補剛箱形断面鋼製橋脚基部における延性き裂発生の評価法に関する一検討

1. はじめに

1995年1月に発生した兵庫県南部地震により損傷を受けた 鋼製橋脚の事例から,地震により過大な繰り返し荷重が作用 した際に,鋼製橋脚の基部や隅角部といったひずみ集中部に おいて延性き裂の発生を起因とする脆性的な破壊が生じるこ とが懸念されている.そこで,著者らは脆性的な破壊形態の 第1段階である延性き裂の発生に着目し,延性き裂の発生を 考慮した耐震設計法の確立を目指している.本検討では,既 往の補剛箱形断面鋼製橋脚を対象とした繰り返し載荷実験に ついて解析的に再現し,延性き裂発生箇所近傍のひずみ挙動 を明らかにするとともに,Miner 則に基づく損傷度を用いて, 延性き裂発生の評価を試みる.

2. 解析概要

本検討では,補剛箱形断面を有する小型実験供試体 S35-35I¹⁾及び大型実験供試体 KD-10²⁾について検討する.これ らの実験供試体について,基部にき裂が発生し,き裂が大き く進展した結果,荷重が低下していたことが確認されている. S35-35I の解析モデルの全体図,断面図を図-1 に示す. S35-35I 及び KD-10 の解析モデルの諸元を表-1 に示す.表中 の文字はそれぞれ,h:柱としての高さ,B:フランジ幅,D:ウェブ幅,t:板厚, $b_s:$ 補剛材長さ, $t_s:$ 補剛材板厚,a:縦 横比($a=l_d/b$, $l_d=$ ダイヤフラム間隔,b=ウェブ板厚中心間の フランジ幅), $R_f:$ 幅厚比パラメータ, $\bar{\lambda}:$ 細長比パラメー タ, $y/y^*:$ 縦補剛材剛比(縦方向補剛材剛比yと線形座屈理 論から求められる最適剛比 y^* との比), $\bar{\lambda}_s:$ 補剛材細長比パラ

メータ, *P*/*P*_y:軸力比(鉛直荷重 *P* と全断面降伏荷重 *P*_yの比)を示している.使用鋼材は S35-35I が SM490YA, KD-10 が SM490A である.



ては図-2に示すように、1サイクルずつ変動変位振幅繰り返し荷重を載荷させた.なお、本研究では、1サイクルの半分(例えば 13,から - 13,までの載荷過程)を半サイクルと称する.材料構成則としては修正2曲面モデルを用い、モデルパラメータには引張試験^{1),2)}で得られた値を使用した.

キーワード 鋼製橋脚, 延性き裂,塑性ひずみ, Miner 則 連絡先 名古屋市千種区不老町 電話 052-789-4485 FAX 052-789-5461



名古屋大学 学生会員

藤江 渉

図-1 解析モデル

表-1 解析モデルの諸元

| 供試体名 | h | В | D | t | b_s | t _s |
|---------|------|---------|----------------------|------|------------------------|----------------|
| | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) |
| S35-35I | 1033 | 224 | 202 | 4.9 | 26 | 4.9 |
| KD-10 | 3303 | 720 | 692 | 14 | 90 | 10 |
| 供試体名 | | R_{f} | $\overline{\lambda}$ | γ/γ* | $\overline{\lambda}_s$ | P/P_y |
| S35-35I | 0.5 | 0.33 | 0.35 | 3.7 | 0.17 | 0.172 |
| KD-10 | 0.5 | 0.36 | 0.30 | 4.1 | 0.18 | 0.148 |



3. 解析結果

解析により得られた水平荷重 - 水平変位履 歴曲線を図-3 に示す.同図において,H,は降伏 水平荷重, σ,は降伏水平変位を示している.本 解析では延性き裂の発生・進展による耐力低下 は模擬できないので,最大荷重時までに着目す る.同図から,解析結果は実験結果に比べ, S35-35Iでは水平荷重を若干小さく評価してい るが,概ね実験結果を再現できていることが分かる.



本研究では延性き裂の評価指標として, Miner 則に基づく損傷度を用いる.損傷度 D は以下の式で表される.

 $D = C \sum \left(\varepsilon_{pr} \right)^m \tag{1}$

ここで, ε_{pr}は塑性ひずみ範囲, C・m は鋼材による定数で, SM490 では C=9.69, m=1.86 である³⁾. 塑性ひずみ範囲の抽出にはレンジ法を用い た. なお,本手法では実験結果と比較するため, 1~2mm 程度の延性き 裂の発生を予測することを想定している.

S35-35I について,得られた損傷度と半サイクル数の関係を図-5 に示す.損傷度 D が1 に達した時点が予測延性き裂発生点となるが,同図から分かるように,実験での延性き裂発生点と良く一致しており,式(1)を用いて延性き裂発生を評価出来たといえる.

表-2 に解析により得られた予測延性き裂発生点と実験での延性き裂 発生点の比較をまとめる.同表より,本手法により,概ね実験での延 性き裂発生を評価できていることが分かる.

4. 結言

Miner 則に基づく損傷度を用いることで,実験での延性き裂発生を解析により概ね評価できることを確認した. なお,本解析での結果は,材料構成則,着目箇所の要素サイズに影響を受けると考えられ,今後詳細な検討が必 要である.また,設計への応用を考慮し,ファイバーモデルによる解析を用いて,本解析と同様の精度で延性き 裂の発生を評価する手法について検討する必要がある.これらのことについては,発表で紹介する予定である. 参考文献

1)芳崎・宇佐美・本間:大地震後の残留変位を抑制した鋼製橋脚の開発 - ハイブリッド地震応答実験による検証 - , 構造工学論文集, Vol.45A, pp.1017 - 1026, 1999.2)中村・安波・小林・中川・水谷:少補剛コンパクト断面鋼製 橋脚の耐震性能に関する実験,鋼製橋脚の非線形数値解析と耐震設計に関する論文集, pp.331-338, 1997.3)西村・ 三木:構造用鋼材のひずみ制御低サイクル疲れ特性,土木学会論文報告集,第 279号, pp.29-44, 1978.



図-3 水平荷重 - 水平变位履歴曲線





表-2 予測延性き裂発生点と

実験結果の比較(半サイクル数)

| | 解析 | 実験 |
|---------|--------|------|
| 供試体名 | 予測延性き裂 | 延性き裂 |
| | 発生点 | 発生点 |
| S35-35I | 10 | 10 |
| KD-10 | 8.4 | 8 |