

アスペクト比が鋼板の残存強度に及ぼす影響

鳥取大学 学生員 ○黒目 卓良 鳥取大学 正会員 池内 智行
鳥取大学 フェロー会員 上田 茂 鳥取大学 正会員 谷口 朋代

1. はじめに 地震による鋼製橋脚の特徴的な被害として過大な圧縮力が生じた部位での局部座屈が挙げられる。このような座屈被害では、面外たわみの増大や繰り返し塑性履歴による耐荷力の低下が問題となる。そのため著者らは繰り返し履歴により座屈損傷を受けた平板の耐荷力（以後、残存強度と呼ぶ）について検討を行い、その評価式を提案した¹⁾。これらの検討は平板のアスペクト比が 1.0 に限定して行われている。しかし、実構造物の調査ではアスペクト比 2~6 の範囲が全体の 95 パーセントを占めていると報告されている²⁾。よって、本研究では、平板のアスペクト比が実構造物で最も頻度の高い 3.0 の場合について残存強度を検討した。また、過去に提案しているアスペクト比 1.0 の評価式との比較を行い、実構造物への適用性についても確認を行った。

2. 解析方法 残存強度は、弾塑性有限要素解析を行って求めた。用いた解析モデルは図-1 に示すように、補剛材間のパネルを想定して周辺単純支持の長方形鋼板とした。アスペクト比は 3.0 である。考慮した初期不整は初期たわみと溶接による残留応力である。初期たわみは図-1 に示すように、長さ方向に最大値が $b/150$ となるような sine 半波 3 つと最大値が $a/1000$ となるような sine 半波 1 つを重ね合わせ、幅方向には sine 半波 1 つとなるような形状とした。残留応力は、図-1 に示すように溶接線に沿って降伏応力 σ_y を、板の中央では $-0.3\sigma_y$ となるよう導入した。図中で、a:板長さ、b:板幅、W20:板中央($x=a/2, y=0$)での位置の初期たわみ、W10 は $x=a/6, y=0$ での位置の初期たわみ、W30 は $x=5a/6, y=0$ での位置の初期たわみである。解析ではこの位置でのたわみに着目して整理を行った。解析モデルは構造および変位の対称性により 1/2 モデルとし、要素分割は図-1 に示すような板長さ方向に 30 分割、板幅方向に 5 分割とした。また、幅厚比パラメータ λ_p による強度の違いを調べるため $\lambda_p=0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8$ の 6 種類のモデルを考えた。材料定数については SM490 のものを用いた。解析は地震による損傷を再現し、その後で極限強度を求めるため図-2 と以下に示す手順で行った。

①地震動を想定して面内に繰り返し荷重を載荷させる。

②地震動を受けて生じた、たわみ W1($x=a/6, y=0$ の位置)、W2(板中央 $x=a/2, y=0$ の位置)、W3($x=5a/6, y=0$ の位置)の中で最大となるたわみを損傷たわみとする。

③圧縮方向に単調載荷し、その時の極限強度を残存強度とする。

地震動を想定した繰り返し荷重は、図-3 のように降伏変位 δ_y の 1~6 倍まで繰り返し漸増載荷させるパターンを用いた。

3. 幅厚比パラメータの影響 図-4 は繰り返し荷重を 6 サイクル与えた場合の幅厚比パラメータ $\lambda_p=0.3, 0.8$ の W1, W2, W3 の中で最大となったたわみ-荷重関係を示している。 $\lambda_p=0.3$ の場合、繰り返し荷重を与えても損傷たわみが小さいままで荷重は低下せず、最後の単調載荷ではひずみ硬化によって荷重が上昇しているのが分かる。逆に、 $\lambda_p=0.8$ では繰り返し荷重を作用させるにつれ、損傷たわみが累積し荷重も低下していることが分かる。これはアスペクト比 1.0 でも同様の傾向を示していた。

4. アスペクト比の影響 図-5、図-6 はそれぞれアスペクト比 3.0、アスペクト比 1.0 の鋼板で、全ての幅厚比パラメータ λ_p に対す損傷たわみと残存強度の関係をプロットしている。この図中の曲線は、池内らが提案した繰り返し載荷後の残存強度評価式(1)であり、図-6 の解析結果から提案された式である。

$$\frac{N_u}{N_y} = 1.09 \left(1.0 - \frac{W_{dam}/t}{1.96 + W_{dam}/t} \right) \quad (1)$$

図-5 では評価式(1)の曲線が解析結果のプロットした点のほぼ下限を通っていることが分かる。図-5 の解析結果で評価式(1)よりも残存強度が高く出ている点は、幅厚比パラメータ $\lambda p=0.4, 0.5$ のモデルであった。ここで残存強度の違いについて考察するため、アスペクト比 3.0 と 1.0 の場合で変形の比較を行った。図-7 にそれぞれの変形の様子を示す。図に示すようにアスペクト比 1.0 では初期たわみの形状のまま、中央でのたわみが大きくなっていた。また、アスペクト比 3.0 では初期たわみそのまの形状ではなく、板中央 W2 にたわみが集中し、W1, W3 はあまりたわんでいなかった。この時、中央パネルの強度が最も弱くなり板全体での強度として評価されると思われるが、アスペクト比 1.0 の場合と違い両端のパネルから曲げ拘束を受けていると考えられる。このためアスペクト比 3.0 では残存強度が高くなったと思われる。

これより、アスペクト比 1.0 の正方形鋼板の場合が最も残存強度を低く評価していると考えられるため、実用範囲のアスペクト 2.0~6.0 でも強度評価式(1)は安全側の評価となることが分かった。

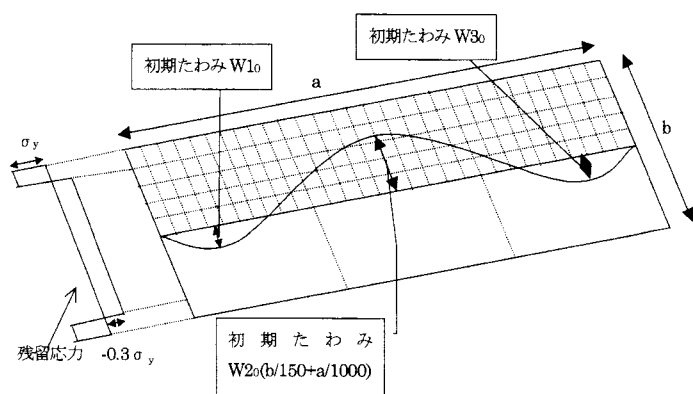


図-1 解析モデル

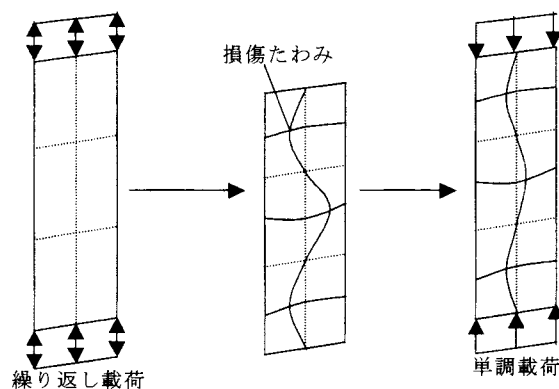


図-2 解析手順

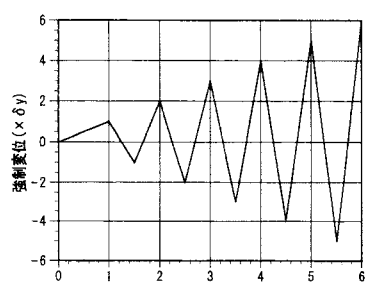


図-3 載荷パターン

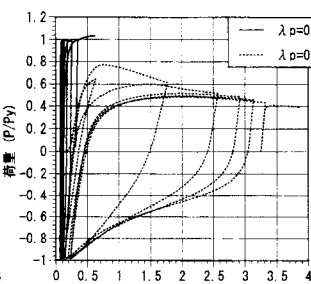


図-4 荷重-たわみ

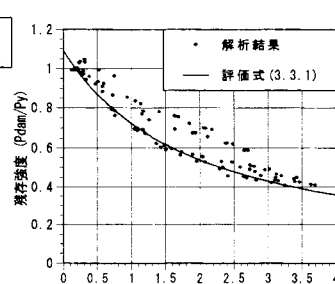


図-5 アスペクト比 3.0

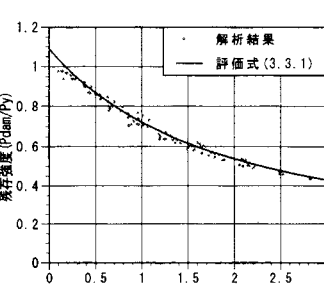


図-6 アスペクト比 1.0

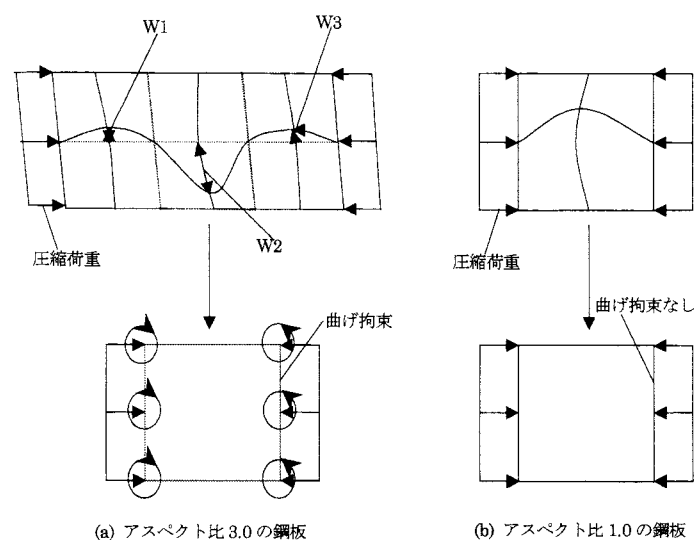


図-7 変形状態

<参考文献>

- 1) 上田茂, 池内智行, 盛川仁, 田口大介: 繰り返し荷重作用後の鋼板の残存強度評価, 土木学会中国支部年次学術講演会, I-13, 2001.
- 2) 中井博, 北田俊行, 河井章好, 酒造敏廣, 吉川紀: 鋼製ラーメン橋脚の実績調査 (下), 橋梁と基礎, No.7, pp.43-49, 1982.