北海道旅客鉄道株式会社 財団法人鉄道総合技術研究所

正会員 〇仁平 達也,川村 力,綱嶋 和彦 正会員 西岡 英俊, 西村 昌宏, 神田 政幸

10000

9610

9610

10000

1. はじめに

ラーメン高架橋において、地中梁が受け持つ鉛直支持力は明らかになっていない. そのため、現状は杭にのみ鉛直支持力を期待する設計となっている. 地中梁に作用 する鉛直支持力が明らかになれば、杭に考慮する鉛直支持力を小さくすることが可 能となり、周面摩擦力で鉛直支持する摩擦杭を有する構造物に対しては、 杭径を小 さくできる等より合理的な設計が出来るものと考える.

根室線新大楽毛~新富士間に2008年11月に開業した新大楽毛高架は、鉄道で日 本最大級のスパンを有する複合 PC ランガー橋を有するとともに、ラーメン高架橋 の一部に鋼管ソイルセメント杭を摩擦杭として採用している.以下に、比較的事例 の少ない摩擦杭の実挙動計測結果を報告するとともに、地中梁が分担する鉛直軸力 を推定し、鉛直支持力の負担割合について考察する.

2. 対象構造物および測定位置

2.1 対象構造物の形状

測定対象構造物は新大楽毛高架の R10 構造物である. 図-1 に縦断図を示す.構 造形式は、ゲルバー式 RC ビームスラブラーメン高架橋であり、橋軸方向は4径間、 全長は約40m である. 橋軸直角方向は1径間, 柱間隔は3.6m である. 柱高さは6.6m である.軌道構造は単線(幅員6.6m)バラスト軌道である.基礎形式は、1柱1杭 基礎であり、幅600m、部材高さ1300mmの地中梁を有している.基礎杭は、支持層 の深さが60m以上であったため、支持杭では不経済となることを考慮し、摩擦杭と して周面支持力に優れる鋼管ソイルセメント杭(杭長16m)としている.

2.2 測定杭およびひずみ計の設置位置

鋼管ソイルセメント杭の鋼管部分に設置したひずみ計により,軸ひずみを測定し た. 測定箇所は、柱と同じ平面位置にある杭2山側とした. 当該杭の杭径は1200mm, 鋼管径は800mm,鋼管厚さは17mmである.ひずみ計は,KM-100B(東京測器(株) 製)を用いた. 杭打設後に鋼管外側のソイルセメントをはつり出し, 図-2 a)に示 すように鋼管外側の合計4箇所(杭-1~杭-4)に設置した.設置高さは、地中梁底 面よりも 0.5m 低い位置とした. なお、鋼管ソイルセメント杭は設計上の曲げ剛性 にはソイルセメント分の影響は無視しているので、外周のソイルセメントをはつり 出しても設計上の問題はない.ひずみ計および配線コードは、図-2b)に示すように ケースおよびフレキシブルホースで保護した、また、鋼管と地中梁との接続は、ア ンカー鉄筋方式¹⁾を採用しており、杭頭部の約1.0m区間の鋼管内部はソイルセメ ントではなく中埋めコンクリートが打設されている.

3. 測定結果

表-1 に測定時の施工段階,測定年月日および外気温も示す.測定は地中梁打設 前(段階A)から開業後6ヶ月(段階0)まで合計15回実施した. 図-3に測定結 果を示す. グラフ内の正値は引張ひずみ、負値が圧縮ひずみである. 埋戻し後まで

(段階B~D)は測定値が増加する、すなわち引張ひずみが生じる結果もみられた. 杭-4の埋戻し後(段階C)の測定値は、他の施工段階に比べ大きく値が変化し、反 対側に設置した杭-2 と顕著な差異がみられた. これについては測定不具合による 特異点であると判断しているが、その原因の特定には至っていない.また、開業6 ヶ月後(段階0)の値が急激に変化した. 埋戻し後(段階C)と同様と傾向であり, 設置後2年以上経過していることから、経年による測定誤差と考えられる.

4. 測定値と設計値の鉛直軸力の比較

4.1 測定値の算出

測定値の鉛直軸力は式-(1)により算出した.

キーワード 摩擦杭,地中梁,ラーメン高架橋

連絡先 〒065-0012 北海道札幌市中央区北11条西15丁目1番地1 北海道旅客鉄道株式会社工務部工事課 Tel 011-700-5794



表-1 測定時の施工段階

段階	イベント	年月日	外気温
А	杭受台·地中梁打設後	·07/01/20	-3°C
В	柱打設後	·07/02/09	-3°C
С	埋戻し後	·07/02/20	-2°C
D	埋戻し後1ヶ月	°07/03/20	2°C
Е	梁・スラブ打設後**	·07/08/29	16°C
F	梁・スラブ打設後1ヶ月	[•] 07/09/29	12°C
G	滝川方調整桁設置後※	·07/10/03	12°C
Н	根室方調整桁設置後※	'07/10/15	10°C
Ι	滝川方調整桁設置後1ヶ月	·07/11/03	8°C
J	根室方調整桁設置後1ヶ月	' 07/11/15	7℃
Κ	地覆・高欄打設後	·08/04/25	10°C
L	軌道バラスト敷設後	'08/07/30	19°C
М	開業直前	·08/10/22	16°C
Ν	開業直後	°08/12/05	10°C
0	開業後6ヶ月	·09/04/08	5°C

※支保工撤去後



 $N\!\!=\!(E_{\mathrm{S}}\!\times\!A_{\mathrm{S}}\!+\!E_{\mathrm{C}}\!\times\!A_{\mathrm{C}})\times\epsilon$

• • • (1)

ここで、N:鋼管ソイルセメント杭に作用する鉛直軸力,Es:鋼管と鉄筋のヤ ング係数 (200kN/nm²),As:鋼管とアンカー鉄筋の断面積,Ec:コンクリートの ヤング係数 (28.9kN/nm²),Ac:中埋めコンクリートの断面積, ϵ :測定ひずみ

ひずみ計を設置した深度の鋼管内部はソイルセメントではなく, 杭受台・地中 梁と同時に打設した中埋めコンクリートである(図-2). そのため, その28日強 度(36.3N/mm²)からヤング係数を算出した.また, 鋼管外周はひずみ計設置時 にソイルセメントをはつり出したため, 計算上はこの影響は無視している.

図-4に施工段階毎に杭に作用する鉛直軸力を示す.測定値は全4点平均(測-①)と,対面2点平均(測-②,測-③)で整理した.ただし,計測時の特異値と考えられる点は除外してある.対面2点平均(測-②,測-③)の軸力計測結果は定性的な増加傾向は4点平均(測-①)と同様ながら,定量的には4点平均(測-測-①)に対する計測誤差が柱の場合に比べて大きくなった.これはひずみ計設置の鉛直精度や施工初期段階で軸力に比して地中梁の乾燥収縮や支保工荷重による杭の曲げモーメントの影響が比較的大きいことなどが要因と考えられる.

4.2 設計値の算出

設計値は、埋め戻し土および各部材の荷重が順次杭および柱に負担されていく ものとして算出した.埋め戻し土は地中梁および杭受け台上面の上載圧分を考慮 した.また、各水平部材(地中梁、上層梁、スラブ)については、各柱の中間ま での範囲を考慮した.コンクリートの単位体積重量は固定死荷重が25.0kN/m³、 付加死荷重が24.5kN/m³、埋戻し土は18.0kN/m³とした.**表-2**に各施工段階にお ける初期値からの増加軸力の設計値を示し、前述の図-4に併記した.

4.3 測定値と設計値の比較

施工段階初期の測定値のばらつきの影響を除去し,段階Dの値をゼロとして整 理した.ただし,一部でひずみ計測時の特異値により4点平均が全段階で得られ ておらず,また今後ひずみ計の耐久性の問題から徐々に欠測点が増加することが 考えられる.以下は,定量的な傾向を4点平均に基づき評価し,データ欠損段階 前後での定性的な変化を対面2点計測結果で補完しながら考察を行う.

図-5 に柱に作用する鉛直軸力の測定値と設計値の比較を示す. 杭の軸力増加 (測-①) は設計値に対して平均82%となった. このことから, 埋戻し以降の荷 重分担割合は地中梁が全荷重の20%程度を負担していることが考えられる. こ れは, 既往の施工時の杭頭荷重の実測事例¹⁾(鋼管ソイルセメント杭,支持杭方 式) での埋め戻し後の荷重増加に対する地中梁の負担比率(約 50~60%)に比 べて小さい値であった.

次に,経時変化の観点から再整理した.図-6 に時系列での変化を示す.測定 値/設計値が増加する傾向が見られたのは段階 J(07年11月)から段階 K(08 年4月)と,段階N(08年12月)から段階0(09年4月)の冬季を挟んだ段階 であった.すなわち,実測値の増加は必ずしも設計値の増加と一致しなかった(例 えば,段階 K での増加に実測値が連動するものの段階Lでは連動しない).図-5 と同様の整理をすると,2008年4月以前の段階 E~Jの測定値/設計値の平均値 は70%,その後の段階 K~Nは99%となった.季節変動によって地中梁が負担する 鉛直軸力が変化している可能性が考えられる.この原因として,地盤のクリープ 変形の影響や,年最低気温が-20℃程度,1月と2月の平均気温が0℃以下になる 冬季での表層地盤の凍上や,地下水位の変動の影響等により,地中梁底面の地盤 反力が徐々に失われて杭の負担比率が増加したこと等が考えられる.

5. まとめ

本検討において以下の事が明らかとなった. 今後も測定を継続する.

 本検討構造物は、埋め戻し以降の施荷重増加に対する、地中梁底面の鉛直地盤反力の負担割合は設計荷重の2割程度であると推測された.
施工に伴う荷重増加段階と実際の杭頭軸力の増加段階は必ずしも一致しておらず、施工段階のほかに季節変動に伴う外的要因が軸力負担割 合に影響を及ぼしている可能性が考えられる.

参考文献 1)光中博彦,池原亮介,神田政幸,出羽和行:鉄道ラーメン高架橋の杭・地中梁の鉛直支持に関する一考察,土木学会第63回年次学術講演会,Ⅲ-132, pp.263-264, 2008.9

