

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 学生会員○永松 寿隆 九州工業大学 正会員 山口 栄輝
九州工業大学 学生会員 南野 能克 九州工業大学 学生会員 村田 洋平

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、有限要素法を用いた複合非線形解析が数多く行われ、シェル要素を用いることにより、局部座屈が再現され、解析法に関してかなりの知見が蓄えられてきている。

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)}。また、既存の橋脚の多くが変断面であるにもかかわらず、そうした実橋脚に近い解析モデルを用いた解析も十分に行われていない。そこで本研究では、鋼製円形変断面橋脚を取り上げ、要素分割が解析に与える影響について検討する。

2. 解析方法

本研究では、図-1に示すような円形断面橋脚を解析対象とした。これは、高さ方向に板厚 t が変化する変断面構造で、断面半径が3000mm、高さが18500mmである。構成則には、第2勾配がヤング率の1/100となる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(移動硬化則)を採用する。橋脚頂部に一定圧縮軸力 P (公称降伏軸力の15%)を作用させた上で、その点の水平変位 δ を単調増加させる。

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、2種類(シリーズと呼ぶ)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、 R は断面半径)。文献2)によると、橋脚基部に局部座屈が生じるモードと断面変化点に局部座屈が生じるモードが報告されている。したがって、面外変形が発生し得る断面変化点近傍と基部を細かく要素分割する。シリーズ1は、その細分割範囲を文献3)に倣い0.5D、シリーズ2では、文献1)を参考にし $3\sqrt{Rt}$ とした。基本分割数は、シリーズ1は文献3)、シリーズ2は文献1)を参考に決定した。図-2に示すモデルを基本モデル(Mesh1)とし、要素分割数を円周方向、高さ方向共に約1.5, 2.0, 2.5倍と要素分割したモデルをそれぞれのシリーズでMesh2, Mesh3, Mesh4と呼ぶ。なお、全ての解析は汎用有限要素解析プログラムABAQUS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、載荷点における水平荷重-水平変位関係を図-3に示す。なお、図中の δ_y は、橋脚を片持ち梁と見なし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。

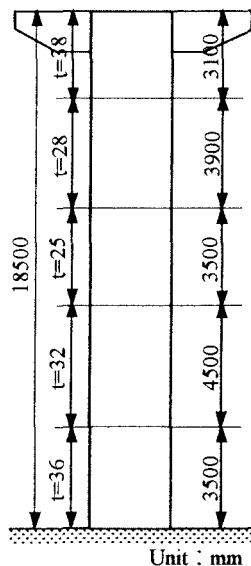
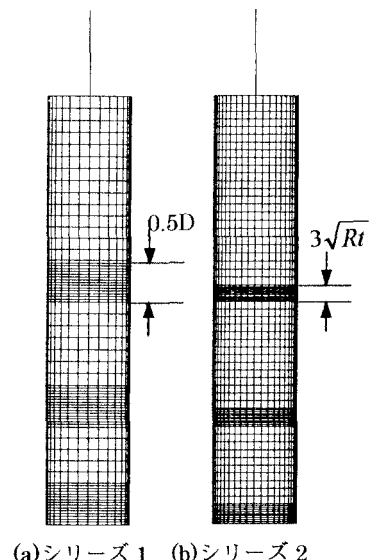


図-1 解析対象橋脚



(a)シリーズ1 (b)シリーズ2

図-2 要素分割

解析結果(図-3)を見ると、いずれのシリーズでも、要素分割の影響は最大耐荷力までは見られず、耐荷力の劣化域で現れている。すなわち、要素分割が細かいほど耐荷力低下の度合いが大きくなっている。

シリーズ1においては、図-3(a)に示すように、2グループの荷重-変位曲線が存在する。これは、2種類の座屈モードが発生することに起因している。すなわち、図-4(a)のMesh1のように橋脚基部に座屈変形が生じるモードと、Mesh4のように断面変化点に座屈変形が生じるモードがある。断面変化点に座屈変形が生じる場合、基部に比べて板厚が薄いため、最大耐荷力以降の耐荷力低下の度合いが大きくなっている。局部座屈は、いずれのモードも細分割領域内に収まっており、細分割領域は0.5Dで十分である。

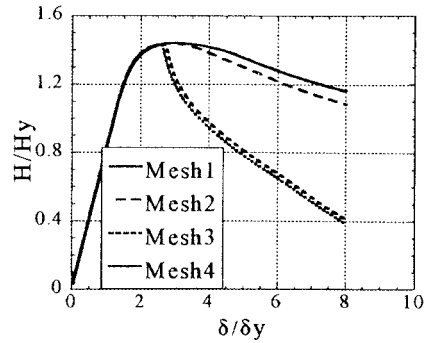
シリーズ2においては、全て断面変化点に局部座屈が生じるモードであり(図-4(b))、図-3(b)に示す通り、耐荷力低下の度合いの大きい曲線となっている。局部座屈は、全て細分割領域内に収まっている。しかし、その範囲一杯に局部座屈が生じているため、細分割領域 $3\sqrt{Rt}$ については、さらに検討する必要があると思われる。

4. まとめ

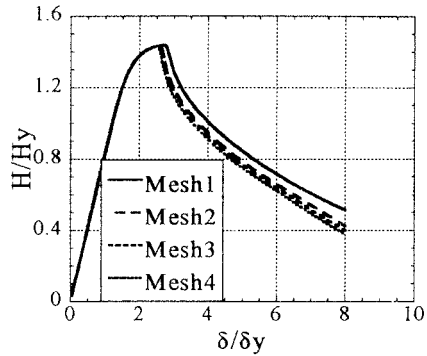
要素分割の影響は最大耐荷力までは見られず、耐荷力の劣化域で現れる。一般に、要素分割が細かいほど耐荷力低下の度合いが大きくなっている。また、要素分割によって、座屈モードが変わり、水平荷重-水平変位関係が大きく変化することがある。この現象は、解析条件の異なる文献2)でも報告されており、変断面橋脚においては十分注意する必要がある。局部座屈は細分割領域 $3\sqrt{Rt}$ を超えてはいないが、その範囲一杯に変形が生じていることから、さらに検討が必要であると考えている。また、断面変化点下側における細分割領域についても検討していく予定である。

<参考文献>

- 1) 中村:鋼製円筒橋脚の動的弾塑性座屈解析, 土木学会論文集, No. 549/I-37, 1996年
- 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) 大田他: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, 1997年12月号

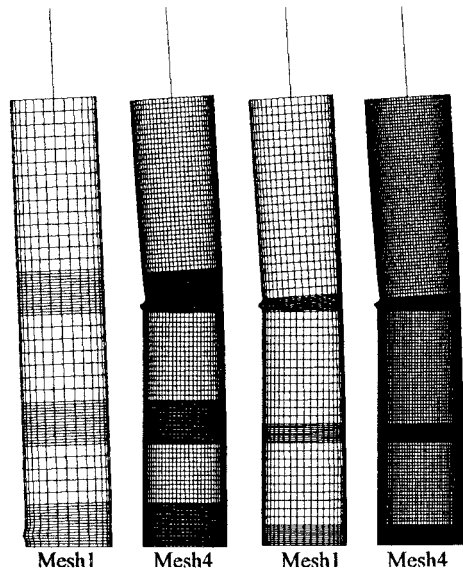


(a) シリーズ1



(b) シリーズ2

図-3 水平荷重-水平変位関係



(a) シリーズ1 (b) シリーズ2

図-4 最終変形図