

萩橋で採用した鋼管ソイルセメント杭について —杭基礎を用いたポータルラーメン橋の設計—

帯広開発建設部 帯広道路事務所 第2工事課 ○金子 俊弘
倉西 秀夫
池田 博

本橋は、橋長L=33mのポータルラーメン橋で下部工形式は逆T式橋台である。躯体高さが18m程度と高く土圧の影響が支配的となるため、杭頭の作用力が大きく、大きな鉛直支持力を確保できる杭基礎が必要となった。そこで、大きな鉛直支持力が確保可能な鋼管ソイルセメント杭を採用することにより、杭の小径化、杭本数の削減およびフーチングのコンパクト化・建設発生土の軽減を実現し、建設コストの縮減を可能とした。

1. まえがき

萩橋は、札幌と鹿追町を結ぶ一般国道 274 号に位置し、一級河川ハギノ川を跨ぐ橋長 33m、幅員 10.95m の杭基礎を有する PC ポータルラーメン橋である。(図-1)

本橋の特徴は、以下の事項が挙げられ、これらの課題に対して合理的な設計及び施工方法を検討した。

- 1) ポータルラーメン構造は、プレ2次やクリープによる影響が橋脚基部に伝わりやすいという構造上の特徴を有する。
- 2) ポータルラーメン構造の設計では、土圧の影響が非常にクリティカルとなるため、各荷重ケースについて、各断面で安全側となるように設計が必要である。
- 3) 土圧が大きく支配的であるため、杭頭への作用力が大となる。

- 4) ポータルラーメン橋について、耐震設計の基本方針の整理が必要。

2. 橋梁諸元

- ・構造形式：ポータルラーメン橋
- ・橋長：33.0m
- ・総幅員：10.95m (0.600+5.250+4.500+0.600)
- ・斜角：90° (道路中心と主桁背面の交角)
- ・平面線形：A=125m~R=300m
- ・縦断勾配：2.500%→(VCL=100)←4.173%
- ・横断勾配：←2.0%(拌み勾配)~6.0%(片勾配)

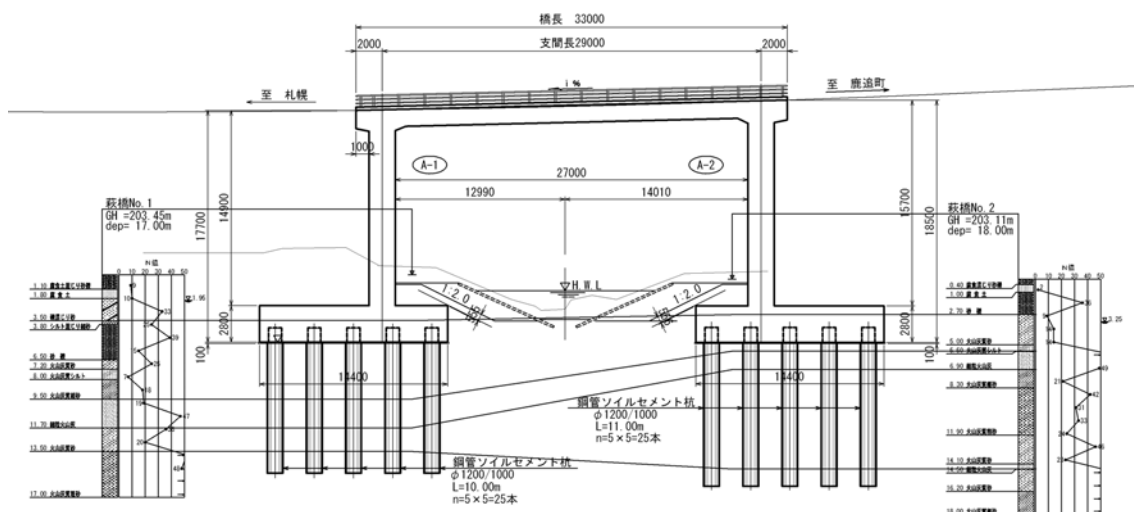


図-1 橋梁一般図

3. 橋梁形式の選定

架橋地点では、道路盛土高が高いため、橋台高さが18m程度となる。また、河川と道路との斜角が64°16'13"となっており、橋台の角度は65°で計画した。これより橋長が20m程度となり、様々な可能性が考えられる橋梁となった。したがって、上部工のみで経済比較を行うものではなく、下部工・基礎工・擁壁工など総合的な経済比較（EPSを用いた土圧低減案を含む）を行った結果から構造形式を決定した。

逆T式橋台として最短橋長とした場合、単純形式のコンクリート橋として一般的なプレテン桁が提案できる。工場製作桁である他、クレーンによる一括架設となり現場工期を短縮できるメリットがあるが、比較検討で、杭基礎本数が増え非常に不経済となり橋長を短くしたことがコスト的に逆効果を生む結果となった。そのため、斜角が90°（次項参照）で橋長が長くなるものの、トータルコストに優れるポータルラーメン橋を採用することとした。

4. ポータルラーメン橋

ポータルラーメン橋はラーメン構造のため、落橋の危険性がなく耐震性に優れ、支承や伸縮装置の省略などによるコスト削減という観点から、広く採用されてきた橋梁形式である。その中で、斜角のついたポータルラーメン橋は地震時の挙動が明らかにされていないため実績が少ないことから、ポータルラーメン橋の斜角については、偏土圧の影響を極力さけるため、平面交差（斜角）は90°とした。

耐震性ではポータルラーメン橋は、一般的な単純桁の橋梁と同様に「背面土により拘束された」構造物であ

る。一般的な単純桁の橋梁と比べて、上下部工を剛結しているため落橋に対する安全度は高い。

よって、ポータルラーメン橋は、基本的に「レベル1地震動により耐震設計を行なう」ことが妥当と考え、照査を行った。（表-1）

通示V 表-解2.2.1 耐震性能の観点

橋の耐震性能	耐震設計上の安全性	耐震設計上の供用性	耐震設計上の修復性		レベル1地震時
			短期的修復性	長期的修復性	
耐震性能1： 地震によって橋としての健全性を損なわない性能	落橋に対する安全性を確保する	地震前と同じ橋としての機能を確保する	機能回復のための修復を必要としない	軽微な修復でよい	
耐震性能2： 地震による損傷が限定的なものにとどまり、橋としての機能の回復が速やかに行い得る性能	落橋に対する安全性を確保する	地震後橋としての機能を速やかに回復できる	機能回復のための修復が応急修理に対応できる	比較的容易に恒久修復を行うことが可能である	
耐震性能3： 地震による損傷が橋として致命的とならない性能	落橋に対する安全性を確保する	—	—	—	

表-1

計算モデルは、平面フレームにより設計を行うため、橋台のモデル化に十分留意しなければならない。

断面力の算出は、ウイング形状を考慮した剛度を用いることに留意し、平面骨組解析により算出する。

また、ラーメン剛結部においては、応力の急激な変化を避けるため、上部工隅角部近傍の断面変化を充実断面範囲を広く取ることなどにより改善した。（図-2）

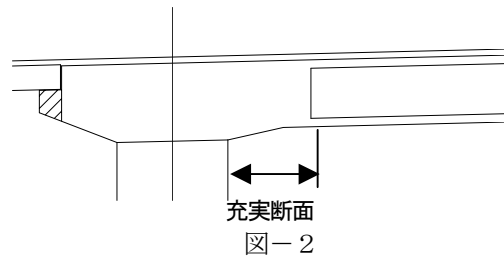


図-2

また、プレ2次やクリープによる影響が脚基部に伝わりやすいという構造上の特徴を有する。

上部工としての最適断面であっても、下部工への影響が大きくなり、下部工形状が増となっては一連の構造体としての最適形状にはならない。

桁高	1.100~0.800m	1.300~1.000m	1.400~1.200m
断面			
橋長（支間長）	34.000m(29.500m)	33.600m(29.300m)	33.000m(29.000m)
P C鋼材配置本数	28本	20本	16本
必要橋脚幅	2.500m	2.300m	2.000m
コスト比率	1.05	1.02	1.00

図-3 上部工断面比較表

	鋼管ソイルセメント杭	中掘り鋼管杭	場所打ち杭
平面形状図 単位(mm)			
断面構成	$\phi = 1200(\text{mm})$ L=11.00(m) n=25 鋼管 $\phi 1000$ 板厚t=17.0(mm) SKK490	$\phi = 800(\text{mm})$ L=12.00(m) n=56 板厚t=14.0(mm) SKK400	$\phi = 1200(\text{mm})$ L=12.00(m) n=36 D35-28(本) $A_s=26784.8(\text{mm}^2)$
コスト比率	1.00	1.12	1.37
	鋼管ソイルセメント杭 + EPS	中掘り鋼管杭 + EPS	場所打ち杭 + EPS
平面形状図 単位(mm)			
断面構成	$\phi = 1200(\text{mm})$ L=12.00(m) n=20 鋼管 $\phi 1000$ 板厚t=18.0(mm) SKK490	$\phi = 800(\text{mm})$ L=11.00(m) n=56 板厚t=12.0(mm) SKK400	$\phi = 1000(\text{mm})$ L=12.00(m) n=35 D35-20(本) $A_s=19132.0(\text{mm}^2)$
コスト比率	1.14(EPS含む)	1.30(EPS含む)	1.37(EPS含む)

表-2 比較計算結果

鋼管ソイルセメント杭は高い支持力特性（鉛直・水平）、高いじん性、低振動・低騒音の施工、低排土などの特徴を有し、コスト削減の観点から採用した。



写真-2 外面突起付き鋼管

7. 施工計画

通常の桁形式の橋梁では、橋台施工後に背面の盛土を先行する場合があるが、ポータルラーメン橋は下部工（柱部分）の施工後に上部工の施工に移るため、背面盛土を先行することにより橋台の変位と応力バランスが問題となるため、施工順序（背面土施工時期）を考慮した設計を行った。（背面土は上部工施工後）①床堀掘削→②基礎杭工→③下部工構築→④護岸工→⑤上部工構築→⑥補強土壁工、盛土工構築の工程で施工を行う。（図-6）

また、土圧も含めた全体フレームでの解析を行っているため、設計で使用した裏込め土の使用（単位体積重量）を厳守することが絶対条件となる。

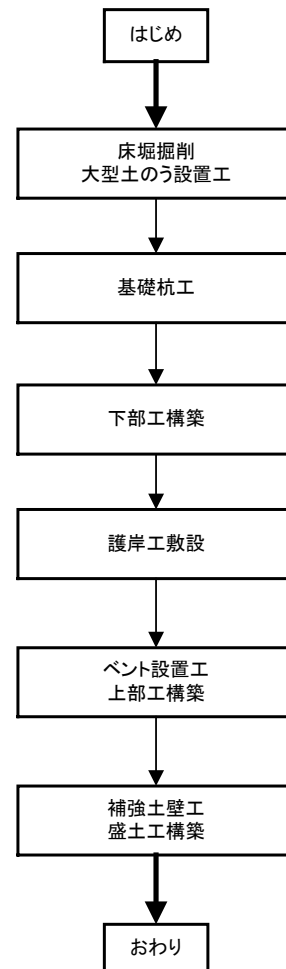


図-6 施工計画フロー図

8. おわりに

上部工検討は上・下部一体構造のフレームとして検討を行い最も経済的な壁厚とすることで基礎工に対する負担を軽減させた。

基礎工は大きな鉛直支持力が確保可能な鋼管ソイルセメント杭を採用することにより、杭の小径化、杭本数の削減およびフーチングのコンパクト化・建設発生土の軽減を実現し、建設コストの削減を可能とした。鋼管ソイルセメント杭は、他の杭種に比べて周面摩擦力度が大きく、かつ安定した支持力を発揮できることが確認されており、本橋に適した杭工法であるといえる。今後、鋼管ソイルセメント杭での比較検討を行うことで、より一層の建設コスト削減に寄与できると考えている。