

片側一方向載荷を行った場合の RC 橋脚の耐震性

東京工業大学 正会員 渡邊 学歩
東京工業大学 フェロー 川島 一彦

1. はじめに

地震後に橋脚に生じる残留変位は、橋梁構造物の耐震性能の照査および、橋脚の損傷度や橋梁構造物の復旧の判定において非常に重要な指標となるが、橋脚に生じる残留変位は地震動の特性や部材の履歴構成則によって大きく変化する。また、非線形地震応答解析やハイブリッド実験などにより残留変位を評価すると、橋脚の損傷が片側のみ集中し、載荷が進むにつれて変形が蓄積されるために最終的に大きな残留変位を生じることがある。地震後に生じる残留変位を評価する際には、部材の構成則として剛性劣化型の武田モデルを用いた非線形地震応答解析が行われているが、片側の変形および損傷が累積する場合の橋脚の耐震性およびその履歴則については、あまり検討がなされていない。そこで本研究では片側一方向のみに静的載荷変位を与える橋脚の繰り返し載荷実験を行ったのでその結果について報告する。

2. 実験供試体および実験方法

本研究で行った片側一方向の繰り返し載荷実験に用いた実験供試体は、図-1 に示すように 400mm×400mm の正方形断面を有する RC 単柱式橋脚である。基部から水平アクチュエータの載荷点までの有効高さは 1350mm、かぶりコンクリートの厚さは 40mm、せん断支間比は 3.75 とし、地震時保有耐力法による要求性能を満足するように、軸方向鉄筋には D13(SD295A) を 16 本、帯鉄筋には、D6(SD295A) を 50mm 間隔で配置するよう実験供試体の設計、製作を行った。実験は東京工業大学の耐震実験施設を用いて行ない、橋脚基部での応力が 1 MPa となるよう鉛直方向のアクチュエータにより 160kN の軸力を荷重制御で加え、橋脚基部から 1350mm の位置に取付けた水平方向アクチュエータに変位制御による載荷を行った。片側一方向の繰り返し載荷実験は、同一変位振幅における繰り返し回数を 3 回とし、後述する図-2 に示すような、変位漸増、途中折り返しによる 2 種類（以後 P1, P2 とする）の載荷履歴による繰り返し実験を行った、なお比較のために正負両側に同一変位振幅を与える変位漸増方式による繰り返し載荷実験も行ったので、これを標準供試体（以後 P0 とする）とする。

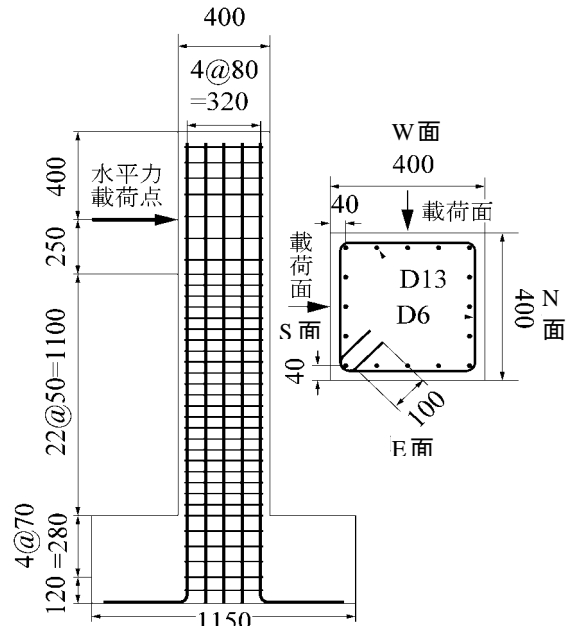


図-1 実験供試体

3. 両側および片側みの繰り返し実験の結果

片側一方向および正負両方向の繰り返し載荷実験を行った場合の載荷終了までの水平力 - 水平変位関係を示すと図-2 のようになる。標準供試体 (P0) では Drift3.5% から耐力低下が始まり Drift4% で耐力が 70% まで低下してお

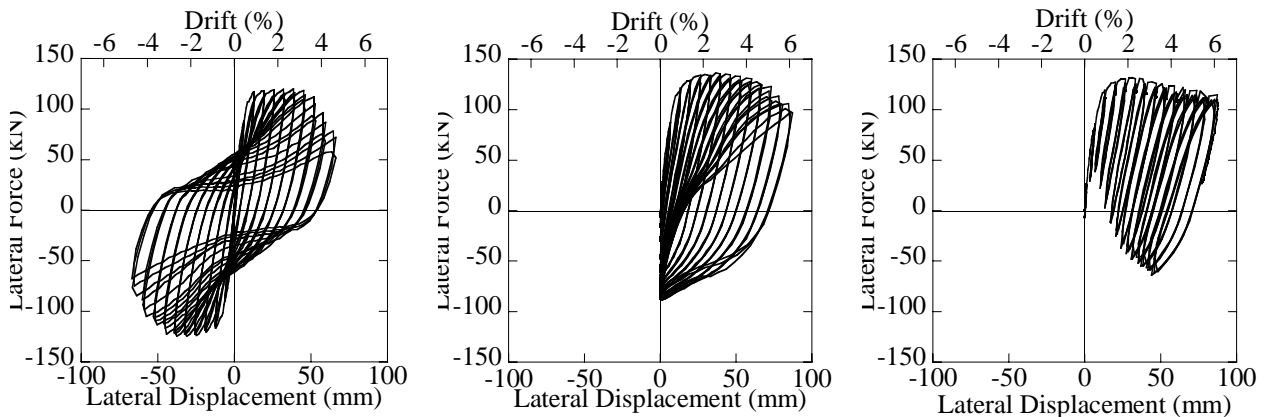


図-2 水平力 水平変位の履歴

キーワード 残留変位, RC 橋脚, 耐震設計, 繰り返し載荷実験, 載荷履歴
連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学 川島研究室 TEL 03-5734-2922

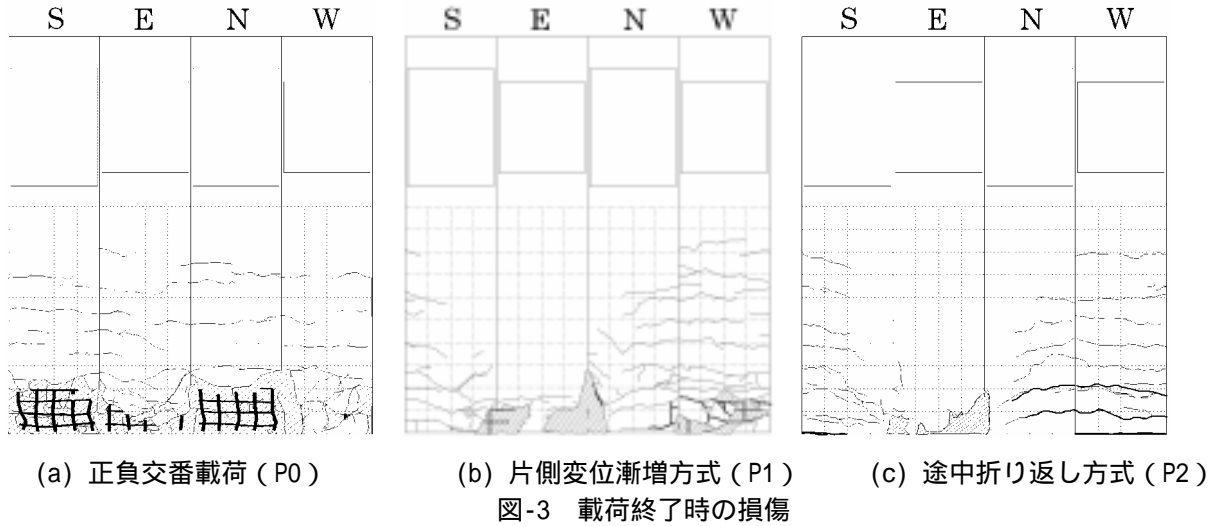


図-3 荷終了時の損傷

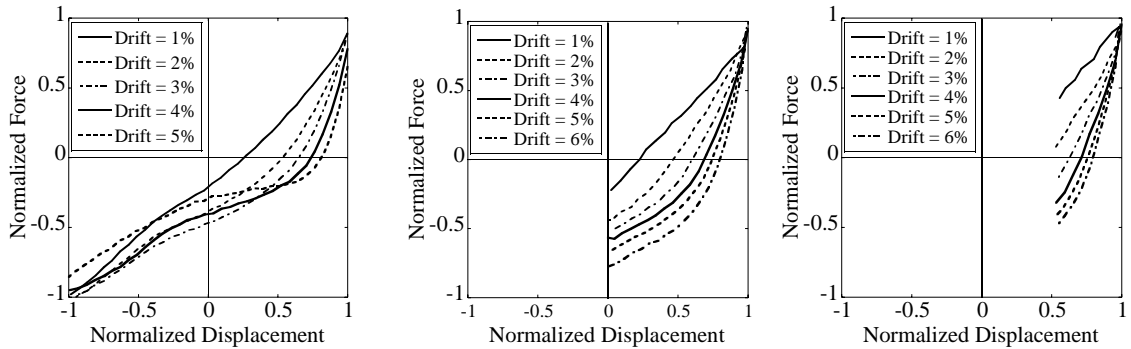


図-4 無次元化された除荷履歴

り，Drift6.5%で荷を5%で中止した．これに対し，片側一方向の繰り返し荷実験（P1，P2）では Drift4%から徐々に耐力が低下しているが顕著な耐力は見られなかった，なお Drift6.5%で荷を終了した．図-3 には荷終了後の橋脚に生じる損傷を示す．標準供試体（P0）では実験終了後には軸方向鉄筋が表面に現れる程かぶりコンクリートが剥落し，軸方向鉄筋の座屈および破断が見られた．これに対して片側一方向の繰り返し荷実験（P1，P2）では軸方向鉄筋がわずかに表面に現れる程度しかかぶりコンクリートが剥落しておらず，コアコンクリートには大きな損傷は見られず，軸方向鉄筋の座屈および破断も見られなかった．このような損傷の違いが耐力低下に影響を及ぼしたと考えられる．

4．荷履歴が除荷剛性や履歴パスに及ぼす影響

図-4 には各 Drift での水平変位 - 水平力関係の履歴を各 Drift での最大変位および最大耐力で無次元化して示したもののうち除荷時の荷履歴パスを示す．いずれも除荷時の荷履歴パスは滑らかな紡錘形状をしており，Drift が進むにつれて外側に膨らむようになり無次元化された除荷剛性は高くなる．このため，荷荷重を0にした場合に変位が残留しやすくなる．なお，図-4(a)に示した標準供試体の場合には除荷時の荷履歴パスがドリフト4%以降は原点に近づくにつれて紡錘曲線から外れてくるがこれは鉄筋の座屈や破断に伴う影響と考えられる．図-5 には，図-4 に示した無次元化された除荷履歴を耐力低下の起こっていない Drift3% について異なる荷履歴（P0，P1，P2）の影響を示す．いずれの除荷時の荷履歴パスもほぼ同一の紡錘曲線状にあり，無次元化された履歴曲線は耐力低下が発生するまでは荷パターンやこれに伴うコンクリートの損傷には影響を受けないことがわかる．

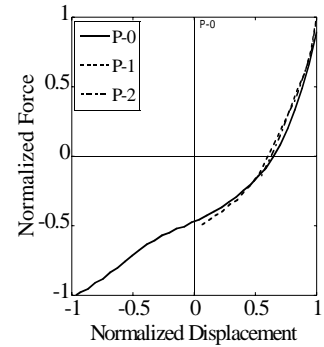


図-5 Drift3%での無次元化された除荷履歴

5．結論

- (1) 同一変位振幅における繰り返し回数を3回とした変位漸増型の繰り返し実験と比較して，片側1方向のみ繰り返し荷実験では橋脚の損傷は小さく，軸方向鉄筋の座屈および破断は見られず，顕著な耐力少ない．
- (2) 鉄筋の座屈や破断に伴う急激な耐力低下が発生するまでは，無次元化された履歴曲線は荷パターンによらず過去に受けた最大変位にのみ影響を受け方錐状の曲線を描き，Drift が進むにつれて膨らみ，履歴面積が大きくなる．