

腹起しのせん断耐力に関する一考察

株式会社大林組 正会員 高橋 正登 フェロー 平尾 淳一

正会員 ○白子 将則

ジェコス株式会社 正会員 松山 積夫

波田 敏也

1. はじめに

現行の設計手法における腹起しの照査は、切梁等の架設位置を支点とした単純ばりとして曲げモーメントおよびせん断の安全性を確保することとしている。その際、曲げモーメントに対して許容値以内となるものの、せん断力に対し許容値超過となる場合があり、部材のせん断補強もしくはサイズアップにより対応しているのが現状である。本報文では、腹起しの実大せん断載荷試験を行い、腹起しのせん断耐力に関する一考察を報告するものである。

2. 試験概要

試験概要を図-1 に示す。載荷試験は腹起し材のせん断降伏が先行するような試験体長さを設定した。今回、試験体スパンは 1.5m、部材は H-300×300 を使用し、載荷部と支点部のウェブには山留め材に使用する補強金物を設置した。試験体と補強金物同士はボルトにて接合し、さらに隙間にプレートを挿入するタイプを使用した。

載荷荷重は 20kN ごとに増加させ、腹起し材の荷重低下が確認されるまで載荷を行う計画とした。

なお、載荷点および支点には試験体との間に補強金物と同幅の PL-12(幅 100mm)の緩衝鉄板を敷き、試験中の過度な応力集中を抑える試験とした。支点の拘束条件は支点両端ともピン支持とした。

試験体には変位計およびウェブに対して 3 軸ひずみゲージ、フランジに対して 1 軸ひずみゲージを設置し計測を行った。試験体計測位置を図-2 に示す。

3. 解析条件

試験値から得られるせん断力に対して、3 次元 FEM 解析(弾性解析)との比較を行った。ここで、3 次元 FEM 解析は試験体を忠実に再現したモデルとし、補強金物、緩衝鉄板も含めモデル化を行った。3 次元 FEM 解析のモデル図を図-3 に示す。

なお、3 次元 FEM 解析では試験体と補強金物、緩衝鉄板との間は剛結合として解析を行った。

4. 試験結果および解析結果

(1) 荷重-変位関係

試験中の載荷荷重(P1,P2)と変位の関係を図-4 に示す。図中には各設計指針¹⁾²⁾により推定した許容せん断応力度に相当する荷重も併記した。

キーワード 土留め支保工、腹起し、せん断耐力、

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組 TEL 03-5769-1308

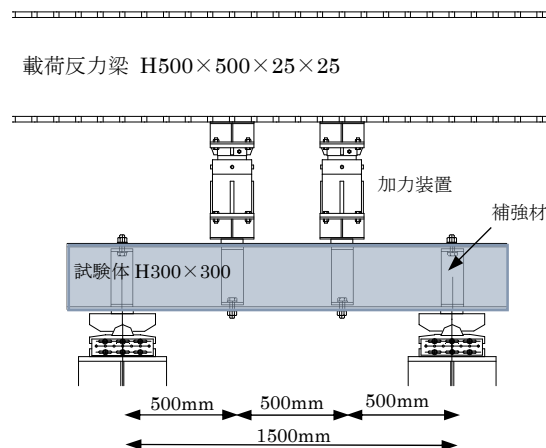


図-1 試験概要



写真 1 載荷試験前状況

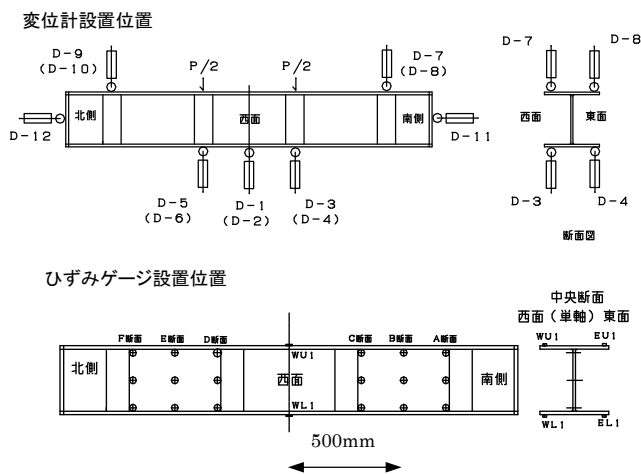


図-2 試験体計測位置

試験では試験片より得られた降伏荷重 ($\sigma_y=318\text{N/mm}^2$) に相当する
 載荷荷重 (494kN , $\tau=318/\sqrt{3}=183\text{N/mm}^2$) で腹起しのせん断降伏が生
 じ、塑性化に至った。せん断降伏後も載荷荷重が上昇する傾向がみら
 れた。これより山留め材に用いるような広幅 H 形鋼ではせん断降伏荷
 重を超えたとしても、脆性的な破壊に至らず延性的な破壊形態となるこ
 とが確認できた。

また、試験値と 3 次元 FEM 解析との弾性範囲内の荷重-変位関係を
 比較すると、精度よい結果となり、通常、山留め設計で使用する範囲
 (許容応力度以内) であれば、弾性解析によりせん断試験を十分に挙
 動を予測できることが確認できた。

(2) せん断応力分布

試験より得られた 3 断面におけるせん断応力分布図を図-5に示す。
 図中には、はり理論および 3 次元 FEM 解析から得られるせん断応力分
 布を比較した。載荷点と支点の中間点におけるせん断応力分布は梁の
 中立軸位置で最もせん断応力が発生する分布形状となり、試験値、理
 論値および 3 次元 FEM 解析値は精度よく合う結果となった。

また、載荷点と支点では試験値と 3 次元 FEM 解析値でのせん断応
 力分布は精度よく一致する結果となった。しかし、理論値でのせん断応
 力分布形状とはならず、最大せん断応力が中立軸位置からそれぞれの
 フランジ側にピーク値が移行し、許容応力度 ($\tau=120\text{N/mm}^2$) を超える部
 分も発生した。これは載荷幅が小さく、局所的な応力集中が発生したも
 のと推定しているが、試験体全体挙動に対する影響は小さかったと考
 えている。

5. まとめ

今回の試験から H 形鋼のせん断許容値 ($\tau=120, 135\text{N/mm}^2$) に対し
 て試験体は十分に安全であることが確認できた。また、載荷を継続
 し、von Mises の降伏応力 (すなわち試験片引張降伏値の $1/\sqrt{3}$) ま
 では梁として弾性的な挙動が確認された。そして、せん断降伏後の梁挙
 動は脆性的な破壊とならず、延性的な破壊となることが確認できた。

以上より、土留め支保工の腹起し材の設計において、せん断耐力が
 支配的な場合にある程度の残留変形を容認できる環境下においては、
 せん断耐力を割増す事も可能と筆者らは考えている。

① はりのせん断応力分布

$$\tau = \frac{Q \cdot Gh}{b \cdot I}$$

Q: 断面力

Gh: 着目点より外側部分断面の中立軸に関する断面1次モーメント

b: はりの幅

I: はりの断面2次モーメント

② はり理論によるせん断応力

$$\tau = \frac{Q}{Aw}$$

Q: 断面力

A: はりのせん断有効断面積

● FEM解析によるせん断応力分布
 --- はりのせん断応力分布(①式)
 --- はり理論によるせん断応力(②式)
 ◆ 実験結果(P1側)
 ▲ 実験結果(P2側)

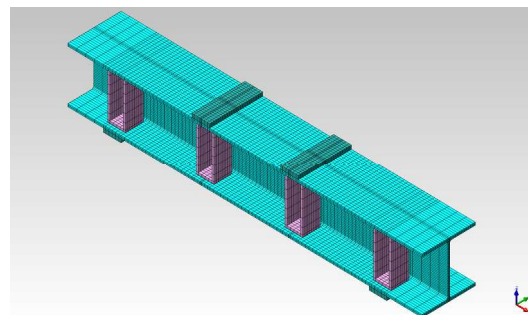


図-3 3次元 FEM 解析モデル

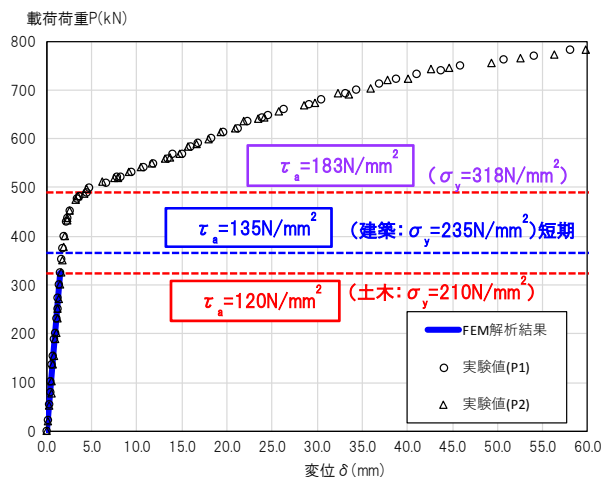


図-4 載荷荷重と変位の関係



写真 2 載荷試験後の状況

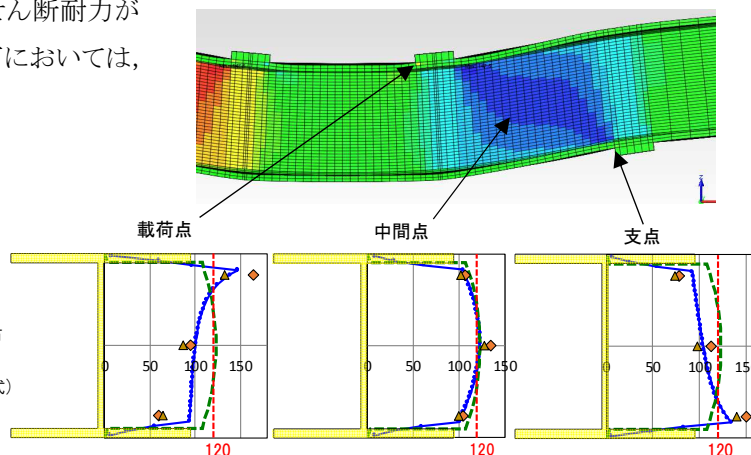


図-5 せん断応力分布図

- 【参考文献】 1) (社)日本道路協会:道路土工 仮設構造物工指針, 平成 11 年 3 月
 2) (社)日本建築学会:乗入れ構台設計施工指針, 2014 年 11 月