

鋼製円筒橋脚の有限要素解析における要素分割について

九州工業大学 学生員 ○南野能克 正会員 山口栄輝
九州工業大学 正会員 久保喜延

1. はじめに

ハード、ソフトの飛躍的な進歩により、非線形構造解析も比較的容易に行える環境が整ってきた。そのような背景のもと、1995年の兵庫県南部地震以降、鋼製橋脚をシェル要素でモデル化した複合非線形解析が数多く行われてきている。しかしながら、この種の解析において、要素分割が解析結果に与える影響について検討した事例は限られている^{1),2)}。そこで本研究では、鋼製円筒橋脚を取り上げ、要素分割が解析結果に与える影響について検討する。

2. 解析方法

建設省土木研究所の荷重実験に用いられた No.8 供試体³⁾を解析対象とし、概略図を図-1に示す。構成則には、第2勾配が $E/100$ (E : ヤング率) のバイリニア骨格曲線を有するミーゼス型の弾塑性モデルを採用する。

荷重条件は、一定圧縮軸力 P (公称降伏軸力の15%) を作用させた上で、繰り返し水平荷重 H を準静的に作用させる水平交番荷重を採用する。水平荷重 H の大きさは、荷重点の水平変位 δ の振幅が $0 \rightarrow +\delta_y \rightarrow -\delta_y \rightarrow +2\delta_y \rightarrow -2\delta_y \rightarrow \dots$ と漸次増加しながら変化するように制御する。基本変位 δ_y は、橋脚を片持梁と見なして求めた初期降伏水平変位であり、 δ_y に対応する水平荷重を H_y とする。

要素分割は対称性を考慮して、円筒橋脚の1/2のみをシェル要素と梁要素で要素分割する。ここでは3つのシリーズの要素分割を考慮し、各シリーズの要素分割例を図-2に示す(図中 D は断面直径、 t は板厚)。シリーズ1は文献4)で用いられている要素分割(図-2(a))を基準とする。図-2(a)に示す要素分割を MESH1-1 とし、シェル要素による円周方向、高さ方向の分割数がほぼ1.5倍、2.0倍、2.5倍、3.0倍になるように設定した要素分割を、それぞれ MESH1-2, 3, 4, 5 とする。シリーズ2は MESH1-3 を基準とし、シェル要素の粗領域高さ h を1.0D, 0.5D, 0.0D としたモデルを設定し、それぞれ MESH2-1, 2, 3 とする。なお、シリーズ2では、シェル要素の大き

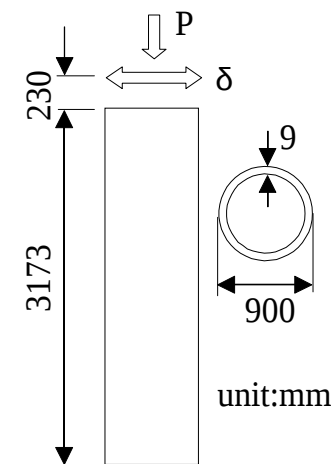


図-1 解析対象橋脚

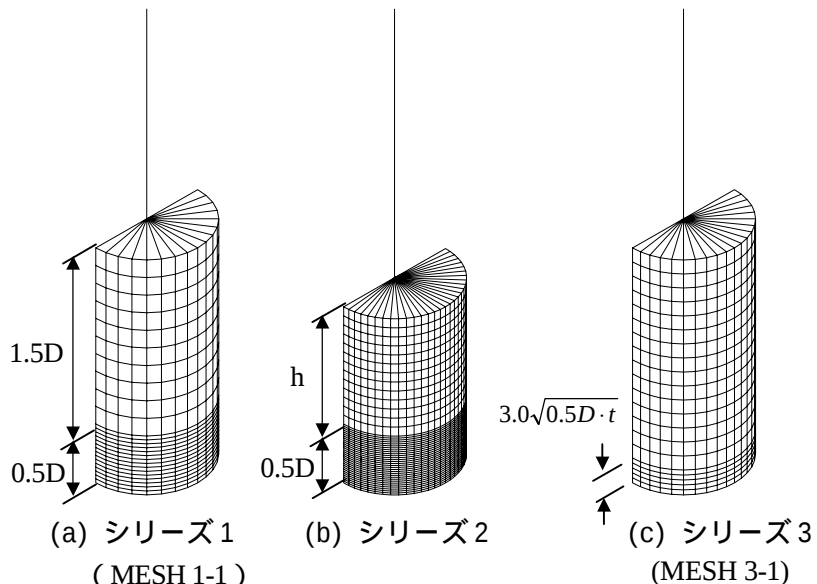


図-2 要素分割

キーワード：鋼製橋脚，要素分割，繰り返し荷重，座屈，FEM

連絡先：〒804 - 8550 北九州市戸畑区仙水町 1 - 1 Tel : 093 - 884 - 3110

さは一定に保つ。シリーズ3は、文献1)の提案に基づいて行った要素分割を基準(MESH3-1)として、円周方向および高さ方向の分割数が、ほぼ1.5倍、2.0倍、2.5倍となるように設定した要素分割を、それぞれMESH3-2、3、4とする。なお、全ての解析は汎用有限要素解析プログラムABAQUS⁵⁾で行い、要素タイプS4RとB310Sを使用する。

3. 解析結果および考察

解析結果として、載荷点における履歴曲線の包絡線を図-3に示す。シリーズ1の解析結果(図-3(a))を見ると、最大耐力力までは要素分割の影響は見られないが、それ以降になると分割の影響が現れ、要素分割が細かなモデルほど、耐力低下の度合いが大きくなっている。図-3(a)の厳密解(推定値)とは、各 δ/δ_y において、自由度の逆数と水平荷重がほぼ線形関係にあることを利用して、自由度が無限大の場合の解を推定した結果である。この数値計算上の厳密解に対する各モデルの誤差は、 $4\delta_y$ において、MESH1-1で5.7%、1-2で3.4%、1-3で2.2%、1-4で1.4%、1-5で1.0%となっている。また $6\delta_y$ においては、MESH1-1で20.6%、1-2で10.5%、1-3で6.9%、1-4で4.1%、1-5で2.9%となっており、変位が増加するにつれて誤差も増加することがわかる。

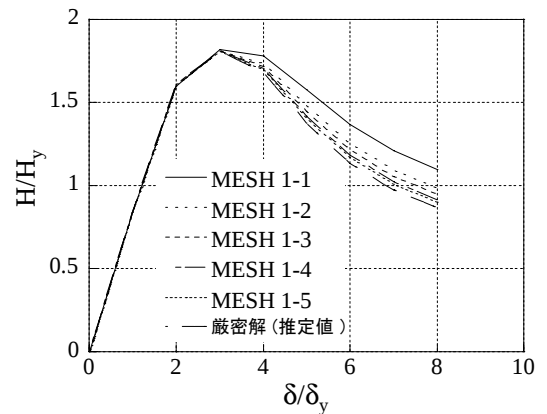
図-3(b)に示すシリーズ2の解析結果では、梁要素でモデル化する領域の大小による影響はほとんど見られない。MESH2-3では、シェル要素で細かく要素分割した領域が、すぐに梁要素の領域に結合されるが、MESH1-3との差は最大で2.6%にすぎない。MESH2-2の誤差が最大でも1.4%であることを思えば、シェル要素の粗分割領域は、0.5D程度で実用上は十分と考えられる。

図-3(c)のシリーズ3の解析結果でも、シリーズ1と同様に、最大耐力力までは要素分割の影響はなく、最大耐力以降において、要素数の多いモデルほど耐力低下の度合いが大きくなっている。MESH3-1は他の結果と大きく離れており、ABAQUSのシェル要素(S4R)を用いる限り、文献1)に示されている基準をぎりぎり満たす程度の要素分割では、必ずしも十分でないことがわかる。

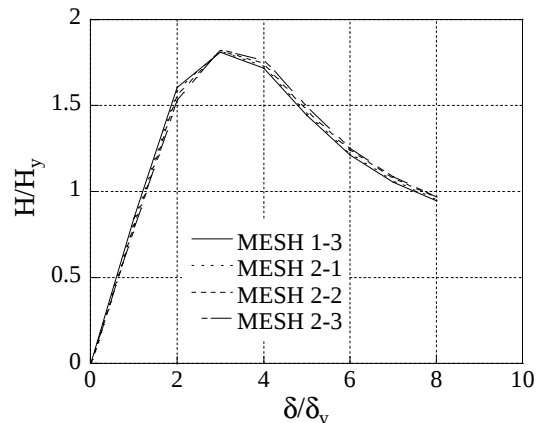
4. まとめ

本研究の解析結果を見ると、最大耐力力までは要素分割の影響は小さいが、最大耐力以降では、かなり影響のあることがわかる。したがって、耐力の劣化域まで含めた解析を行う場合には、要素分割を慎重に検討する必要がある。また、梁要素でモデル化する領域は、本解析結果を見る限り、既存の解析モデルよりかなり大きく取ることが可能なようである。計算時間を短縮するには重要なポイントと思われる。参考文献

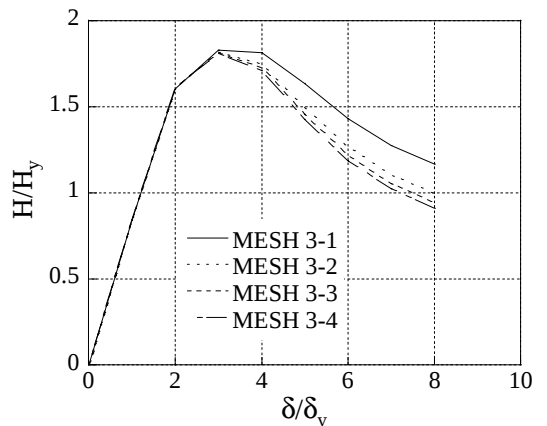
- 1) 中村：円筒殻の弾塑性座屈解析，土木学会構造工学委員会，構造工学震災調査特別小委員会，WG2 資料，1995
- 2) 日本鋼構造協会：橋梁システムの動的解析と耐震性，2000
- 3) 建設省土木研究所：道路橋橋脚の地震時限界状態設計法に関する共同研究報告()，1997
- 4) 太田他：鋼製橋脚の耐震設計に対する構造解析ソフトウェアの適用性，橋梁と基礎，12月号，97-12
- 5) ABAQUS/Standard User's Manual，Ver.5.5，1995。



(a) シリーズ1



(b) シリーズ2



(c) シリーズ3

図-3 解析結果(包絡線)