

ダイヤフラムの配置と充填コンクリートの強度が異なる 鋼製橋脚の耐震性能に関する解析的検討

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中詰め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。

これらの研究により、1996年には道路橋示方書¹⁾(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、1996 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決定することになる。²⁾

一般に、充填コンクリートはダイアフラムまで充填す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、ダイア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ア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、充填コンクリートの強度やダイアフラムが鋼製橋脚の耐震性能に影響を及ぼす程度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アフラムと充填コンクリートの強度が鋼製橋脚の耐荷力にどの程度の影響を及ぼすのかについて基礎的データの収集を行う。

2. 解析対象

解析対象は、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。

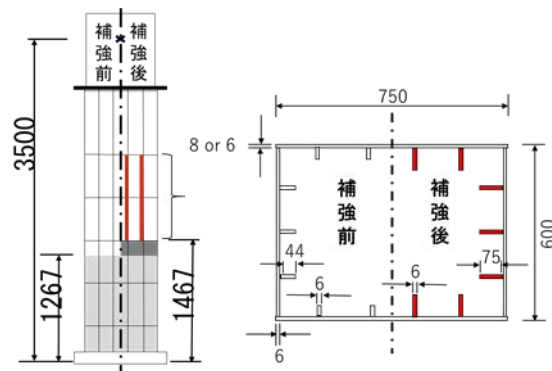


图-1 解析对象概要图

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等方硬化則を用いたシェル要素(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。

キーワード 鋼製橋脚, 充填コンクリート, ダイアフラム, FEM, 耐震補強, 耐震性能
連絡先 〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247 愛知工業大学 TEL (0568) 48-8121

載荷点に地震時の慣性力を想定した水平方向の強制変位 100mm と上部工重量に相当する軸力 500kN を載荷した。境界条件としては、橋脚基部を完全固定とし、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。また摩擦の影響は無視している。

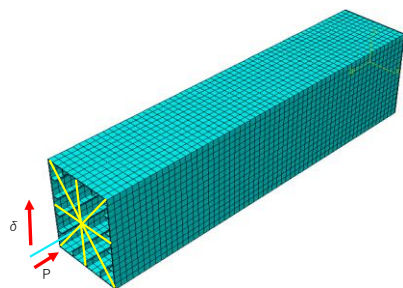


図-2 解析モデル

4. 解析結果

4. 1 充填コンクリートの強度による検討

充填コンクリート強度が鋼製橋脚の耐震性能にどの程度の影響を及ぼすかについて検討する。充填コンクリートに 20N/mm^2 , 30N/mm^2 , 45N/mm^2 (以下, c-20, c-30, c-45)の3種類を用いて比較した。

荷重-変位関係を図-3 に示す。図より初期剛性に大きな差は無いが、最大荷重は充填コンクリートの強度が大きくなるにつれて上昇することが確認された。

次に引張側の補剛パネルのひずみ分布を図-4 および図-5 に示す。橋脚基部の補剛パネルのひずみ分布と値については、コンクリート強度の違いによる大きな差は確認できない。一方で 45N/mm^2 のコンクリートを用いたモデルでは、3 段目のダイアフラム直上の補剛パネルに $10000\mu\sim 15000\mu$ 程度のひずみが確認された。

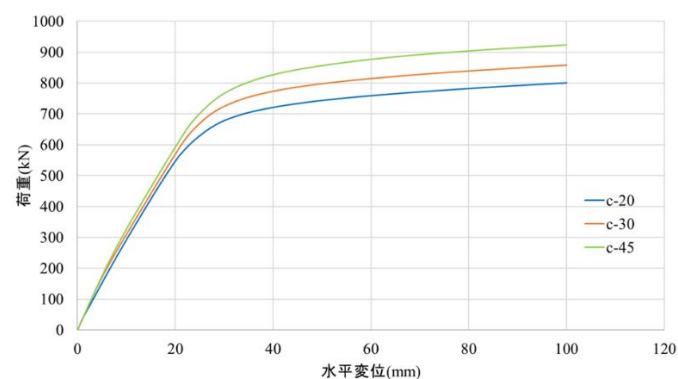


図-3 充填コンクリートの強度による比較

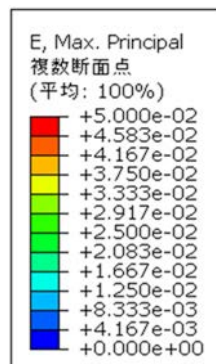


図-4 ひずみ分布 充填コンクリート 20N/mm^2 (c-20)

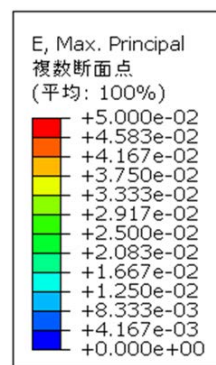


図-5 ひずみ分布 充填コンクリート 45N/mm^2 (c-45)

5. 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) 充填コンクリートに圧縮強度の高いコンクリートを使用するにつれ最大荷重が上昇する。
- 2) 充填コンクリートに 45N/mm^2 のコンクリートを用いた場合、コンクリート充填部直上の鋼断面において 10000μ 前後のひずみが生じることを確認した。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 V耐震設計編, 2017.11.
- 2) 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.