

JR 東日本 東京工事事務所 正会員 ○本田 諭
JR 東日本 東京工事事務所 正会員 桑原 清

1.はじめに

線路下を横断する構造物を構築する工法として、鋼製のエレメントを地中に挿入しボックスカルバートを構築するエレメント推進工法（JES 工法、URT 工法など）がある。この工法では、鋼製エレメントを地中に挿入後、内部にコンクリートを充填する前段階に、エレメントが中空状態で列車荷重を受ける状態になる。筆者らは、中空状態にある鋼製エレメントについて応力計測を行ない、安全性の確認及び経済的なエレメント設計手法の確立を目的として検討を行なっている。

2.計測概要

計測は、列車荷重の影響による鋼製エレメントの動的な挙動を把握することを目的として実施した。計測対象は、表-1 に示す白狐誇道橋（以下、Bv.）、小牛田 Bv.、武子 Bv.、第二与野新道 Bv.及び第二木下 Bv.である。

1)動ひずみ計測 鋼製エレメントの列車通過時における動的な挙動について測定を行なった。図-1 は各現場で行った計測箇所の概要である。鋼製エレメントを対象として上フランジと下フランジ（一部ではウェブ）に線路平行方向の単軸ひずみゲージを設置し、50Hz もしくは 100Hz で測定した。測定は、列車種別による影響を考え旅客、貨物列車などを含めて数回ずつ行なった。その際に、複線以上の区間では、通過列車が重ならないタイミングを見計らって

測定を行っている。

2)輪荷重計測 列車の輪荷重を測定するため、対象エレメント上部のレール側面のひずみゲージで測定を行うとともに、現場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。

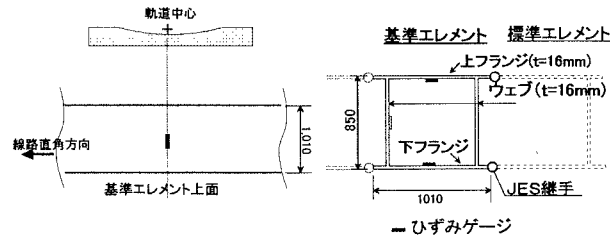


図-1 計測位置概略図

3.計測結果

表-2 に測定により得られた基準エレメントの部材応力の最大値を示す（応力値は計測で得られた各部材の最大応力を抽出したものであり、必ずしも同時刻のデータでない）。輪荷重測定では 60kN～90kN の値が測定されており、構造物の設計用荷重に比べて小さいことが分かる。部材応力については、路盤内での応力伝播があるため土被り厚に反比例する傾向にあるが、値としては鋼材の降伏応力度を下回っている。各部材の応力を比べると、上フランジの応力が最も大きく、下フランジ及びウェブの応力については第二木下 Bv を除き上フランジの応力よりもかなり小さいことがわかる。

表-1 エレメント計測件名の概要

計測件名	白狐Bv.	小牛田Bv	武子Bv.	第二与野新道Bv.	第二木下Bv
施工箇所	JR内房線 上総湊・竹岡間	JR東北本線 小牛田・田尻間	JR日光線 鹿沼・文狭間	JR東北線 浦和・大宮間	JR総武線 幕張駅構内
構造形式 (完成形)	JES構造 1層1径間ボックス カルバート	JES構造 1層2径間ボックス カルバート	JES構造 1層3径間ボックス カルバート	JES構造 橋台	角型鋼管横締め 1層2径間ボックス カルバート
土被り厚(m)	1.0	0.55	2.9	なし(天端F.L.)	0.4
計測対象	基準エレメント	基準エレメント	基準エレメント	最上段エレメント (バラベツ部)	スパン中央のエレメント
計測エレメント施工位置の土質	盛土	埋土	ローム～軽石	盛土	路盤改良～埋土
計測時期	基準エレメント設置後	基準エレメント設置後	基準エレメント設置後	最上段エレメント設置後	上床エレメント施工終了後

キーワード：現場計測、鋼製エレメント

連絡先（東京都渋谷区代々木 2-2-6・TEL (03)3379-4353・FAX(03)3372-7980）

4.理論値の算出

現在のところ、中空状態のエレメントに関する設計は確立されておらず、本設構造物と同等の活荷重を考慮してエレメントを設計すると、発生応力に比べ過大になることが指摘されている。そこで今回は応力計算にレール剛性による荷重分散を考慮し実測値の再現を試みた。計算手順は次のとおりである。

①実測輪重を図-2 に示すレールと枕木をモデル化した連続弾性支持モデルに載荷し反力を得る。②最大反力を図-3 に示す道床・路盤内の応力伝播により等分布荷重に変換する。③得られた荷重を図-4 に示す骨組み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。

なお、図-4 のモデルでは施工中の余堀りを考慮して側圧は入れておらず、下フランジは地盤バネによる支承としている。バネ値は(1)及び(2)式により算出した。

$$kv = 2.3\alpha E_0 B_v^{-1/2} \quad \cdots (1)$$

$$Ks = 1/3Kv \quad \cdots (2)$$

ここで、 α : 2.0 (一時)、 E_0 : 変形係数 (kN/m²) (=2.5N) とし $N=3$ を仮定、 B_v : 換算幅=エレメント幅(m) とした。

上記により算出されたエレメントの応力を表-3 に示す。

5.考察

実測応力と計算値を比較すると、白狐 Bv.では比較の実測値を再現できているものの、土被りの薄い第二与野新道や木下では、計算値が過大になっている。逆に土被りの厚い武子 Bv.では、計算値が実測値を下回っており再現できていない。これについては、路盤内の応力伝播を非常に簡単なモデルとしたことが原因であると考えられるが、計算モデルに上載荷重以外の力が作用している可能もあり、今後検討を進めていきたい。また、全体的に下フランジの応力が過大になっていることから、地盤バネが検討よりも大きく働いていることが伺える。

今後は、引続き列車通過による影響を検討するとともに土被りによる静的な挙動についても検討する予定である。

【参考文献】

- 1) 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，2000.8
- 2) 鉄道総合研究所編，鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物，平成4年10月

表-2 各部材の応力計測結果

	白狐Bv.	小牛田Bv.	武子Bv.	第二与野新道Bv.	第二木下Bv.
実測輪荷重(kN)	63.20	69.74	85.79	81.6	92.1
上フランジ(N/mm ²)	8.12	11.50	8.26	15.00	3.72
下フランジ(N/mm ²)	2.71	0.24	0.45	-	3.42
ウェブ(N/mm ²)	-	5.25	-	-3.36	-
列車速度(km/h)	74.8	43	42	-	62
列車種別	特急	貨物	旅客	貨物	貨物

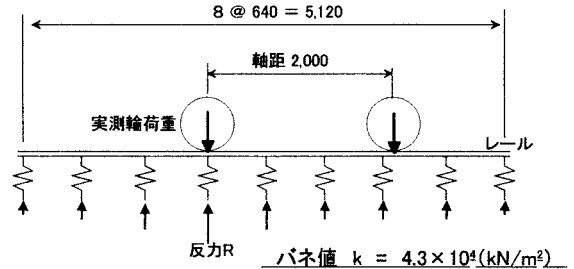


図-2 レールの剛性を考慮した支持モデル

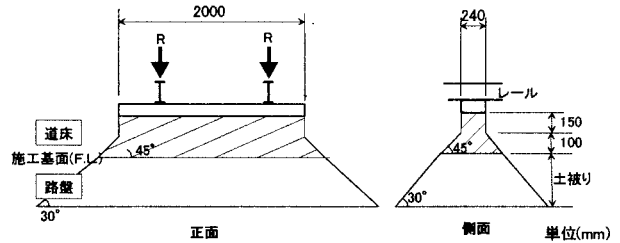


図-3 道床及び路盤内の応力伝播

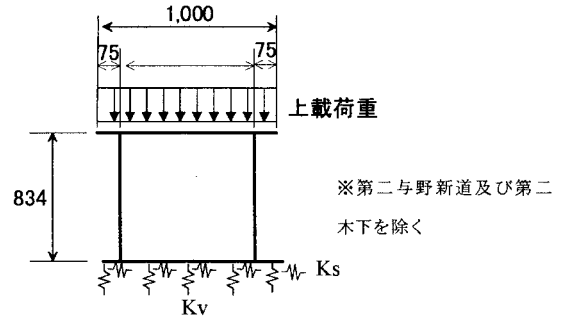


図-4 計算モデル

表-3 エレメント応力の計算結果

	白狐Bv.	小牛田Bv.	武子Bv.	第二与野新道Bv.	第二木下Bv.
上フランジ(N/mm ²)	9.37	33.50	1.64	178.10	105.2
下フランジ(N/mm ²)	8.20	29.10	1.41	-	87.4
ウェブ(N/mm ²)	4.68	16.30	0.74	79.9	67.5