

29. インバートストラット施工における無人化機械の開発

清水建設(株)土木技術本部機械技術部 ○藤内 隆
清水建設(株)土木技術本部機械技術部 鈴木 正憲
エフティエース(株)技術部 徳川 順一

1. はじめに

トンネル掘削における内空変位変状対策において早期閉合は有効な対策となるため、切羽を掘削した後、速やかにインバートを掘削して吹付閉合を行うことで変状対策を行う。

変状が大きく、早期に変状がおきる場合は、インバート用の支保工（インバートストラット）の設置を行い、さらに支保剛性を高めることが必要となる。

このインバートストラットの設置作業は、切羽面から深部を掘削するため、崩壊の恐れがあり危険な作業となっている。

本開発では、このインバートストラットの設置を人が立ち入ることなく施工できる機械を開発した。

本稿では、機械の開発経緯及び開発技術の特徴、実証実験について報告する。

2. 開発技術の概要

(1) 開発の背景

インバートの設置作業では、2分割したインバートストラットをバックホウで揚重し、下半支保工と接合する。(写真-1)



写真-1 インバートストラットと
下半支保工接合作業状況

この作業では、揚重した支保工を下半支保工と接合する際に、人力で接合面を調整するため非常に労力のいる作業となっている。

また、揚重機の揚重能力の関係から作業半径を小さくする必要がある。

その結果、深く掘削したインバート部近傍の地盤の不安定な場所に揚重機を設置しなければならず、地山の崩壊や揚重機の転倒の恐れがあり危険な作業となっている。

インバートストラットと下半支保工を接合した後、分割したインバートストラットをほぼ中央で接合する。(写真-2)



写真-2 インバートストラット接合状況

この設置作業では、深く掘削したインバート部に人が立入り接合作業を行うため、切羽崩壊の恐れのある危険な作業となっている。

(2) 技術の概要

本技術開発では、地上で2分割したインバートストラットを地上で組立し、一括化するシステムとした。

そしてエレクターのブームで一括化したインバートストラットを把持しインバート底部にセットする。その後、下半の支保工と接合する施工するシステムを開発した。(図-1)

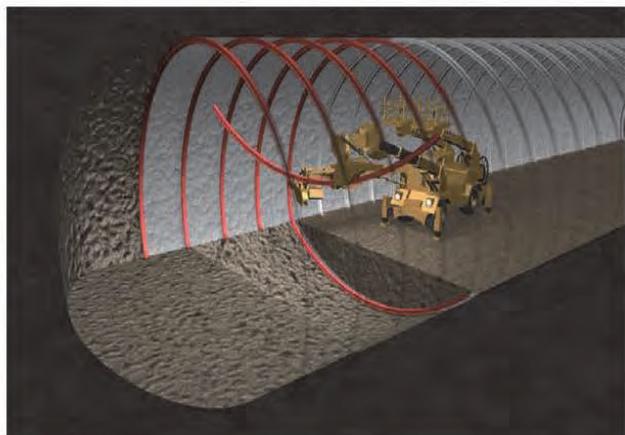


図-1 インバートストラット組立施工イメージ

この施工システムでは、地上でインバートストラットの一括化とインバート部に人が立ち入ることなくセットすることから、安全な作業が可能となる。

また、揚重機を使用せず、作業能力に余裕のある専用のエレクターでインバートストラットを把持して作業を行うため、安全かつ省力化を図ることができる。

3. 開発技術の特徴

本開発のエレクターは、上半支保工建込用の左右の2ブームとインバートストラット建込み専用の中ブームを装備した3ブーム構成となっている。(図-2)

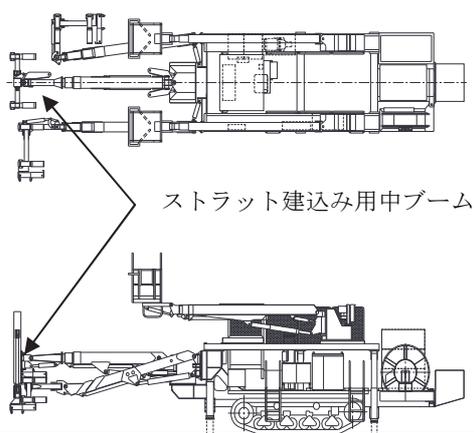


図-2 3ブームインバートストラット建込兼用エレクター

上半支保工建込み用のブームでインバートストラットの設置をするとブームが斜めに伸縮するため、ブームと地盤が干渉して建込みができない。(図-3)

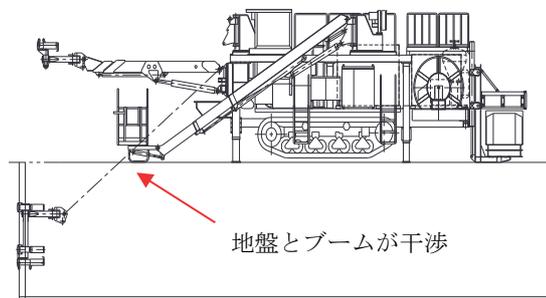


図-3 上半用ブームを使用した建込図
(ブームと地盤の干渉により建込みできない)

そこで、中ブームには垂直に伸縮する機構をもたせることにより、深さ2~4mあるインバート底部に地盤と干渉することなくブームが届くようにした。(図-4)

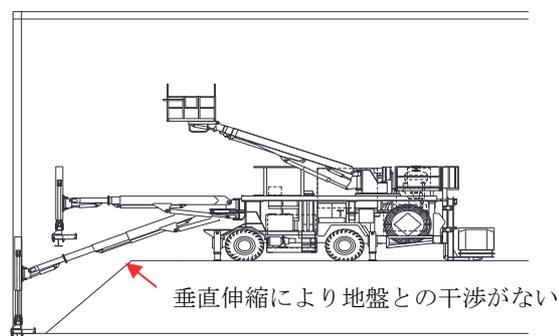


図-4 中ブーム垂直伸縮による建込図

また、垂直に伸縮することで地盤の悪いインバート掘削箇所より離れた場所にエレクターの設置を可能とした。

さらに真ん中の中ブームに把持装置を取付けて、インバートストラットの把持を容易にできるシステムとした。その把持装置は2本のツメを装備しており長く湾曲したインバートストラットの把持を確実にできる構造とした。

そして、把持装置には、インバートストラットを自由に動かせるように、左右37度、上下37度、前後37度の回転をできる構造とした。(図-5)

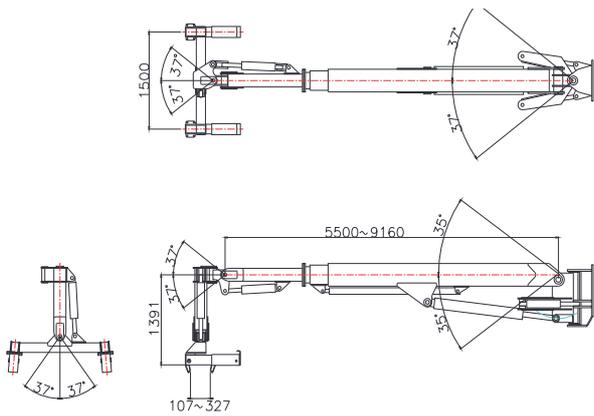


図-5 真ん中ブーム詳細図

表-1 に中ブームの仕様を示す。

表-1 中ブーム仕様

装置名称	仕様
ブームリフト角	上 35度 下 35度
ブームスイング角	右 37度 左 37度
アーム伸縮長	1200mm
アーム最長(垂直最伸長時)	2791mm
アームスイング角	上 37度 下 37度
キャッチャー スイング角	右 37度 左 37度
キャッチャー 回転角	74度
キャッチャーエクステンション	107~327mm
最大把持荷重	1000kg

4. 開発技術の課題および対策

分割したインバートストラットを地上で組立てするには、左右のブームで分割インバートストラットを各々掴み、ほぼ中央の部分でボルト連結を行う必要がある。

そのためには、インバートストラットを回転させ中央の接合面を合わせることが必要となる。

しかし、左右の上半支保工建込用ブームについているキャッチングは、下方方向に回転できないため、インバートストラットの接合ができない。

そのため、分割ストラットの地上接合方法が課題となった。(図-6)

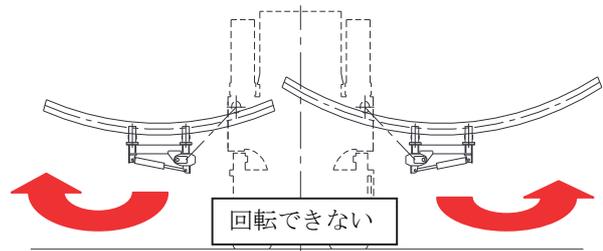


図-6 上半用キャッチング作動範囲

そこで、左右のブームにストラット把持用キャッチングを取付け、下向き回転をできる機構とし、インバートストラットの接合ができるようにした。(図-7)

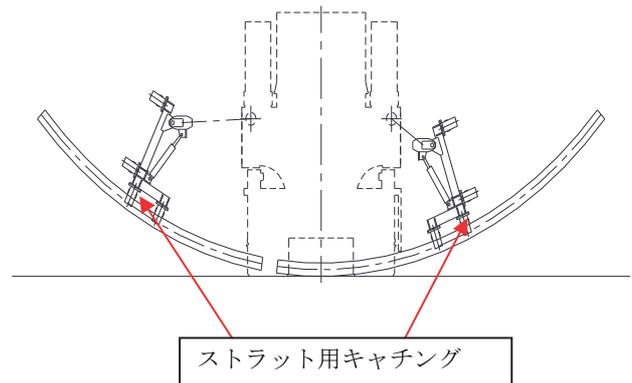


図-7 ストラット把持用キャッチングによる接合

5. 実証実験

(1)インバートストラット地上組立実験

インバートストラット組立用キャッチング装置を取り付けた左右のブームにより、分割したインバートストラットの接合実験を行った。

インバートストラットを左右のブームで各々把持させ、ブームスライドおよびキャッチングの回転、スイング機構を使用して接合を行い、地上で接合できることを確認した。(写真-3)



写真-3 インバートストラット地接合実験

(2)アーム伸縮動作実験

地上で組み立てたインバートストラットを把持した状態でブームを最大に伸ばし、アームを垂直に1.2m 降下させて、アームの動作、機体の安定性に問題ないことを確認した。(写真-4)



写真-4 アーム伸縮実験

6. おわりに

実証実験によりインバートストラットの組立てが問題なく行えることが実証された。

今後は現場導入を行い、実際のトンネルの内空断面内で組立できるか、また下半支保工とインバートストラットの接合が問題なく行えるかを確認する予定である。

この機械の使用により、人が立ち入らないことによる安全性の向上、専用の把持装置を装備したエレクターによる省力化や省人化、サイクルタイムの短縮が期待できる。

これらのデータを現場導入した際に記録および分析を行い、更なる安全性の向上や作業性の向上に努めていく所存である。