

繰り返し荷重作用後の鋼板の残存強度評価

鳥取大学工学部 フェロー会員 上田 茂 鳥取大学工学部 正会員 池内 智行
鳥取大学工学部 正会員 盛川 仁 鳥取大学大学院 学生員 ○田口 大介

1. はじめに

兵庫県南部地震以来、各研究機関で鋼製橋脚の耐震性能評価および向上策について精力的に研究が行われている。しかし、一方で塑性化・座屈などの被害を受けた鋼製橋脚がどの程度の残存強度を有しているかは明らかにされていない。これらの情報は被災後に鋼製橋脚の補修を行うか否かあるいは補修の優先順位を決定する上で非常に重要となる。

そこで、本研究では、数値解析を主として、被災した鋼製橋脚の残存強度評価を行うことを目的とする。数値解析では鋼製橋脚を構成する板パネルを対象として、まず地震動を模した繰り返し圧縮引張を与えて損傷たわみを発生させ、その後、極限強度を求める。この解析結果を損傷たわみと極限強度の関係に着目して整理を行った。さらにこの関係から損傷たわみをパラメータとした鋼板の残存強度評価式を提案する。

2. 残存強度解析手法

本研究では弾塑性有限変位解析プログラム CYNAS¹⁾を用いて残存強度の評価を行った。CYNAS は繰り返し塑性履歴を受ける鋼構造物を対象とするため構成則として BMC モデルを用いている。残存強度の評価を行った解析モデルは、鋼製橋脚の最小構成要素である周辺単純支持された鋼板とした。初期不整として図-1 に示すように、初期たわみを $b/150$ 、残留応力を図の点線のように圧縮方向に $0.3\sigma_y$ 、引張方向に σ_y 与えた。さらに、構造および変形の対称性より 1/4 モデルとして要素分割は図-1 に示すような 13×13 分割とした。幅厚比パラメーター λ_p の影響を調べるため $\lambda_p = 0.3, 0.4 \cdots 0.8$ の 6 種類を考えた。なお、地震による損傷を解析によって再現するため、図-2 のように、降伏ひずみ ϵ_y を基準として水平変位 ϵ を各サイクルで漸増しながら繰り返し与えた。図-3 に板中央でのたわみと荷重の関係を示す。図に示すように損傷シミュレーション終了後の板中央でのたわみを損傷たわみとし、次にそこから単調載荷を行い、その時の極限強度を残存強度として求めることとした。

3. 解析結果と残存強度評価式の提案

残存強度の評価を行う前に、損傷たわみ無しの場合の極限強度を求めた。図-4 に、幅厚比パラメーターと極限強度の関係を示す。この関係は図中の JSCE の下限値強度評価式²⁾(式(1))とほぼ一致している。次に各モデルで地震損傷を与える繰り返し履歴を変化させて損傷たわみと残存強度の関係を求めた。図-5 に解析結果を示す。図中に幅厚比パラメーター $0.3 \sim 0.8$ のモデルを P0.3～P0.8 で示している。各モデルでそれぞれある損傷たわみを境に強度の変化が同じ曲線上にある傾向を示すことが分かる。図-5 の、損傷たわみが限界値以上の損傷たわみに対する残存強度の評価式を式(2)のように提案する。また、たわみが 0 の状態からこの曲線に交差する点を限界値として、損傷たわみが限界値以下の場合ほとんど強度が落ちていない。これより、この幅厚比パラメーターにのみ依存する領域の残存強度は損傷を受けていない鋼板の極限強度にほぼ等しく、この領域での残存強度は式(1)で求めてもよいと考えられる。

4. 残存強度評価手順

提案した残存強度評価式を用いて、以下の手順で損傷たわみの生じた鋼板の残存強度の評価が可能である。

- ① 損傷した鋼板の幅厚比パラメーターを確認し極限強度を式(1)により求める。
- ② 求めた極限強度と残存強度評価式(2)に代入し適用限界損傷たわみを求める。
- ③ 損傷たわみを測定し、限界値以下なら式(1)より求まる極限強度を残存強度とし、限界値以上なら式(2)より残存強度を求める。

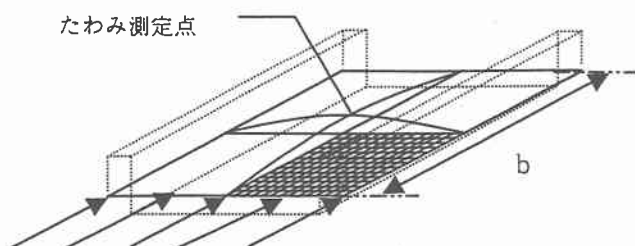


図-1 解析モデル

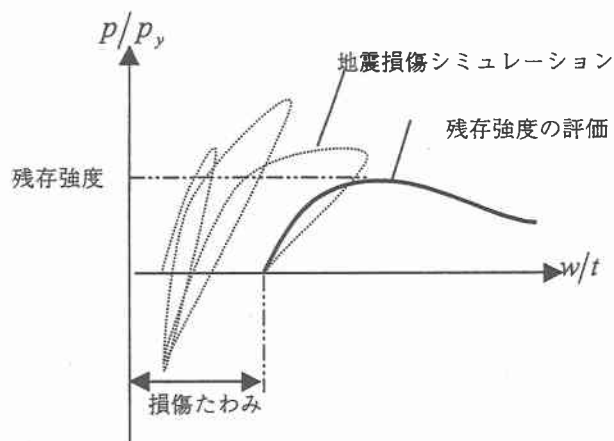


図-3 損傷たわみと残存強度の関係

$$\begin{cases} \frac{p}{p_y} = 1 & (\lambda_p \leq 0.5) \\ \frac{p}{p_y} = \left(\frac{0.5}{\lambda_p} \right)^{0.80} & (\lambda_p \geq 0.5) \end{cases} \quad (1)$$

$$\frac{p}{p_y} = \frac{2.1}{\frac{w}{t} + 2} \quad (2)$$

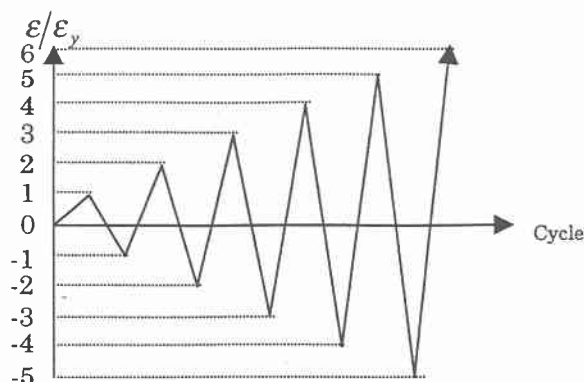


図-2 地震損傷を与える载荷パターン

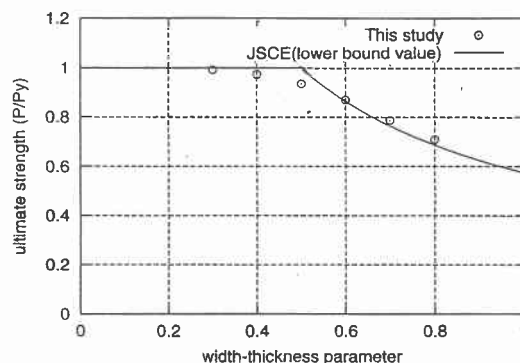


図-4 極限強度

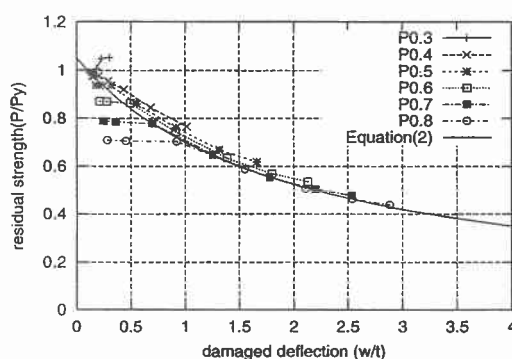


図-5 損傷たわみ-残存強度

ここで、 p ：極限荷重 p_y ：降伏荷重 λ_p ：幅厚比パラメーター w ：損傷たわみ t ：板厚 とする。

5. まとめ

弾塑性有限変位解析を行って損傷たわみと残存強度の関係を調べた結果、以下のようなことが分かった。

- 1) 鋼板の強度は、たわみの累積によって低下する。
- 2) 損傷たわみが幅厚比パラメーター特有の限界値を超えると、幅厚比パラメーターに依存しない 損傷たわみにのみ依存する強度低下を示し、その関係は式(2)で近似できる。
- 3) 損傷たわみが限界値以下の場合ほとんど強度が落ちない。この幅厚比パラメーターにのみ依存する領域の残存強度は損傷を受けていない鋼板の極限強度にほぼ等しい。

参考文献

- 1) 池内 智行：鋼材の塑性履歴構成式の定式化と繰り返し外力を鋼構造物の変形能の評価への研究、大阪大学位論文、1998.1
- 2) 土木学会 鋼構造委員会 鋼構造物の終局強度と設計, pp.64-70