向上を達成できなかった。これは、設計時に想定していなかった面外方向への座屈が生じたためである、ただ、面内方向への座

屈は想定通りに生じなかったため、今後、面外方向にも Pre-Deform を実施することで靱性向上を図れる可能性がある。

- 2) 提案の靱性向上策では、Pre-Deform における曲げ加工区間が損傷領域に影響することが明らかとなった。よって、今後は、解析などによって、適切な曲げ加工区間および曲率について検討する必要がある。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP21K04247 の助成を受けたものです。

### 参考文献

- 1) 奥石正己, 小野裕輔: 高じん性 RC 梁構造. 特許第 6152975 号 (2017.6.28)