

腹起しと隅部特殊ピースの載荷試験における考察

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 高野 金幸 正会員 ○古川 歩
 ジェコス株式会社 正会員 村山 正輝 非会員 湯浅 光

1. はじめに

立坑形状の土留めにおいて、隅角部の支保工は通常火打梁（隅火打）を適用している。しかし、隅火打を適用した場合、隅角部での資機材搬入時、および躯体構築時の妨げとなるとともに、取付け部材数が多く架設等に時間を有するという課題がある（**図-1**左参照）。そこで、この課題を解決するために代替構造として隅角部を1つの部材とすることにより開口部を広くし、架設・撤去時間を減少させることのできる隅部特殊ピースを考案した（**図-1**右参照）。本報文は、当該構造に関する実大規模での載荷試験結果を報告するものである。

2. 構造概要

通常の隅部ピースは、片側をボルト止めして一方は押し当てるだけであるが、隅部特殊ピースは一方もボルト止めして隅角部の剛結合作を図っている。押し当てる側はせん断に抵抗する必要がないため長孔とし、引っ張りに効く構造とした（**図-1**右、**写真-1**右参照）。

3. 載荷試験概要

試験は、平面規模 $6\text{m} \times 6\text{m}$ の立坑の半分を模擬するため、腹起し端部（下端）は回転拘束とした。荷重は、鉛直・水平方向に分布荷重を加える載荷方法（**図-2**、**写真-1**左参照）とし、 20kN ごとに増加させ、部材の局部降伏を確認するまで載荷を続けた。測定項目については、**表-1** に示す通りである。

4. FEM 解析による目標荷重の設定

載荷試験に先立ち、3次元 FEM 解析により試験時の目標となる隅角部の弾性限界荷重を算出した。解析の結果、腹起しの負曲げの座屈照査がクリティカルとなる時の限界支保工反力が最も小さく 213kN/m となることが判明した。**図-3** に使用した FEM 解析モデル、**表-2** に腹起しとボルトに対する限界支保工反力の照査結果を示す。

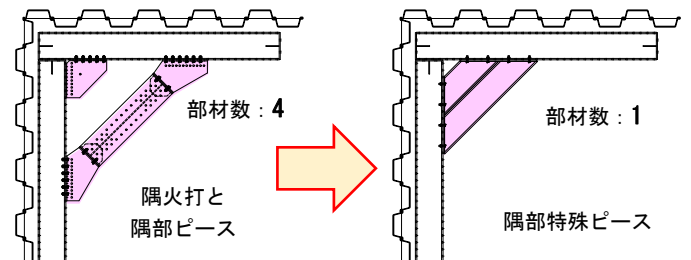


図-1 構造概要

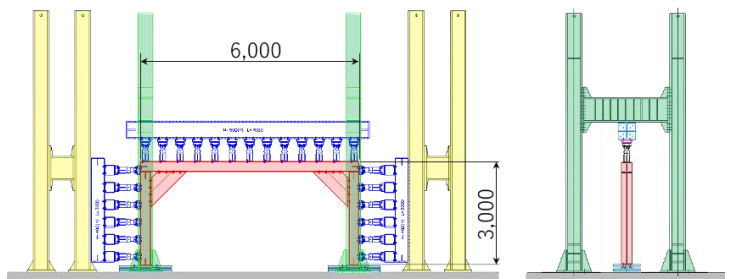


図-2 試験概要図



写真-1 試験全景および隅部特殊ピース

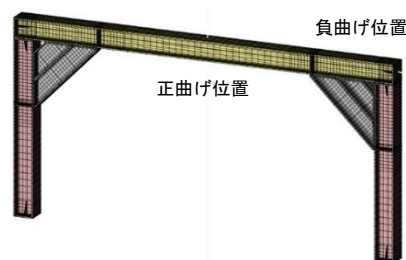


図-3 3次元 FEM 解析モデル

表-1 測定項目

測定項目	数量
油圧圧力計	3箇所
変位計	11箇所
ひずみゲージ(1軸)	52箇所
ひずみゲージ(3軸)	32箇所
ボルトの軸力計	32箇所

表-2 限界支保工反力

	腹起し 負曲げ	腹起し せん断	腹起し 正曲げ	ボルト せん断
限界反力	213kN/m	215kN/m	236kN/m	304kN/m

キーワード 支保工隅角部, 実大規模載荷試験, 3次元 FEM 解析, 生産性向上

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) 大林組本社設計第四部 TEL 03-5769-1308

5. 載荷試験結果

(1) 荷重～変位の状況

図-4 に載荷荷重と上梁・側面梁の水平変位の関係を示す。これより、ボルトせん断強度までの荷重レベルで荷重変位曲線がほぼ線形的に安定した挙動を示していることが判明した。よって、FEM 解析と部材照査より目標とした当初の許容設計荷重 (213kN/m) を満足する構造であり、隅角部が想定した機能を有することを示すものである。

(2) 曲げモーメント

図-5 に計測結果 (黒口印, 青△印) および FEM 解析結果 (赤線) での腹起しの曲げモーメント図を示す。計測結果は、曲げモーメントにおいて解析値と概ね一致した。また、隅部特殊ピース辺りでの拘束効果が顕著に見られ、単純梁の曲げモーメント (青破線) と比較すると計測値は約半分となり、腹起しの合理的な設計が可能であることが分かった。

(3) 腹起しのせん断ひずみ: γ_{max}

図-6 に上梁のせん断応力図を示す。上梁のせん断ひずみは載荷荷重 236kN/m 時に降伏せん断応力度に相当するせん断ひずみを超えた。事前解析によるせん断応力の限界支保工反力の 215kN/m に近く、せん断応力の算定精度は高いことが分かった。

(4) ボルト軸力

図-7 に荷重～ボルト軸力図を示す。これより、組立時に締結したボルト軸力は載荷試験中の変動率が 3%未満となり、荷重載荷によるボルト軸力の増加は見られなかった。

また、図-8 のボルト軸力分布図より、引張側へ増加するが増分はわずかであることが分かった。

(5) 隅部特殊ピースのせん断応力: τ_{max}

図-9 に隅部特殊ピース内のせん断応力図を示す。隅部特殊ピース内のせん断応力度はスパン中央側 (1 列目) で大きく発生することが分かった。

6. おわりに

今回の載荷試験結果に対し、腹起しの曲げモーメントは、FEM 解析結果と概ね一致することが分かった。また、ボルト軸力の変動はわずかであり、隅部特殊ピース内のせん断応力は腹起しよりも小さく、支配的にならないことが確認できた。

隅部特殊ピースは隅部の火打梁よりも、部材数が少なく、架設・撤去時間を減少することができ、かつ、曲げモーメントの発生を抑制できる構造となり、合理的な設計を行うことで腹起しのサイズダウンに活用可能と考えている。今後も種々の検討を重ね、同ピースを採用することで現場作業の生産性向上の一助になれば幸いである。

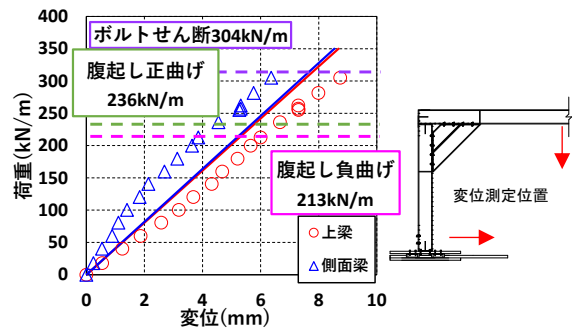


図-4 荷重～変位関係

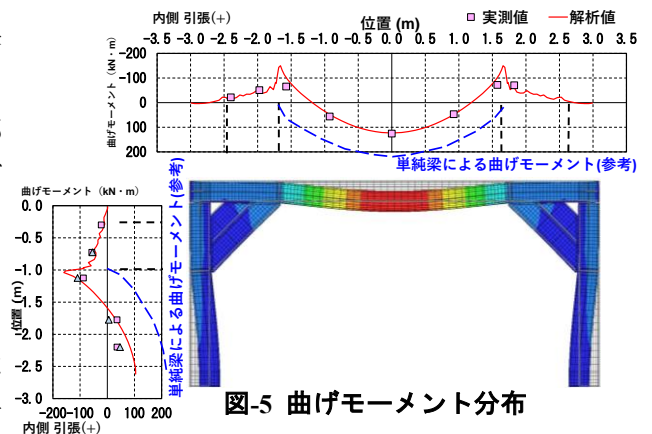


図-5 曲げモーメント分布

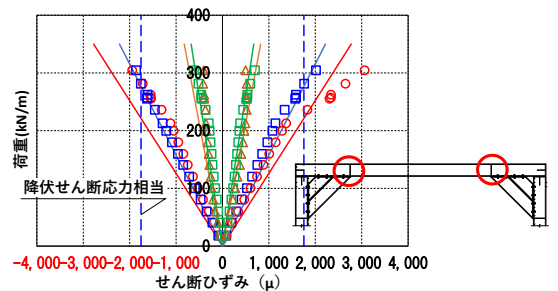


図-6 腹起しのせん断ひずみ

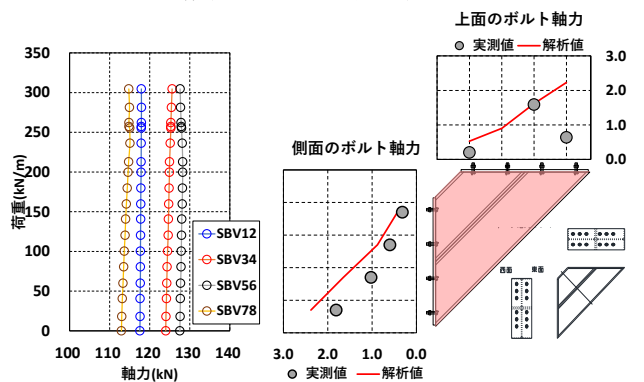


図-7 荷重～ボルト軸力図

図-8 ボルト軸力分布図

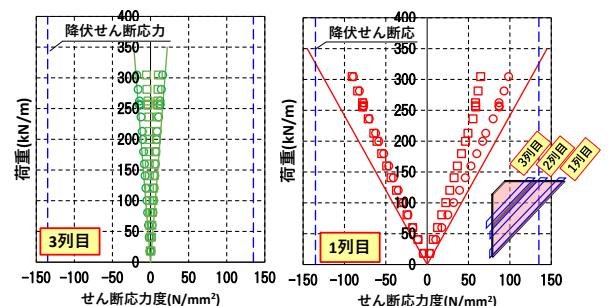


図-9 隅部特殊ピースのせん断応力図