

超過作用時における橋脚の残存性能に関する検討

国立研究開発法人土木研究所

正会員 ○中尾 尚史

国立研究開発法人土木研究所

正会員 大住 道生

1. はじめに

橋の設計では、設計地震動に対して、部材が道路橋示方書に示されている限界状態3を超えないように設計されている。しかし、設計を超過するような作用(以下「超過作用」という)が発生した場合、部材が水平抵抗力を失うことで、橋全体系が致命的な被害に至る可能性がある。また設計では、各種ばらつきに対応した安全余裕を見込んでいるため、実際の被害で設計上の限界状態3に至っているとしても、そこには残存性能があると考えられる。

そこで本研究では、超過作用により橋脚が限界状態3に至ったあと、どれくらいの残存性能を有しているのか実験により検討した。

2. 実験方法

本実験では、RC橋脚模型を用いた正負交番載荷実験を行った(写真-1、図-1)。水平力は変位制御による載荷とし、基準変位 δ_0 の整数倍で各載荷振幅3回の載荷を行った。本供試体の限界状態3は文献1)に基づき、水平力が低下する前の $4\delta_0$ が限界状態3に相当することがわかった(図-2)²⁾。本研究では、限界状態3に至ったあとの残存性能について検討するため、限界状態3($4\delta_0$)に至ったあとも載荷を行った。そして、 $6\delta_0$ まで載荷したのち、再度 $1\delta_0$ から載荷を行った。なお、限界状態3までの結果については、文献2)を参照されたい。

実験により変位や荷重を計測し、限界状態3に至ったあとの、水平および鉛直方向の残存性能を検討した。なお、本原稿では、 $6\delta_0$ まで載荷した実験を「載荷実験」、再度 $1\delta_0$ から載荷した実験を「再載荷実験」と呼称し、再載荷実験での変位を $1\delta_0r$, $2\delta_0r$...と表記する。

3. 試験結果

図-3は、載荷実験と再載荷実験における水平変位と水平荷重の結果を示したものである。横軸は水平変位、縦軸は水平荷重である。図中には、載荷実験により得られた限界状態3の位置と再載荷実験結果の拡大図を示した。なお、再載荷実験は $5\delta_0$ まで載荷を行った。再載荷実験の結果から、 $3\delta_0r$ から水平荷重が増加し、 $4\delta_0r$ で水平荷重が最大となっている。 $5\delta_0r$ になると水平荷重は僅かに低下している。載荷実験と比較した場合、再載荷実験における水平荷重の最大値は、載荷実験における最大値(約350kN)の約1/5まで低下しているが、70kN程度の耐荷力が残っており、完全に残存性能は失っていない。したがって、限界状態3に至っても、水平方向の残存性能はあると考えられる。



写真-1 実験のセットアップ状況

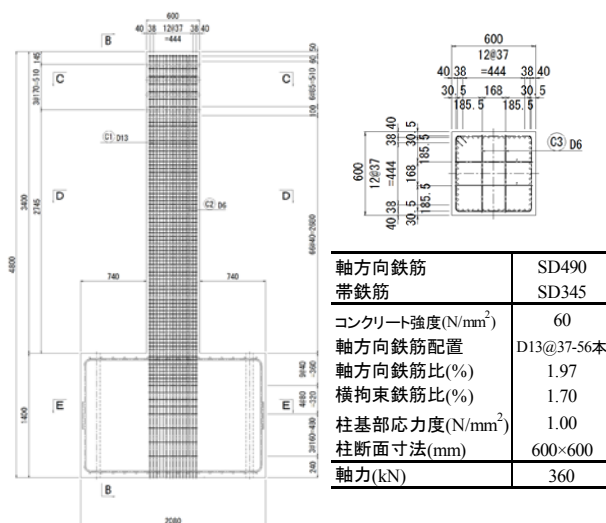


図-1 実験供試体の断面図および実験ケース

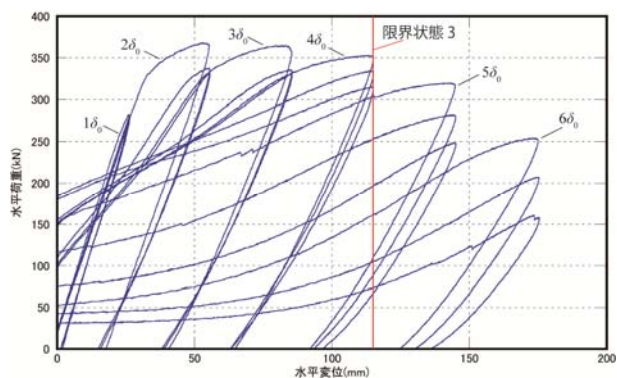


図-2 限界状態3の位置(載荷実験)

キーワード 超過作用, 橋脚, 限界状態, 残存性能, 固有周期

連絡先 〒305-8516 つくば市南原1-6 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL 029-879-6773

図-4は鉛直変位と鉛直荷重の関係を示したものである。横軸は鉛直変位、縦軸は鉛直荷重を示している。図中には図-3と同様に、限界状態3の位置を示した。再載荷試験を行った結果、実験での軸力程度(360kN)の耐荷力が残っている。したがって、鉛直方向の残存性能もあると考えられる。

4. 損傷を受けた後に地震が発生した場合の影響

限界状態3に至った橋脚が、再び地震を受けた場合の影響について、橋脚に作用する加速度に着目して検討した。橋脚に作用する加速度は、橋脚の固有周期から求めた。本研究では、健全時の場合(1 δ_0 :Case1)と限界状態3に至ったあと(5 δ_0 :Case2, 1 δ_{0r} :Case3)の影響について検討した。橋脚の固有周期 T は、簡易的に1自由度系の節点-はりモデルで考えると、固有周期は $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ で求めることができる。式中の m は質量であり、上部構造の質量に橋脚の質量の1/2を加えて算出した。なお、本研究では上部構造の質量は軸力(360kN)から算出し、橋脚の質量は橋脚の体積に供試体に使用した鉄筋コンクリートの単位体積重量(24.5kN/m³)を乗じて算出した。すると、橋脚の質量は約38300kgになる。また k はばね剛性であり、実験により得られた水平変位と水平荷重の結果を基に(Case1は降伏剛性、Case2とCase3は2次剛性)算出した(図-5)。

これらの条件を基に、固有周期 T を算出すると、Case1は0.38秒、Case2は1.12秒、Case3は2.10秒となる。ここで、道路橋示方書に記載されている加速度応答スペクトルから加速度を求めると、図-6に示すように、I種地盤では限界状態3に至った橋脚に作用する加速度は小さくなっている。したがって、I種地盤では限界状態3に至ったあとにレベル2地震動タイプII相当の地震が発生しても、作用する加速度は小さいと考えられる。一方、II種地盤とIII種地盤では、Case2はCase1とほぼ変化がなく、Case3はCase1より小さくなっている。

5. まとめ

本研究では、超過作用により橋脚が限界状態3を上回った後、どれくらいの残存性能を有しているのか実験により検討した。その結果、実験の範囲内ではあるが、限界状態3に至ったあとにも一定の残存性能は維持できていることがわかった。今後は、限界状態3に至ったあとの残存性能を評価する方法を検討する予定である。

謝辞 本研究は、土木研究所と阪神高速道路株式会社の共同研究として実施した「地震レジリエンスを考慮した高強度RC橋脚の耐震性評価に関する研究」の一環として実施したものである。ここに謝意を表する。

参考文献 1)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編に関する参考資料，2015。2)服部匡洋，篠原聖二，岡田太賀雄，大住道生：高軸応力及び正負交番荷重が作用する高強度RC部材の変形特性評価，第20回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.315-322，2017。

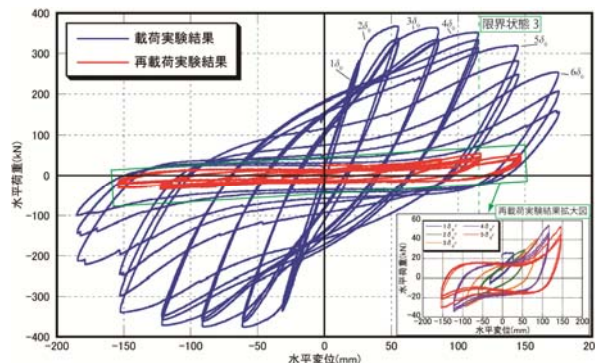


図-3 水平変位-水平荷重の関係

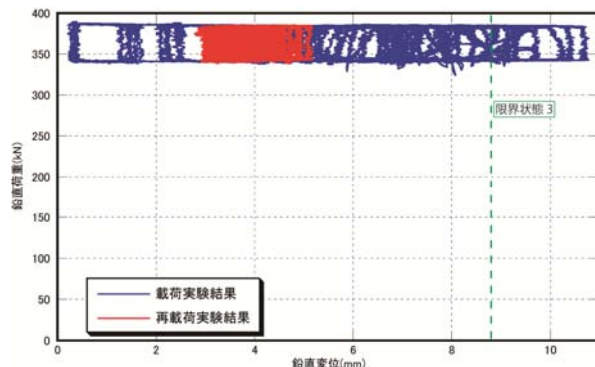


図-4 鉛直変位-鉛直荷重の関係

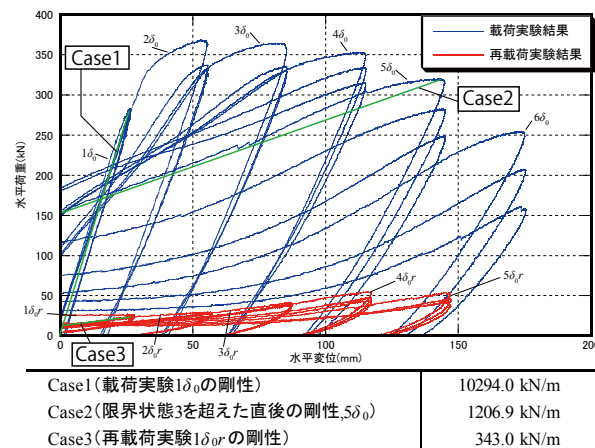


図-5 各ケースにおけるばね剛性

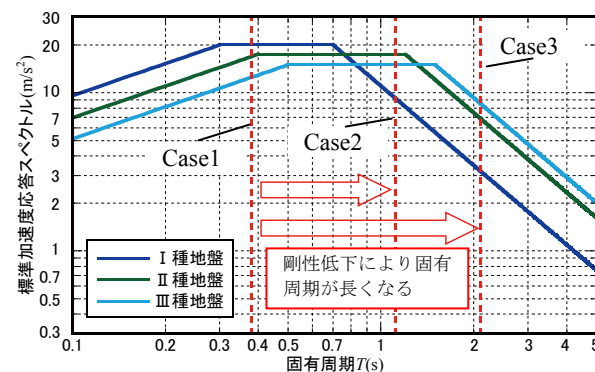


図-6 各ケースにおける橋脚に作用する加速度(レベル2地震動タイプII)