

橋台高の高いP C ポータルラーメン橋の基礎形式選定について

東日本高速道路(株) 正会員 ○神山 宙大

(株)片平新日本技研 正会員 佐々木 寛幸, 山田 崇太

1. はじめに

東日本高速道路株式会社では、現在、常磐自動車道の4車線化事業区間における二期線の設計及び施工が進められている。本稿では、浪江 IC～南相馬 IC 間に位置する室原橋(P C ポータルラーメン橋(2主版桁))の橋梁詳細設計を実施するにあたり、橋台高の高い逆T式橋台における基礎形式の選定について報告するものである。

2. 橋梁諸元

橋梁一般図を図-1に、橋梁諸元を以下に示す。

- ・橋 長：34.000m
- ・全 幅 員：11.650m
- ・橋 梁 形 式：P C ポータルラーメン橋(2主版桁)
- ・下部工形式：逆T式橋台(高さA1-17.5m, A2-17m)
- ・基礎工形式：鋼管ソイルセメント杭 ϕ 1500/1300

3. 基礎形式の選定

(1)一期線の基礎形式：一期線の詳細設計では、鋼管ソイルセメント杭と場所打ち杭について杭種比較を行い、経済性に優れた「鋼管ソイルセメント杭」を採用していた。しかし、下部工工事において、鋼管ソイルセメント杭では、中間層に存在した玉石・転石等により通常施工ができない状況となったため、全周回転掘削工法を補助工法として使用されていた。

(2)二期線の地盤条件に対して適用性の高い基礎形式：二期線設計用のボーリング調査結果では、中間層に最大礫径として750mm程度想定されることから、一期線で採用されている「鋼管ソイルセメント杭工法」は適用性が低く、「場所打ち杭工法(オールケーシング工法)」の適用性が高い状況であった。そのため、本橋では、二期線の地盤条件に対して適用性が高い「場所打ち杭工法」について、杭径・杭本数の検討を実施した。

4. 場所打ち杭の検討

(1)杭配置条件：二期線の最小杭間隔は、橋軸直角方向に杭列を増やした場合の二期線外側の用地境界への影響や、橋軸方向に杭列を増やした場合の裏込め土の荷

重増の影響も考慮し、群杭の影響を考慮した場合の2.0D¹⁾とした。また、二期線の一期線境界側の杭は、一期線の杭との最小杭間隔2.5Dを確保し、かつ全周回転掘削機が土留め壁に干渉しない位置とした。杭径・杭本数は、「第1案： ϕ 1500-3x4=12本(一期線と同径・同本数)」、「第2案： ϕ 1500-4x4=16本」、「第3案： ϕ 2000-3x3=9本」とし、杭配置と底版の前趾と後趾の長さをパラメータとして照査を満足する配置・形状がなにか検討を実施した。

(2)検討結果：場所打ち杭での照査結果を表-1に示す。杭の照査は、橋軸直角方向に杭列を増やした場合、最小杭間隔の2.0Dにしても堅壁中心と杭群中心の偏心が発生するため、その偏心量(支持力の分担比率)を考慮して実施した。場所打ち杭では全ての検討案において、押込み力の支持力照査を満足しない結果となった。

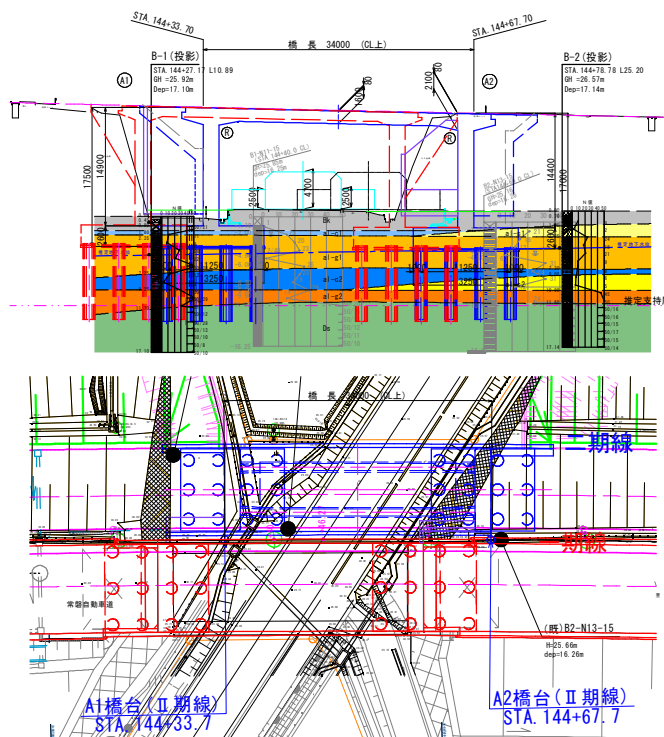


図-1 橋梁一般図

キーワード 二期線, P C ポータルラーメン橋, 場所打ち杭, 鋼管ソイルセメント杭, 周面摩擦力度

連絡先 〒983-8477 宮城県仙台市宮城野区榴岡 1-1-1 東日本高速道路(株) 東北支社 TEL 022-398-8266

(3)場所打ち杭で支持力照査を満足しない要因：

<周面摩擦力度の影響>本橋は、底版下面から支持層までの深さが10m程度と比較的浅い。支持層（軟岩）への根入れ分の周面摩擦力度は考慮しないため、底版下面から支持層まで考慮できる周面摩擦力度の特性値が影響する。また、本橋は、現況水路が一期線の底版上面に設置されているため、二期線の底版上面は一期線がコントロールとなり、二期線の底版が厚くなると底版下面の位置を下げることになる。そのため、底版が厚くなると支持力（周面摩擦力度）に影響する。

<堅壁中心と杭群中心の偏心の影響>支持力を増やすために橋軸方向のみに杭を増やすと裏込め土の影響が大きくなり、剛体照査により底版も厚くなることで収束しないため、橋軸直角方向に杭を増やす必要がある。その場合、堅壁中心と杭群中心の偏心が発生する影響で照査を満足しない。

5. 鋼管ソイルセメント杭の検討

場所打ち杭で照査を満足しない要因を踏まえ、一期線の施工実績も参考に、補助工法に中間層の玉石を除去する全周回転掘削工法を採用するものとし、同一杭

径及び杭長の場所打ち杭よりも周面摩擦力度が大きい「鋼管ソイルセメント杭工法」で「φ1500-3x4=12本」の検討を実施した。

(1)検討内容：杭間隔は2.5Dとし、底版は「一期線と同形状案」と「橋脚配置案」で検討を実施した。

(2)検討結果:鋼管ソイルセメント杭での照査結果を表-2に示す。底版の後趾を短くし、裏込め土の荷重を軽減した「橋脚配置案」において、全ての照査を満足する結果となった。

6. まとめ

本設計では、以上の検討結果より「鋼管ソイルセメント杭工法（補助工法：全周回転掘削工法）」を採用するに至った。本橋は岩盤を支持層とし、杭先端の極限支持力度が上限値で底版下面から支持層までの深さが浅いため、より周面摩擦力度が大きい工法に優位性があり、地盤条件として適用性の高い基礎形式では構造が成立しない設計事例であった。本報告が今後の橋梁設計の参考になれば幸いである。

【参考文献】1)東・中・西日本高速道路株式会社：設計要領第二集 橋梁建設編，2017.7

表-1 場所打ち杭での照査結果（変動作用）

		第1案：φ1500-3×4=12本				第2案：φ1500-4×4=16本				第3案：φ2000-3×3=9本			
杭配置		橋軸2.00(=3000mm)、直角2.50(=3750mm) 橋脚配置から前面側へ1500mm移動				橋軸2.00(=3000mm)、直角2.00(=3000mm) 橋脚配置から前面側へ1500mm移動				橋軸2.00(=4000mm)、直角2.00(=4000mm) 橋脚配置から前面側へ700mm移動			
平面図													
下部工		A1橋台		A2橋台		A1橋台		A2橋台		A1橋台		A2橋台	
杭群元	杭径	φ1500		φ1500		φ1500		φ1500		φ2000		φ2000	
	杭長×本数	L=9.5m×16本		L=9.0m×16本		L=9.5m×16本		L=9.0m×16本		L=10.0m×9本		L=9.5m×9本	
底版群元	主鉄筋	D29-28本(φ130)		D38-28本(φ129)		D25-28本(φ131)		D35-28本(φ130)		D25-40本(φ131)		D35-40本(φ130)	
	橋軸直交/橋脚/厚さ/前/後趾長	10.5m/11m/2.6m/6m/3m		10.5m/11m/2.6m/6m/3m		11m/11m/2.6m/6m/3m		11.3m/11m/2.7m/6m/3m		11.6m/10.5m/2.6m/4.95m/3.55m		11.7m/10.5m/2.6m/4.95m/3.55m	
底版群元	前趾の主鉄筋(最大径D38)	上側D38φ125/下側D38φ125(2段)		上側D38φ125/下側D38φ125(2段)		上側D38φ125/下側D38φ125(2段)		上側D38φ125/下側D38φ125(2段)		上側D38φ125/下側D38φ125(2段)		上側D38φ125/下側D38φ125(2段)	
	決定荷重ケース	変動作用 D+EQ		変動作用 D+EQ		変動作用 D+EQ		変動作用 D+EQ		変動作用 D+EQ		変動作用 D+EQ	
杭の照査	P _{Nmax}	最大鉛直反力		最大鉛直反力		最大鉛直反力		最大鉛直反力		最大鉛直反力		最大鉛直反力	
	決定荷重ケース	変動作用 D+EQ		変動作用 D+EQ		変動作用 D+EQ		変動作用 D+EQ		変動作用 D+EQ		変動作用 D+EQ	
底版群元	P _{Nmax}	最大鉛直反力		最大鉛直反力		最大鉛直反力		最大鉛直反力		最大鉛直反力		最大鉛直反力	
	決定荷重ケース	変動作用 D+TH+EQ		変動作用 D+TH+EQ		変動作用 D+TH+EQ		変動作用 D+TH+EQ		変動作用 D+TH+EQ		変動作用 D+TH+EQ	
底版の照査	My _d	降伏曲げモーメント		降伏曲げモーメント		降伏曲げモーメント		降伏曲げモーメント		降伏曲げモーメント		降伏曲げモーメント	
	決定荷重ケース	降伏抵抗曲げモーメント		降伏抵抗曲げモーメント		降伏抵抗曲げモーメント		降伏抵抗曲げモーメント		降伏抵抗曲げモーメント		降伏抵抗曲げモーメント	
底版の照査	剛体判定	β・λ ≤ 1.0		β・λ ≤ 1.0		β・λ ≤ 1.0		β・λ ≤ 1.0		β・λ ≤ 1.0		β・λ ≤ 1.0	
	採用案	採用案		採用案		採用案		採用案		採用案		採用案	

表-2 鋼管ソイルセメント杭での照査結果（変動作用）

		①1期線と同形状				②橋脚配置/前・後フーチング同じ長さ			
側面図									
下部工		A1橋台		A2橋台		A1橋台		A2橋台	
底版群元	形状(前/後/厚さ)	4.50m/6.75m/3.00m		4.50m/6.75m/3.00m		5.625m/5.625m/2.60m		5.625m/5.625m/2.60m	
	前趾の主鉄筋	上側D32φ150 下側D32φ150(2段)		上側D35φ150 下側D35φ150(2段)		上側D38φ125 下側D38φ125(2段)		上側D38φ125 下側D38φ125(2段)	
ウイング下面から底版上面の高さ		1500mm		1500mm		1500mm		1500mm	
杭群元		φ1500/φ1300		φ1500/φ1300		φ1500/φ1300		φ1500/φ1300	
杭群元	杭長×本数	L=9.50m×12本		L=8.50m×12本		L=9.50m×12本		L=9.00m×12本	
	鋼管厚	22.0mm		22.0mm		22.0mm		22.0mm	
杭群元	φ _{fx}	4.89 ≤ 15.00 33%		10.78 ≤ 15.00 72%		2.00 ≤ 15.00 13%		4.08 ≤ 15.00 27%	
	安定の変動作用 D+EQ	P _{Nmax}		7582 > 7354 103%		6416 ≤ 8169 79%		6615 ≤ 7479 88%	
底版群元	My _d	64152 ≤ 72511 88%		65135 ≤ 86364 75%		81851 ≤ 99633 82%		83401 ≤ 100763 83%	
	降伏曲げモーメント kN・m	64152 ≤ 66443 97%		65135 ≤ 79316 82%		81851 ≤ 92131 89%		83401 ≤ 93175 90%	
底版群元	M _{ud}	64152 ≤ 66443 97%		65135 ≤ 79316 82%		81851 ≤ 92131 89%		83401 ≤ 93175 90%	
	降伏抵抗曲げモーメント kN・m	64152 ≤ 66443 97%		65135 ≤ 79316 82%		81851 ≤ 92131 89%		83401 ≤ 93175 90%	
底版群元	剛体判定	β・λ ≤ 1.0		0.987 ≤ 1.000 99%		0.936 ≤ 1.000 94%		0.924 ≤ 1.000 92%	
	β・λ ≤ 1.0	0.987 ≤ 1.000 99%		0.978 ≤ 1.000 98%		0.936 ≤ 1.000 94%		0.924 ≤ 1.000 92%	
採用案		×		×		○		○	