

鋼矢板を用いた地中梁地盤抵抗の増大効果に関する解析的検討

ジェイアール西日本コンサルタンツ(株) 正 ○近藤政弘* 濱田吉貞*
 西日本旅客鉄道(株) 正 前田友章**
 (財)鉄道総合技術研究所 正 神田政幸***
 (株)日建設シビル 正 西山誠治****

1. はじめに

近年、耐震補強や改良に伴う既設建造物の基礎を評価する場合、建設時の設計では考慮されていないフーチング等の地盤抵抗を積極的に評価することが試行されている。今回、地中梁の地盤抵抗を十分に期待できるように、簡易な補助工法として地中梁を囲む鋼矢板打設による対策を計画した。本効果を有限差分法による3次元解析によって検討したので報告する。

2. 検討対象

図1は、単線の既設ラーメン高架橋（1柱1杭式）に新しい高架橋を併設して複線化を図る事例である。新旧高架橋一体化後は、既設基礎への作用力が増加する。ここで基礎全体の抵抗力を向上させるため、囲い込み工を計画した。既設杭はΦ1.5m、杭長9mの場所打ち杭であり、囲い込み工としての鋼矢板はⅢ型、矢板長さ3mである。

3. 解析概要

囲い込み工の効果を把握するため、表1に示す①杭の地盤抵抗のみ（通常設計）、②杭+地中梁地盤抵抗、③杭+地中梁+鋼矢板（囲い込み工）、計3ケースの解析を行い、得られる荷重～変位曲線より水平抵抗力の増加を求めた。また、設計モデルによる試算も実施し、詳細解析と比較した。なお、地中梁地盤抵抗の効果については文献2)を参照されたい。

(1)3次元解析：図1に示した建造物を対象に、点線で囲んだ鋼矢板-地中梁-杭-地盤の部分をモデル化した。解析モデルを図2に示す。全ケースにおいて杭頭条件が同じとなるよう自由度は固定（回転は生じない）とした。地盤の設定を表1、物性値等を表2に示す。地盤の強度は、地表面～杭下端まで一様なものとした。鋼矢板はシェルでモデル化しているが、要素の厚さは矢板の断面二次モーメントと等価とした。なお、鋼矢板の自重は無視している。解析は3次元有限差分法プログラム（FLAC3D）により、杭、地中梁、鋼矢板部材は弾性体、地盤はモール・クーロンの降伏基準に従う弾完全塑性体でモデル化した。

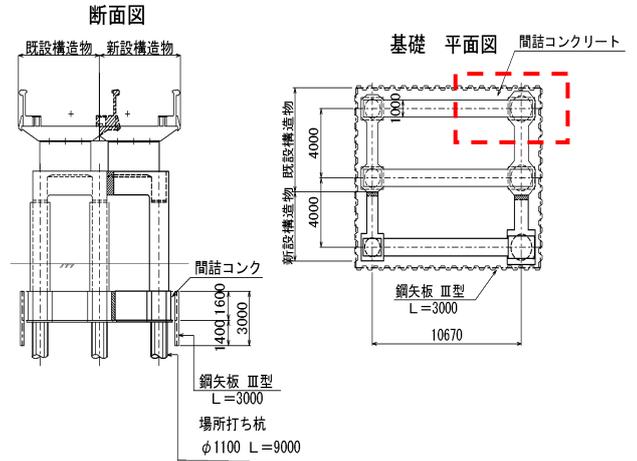


図1. 検討対象事例

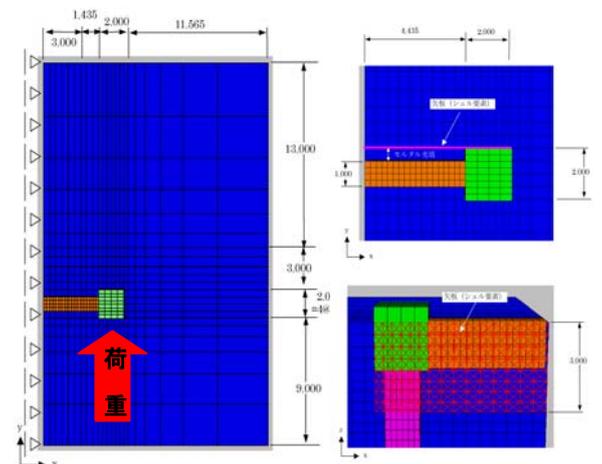


図2. 解析モデル

表1. 解析ケース（3次元解析）

CASE	地盤 N 値	地盤 N 値	
		地表～地中梁下端	地中梁下端～杭下端
1 杭のみ	0 (土載重のみ考慮)	10	
2 杭+地中梁	10	10	
3 杭+地中梁+鋼矢板			

表2. 地盤および構造物の物性値（3次元解析）

	単位体積重量 γ (kN/m ³)	ヤング係数 E (kN/m ²)	ポアソン比 ν	粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 Φ (deg)
地盤	18.0	50,000	0.3	100	29.0
杭	25.0	19,600,000	0.167	-	-
地中梁	25.0	19,600,000	0.167	-	-
鋼矢板	-	200,000,000	0.3	-	-

キーワード 基礎の耐震、杭基礎、鋼矢板

連絡先 * 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 5-4-20 (中央ビル 9F) TEL 06-6303-1446 kondou.masa@jrnc.co.jp

(2)設計モデル(2次元骨組解析): 実務設計で用いる解析(ソフト名 SNAP)も実施した。解析モデルを図3に、部材・地盤ばね等の設計値を表3に示す。設計値は鉄道耐震標準³⁾シートパイル基礎設計マニュアル⁴⁾によっているが、部材のみ弾性体としている。なお、地中梁前面の地盤抵抗、矢板を評価する地盤ばねを算定する際の奥行き方向有効幅としては、地中梁地盤抵抗の効果を3次元解析により検討した結果²⁾から、地中梁の全幅を採用した。

3. 解析結果

杭頭へ水平力を作用させ、杭径の10%以上となる変形まで解析を行った。得られた荷重～変位曲線を図4に示す。

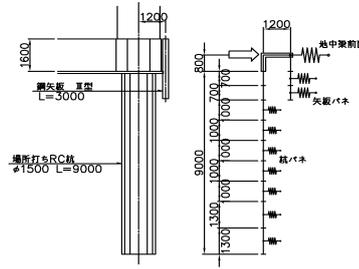


図3 骨組みモデル

表3. 2次元骨組解析の設計値

	ヤング係数 E (kN/m ²)	水平地盤抵抗 ²⁾ K _h (kN/m)	有効抵抗土圧 (地盤抵抗の上限値)
地中梁	剛域で設定	615,000	受動土圧
杭	1.96×10 ⁷	33,200	受動土圧 (幅×3)
鋼矢板	2.00×10 ⁸	96,800	受動土圧 (幅×1~1.2)

(1) 3次元解析: 同一変位における水平抵抗力の差を算定し、全体の水平抵抗力に占める比率を求めた。結果を図5に示す。降伏変位付近でみると、地中梁地盤抵抗分の比率が約30%に対して、囲い込み工(地中梁+鋼矢板)の場合の比率は約40%程度に増加している。変形が大きくなるにつれて各々の比率とも減少しているのは、地中梁前面付近の土が塑性化するのに対して、杭の水平地盤抵抗はそれほど塑性化しないためである。次に、基礎前面の変形分布を図6に示す。囲い込み工が無い場合、地中梁端部での変形は杭に追従していないが、囲い込み工を実施することで地中梁端部まで剛体的に変形していることがわかる。

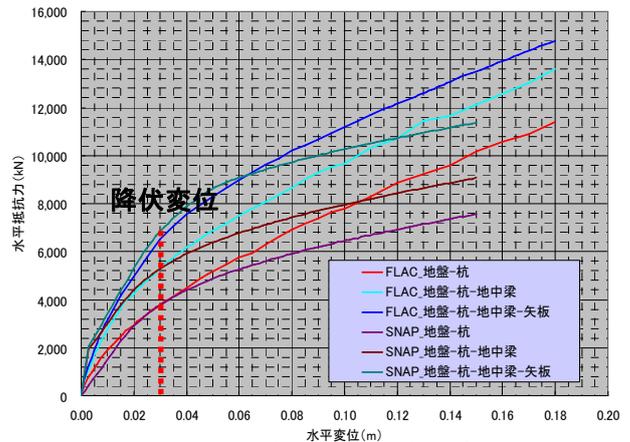


図4. 水平荷重～水平変位

(2)設計モデル: 荷重～変位曲線において、降伏変位までは2次元骨組と詳細解析(3次元 FEM)の結果はよく一致している。それ以降の変形が大きくなっているのは、地盤ばねのモデルが完全バイリニアの設定としている影響が大きいと考える。また、同様に全体の水平抵抗力に占める比率を比較すると、降伏変位程度までは同様の傾向を示している。

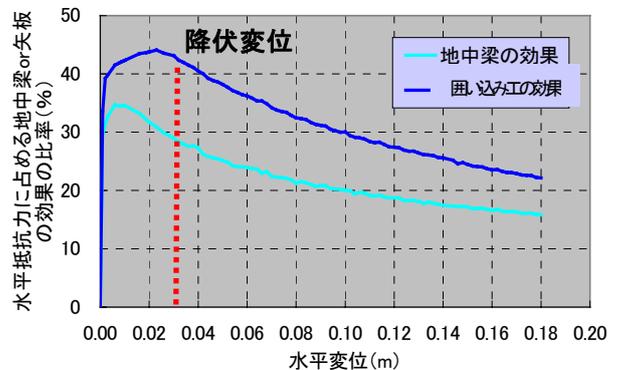


図5. 水平抵抗力に占める効果の比率

4. おわりに

鉄道ラーメン高架橋を対象に囲い込み工の効果を解析的に検討した。今回の条件に限れば、囲い込み工によって、基礎全体の抵抗力は増加し、地中梁前面の地盤抵抗を端部まで発揮させることがわかった。今後、杭、地中梁も非線形部材としての解析を実施していく予定である。なお、解析検討にあたっては、大阪大学: 常田教授よりご指導頂いた。誌上を借りてお礼申し上げます。

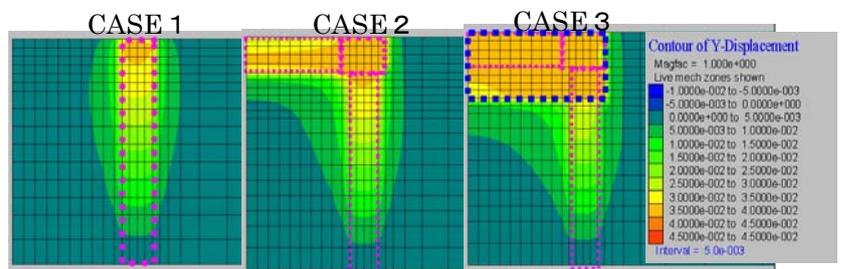


図6. 基礎前面の変位分布

<参考文献> 1) 滝沢他, 地震被害を受けた高架橋の基礎調査及び解析(その1)(その2), 土木学会第59回年次学術講演会, 平成16年9月 2) 近藤他, 鉄道高架橋(1柱1杭式)における地中梁地盤抵抗に関する解析的検討, 第42回地盤工学研究発表会, 平成19年7月(投稿中) 3) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 鉄道総合技術研究所, 平成11年10月 4) 鉄道総研, 大林組, 鉄道構造物に適用するシートパイル基礎の設計・施工マニュアル, 平成18年3月