

I - A101

二重円筒鋼管の変形能およびコンクリート充填による延性向上策

東北大学 学生員 目黒 誠
 東北大学 正 員 中沢 正利
 東北大学 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的に調べる。

ここでは、構造解析プログラム MARC を用いた弾塑性有限変位解析を行ない、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、まず、中空の場合について検討する。また、局部変形の進展を抑制するために、外円筒と内円筒の間にコンクリートを充填し、耐荷力と変形能に与えるコンクリート充填の効果について検討する。

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およびその断面を図-1 に示す。二重管部を局所変形が予想される基部に設け、橋脚中間部で二重管から単円筒へと移行させる。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 $t=8\text{mm}$ と固定し $R=700, 800, 900\text{mm}$ と変えた場合の比較を行なう。ここで内円筒半径 700mm, 肉厚 20mm は一定とした。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-2 のように $1\delta_y$ ずつ漸増载荷した。材料の応力-ひずみ関係は、鋼材は SM490A の引張り試験の結果を採用し、コンクリートは完全弾塑性体とした (図-3)。橋脚モデルは鋼管には四辺形厚肉線形シェル要素を用い、コンクリートには八節点立体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。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、塑性域は鋼材に対しては移動硬化則を、コンクリートに対しては等方便化則を採用した。

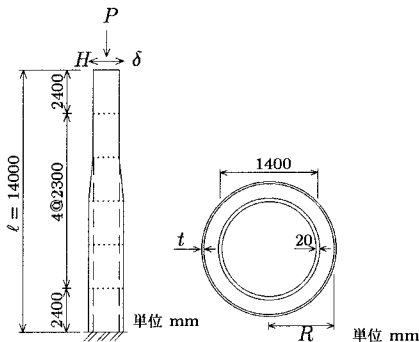
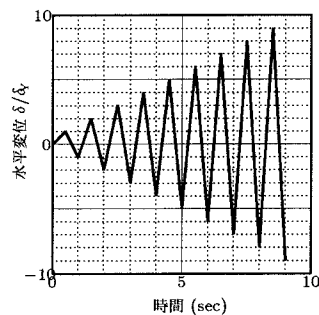
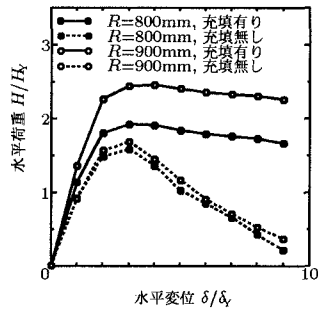
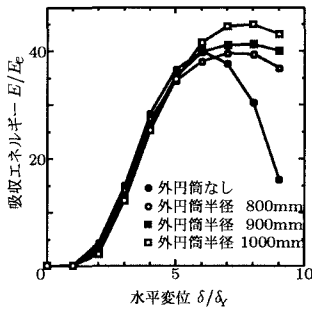
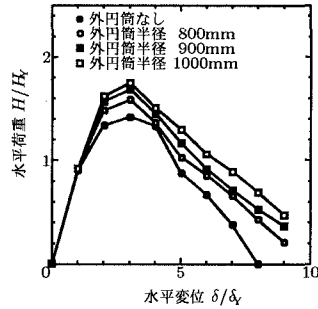
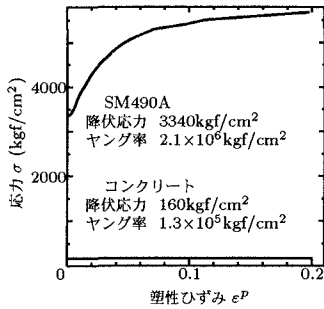


図-1 解析モデル

図-2 与える水平変位 δ

Key Words: 鋼製橋脚, 延性向上策, 二重円筒構造, エネルギー吸収, コンクリート充填柱

〒 980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 (022-217-7443, FAX 022-217-7441)



3. 二重円筒橋脚モデルの変形能およびエネルギー吸収能

荷重－変位履歴曲線の包絡線について、半径の違いによる比較を図－4 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。外円筒半径による比較では、半径が大きいほど無次元化した耐荷力が大きくなった。また、外円筒厚の違いによる比較では耐荷力や延性にほとんど差が見られなかった。このことから、細長比の大きい橋脚は $P-\Delta$ 効果による付加的なモーメントが大きく、耐荷力が低下したものと考えられる。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後外円筒で抵抗していた分担力をさらに受けて内円筒も局所変形を起こしたためである。

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、半径の違いによる比較をしたものを図－5 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急激に減少するが、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を維持する。これは、外円筒が局部変形してから内円筒が局部変形をするまでに時間的な差ができた為と考えられる。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ほど耐荷力が向上した分エネルギー吸収量が大きくなる。

4. コンクリート充填モデルの変形能

コンクリートを充填したモデルと鋼管のみのモデルの水平荷重－水平変位曲線の包絡線の比較を図－6 に示す。コンクリートを充填したモデルは局部変形が抑制されて延性が大幅に向上した。すなわち、二重鋼管の間にコンクリートを充填する方法は延性を改善し、かつ延性をコントロールできる可能性を持つ。充填量が多くなることにより耐荷力は増加するが、延性に関しては本研究の条件の範囲内ではさほど差は見られなかった。

参考文献

- 1) 西川和廣・村越潤・上山靖・高橋実：鋼製橋脚の耐震設計の一手法について，第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集，pp.401-406，1997.1.
- 2) 宇佐美勉・鈴木俊光・伊藤義人：実橋脚をモデル化した基部を有するコンクリート充填柱のハイブリッド地震応答実験，土木学会論文集 No.525/I-33，pp.55-67，1995.10.