

安全性や施工性の更なる向上を目的とした線路下横断工法の開発

東海旅客鉄道株式会社

○正会員 島田 貴文

鉄建建設株式会社

正会員 八代 浩二

ジェイアール東海建設株式会社

正会員 山村 武

名工建設株式会社

正会員 衣斐 信行

株式会社ジェイテック

正会員 千葉 敬介

1. はじめに

線路下横断構造物の構築において、非開削工法の一つであるJES（Jointed Element Structure）工法は、軌道に与える影響を最小限にしつつ、施工性を確保するため、力の伝達が可能な継手を有する角形鋼管を地中に挿入したうえで本体として利用し、線路下の推進・けん引を1回で完了させる工法である。

本研究では、JES 工法の更なる安全性や施工性の向上を目的に、施工時における路盤面や軌道の変状抑止、作業休止時における切羽の安定性の確保、および施工効率の向上に着目して、補助工法を開発した。

2. エレメント掘進中における軌道への影響低減

軌道変位の主な原因は、エレメント掘進中におけるエレメントと地山との摩擦による地山の滑動、地山の緩み、およびテールボイドの発生である。対策としては、全ての上床版エレメントの掘進完了後に、一括して裏込め注入するのが標準である。本開発では、更なる安全性向上を目的として、地山とエレメントの間に袋体を送り出すことにより、摩擦抵抗を低減させ、掘進作業終了後に袋体内に裏込め注入を行い、地盤変状抑止を図る「即時裏込め注入システム（図1）」を検討し、試験を実施した。

試験では、狭隘な空間における袋体内への裏込め材充填状況の確認を目的とした「裏込め材充填性確認試験」、およびエレメント摺動時の袋体による摩擦低減効果を確認するために「摩擦力確認試験」を行った。

裏込め材充填性確認試験（図2）は、エレメントと地山の隙間を想定して、袋体を鋼板で挟み、裏込め材を注入し、充填状況、注入圧力、注入時間、注入量を測定した。試験の結果、0.017～0.042MPa と低圧で注入でき、また、実際の地山条件を想定した波板による空洞に対しても、隅々まで充填されており、凹凸に対しての追従性が確認できた（図3）。

摩擦力確認試験（図4）では、エレメントと地盤の摺動状況を再現するために、盛土上に袋体を敷き、その上にウェイトを載せた鋼板をけん引し、その際のけん引力を計測した。試験の結果、「鋼板と地山」に比べ「鋼板と袋体」の場合、静摩擦係数が約45%程度、動摩擦係数が約55%程度の低減効果があることが確認できた（表1）。

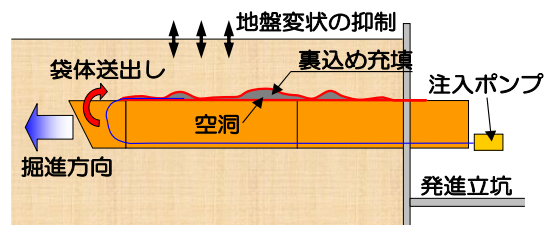


図1 即時裏込め注入システムの概要図

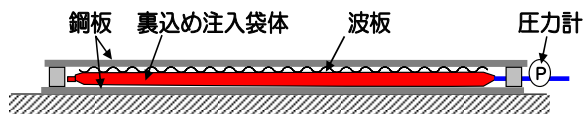


図2 裏込め材充填性確認試験概要図

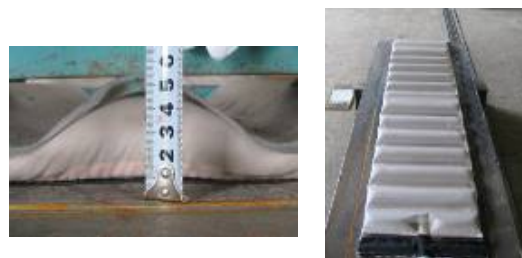


図3 裏込め材充填状況

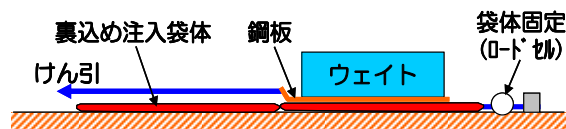


図4 摩擦力確認試験概要図

表1 摩擦力確認試験結果

case	けん引力			
	静摩擦抵抗 (kN)	静摩擦係数 μ	動摩擦抵抗 (kN)	動摩擦係数 μ
鋼板と地山	18.04	0.551	17.32	0.529
鋼板と袋体	9.74	0.298	7.84	0.239

3. 作業休止時の切羽の安定確保

エレメントの掘進方法が人力施工の場合、作業休止時は土のうと土留板により切羽防護を行うのが一般的である。本開発では、より安全かつ効率的に防護を行うため地山に対して追随性のある軽量なエアバッグを用いた「エアバッグ式切羽防護システム（図5）」を検討し、試験を実施した。

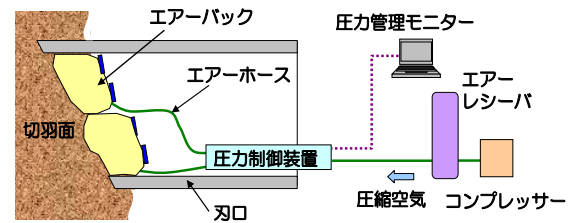


図5 エアバッグ式切羽防護システム概要図

試験では、列車通過時を想定した切羽面の水平土圧に対して耐圧性能を確認する「耐圧試験」、および作業休止を想定し、24時間の圧力保持機能の確認を目的とした「切羽防護性能確認試験」を行った。

耐圧試験は、本体袋を補強袋で被覆した2重構造のエアバッグ（断面を4分割と9分割する2タイプ）を用いて、エアバック破損までの圧力を計測した。試験の結果、4分割では0.15MPa、9分割では0.25MPaであり、両者とも土被り5mの水平土圧（0.07MPa）に対する耐圧性能が満たされていることが確認できた。

切羽防護性能確認試験では、エアバッグの保持圧力を0.07MPaに設定し、24時間における保持圧力の変動を計測した。2タイプとも微小な圧力低下を繰り返し生じるものの、圧力制御装置が作動して所定の圧力を確実に保持できる機能を有していることを確認した。

4. エレメント掘進における作業効率の向上

エレメントの一般的なサイズは、内空 $850\text{mm} \times 1,035\text{mm}$ であり、単体のエレメント内で掘削や排土、支障物対応等の全ての作業を行う。本開発では、掘削時の作業性向上、支障物対応の効率化を目的として、従来のエレメント形状に対し、縦材と形状保持材の配置を逆にして、地山側を開放断面とすることで、掘進作業に隣接エレメントを用いる「隣接エレメント利用システム（図6）」について検討した。

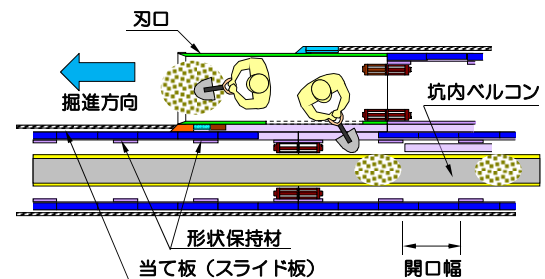


図6 隣接エレメント内作業の概要図

本システムのエレメントは、図7に示すように、形状保持板が鉛直土圧に対する構成部材としての強度が必要となるため、コンクリート充填前の中空エレメントに関する検討を実施した。検討では、当該エレメントを土被り2.0m～5.0mの範囲で、列車荷重が作用する上床版に使用した場合を想定し、エレメントの応力度解析を行った。検討の結果、土被りが4.0m以下の場合、掘進方向の開口幅を700mm確保できることを確認した（図8）。また、掘進中のエレメント刃口側面にも開口が必要となるため、模擬エレメントにより確認したところ、エレメント側の開口700mmに対し、刃口側の開口を1,200mmとすることで、土砂の搬出、支障物撤去に最適であることを確認した。

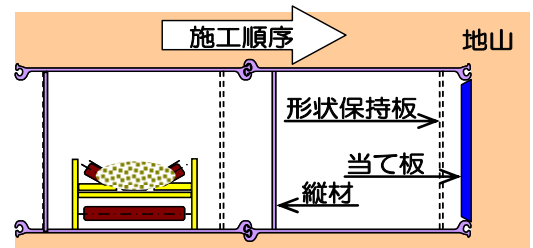


図7 隣接エレメント利用システム断面図

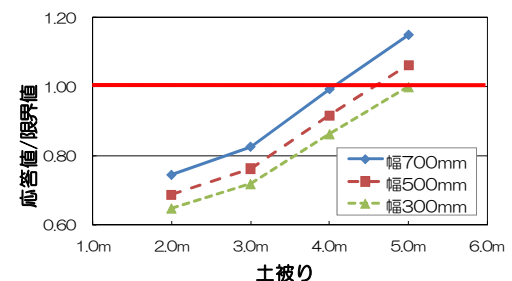


図8 開口幅の解析結果

5. まとめ

今回、「即時裏込め注入システム」、「エアバッグ式切羽防護システム」、「隣接エレメント利用システム」について、実用化に向けた仕様の検討および試験を実施し、各目的に対して効果的であることを確認した。今後は、各システムを組み合わせた施工試験により軌道変状の抑止効果、作業性の効率化等を検証することを計画している。