

鋼製橋脚の低サイクル疲労の発生に関する一考察

新日本製鐵 正員 ○富永 知徳

新日本製鐵 正員 安波 博道

1. 緒言

鋼製橋脚の耐震性に関する研究が各機関で数多く行われてきた。それらにより、橋脚の終局状態における損傷の形態が、補剛板の座屈もしくは橋脚基部の低サイクル疲労であることが判明してきた。

土木鋼構造物は比較的薄肉であるため座屈発生が先行すると見られていた。しかし、近年、構造の加工工数を削減するという見地から比較的厚肉でコンクリート外断面の構造物が提案されてきており¹⁾、このような構造では座屈が発生しにくいと、疲労が発生する可能性がある。また、車両衝突による被害防止のため基部にコンクリートを充填している場合についても同様の傾向がある²⁾。本論文は、同じ上部工について設計された、数種類の幅厚比・ラメラあるいは径厚比を持つ橋脚モデルの実験と解析の結果をもとに低サイクル疲労の発生に関して考察を行ったものである。

2. 変形能と低サイクル疲労

Table. 1に示す7種類の断面を持つ橋脚モデルについて準静的繰り返し載荷試験を行った。これは、Fig. 1(a)に示すような地震力を受ける橋脚を、Fig. 1(b)のように一定軸力作用下で漸増の繰り返し水平変位を受ける片持ち梁に理想化して載荷を行うものである。その水平載荷履歴は、Fig. 2に示すように1δyごとの変位増分および1変位段階あたり3回の繰り返しである。

この実験においては、最も厚肉なR0-20とS2-20について低サイクル疲労が発生した。他の5体については座屈の発生により耐荷力を喪失した。これらの結果について、文献2)の手法に基づいて頭頂変位履歴の最大変位振幅と繰り返し回数をもとめ、Fig. 3にプロットする。この図中に文献2)において得られた疲労曲線を示すが、前述の低サイクル疲労破壊の2体のみがこれを超えていることが判る。この疲労曲線は基部にコンクリートを充填した橋脚モデルについて準静的繰り返し載荷試験の結果から、橋脚頭頂の最大変位振幅と等価繰り返し回数によって整理されたものである。また、Fig. 4に幅厚比・径厚比と変形能力との関係を示すが、これより低サイクル疲労破壊が発生するのは、かなり変形能の大きい、すなわちかなりコンクリート外断面の領域であることが判る。

3. 地震応答解析と破壊ケース

準静的繰り返し載荷試験は、基本的には変形能力を確認するものであり、「破壊するまで」変形量を増やしながら載荷するため、本来の意味での耐震性を照査するものではない。

ここでは、Fig. 1(a)に示すような橋脚をFig. 1(c)に示す1質点-ばね系モデルに仮定し、復元力特性として準静的繰り返し載荷試験から得られた各試験体の荷重変形曲線を用いて地震波応答解析を行った。この結果を累積等価繰り返し数-最大変位振幅関係としてFig. 5に示す。1回の地震波入力で座屈が生じなくても、数度の入力によって座屈もしくは低サイクル疲労による破壊が発生する可能性も考えられるため、ここでは5回までの地震波入力を行った。入力地震波は道路橋示方書³⁾に示される3種類の地盤に関するⅡ2地震波を用いた。上載質量はそれぞれの地盤について、Ⅱ1の地震波で塑性化しない大きさに設定した。

結果として、5回の地震波入力でも疲労曲線を超える場合はない。これより、低サイクル疲労に関しては余裕が大きいことが判る。また、座屈破壊も5回目の入力で最も薄肉であるR0-30の1体についてのみ生じた。ただし、モデルと地震波の組み合わせによっては、かなりの損傷が累積する。

4. 結言

地震波応答解析の結果、鋼製橋脚においては疲労破壊も座屈破壊も生じにくいことが判明した。特に疲労に関しては余裕が大きいと、終局状態としては座屈の可能性が大きいと考えられる。ただし、ここで用いた振動解析モデルは簡易なものであり、剛性の低下、バウシinger効果などが考慮されていない。よって、今後はワイルド応答試験によりこの数値モデルの精度向上をはかり、本解析結果の検証を行う予定である。

Table.1 モデル橋脚諸元

供試体	外形寸法 cm	板厚 cm	断面積 cm ²	2次モーメント cm ⁴	幅厚比 パラメータ	変形能力 δ/δ_{y0}	上載質量(t)		
							1種地盤	2種地盤	3種地盤
矩形断面									
S6-30	300	3.20	4.92E+03	6.96E+07	0.29	3.12	2300	1700	1700
S2-30	300	5.00	6.57E+03	9.22E+07	0.44	3.39	2300	1700	1700
S2-25	250	6.00	6.78E+03	6.38E+07	0.30	4.92	2300	1700	1700
S2-20	200	9.00	9.00E+03	4.77E+07	0.16	6.27	2300	1700	1700
円形断面					径厚比				
R0-30	300	4.50	4.17E+03	4.56E+07	66.20	2.39	1500	1100	900
R0-25	250	6.00	4.60E+03	3.42E+07	39.10	3.98	1500	1100	900
R0-20	200	10.00	5.97E+03	2.07E+07	19.90	4.67	1500	1100	900

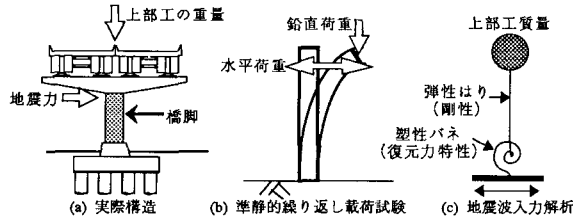


Fig.1 地震を受ける橋脚のモデル化

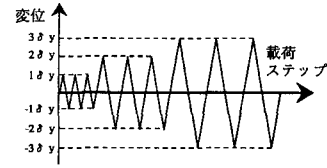


Fig.2 水平荷重パターン

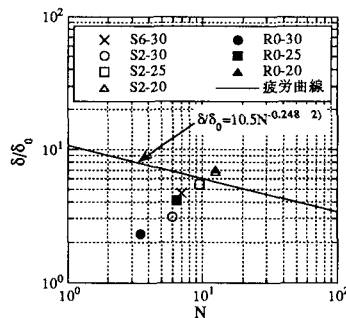
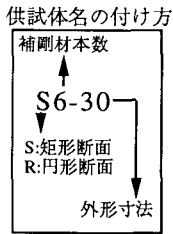


Fig.3 最大変位振幅・累積等価繰返し回数関係 (準静的繰返し荷重試験による結果)

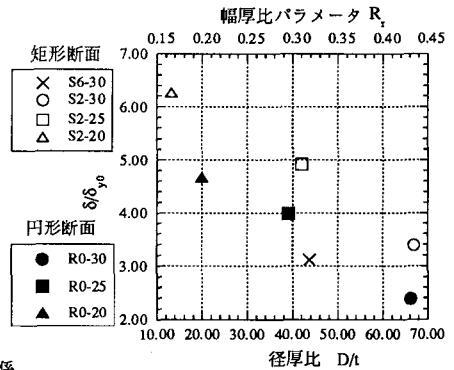
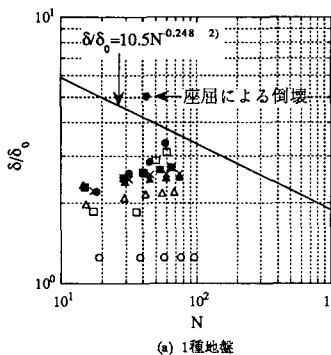
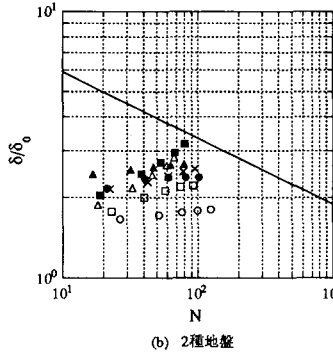


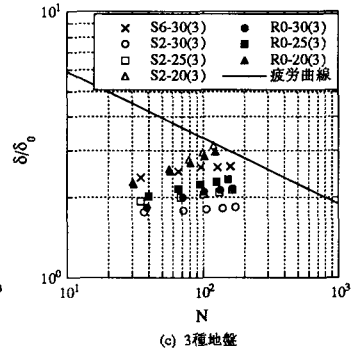
Fig.4 幅厚比パラメータ/径厚比 - 変形能関係



(a) 1種地盤



(b) 2種地盤



(c) 3種地盤

Fig.5 累積繰返し回数 - 等価変位振幅関係

参考文献

- 1) 富永, 安波, 宇佐美, 奈良: 厚肉少補剛断面化を指向した鋼製橋脚の繰返し荷重試験, 土木学会年次講演会概要集, 1993年
- 2) 川島, 杉田, 木暮, 竹名: 中埋めコンクリートを有する鋼製橋脚の地震時保有水平耐力に関する実験, 土木学会地震工学研究会概要集, 1993年
- 3) 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 1990年