

高知高架における鋼管ソイルセメント杭の設計・施工

四国旅客鉄道(株) 正会員 ○新居 準也

同 松本 任雄

同 中谷 泰幸

1. はじめに

土讃線高知駅付近連続立体交差事業では、家屋が線路沿いに密集した周辺環境と産廃処理に関する地域的な特性から、基礎杭として鋼管ソイルセメント杭を高架橋区間のほぼ全区間にわたって採用している。現在5工区の杭施工工事をほぼ完了し、順次高架橋躯体工事に取り掛かっている。

本文では、当社で初めて採用した鋼管ソイルセメント杭の設計と平成13年11月より着手した杭施工結果の一部について報告する。

2. 地質条件

高架橋施工区間の地質縦断図の一部を図—1に示す。地表面から20m程度までは、N値0～1の軟弱な粘性土層である。礫質土層、軟岩層を支持層と想定した結果、杭長は20～30m程度と推定された。

3. 杭基礎の選定

高架事業の着手にあたり、基礎杭の条件として、家屋が密集・近接した地域であるため、騒音・振動に配慮した工法であること、また、高知県内に十分な産廃最終処分場が無い場合、建設汚泥排出量の少ない工法であることが要求された。そこで、平成12年に高知県と共同で杭の試験施工を行い、表-1の試験結果から、低騒音・低振動・低排出土量の条件を考慮して鋼管ソイルセメント杭を採用した。

4. 設計について

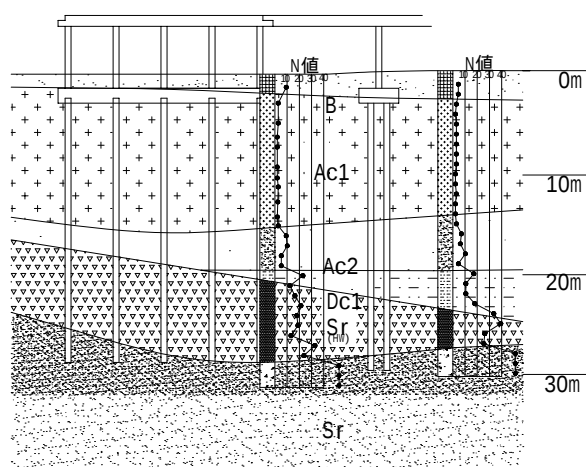
(1) 杭の構造

鋼管ソイルセメント杭は、地盤中に造成したソイルセメント柱とリブ付鋼管（杭一般部では外面に、杭先端部では鋼管内外の両面に設けている）より構成される合成鋼管杭である（図-2）。本設計において、杭の根入れ長は、支持層に確実に貫入させるため1200mm（ソイルセメント柱径）とし、鋼管の根入れ長は、鋼管径の0.5倍あれば荷重伝達がスムーズに行われるので、安全を考慮してソイルセメント柱径の0.5倍、さらに余裕長も0.5倍とした。

(2) 杭とフーチングの結合

高架橋は、景観を考慮した結果、柱間隔が狭い基本形と柱間隔が広い展開形の2種類から構成されている（図-3）。

杭とフーチングの結合法としては、第1法として、アンカー鉄筋で補強することにより杭頭曲げモーメン



図—1 地質縦断図

表 - 1 基礎杭の試験施工結果

杭条件	オールケーシング 工法	鋼管ソイルセメント杭工法	
	杭径 $\phi=1300\text{mm}$	杭径 $\phi=1200\text{mm}$ (改良体径)	
	杭長 $L=30\text{m}$	杭長 $L=30\text{m}$	
		同時埋設	後埋設
騒音 (dB)	86.0	78.1	77.2
振動 (dB)	68.2	60.4	60.7
排出土量	40m ³ /本	6.8m ³ /本	
排出汚泥量	12m ³ /本	6.8m ³ /本	

1. 騒音、振動は6m離れの位置での L_{eq} レベルの平均値（基準値：騒音85dB、振動75dB）

2. オールケーシング工法の汚泥量は全排出量の30%、鋼管ソイルセメントの排出量は杭体の20%で全て汚泥

キーワード：鋼管ソイルセメント杭、ソイルセメント柱、リブ付鋼管、排出汚泥量

連絡先：〒760-0011 香川県高松市浜ノ町8番24号 Tel:087-825-1690 Fax:087-825-1691

トに抵抗する方法、第2法として、フーチングの中に鋼管を一定長だけ埋込み、埋込んだ部分によって杭頭曲げモーメントに抵抗する方法がある。本設計では、第1法の場合、鉄筋量が著しく多くなり、経済性・施工性に問題がある（試算例では、SD390でD32-80）ため、第2法によることとし、鋼管の埋込み長は、鋼管杭協会の構造細目に準じて1000mm（鋼管径）とした。また、杭頭剛結の構造とするため、杭頭部の2000mm（鋼管径の2倍）はフーチングと同等の中埋めコンクリートを施工している。

（3）耐震設計

耐震設計は、「鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）」に準じて行っており、杭部材や柱部材等の構造部材と地盤抵抗に非線形性を考慮し、杭頭部はCFT部材、その他は鋼部材として評価している。また、深さ20m程度までの軟弱な粘性土層の地盤抵抗を精度よく評価するために、支持力や地盤反力係数の算定には一軸圧縮強度を、地盤の固有周期や地震時の地表面での地盤変位量の算定にはPS検層から得られたせん断弾性波速度を用いている。

5．施工結果について

（1）施工方法の選定

高架橋施工区間は、側道幅両側6m（そのうち片側は仮線軌道を敷設）単線高架橋幅約5.5mという限られたスペースでの施工となるため、駅部を除き掘削攪拌機がより小型で施工できる後埋設工法を採用している。

（2）騒音・振動

騒音・振動については、杭施工が始まった時点で民地境界において試験的に測定を行い、その結果、騒音の測定値78dB、振動の測定値50dBとなり、いずれも環境基準値を満足することを確認した。

（3）排出汚泥量

表-2に杭施工結果の一部を示す。セメントミルクの添加量は、ソイルセメント柱の現場一軸圧縮強度（材令28日強度）の設計値（杭一般部で $q_u = 0.75 \text{ N/mm}^2$ 、杭先端部で $q_u = 15.0 \text{ N/mm}^2$ ）から、室内配合試験（現場設計強度の3倍）により決定した。当初計画では、セメントミルクの添加量から、排出汚泥量を杭体体積の

30%程度と想定していたが、支持層の傾斜のために杭の根入れ長が長くなった工区では、施工時間の増加に伴い排出汚泥量も増加した（40%～50%）。特に、硬い粘性土層が存在した工区では、良質なソイルセメント柱を築造するために、上下の掘削攪拌（ターニング）を繰り返し、必要以上のセメントミルクを注入した結果、排出汚泥量も大幅に増加した（63%）。今後、ターニングを行う場合のセメントミルク注入量のコントロール方法や、粘性土層の効率的な掘削攪拌方法について検討すると共に、きめ細かい地質条件の把握に努める必要があると考えられる。

6．おわりに

高知高架では、家屋が密集した周辺環境の保全と産業廃棄物の縮減を目的として基礎杭の選定を行い、騒音・振動に関しては環境基準値を満足することができたが、排出汚泥量については計画量相当に抑えるよう今後更に施工法の検討を重ねていきたいと考えている。

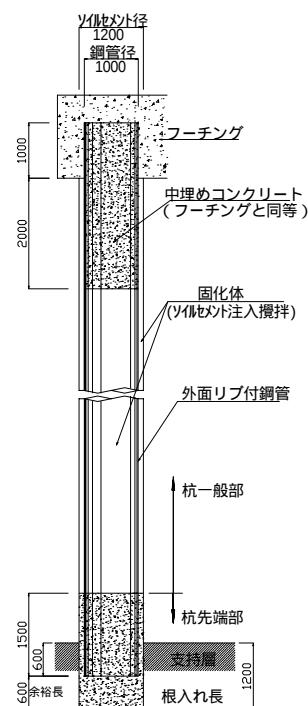


図-2 鋼管ソイルメントの構造

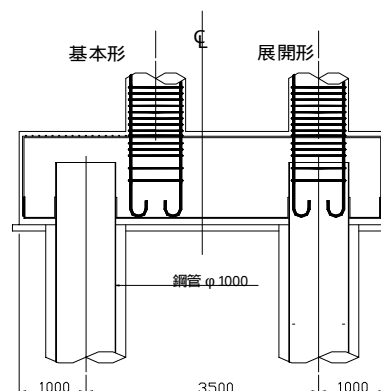


図-3 杭とフーチングの結合

表-2 基礎杭施工結果

工区	添加セメント kg/m3	杭体体積 Qs (m3)	注入量 V (m3)	廃泥量 Q (m3)	発生廃泥率 Q / Qs	注入率 V / Qs
当初	250	—	—	—	0.30	0.38
	300	1445	1038	913	0.63	0.72
	350	1670	1065	662	0.40	0.64
	300	1226	714	625	0.51	0.58
	350	1536	934	707	0.46	0.61