

バットレス改良体を用いた片持ち鋼製橋脚の変位抑制効果に関する検討

ジェイアール西日本コンサルタンツ(株) 正会員 ○高田 直明
ジェイアール西日本コンサルタンツ(株) 正会員 森山 晃士
ジェイアール西日本コンサルタンツ(株) 野村 顕

1. はじめに

都市部における鉄道工事は、用地の制約上、狭隘かつ鉄道営業線に近接した工事となる傾向にあり、列車の安全・安定輸送を確保するために設計・施工上の課題も多い。本検討は、軟弱地盤上のポスト式中間橋脚を有する鋼鉄道橋を、桁下の制約上、片持ち式橋脚で受替える場合を想定している。受替え後の支点部の沈下や水平変位は、桁上を走行する列車の走行安全性ならびに杵や橋桁の健全性を損なうおそれがあり、特に支持地盤が軟弱地盤の場合、基礎部の水平抵抗が期待できず、安全性・健全性を確保するためには橋脚の倒れ込みによる地中部の水平変位を抑制することが重要である。図-1のような狭隘な箇所では全面的な地盤改良を施せず、本検討では、掘削工事等の変形抑制対策工として用いられる経済性に優れたバットレス型の地盤改良工法に着目し、同工法を橋脚基礎部に適用した場合の変形抑制効果を検討した。

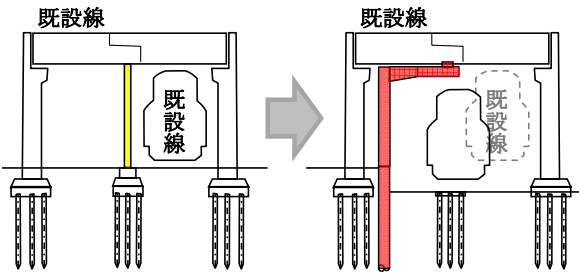


図-1 受替え概要図

2. 橋脚モデル

片持ち橋脚は、橋脚柱を CFT 柱、梁を片持ち長さ 3.85m の鋼製の箱型断面とし、橋軸直角方向に連続して配置した鋼管杭式擁壁(4 本分)で支持された構造とした。地盤は軟弱な粘性土が主体であり、杭は GL-26m 付近の硬質砂礫層を支持地盤としている。バットレス改良体は橋脚柱位置の鋼管杭前面に配置した。各部材の断面諸元および地盤条件を表-1,2 に示す。解析モデルは、橋脚、杭はビーム要素、柱と梁の接合部は剛域(部材断面の 2 倍の剛性)とし、杭前面に原地盤とバットレス改良体の複合地盤の弾塑性バネを設置した。また、荷重は、橋脚自重の他、上部工荷重(桁自重・列車荷重(EA-17))、主働土圧を考慮した。

表-1 断面諸元

	E (kN/m ²)	A (m ²)	I (m ⁴)	備 考
梁 (箱型)	200×10 ⁶	0.1280	0.01492	ハンチ部
	200×10 ⁶	0.1161	0.00344	一般部
柱	200×10 ⁶	0.1632	0.00971	φ800, t=50 (CFT柱)
杭	200×10 ⁶	0.2802	0.02075	φ800, t=30 (4本分) GL+1.0m~GL-9.0m
	200×10 ⁶	0.2145	0.01616	φ800, t=23 (4本分) GL-9.0m~GL-18.0m
	200×10 ⁶	0.1476	0.01132	φ800, t=16 (4本分) GL-18.0m~GL-27.0m

表-2 地盤条件

			層厚 (m)	N値	γ (kN/m^3)	ϕ (度)	c (kN/m^2)
1	表層	B	2.1	5	17.0	30	—
2	砂質土層	As1	2.8	5	17.0	30	—
3	粘性土層	Ac1	3.9	2	17.9	—	50
4	粘性土層	Ac2	10.2	2	16.5	—	69
5	砂質土層	As2	4.9	6	17.0	29	—
6	粘性土層	Ac3	1.7	11	15.0	—	68
7	砂質土層	Ds1	4.4	45	19.0	36	—
—	バットレス改良体		—	—	—	—	500

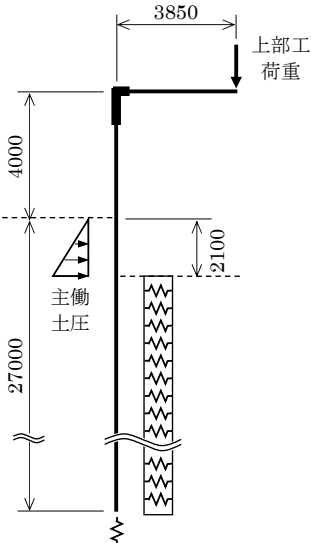


図-2 計算モデル

3. バットレス改良体のモデル化

バットレス改良工法は一般的に、擁壁直角方向に一定間隔で配置したバットレス改良体の改良体下端を硬質地盤に着底させ、改良体底面の鉛直抵抗および回転抵抗、改良体側面の周面摩擦抵抗により土圧等の荷重に抵抗する手法である。本検討のように深い掘削を伴わない場合は、経済性の観点から必ずしも支持層に着底させる必要はないと考えられる。本検討では改良体を軟弱地盤中に着底させることを前提に、改良体下端の抵抗を無視し、改良体側面の水平方向の周面摩擦抵抗のみを考慮して検討を実施した。また、検討に用いた改良体の周面バネ定数は、鉄道基

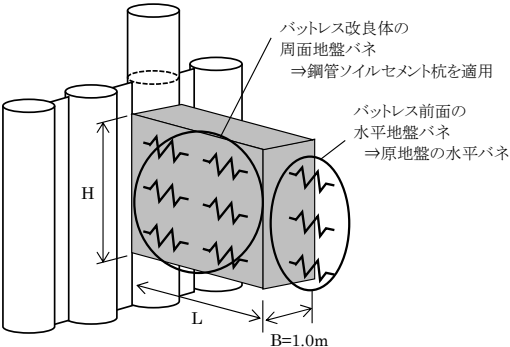


図-3 バットレス改良体

準の鋼管ソイルセメント杭¹⁾に準じて式(1)で算出し、原地盤の水平バネ定数²⁾(式(2))に加算しモデル化した。

$$k_{sh} = 0.45 \cdot \rho_{gk} \cdot E_d \quad \text{----- 式(1)}$$

$$k_h = 0.24 \cdot \alpha \cdot E_d \quad \text{----- 式(2)}$$

k_{sh} : 改良体周囲の水平方向地盤反力係数 (kN/m²)

ρ_{gk} : 地盤修正係数

$E_d \cdot E$: 地盤の変形係数(kN/m²)

α : 補正係数

表-3 検討ケース

	改良体	設置延長 L (m)	設置深さ H (m)	備考
CASE 0	無	—	—	1 ケース
CASE 1	有	1.5	3.0, 5.0, 10.0, 15.0	4 ケース
CASE 2	有	3.0	3.0, 5.0, 10.0, 15.0	4 ケース
CASE 3	有	5.0	3.0, 5.0, 10.0, 15.0	4 ケース

4. 検討ケース

バットレス改良体の設置延長および設置深さを変化させて表-3 に示す 15 ケースを実施する。なお改良体幅(B)は 1.0m とする。

5. 検討結果

支点部の沈下量および水平変位の検討結果を図-4,5 に示す。沈下量、水平変位とも、バットレス改良体を設置した方が設置しない場合と比較して、変位量が減少していることがわかる。改良体の設置により急激に変位量が減少したのは、改良による地盤の剛性増加の他、図-6 に示す通り、地盤の強度増加に伴う地中部の塑性域の減少によるものだと考えられる。また、改良体の設置長さおよび設置深さが大きくなるほど、変位量も減少する傾向だが、CASE2 と CASE3 では改良深さが 5.0m 以上となると変位量が増加に転じる。これは、改良深さが浅い場合は、背面側の土圧に対して杭頭部付近の変形が抑制され、地中部の杭が前面側にはらみ出す変形モードとなっているのに対して、改良深さが深い場合は杭頭部だけでなく地中部の杭のはらみ出しも抑制され、橋脚の倒れ込みが顕著に現れたためだと考えられる。これら結果より、バットレス改良体による変位抑制効果が期待できると言える。

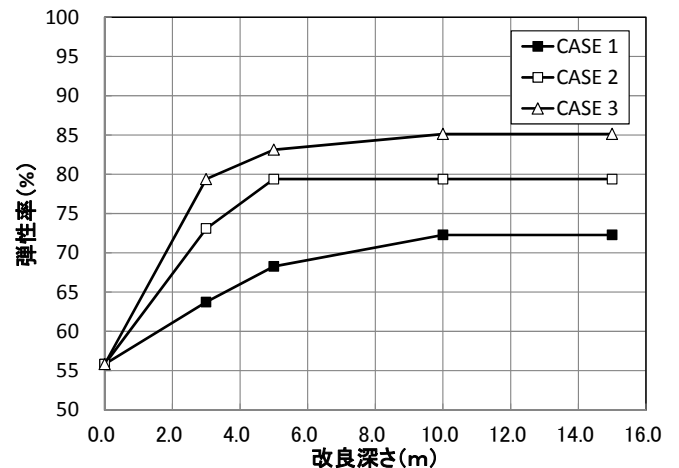


図-6 杭前面地盤の弾性率

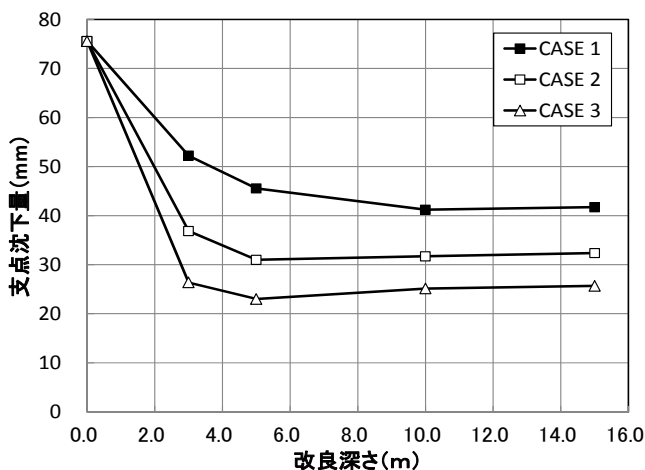


図-4 支点沈下量

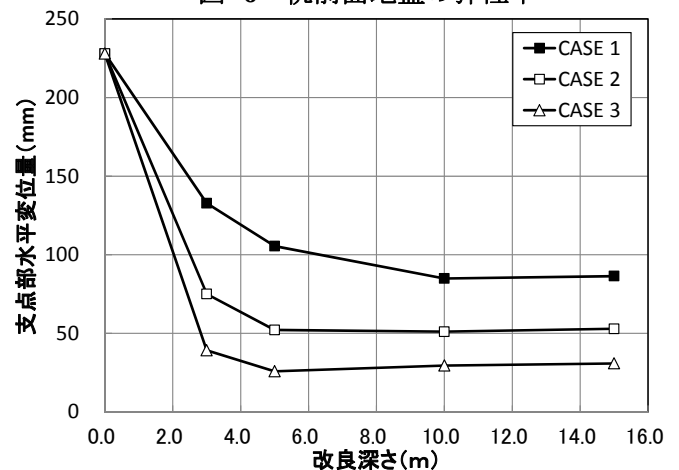


図-5 支点部水平変位量

6. まとめ

片持ち式橋脚の変形抑制対策として、部分的に地盤を改良するバットレス改良工法を適用し、その有効性を確認した。同工法は全面改良ができない場合に特に有効であると考えられ、今後は列車の走行安全性の観点から最適な改良範囲を検討するとともに、実施工での計測により、検討結果の妥当性の検証を実施していく。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所, 鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物, 2012.1.
- 2) 鉄道総合技術研究所, 鉄道構造物等設計標準・同解説 開削トンネル, 2001.3.