

合理的な土留め支保工構造の実証（ハンマーストラットと隅部特殊ピース）

株式会社大林組 正会員 山下 徹 フェロー 平尾 淳一

正会員 高野 金幸 正会員 ○原 良輔

ジェコス株式会社

中村 寿人

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、隅火打ちが用いられる。しかし、隅火打ちを適用した場合、隅角部での資機材搬入や躯体構築作業の妨げとなるとともに、部材数が多く架設に時間を要する。筆者らはこの課題を改善するため、代替構造として「隅部特殊ピース」を考案したり（図－1）。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化を図っている。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。開発段階では三次元 FEM 解析や実大載荷試験などにより、実用化に向けた適切な設計手法を提案してきた。そこで、実現場において隅部特殊ピースを適用し、計測データを収集して掘削中の挙動の把握を試みた。

また、筆者らは切梁火打ち部材においても施工手間および切梁本数の削減を目的とした代替構造として「ハンマーストラット」を考案している²⁾（図－2）。切梁と腹起しの接続部に H 形鋼を腹起しに平行に設置する方式で、取付けが容易であり、汎用性が高い部材で構成できることが利点である。

本報文では、隅部特殊ピースおよびハンマーストラットを併用した場合の腹起し断面力の計測値と FRAME 解析値との対比、考察を行い、その適用性と生産性の向上に関する評価について報告するものである。

2. 土留め構造概要

図－3 に某立坑（規模：29.7 m×7.5 m、掘削深さ：6.4 m）の土留め構造平面図を示す。隅角部には隅部特殊ピースを、切梁と腹起しの接続部にはハンマーストラットを採用した 2 段切梁構造である。図－3 に示すとおり、ひずみゲージを切梁および腹起しに設置し、応力度を計測した。なお、支保工部材としては切梁に H-300、腹起しに H-350 を使用した（山留リース材）。

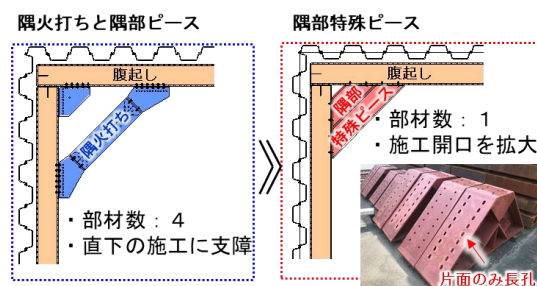
3. FRAME 解析モデルおよび解析条件

FRAME 解析は立坑全体の半分を再現した対称モデルで設計計算を行った（図－4）。端部の拘束条件は、回転と鉛直方向を固定、水平方向は自由とした。腹起しは連続した梁と考え、ハンマーストラット取り付け位置にはバネを設定し、切梁幅の 3 倍の範囲に分散するものとした。隅部特殊ピースについては両端剛結の梁として設定した。なお、取り付け位置について 3 次元 FEM 解析を実施し、その結果と整合が取れる位置で設定した。

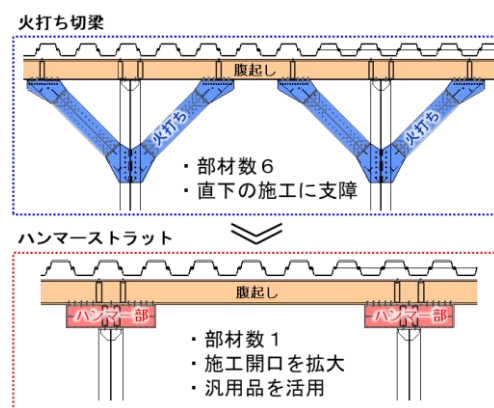
解析に用いる支保工反力は計測した切梁軸力を荷重分担幅で除して得られた値を用いた ($w=62.3 \text{ kN/m}$)。

キーワード 土留め支保工、設計手法、施工性向上

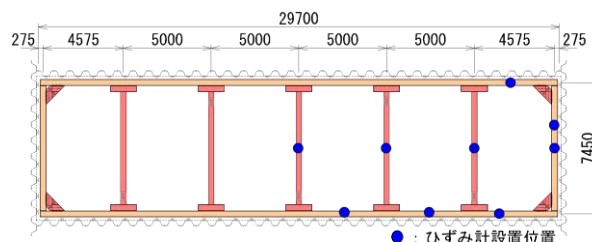
連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組 TEL 03-5769-1308



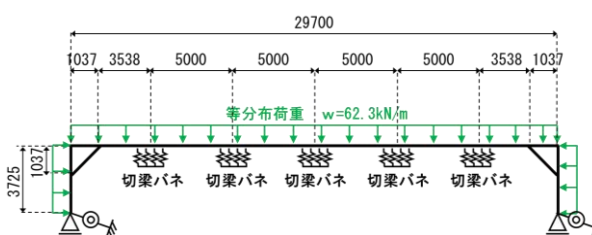
図－1. 隅部特殊ピース構造図(平面図)



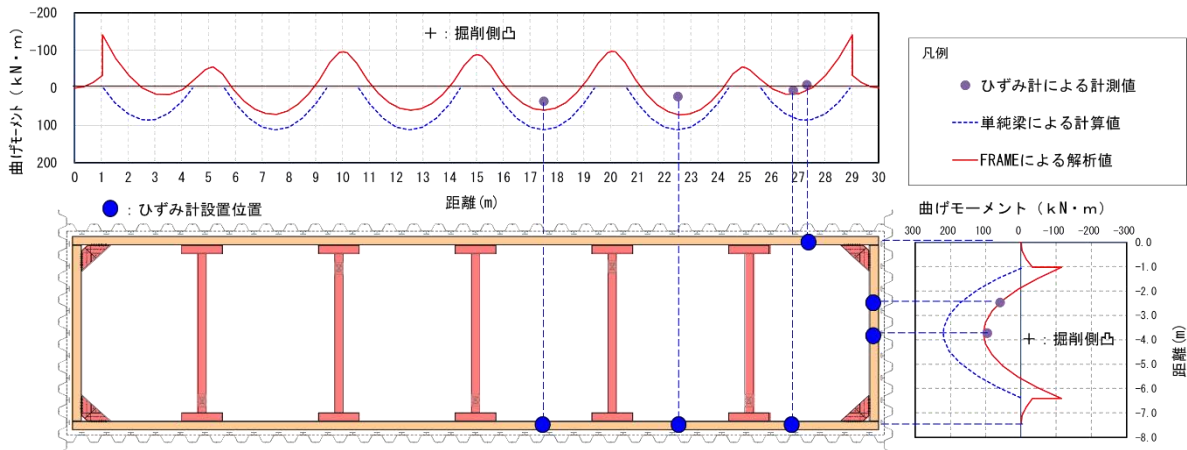
図－2. ハンマーストラット構造図(平面図)



図－3. 土留め支保工平面図



図－4. FRAME 解析モデル



図－５．腹起し部材の曲げモーメント分布図

5. 計測結果および解析結果

図－５に腹起し部材の曲げモーメント分布図を示す．短辺側は計測された腹起しの断面力が FRAME 解析値と概ね一致しており，良好に再現ができています．長辺側のハンマーストラット付近では解析値よりも計測値が小さくなる傾向にあり，解析値が安全側に位置していた．この結果は既往の報告内容²⁾とも一致している．また，隅部特殊ピース付近では拘束効果が表れ，短辺・長辺ともに発生する最大曲げモーメントは単純梁の曲げモーメント（破線）に比べて約半分の値となると推定できた．これまでに提案されてきた FRAME 解析による腹起しの設計手法は，現場の実施工においても十分適用可能であり，適切な安全性と経済性を両立できる合理化設計の可能性を確認できた．

6. 生産性向上の評価

隅部特殊ピースによる支保工架設撤去手間の改善効果を表－１に示す．通常の隅火打ち構造と比較して隅角部の部材数を 75.0 % 減少，ボルト本数を 53.3 % 減少，部材重量を 32 % 減少させることができ，作業手間の削減に大きく貢献した．また，隅部特殊ピース・ハンマーストラットの併用により，有効開口面積を切梁部で 21.7 %，隅角部で 15.0 % 拡大した（図－６，図－７）．現場作業員からもおおむね良好な評価が得られ，掘削作業および資機材揚重作業の施工性を向上させることができたと考えている．

7. まとめ

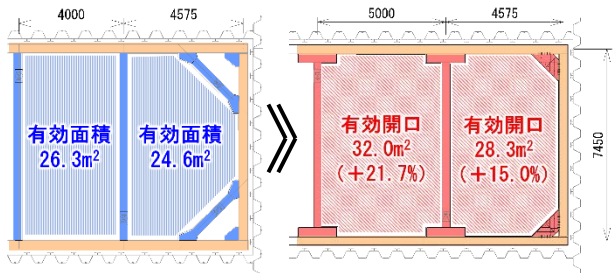
隅部特殊ピース及びハンマーストラットを併用した実現場における検証により，これまで提案されてきた設計手法の適用性と施工性向上の効果を確認した．2023 年 3 月現在，ハンマーストラットの適用実績は 19 現場 2,839 箇所上っている．技能労働者の減少が顕在化している昨今，その需要は更に高まってきている．今後も土留め支保工の合理化を進めるため開発・検証を継続し，開削工事の生産性向上を図っていく所存である．

【参考文献】

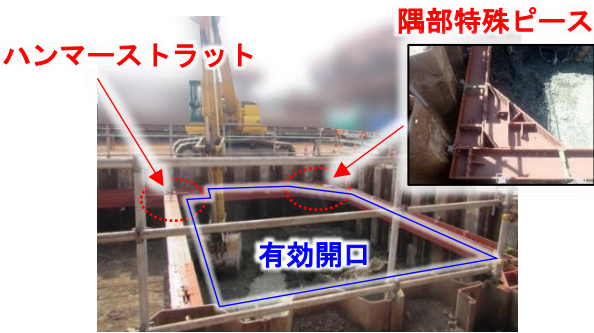
1) 古川ほか：腹起しと隅部特殊ピースの載荷試験における考察，第 77 回土木学会年次学術講演会，2022.9
2) 平尾ほか：ハンマーストラットの開発と現況，基礎工 Vol. 49, No. 10 pp.66-68, 2021.10

表－１．隅部特殊ピースの作業手間改善効果

比較項目	隅火打ち + 切梁	隅角部 特殊ピース + ハンマー ストラット	評価
隅角部 ピース数	32個	8個	-24個 (75.0%減)
隅角部 ボルト添接数	480本	224本	-256本 (53.3%減)
隅角部 部材重量	5,421kg	3,688kg	-1,733kg (32.0%減)



図－６．有効開口面積の拡大



図－７．掘削状況写真