

ダイヤフラムと充填コンクリートの相互作用を考慮した 鋼製橋脚の耐震性能に関する解析的研究

愛知工業大学 学生会員 ○向原 幸汰
愛知工業大学 正会員 鈴木 森晶
愛知工業大学 正会員 嶋口 儀之
愛知工業大学 正会員 宗本 理

1. はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震では、鋼製橋脚についても国内初となる大きな被害を受けた。被害の多くは補剛板の局部座屈や割れであるが、矩形断面鋼製橋脚においては2基が倒壊に至っている。一方で車両衝突による損傷防止を目的として、基部にコンクリートが充填されていた鋼製橋脚は、無充填のそれに比べ損傷が軽微であることが報告された。

兵庫県南部地震以後、コンクリートが部分的に充填された鋼製橋脚の研究が精力的に行われてきた。それらの研究では、コンクリート充填鋼製橋脚の耐荷力や変形性能などが注目され、鋼製橋脚に適切にコンクリートを充填することで、鋼製橋脚の水平耐力及び変形性能が向上することが明らかにされている。¹⁾

これらの研究により、平成8年には道路橋示方書²⁾(以下、道示)が改訂され、コンクリート充填鋼製橋脚についてもコンクリートの充填方法や断面形状をはじめとする設計基準が定められた。

本研究室では、平成8年改定の道示に従って耐震補強が施された実橋脚をモデルとした実験供試体に対して、繰り返し載荷実験を行った。この実験では、橋脚基部で亀裂損傷が先行して発生し急激な荷重低下を確認している。このような橋脚基部の損傷は、鋼断面の耐力が橋脚基部の耐力を上回っている可能性が考えられる。³⁾

一般に、充填コンクリートの直上にはダイヤフラムを設けることが推奨されている。コンクリートは三軸圧縮応力状態において強度が上昇することが知られているが、ダイヤフラムを設けることで充填コンクリートは補剛板とダイヤフラムから拘束される形となり、三軸圧縮応力状態となる可能性が考えられる。

充填コンクリートの強度が設計時に比べ上昇している場合、橋脚の耐力が上昇し橋脚基部での損傷が発生する可能性が考えられる。しかしながら既往研究では、コ

ンクリート充填鋼製橋脚の充填高さによる検討は行われているものの、ダイヤフラムが鋼製橋脚の耐震性能に与える影響について検討した例は極めて少ないのが現状である。

そこで本研究では、有限要素解析プログラム Abaqus を用いて静的解析を行い、コンクリート充填鋼製橋脚を対象に、充填コンクリート直上のダイヤフラムが鋼製橋脚の耐荷力に与える影響について基礎的データの収集を行う。

2. 解析対象

供試体対象は、本学で2016年に実施した漸増繰り返し載荷実験に用いた供試体である。この実験供試体は、1974年に竣工され、1996年の道示の基準を満たすよう耐震補強が施された実橋脚を参考にしている。

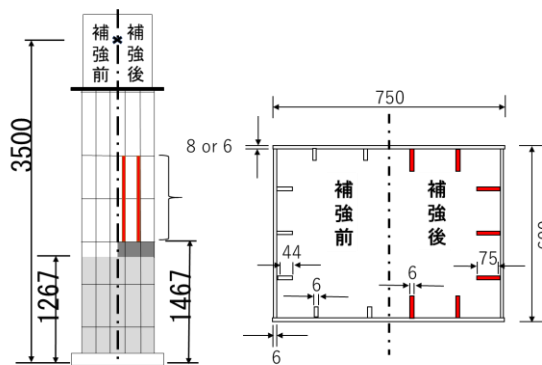


図-1 解析対象概要図

3. 解析概要

有限要素解析プログラム Abaqus を用いて静的解析を行う。鋼製橋脚のモデル化はシェル要素(S4R)を用いて補剛箱型断面としてモデル化した。

充填コンクリートには、周囲からの拘束効果を考慮する必要があることから、Drucker-Prager 系の構成則でソリッド要素(C3D8R)を用いた。また数値計算の安定のため引張ならびに圧縮軟化は考慮していない。

載荷点には,地震時の慣性力に相当する強制変位+ $6\delta y$ 相当と上部工重量を想定した500kNを載荷,境界条件としては橋脚基部を完全固定.はり要素とソリッド要素の拘束には多点拘束であるMPC拘束を用いた.

鋼製橋脚内面と充填コンクリート外面の接触のモデル化にはAbaqusのハードコンタクトモデルを用いる.鋼パネル表面をマスター面,充填コンクリート表面をスレーブ面とした.また摩擦の影響は考慮していない.

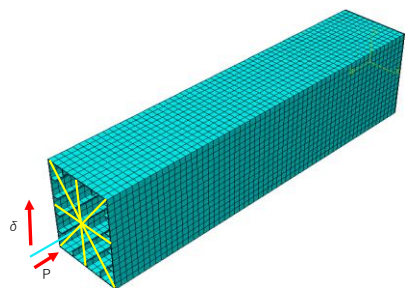


図-2 解析モデル

4. 解析結果

4.1 ダイアフラムの有無による検討

充填コンクリート直上のダイアフラムの有無についての検討を行う.充填コンクリートには 20N/mm^2 のコンクリートを用いた.ダイアフラム有りの供試体をD-1,無し供試体をD-2とする.荷重-変位関係を図-4に示す.充填コンクリート直上にダイアフラムを設けることにより最大荷重が約7%上昇した.

次に最大荷重時の橋脚基部のひずみ分布について検討する.ダイアフラム有りおよび無しの解析結果による橋脚基部のひずみ分布を図-5および6に示す.D-1,D-2共にひずみ分布には大きな違いは見られないが,橋脚基部の隅角部にひずみが集中していることが確認される.この値を比較すると,ダイアフラム無しの供試体に対してダイアフラム有りの供試体ではひずみが約5000 μ 増加することが確認された.

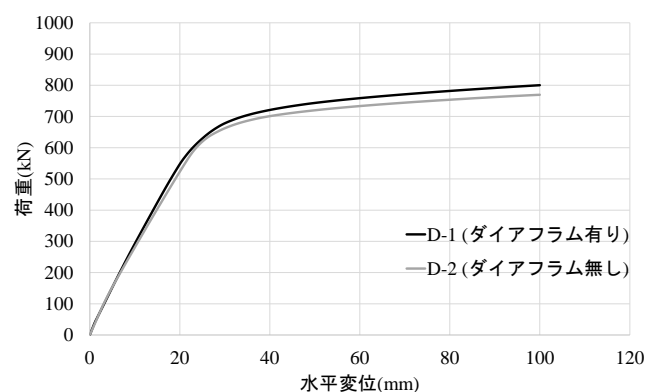


図-4 ダイアフラムの有無による影響

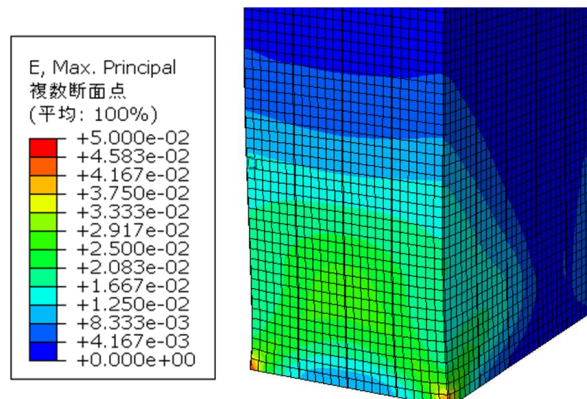


図-5 ひずみ分布 ダイアフラム有り(D-1)

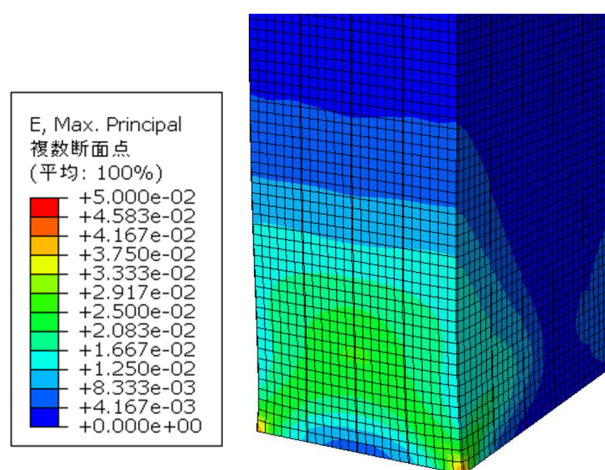


図-6 ひずみ分布 ダイアフラム無し(D-2)

まとめ

ダイアフラムが鋼製橋脚のコンクリート充填耐震性能に与える影響に関する基礎的データの収集のため,Abaqusを用いて解析的検討を行った.本論文で得られた結論を以下に示す.

- 1) 充填コンクリート直上にダイアフラムを設けることで,最大荷重値の上昇を確認した.
- 2) ダイアフラムによる拘束効果によって橋脚基部のひずみが増加することを確認した.

参考文献

- 1) 建設省土木研究所,首都高速道路公団,阪神高速公団,名古屋高速道路公社,鋼材倶楽部,日本橋梁建設協会:道路橋脚の地震時限界状態設計法に関する共同研究報告(I)-(VII)および(総括編),1997~1999
- 2) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 V耐震設計編,2017.11
- 3) 鈴木洋平,鈴木森晶:根巻きコンクリートを有する鋼製橋脚の地震後初動点検における損傷度判定に関する研究,愛知工業大学研究報告,第53号,pp75-pp84,2018