

I - B 193 動的な繰返し荷重を受ける円形断面鋼製橋脚の局部座屈特性

大成建設（株） 正会員 斎賀 雄 名古屋工業大学 正会員 後藤 芳顯
名古屋工業大学 正会員 小畑 誠 名古屋工業大学 学生会員 村上 尚史

1. はじめに

準静的な繰返し荷重下の鋼製橋脚の終局挙動については数多くの載荷実験によりかなりの知見が得られ、また数値解析面でも鋼材の繰返し塑性の構成則を正確に考慮した、シェル要素を用いた複合非線形解析により、その局部座屈モードを含む終局挙動をかなり精度良く予測しうることが明らかになった¹⁾。しかしながら、地震などの動的荷重下の局部座屈特性については必ずしも十分に検討されていない。ここでは、径厚比パラメーター R_t を変えた円形断面橋脚モデルに橋脚の固有周期を考慮した正弦波加速度を入力した場合の局部座屈挙動を数値解析により検討する。解析としては、汎用アプリケーションソフト(ABAQUS Ver5.7)に材料構成則として繰返し塑性を考慮した三曲面モデル¹⁾を組み込み、動的複合非線形解析を実施する。

2. 解析モデルの概要

解析モデルは、高さと径が一定の下端部固定の円筒殻で径厚比パラメーター R_t を3種に変化させている。このモデルの諸元を表-1に、構造パラメーターを表-2に示す。ここで、軸力比 $P/A\sigma_y$ は一定としている。また、細長比は $\lambda=0.355\sim0.359$ でほぼ一定となっている。

材料構成則としては、図-1に示す一軸の真応力-対数ひずみ関係(SM490)をもとに、繰返し塑性を考慮した三曲面モデルを用いる。橋脚基部の入力加速度としてはSIN波を与える。SIN波の周期は各橋脚モデルの弾性固有周期の0.75～2.00倍の範囲で、振幅は100gal～600galの範囲を考える。こうして得られたSIN波を2周期分与え、その後は5.0秒まで入力加速度を零として解析する。

3. 解析結果

①最大応答変位

各ケースの入力波の振幅が300galの場合の橋脚頂部の最大応答水平変位と入力SIN波の周期との関係を図-2に示す。図-2から最大応答変位は固有周期の1.5倍でピーク値をとっている。入力波の周期が固有周期に近くなると、共振現象により応答変位が増大することはよく知られているが、ここでは局部座屈により橋脚の剛性が低下し、橋脚の固有周期が長くなったために固有周期の1.5倍近傍で最大値をとったと思われる。なお、 $R_t=0.13$ の橋脚は入力波の周期が固有周期の1倍以上ではすべて倒壊したため最大応答変位は表示していない。

表-1 供試体諸元

供試体	model A	model B	model C
$h(mm)$	10000	10000	10000
$D_r(mm)$	2000	2000	2000
$t(mm)$	42	31	19
$P/(A\sigma_y)$	0.150	0.150	0.150
$H_y(tN)$	3.373	2.478	1.546
$\delta_y(mm)$	43.13	43.13	43.13
固有周期(sec)	0.8414	0.8371	0.8324

表-2 構造パラメーター

供試体	model A	model B	model C
R/t	23.8	32.3	52.6
R_t	0.060	0.081	0.132
λ	0.359	0.357	0.355

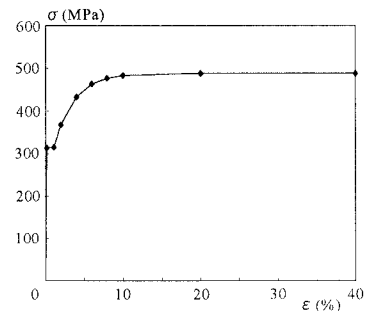


図-1 真応力-対数ひずみ関係

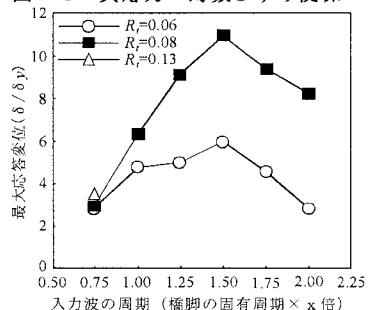


図-2 入力波の周期-最大応答変位

キーワード：鋼製橋脚，動的座屈，局部座屈，塑性座屈，時刻歴応答解析，耐震

連絡先：〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学

図-3に入力波の振幅が300galで入力波の周期が固有周期×1.00倍ケースの時刻歴応答変位曲線を示している。図-3から応答変位の履歴は、径厚比パラメーター R_t が小さいほど正負両側に数回変位が繰り返して応答している。これは R_t が大きい場合、基部の局部座屈が大きく生じ、橋脚が一方に大きく傾くが、 R_t が小さい場合には局部座屈変形が小さく、橋脚の傾きも小さいためである。したがって、図-2のように橋脚の径厚比パラメーター R_t が大きくなるほど入力波が同じ周期、振幅でも、最大応答変位が増加する。

②局部座屈モード

図-4に入力波の振幅が300galのときの入力波の周期と径厚比パラメーター R_t で最大応答変位時の座屈モードを分類した図を示す。

ただし $R_t=0.13$ の橋脚で倒壊したケースは加速度入力中の最大応答変位時の座屈モードを示してある。この図より、径厚比パラメーター $R_t=0.06$ の橋脚に周期が固有周期×0.75倍と固有周期×2.00倍のSIN波を入力した場合を除いて、全てのケースで橋脚基部で局部座屈が生じている。図-4から最大応答変位時での局部座屈形態は、局部座屈なし、片側局部座屈モード(図-5)、提灯座屈モード(図-5)の3通りに分けられる。座屈モードとしては片側局部座屈モードと提灯座屈モードの2種類であるが、 R_t が大きい場合ならびに入力波の周期の長周期領域に提灯座屈モードは現れやすい。これは R_t が大きいと局部座屈が生じやすく、提灯座屈も生じやすくなるためである。また入力波の長周期領域に提灯座屈が発生しやすい理由としては、橋脚が局部座屈による損傷を受けると局部座屈発生位置の剛性が低下することによって橋脚の固有周期が長周期化する。このため長周期領域で共振により両振りを生じて提灯座屈が生じる。このことを示すため、図-6には $R_t=0.08$ の橋脚に3種類の周期を持つ振幅300galのSIN波を入力したときの時刻歴応答曲線を示す。図-6から、入力波の周期が長くなるほど時刻歴応答曲線が正負両方向に大きく応答していることが確認できる。

5. まとめ

SIN波を加速度として入力した場合の円形断面橋脚の動的の局部座屈モードを数値解析により検討した。この結果より入力波の周期が橋脚の固有周期の約1.5倍の時にとる応答変位が最大値をとり、この周期より大きい入力波では提灯座屈モードを生じ、これ以下では片側局部座屈となりやすいことが判明した。

【参考文献】

- 1) 後藤, 王, 高橋, 小畑: 繰り返し荷重下の鋼製橋脚の有限要素法による解析と材料構成則, 土木学会論文集, No.591/I-43, pp.189-206, 1998

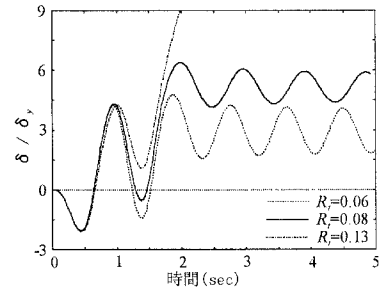


図-3 時刻歴応答変位の R_t による履歴の比較

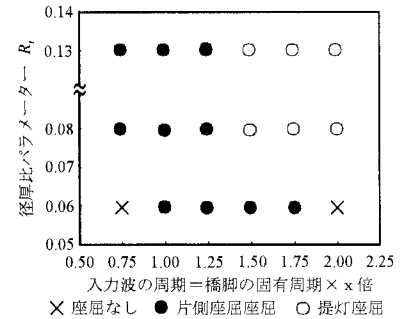
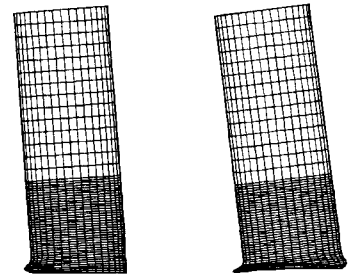


図-4 局部座屈モードの分類



片側局部座屈モード 提灯座屈モード

図-5 座屈モード

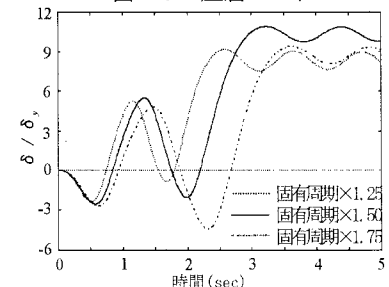


図-6 時刻歴応答変位の入力周期による履歴の比較