

塑性変形の局所化によるエネルギー吸収を 考慮した二重円筒鋼製橋脚の検討

東北大学工学部 ○学生員 目黒 誠
東北大学工学部 正 員 中沢 正利
東北大学工学部 正 員 岩熊 哲夫

1. まえがき

近年、鋼製橋脚の耐震性向上策に関する研究が精力的に進められている¹⁾²⁾。しかし、一本柱の場合、橋脚に局部座屈等の変形が生じた以降は、耐荷力の維持はほとんど期待できない。そこで、ここではパラレルシステムとしての二重管構造を考える。すなわち、内円筒で強度を保ったまま外円筒の局部変形および塑性変形の局所化によるエネルギー吸収を期待するという延性向上策を数値解析により検討する。

本稿では、構造解析プログラム MARC を用いた弾塑性解析を行ない、この二重円筒鋼製橋脚の最大耐力以降の耐荷性能およびエネルギー吸収能について報告する。

2. 解析対象および解析条件

実橋脚を参考とした二重円筒片持ち柱を図-1に、その断面を図-2に示す。橋脚中間部で二重管から単円筒へ移行させ、この部分が弱点とならないよう、ダイヤフラムで補強した構造を考える。外円筒の肉厚と半径差をパラメータにとり、外円筒の半径 R を 900mm に固定し厚さ t を 8, 12, 16mm と変化させた場合の比較、および $t = 8$ mm と固定し $R = 700, 800, 900$ mm と変えた場合の比較をする。内円筒半径 700mm, 肉厚 20mm は一定である。上部構造の重量を想定した一定鉛直荷重 P (内円筒降伏軸力の 15%) の下で繰り返し水平変位 δ を図-3のように $1\delta_Y$ ずつ漸増載荷した。材料の応力-ひずみ関係は、引張り試験の結果である図-4を採用した。

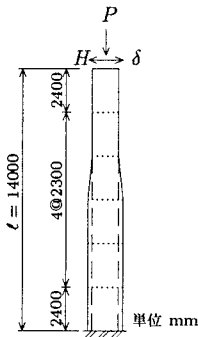


図-1 解析モデル

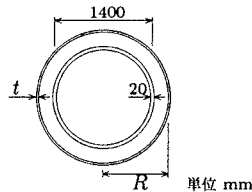


図-2 柱下部断面

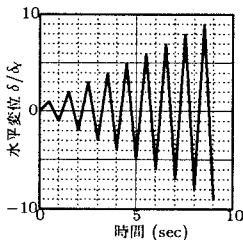


図-3 与える変位

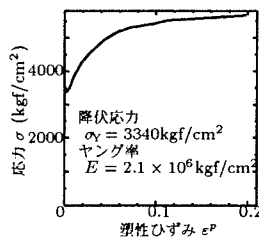


図-4 材料特性

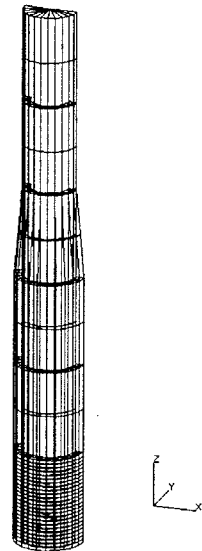


図-5 要素分割

節点数:937, 要素数:900

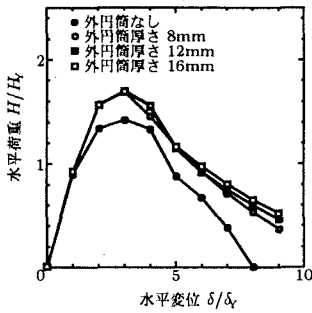


図-6 外円筒厚の違いによる包絡線の比較
(外円筒半径 900mm)

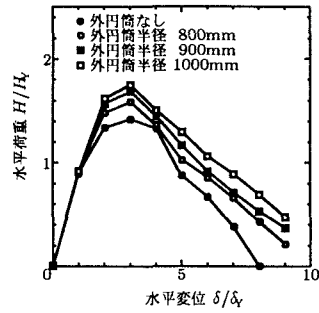


図-7 外円筒半径の違いによる包絡線の比較
(外円筒厚さ 8mm)

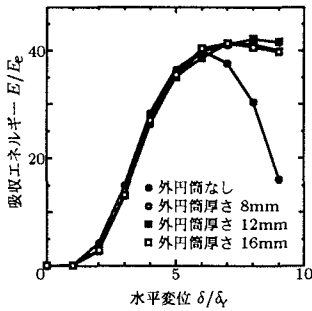


図-8 外円筒厚の違いによる吸収エネルギーの比較
(外円筒半径 900mm)

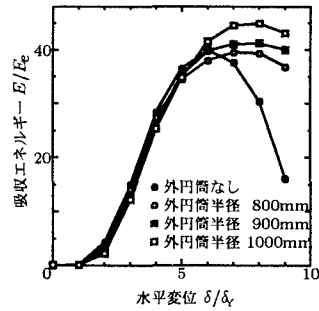


図-9 外円筒半径の違いによる吸収エネルギーの比較
(外円筒厚さ 8mm)

橋脚モデルは四辺形厚肉線形シェル要素を用いて作成し、モデルの対称性を考慮して半解析を行なった。メッシュ分割の様子を図-5に示す。幾何学的非線形性は Update Lagrangian 手法により考慮し、弾塑性判定は von Mises の降伏条件、塑性域は移動硬化則を採用した。

3. 解析結果

荷重-変位履歴曲線の包絡線の、外円筒厚の違いによる比較を図-6に、半径の違いによる比較を図-7に示す。ここで、 H_Y 、 δ_Y は基部外円筒の縁応力度が降伏に達するときの水平荷重、水平変位である。外円筒の存在により、耐荷力は増加するが外円筒厚による差はほとんど無く、かつ外円筒を厚くすることによる延性の増加は少ない。外円筒半径による比較では半径が大きいくほど無次元化した耐荷力が大きくなった。しかし、いずれのケースとも、最大耐力以降の強度低下勾配はほぼ同じであり、外円筒が無い場合と比較して、大幅な延性の増加は見込めない。これは、外円筒に局部変形が発生した直後に内円筒も局所変形を起こし、両者にほとんどタイムラグが無いためである。

また、水平荷重を横軸に、各荷重サイクルごとのエネルギー吸収量を $E_e = H_Y \times \delta_Y / 2$ で無次元化した値を縦軸として、外円筒厚の違いによる比較を図-8に、半径の違いによる比較を図-9に示す。エネルギー吸収量に関しては、単円筒モデルは $\delta/\delta_Y = 6$ を超えるとエネルギー吸収量が減少するが、二重円筒にしたものは、 $\delta/\delta_Y = 8$ 程度まで高いエネルギー吸収量を維持する。外円筒の厚さによる違いでは、ほとんど差が見られないが、半径による違いでは半径が大きいくほどエネルギー吸収量が大きくなる。

参考文献

- 1) 西川ほか：既設鋼製橋脚の耐震性能改善方法に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.42A，pp.975-986，1996.3
- 2) 中沢ほか：構成橋脚モデルの静的くり返し耐荷力に関する数値解析，土木学会第51回年次学術講演会概要集 I-A47，pp.94-95，1996.9