

鋼製エレメントの土中での挙動について

J R 東日本 正会員 増田 達 正会員 ○長尾達児
同 上 正会員 桑原 清 正会員 本田 諭

はじめに

新しく開発された線路下横断構造物の構築方法では、鋼製のエレメントを土中にけん引し、内部にコンクリートを充填するまでの間、中空状態で上載土砂および列車荷重を保持できなければならない。実際の構造物の構築にあたり、エレメント設置後の中空状態のエレメントのひずみ計測を行い、簡易な骨組計算により鋼板に発生する曲げ応力度が算出できることを確認した。

1. 概要

JES (Jointed Element Structure) 工法は線路下横断部などにおいて、小断面のエレメントを特殊な継手 (JES 継手) に沿わせながら、順次土中にけん引貫入し、ボックス形状を構築した後、内部を掘削することでカルバートを完成させる工法である ^{1), 2)}。図 1 に JES 工法の一般的な施工手順を模式的に示す。今回は JES 工法により築造した構造物の上床版のエレメントにおいて内部コンクリート充填前に、上載土砂荷重による静的ひずみおよび通過列車荷重による動的ひずみを計測し、解析結果との比較検討を行なった。

2. 静ひずみ計測

(1) 計測方法 静ひずみ計測は土被り 1.0m の A 公道橋と土被り 2.9m の B 公道橋について行なった。図 2 に示すように軌道中心直下の エレメント上下フランジにエレメント軸直角方向に短軸ひずみゲージを設置した。計測はエレメントのけん引前から、けん引中、けん引完了後など、施工ステップ毎に行なった。

(2) 計測結果 図 3 にエレメントの静的応力度の変化状況を示す。図中に示した応力度は、計測により得られたひずみに鋼のヤング率を乗じて鋼板の縁応力を求めたものである。A 公道橋は、上下フランジで同様の応力状態を示しているが、B 公道橋は上下フランジで反対の応力状態となっている。いずれの公道橋においても上フランジはエレメントのけん引に従って応力が増加していく傾向が確認された。

3. 動ひずみ計測

(1) 計測方法 土被り 1.0m の A 公道橋において、図 2 に示すように軌道直下の上フランジに線路平行方向の単軸ひずみゲージを設置し、列車の通過にあわせて 100Hz の頻度で測定した。計測は、中空状態で継手

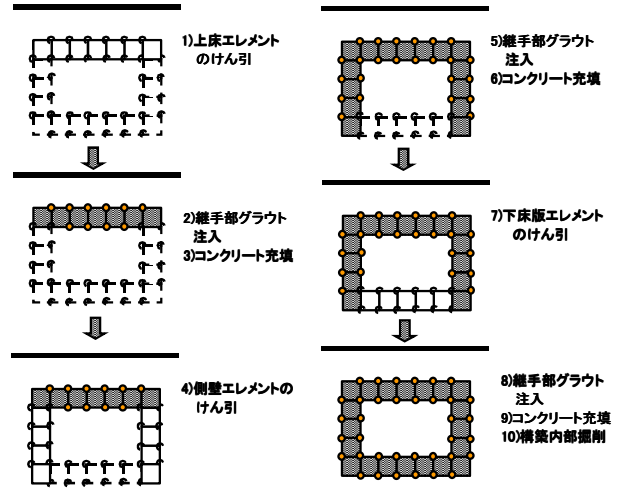


図 1 JES 工法の施工手順

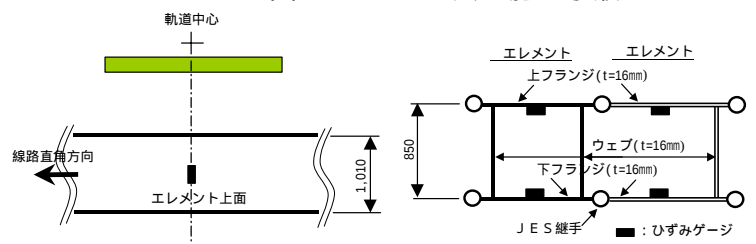


図 2 エレメント計測位置

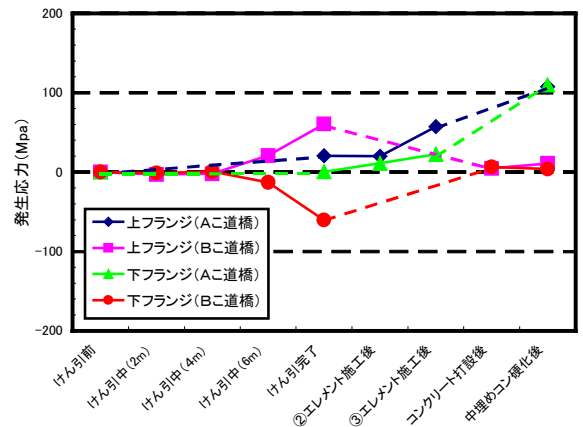


図 3 静ひずみ計測結果

キーワード : 鋼製エレメント 土圧 計測

連絡先 : 東京都渋谷区代々木 2 丁目 2 番 2 号 TEL 03-5334-1288 FAX 03-5334-1289

もグラウトにより剛結されていない、のエレメントの施工ステップにあわせて行った。測定は普通、特急列車などを含めて数回実施した。

(2) 輪荷重計測 列車の輪荷重は、対象エレメント上部のレール側面にひずみゲージを貼付し、現地で輪重校正機により得たデータにより校正し実測輪荷重を算出した。

(3) 計測結果 表1に測定により得られたエレメントの部材応力の最大値を示す。表中の応力値は、動ひずみ計測により得られたひずみに鋼のヤング率を乗じて鋼板の縁応力を求めたものである。

3. 解析結果との比較

上載土砂載荷時および列車通過時の鋼製エレメントの応力状態を地盤バネに支持されたラーメン構造として算出した。

(1) 上載土砂載荷時 載荷荷重として、全土被り載荷状態(以下、全土被りとする)とテルツアギーの緩み土圧状態³⁾(以下、緩み土圧とする)の2パターンについて計算を行なった。得られた荷重を骨組計算モデルに上載荷重として載荷し、各部材の応力を算出した。図4に解析モデル図を示す。このモデルでは施工中の余堀りを考慮して側圧は入れず、下フランジは分布地盤バネに支持している。

(2) 列車荷重載荷時 計算手順を以下に示す。

1) 実測輪重を図5に示すレールと枕木をモデル化した

た連続弾性支持モデルに載荷し反力を得る。⁴⁾

2) 最大反力を道床・路盤内の応力伝播により等分布荷重に変換する。

3) 得られた荷重を骨組計算モデルに上載荷重として載荷し、各部材の応力を算出する。

モデルは、上載土砂載荷時と同様のモデルとし、実軸重により上記に示す方法で計算された $P_t=25\text{kN/m}^2$ を換算等値分布荷重として載荷した。

(3) 計算結果 表2に上載土砂荷重載荷時の、表3に列車荷重載荷時の実測値と計算値の比較を示す。上載土砂荷重に対しては、土被りが大きい($h=2.9\text{m}$) 場合、実測値は、全土被りの場合より緩み土圧に近い値を示すことが確認された。列車荷重載荷時には各施工ステップにおける計算値は、上フランジでは良い相関を示すが、下フランジでは過大な値を示す傾向が認められた。

まとめ

中空状態のエレメントの応力状態は、簡易な骨組計算によって、上フランジについては、比較的実測値を再現できていることが確認された。しかし、下フランジについては実測値とのかい離を示している。これは、上フランジには直接的に荷重が載荷されるのに対し、この応力がウェブを介して下フランジに伝達される際にエレメント軸方向への分担がなされていることによるものであると考えられる。

参考文献

- 1) 松沢, 成田: 鋼製エレメントを用いた線路下横断構造物の構築法, 地盤工学会第33回地盤工学研究発表会, 1998.7.
- 2) 茂木, 桑原, 清水: 鋼製エレメントを用いた新しい線路下横断工法, 地盤工学会第34回地盤工学研究発表会, 1999.8.
- 3) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 シールドトンネル, 丸善, 1997.7.
- 4) 滝沢, 棚村: 開削トンネルの列車荷重による上載荷重の検討, 鉄道総研報告第14巻第8号, 2000.8

表1 エレメント計測結果

	列車速度 (km/h)	軸重 (kN)	部材	①エレメント	②エレメント
				応力値 (Mpa)	応力値 (Mpa)
①エレメント 牽引後	74.8	123	上フランジ	8.0	
			下フランジ	2.7	
①+②	75.0	136	上フランジ	15.5	19.8
			下フランジ	5.2	4.1

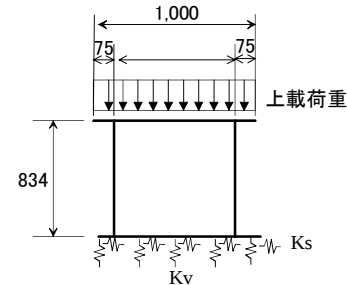


図4 解析モデル図

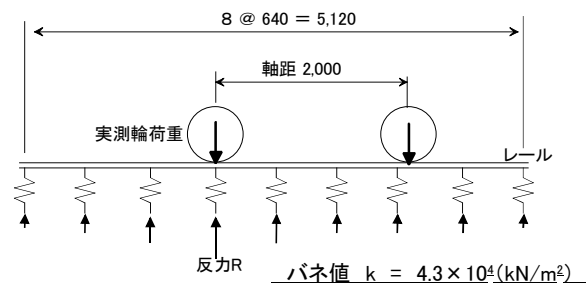


図5 道床および路盤内の応力伝播

表2 上載土砂載荷時

部材	A: 道橋(h=1.0m)			B: 道橋(h=2.9m)		
	実測値	全土被り	緩み土圧	実測値	全土被り	緩み土圧
上フランジ	57.3	45.7	—	60.5	124.2	53.7
下フランジ	22.3	40.5	—	-60.5	112.5	48.5

単位: (Mpa)

表3 列車荷重載荷時

	部材	①エレメント		②エレメント	
		計測値 (Mpa)	解析値 (Mpa)	応力値 (Mpa)	解析値 (Mpa)
①エレメント 牽引後	上フランジ	8.0	11.0		
	下フランジ	2.7	11.3		
①+②	上フランジ	15.5	9.7	19.8	15.9
	下フランジ	5.2	9.4	4.1	14.2