

座屈変形した鋼板のプレス矯正後の残存強度

ハルテック 正会員
鳥取大学 フェロー会員

○田口 大介
上田 茂

鳥取大学 正会員 池内 智行
鳥取大学 正会員 谷口 朋代
鳥取大学 学生員 西尾 亜貴子

1.はじめに 兵庫県南部地震で被災した鋼製橋脚の補修・補強手法の一つとして、座屈変形で程度の軽いものに対してはプレス矯正や、補強板を取り付ける方法がとられている。鋼構造物の補修に当たっては、損傷を受けた構造部材の残存強度や、耐久性の観点から補修の必要性や程度を評価することが重要である。文献 1)では、数値解析を元に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している。本研究では、これをさらに進めて、被災した鋼製橋脚に対する残存強度評価とプレス矯正後の回復強度を求めることを目的とした。回復強度を求めるにあたっては弾塑性有限要素解析を行った。研究の手順は以下のとおりである。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数種のパターンの繰り返し圧縮引張を与えて損傷たわみを発生させる。次に、損傷した鋼板にプレス矯正を施した後の残存強度を求めた。この解析結果よりプレス矯正による強度増加の定式化を試みた。

2.残存強度解析手法 解析モデルは、鋼製橋脚の最小構成要素として周辺単純支持された鋼板を用いた。また初期不整として図-1 に示すように板中央での初期たわみを $b/150$ 、残留応力を圧縮方向に $0.3\sigma_y$ と与えた。ここで b :板幅、 σ_y :降伏応力である。さらに、構造および変位の対称性により $1/4$ モデルとした。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 λ_p の影響を調べるため、 $\lambda_p = 0.4, 0.5, \dots, 0.8$ の 5 種類のモデルを考えた。なお、地震による損傷を解析によって再現するため、载荷パターンは载荷辺に図-2 のような降伏変位 δ_y の 1 ~ 6 倍まで繰り返し漸増载荷させるパターンを用いた。また、振動の偏りを考慮して中心軸を圧縮側にずらした载荷パターン 2, 3 も考えた。図-3 に解析手順を示し、解析結果の荷重 - たわみの関係を図-4 に示す。それぞれたわみ w は板厚 t 、荷重は降伏荷重 P_y で無次元化を行っている。

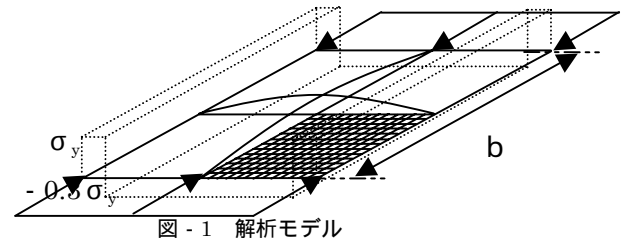


図-1 解析モデル

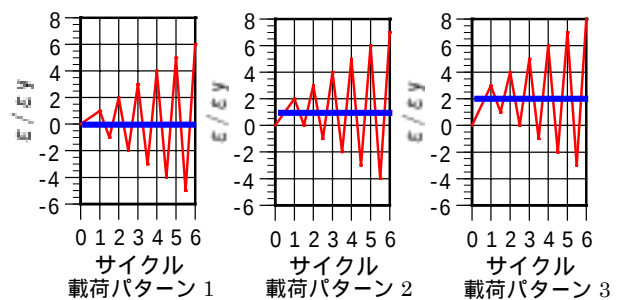


図-2 载荷パターン

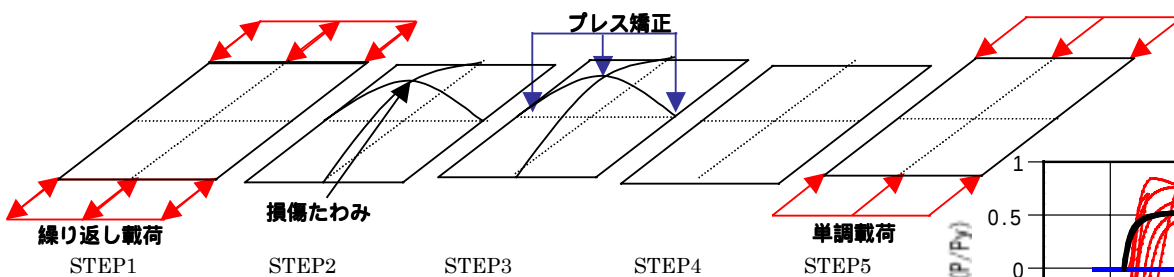


図-3 解析手順

STEP1. 地震動を想定して面内に繰り返し荷重を载荷させる。
STEP2. 地震動を受けて生じた板中央でのたわみを損傷たわみとする。
STEP3. たわみの生じた鋼板をプレス矯正する。
STEP4. 損傷たわみを十分小さくし、損傷前の状態に戻す。
STEP5. 圧縮方向に単調载荷し、矯正後の残存強度を求める。

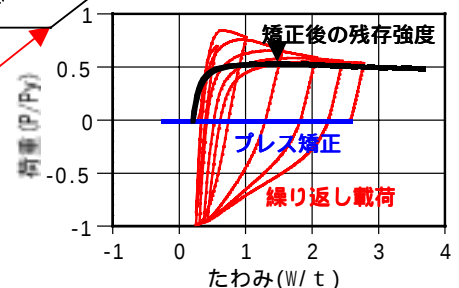


図-4 解析結果

3.解析結果と回復強度評価式の提案 図-5 に解析結果から得られた幅厚比パラメータ $\lambda_p = 0.4, 0.8$ のモデルの鋼板中央でのたわみ w と荷重 P との関係を示す。 $\lambda_p = 0.4, 0.8$ とともに繰り返し荷重を多く受けている 6 サイクルのほうが 3 サイクルより残存強度が低くなっていることが分かる。また、残存強度の低下の大きかった 6 サイクル

Keywords: 座屈, 損傷, プレス矯正, 鋼板, 強度

連絡先: 鳥取市湖山町南 4-101 Tel 0857-31-5288 Fax 0857-28-7899

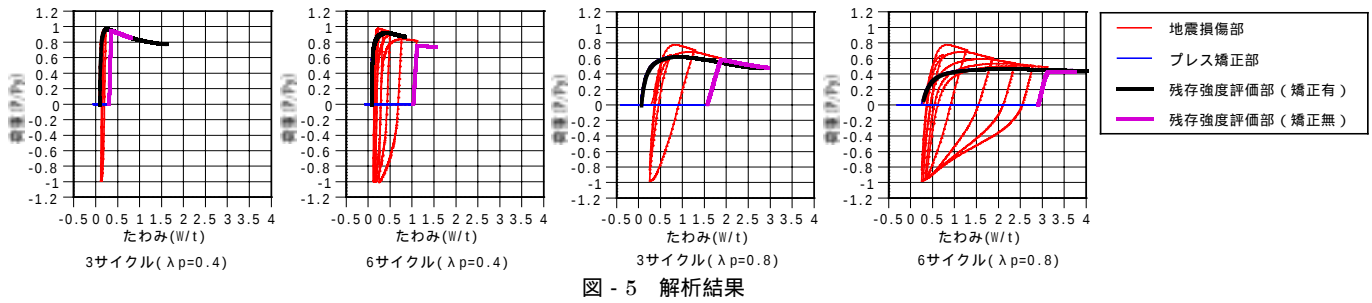


図 - 5 解析結果

の場合に $\lambda_p=0.4$ ではプレス矯正によって残存強度が大きく回復しているが、 $\lambda_p=0.8$ の鋼板ではほとんど変化しなかった。繰返し荷重を1～6サイクル作用させた場合について、矯正有と矯正無の場合の残存強度の差を回復強度、たわみの矯正量を矯正たわみとして求めた。図-6に、各幅厚比パラメータの矯正たわみ($\Delta w/t$)と回復強度($\Delta P/P_y$)の関係を示す。図より矯正たわみが大きくなるにつれて、回復する強度も大きくなっていることが分かる。また、幅厚比パラメータ λ_p が大きくなるにしたがって回復強度の小さくなっている。これらを考慮して回復強度評価式(1)を提案した。

4.回復強度評価手順 提案式(1)と文献1)で提案した式(2),(3)を併用することで、以下の手順により損傷たわみを生じた鋼板のプレス矯正後の残存強度の評価が可能である。

- 1) 損傷を受けた鋼板について損傷たわみ(w/t)、幅厚比パラメータ λ_p を求め、式(2),(3)より、プレス矯正前の残存強度を求める。
- 2) 損傷たわみ(w/t)を、式(1)に代入しプレス矯正による回復強度を求める。
- 3) 2)で得た回復強度に、1)で求めた残存強度を加え、プレス矯正した場合の残存強度を求める。

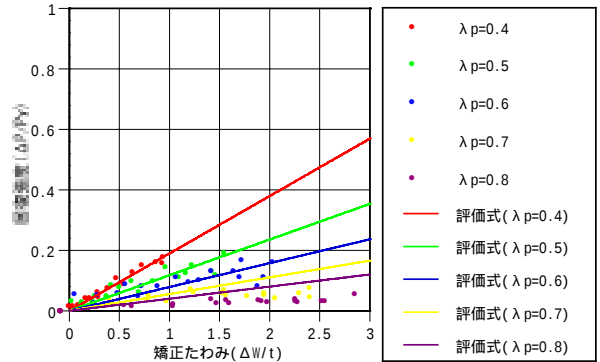


図 - 6 矯正たわみ－回復強度

$$\frac{\Delta P}{P_y} = \left(\frac{0.032}{\lambda_p^2} - 0.029 \right) \left(\frac{\Delta w}{t} \right) \quad \dots(1)$$

$$\begin{cases} \frac{P}{P_y} = 1 & (\lambda_p \leq 0.5) \\ \frac{P}{P_y} = \left(\frac{0.5}{\lambda_p} \right)^{0.80} & (\lambda_p \geq 0.5) \end{cases} \quad (2)$$

$$\frac{P_{dam}}{P_y} = 1.0904 \left(1 - \frac{\left(\frac{w}{t} \right)}{\left(\frac{w}{t} \right) + 1.9556} \right) \quad \dots(3)$$

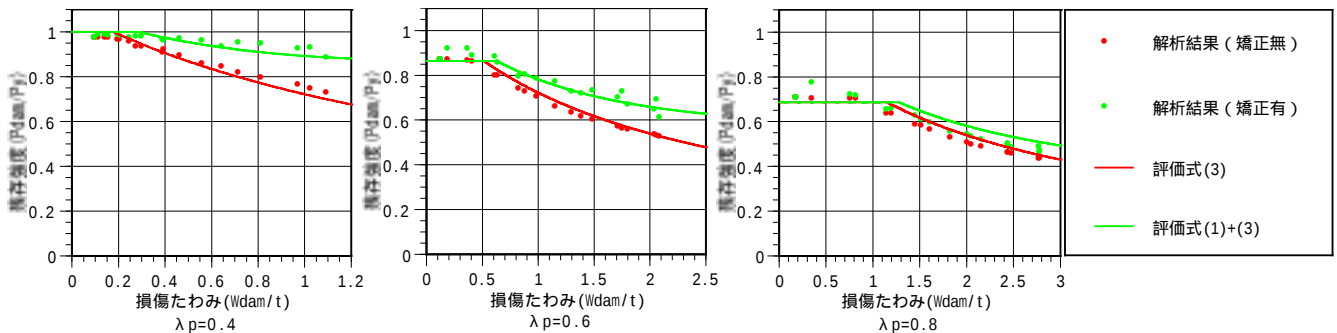


図 - 7 損傷たわみ－残存強度

図-7に、この評価手順から求めた幅厚比パラメータ $\lambda_p=0.4, 0.6, 0.8$ の鋼板の損傷たわみとプレス矯正後の残存強度の関係を示す。図中、矯正無の解析結果に対して評価式(3)、矯正有の解析結果に対して評価式(1)+(3)が対応している。

5.まとめ 数値解析を用いて周辺単純支持板のプレス矯正の有無による残存強度の変化を調べた。1)プレス矯正によって強度の回復が見られたが、鋼板の幅厚比パラメータが大きくなるにつれて、回復強度が減少することが分かった。2)プレス矯正による強度の回復を考慮した、座屈損傷を受けた鋼板の残存強度評価式を提案した。

参考文献 1) 池内智行, 上田茂, 盛川仁, 田口大介: 繰返し荷重作用後の鋼板の残存強度評価, 土木学会中国支部研究発表会発表概要集, 2001, pp.25~26