

11 施工計画

深礎杭掘削時における止水対策及び、鉄筋組立の生産性向上について

兵庫県土木施工管理技士会
株式会社新井組
森 谷 光 希

1. はじめに

一般国道42号線は、静岡県浜松市を起点とし、和歌山県和歌山市に至る総延長546kmの主要幹線道路であり、和歌山県の紀伊半島沿岸部を繋ぐ唯一の国道として、産業、経済、生活を支える重要な役割を担っています。本事業（すさみ串本道路）は、西牟婁郡すさみ町内、串本町内で災害発生時、救援、救急医療活動の安定した交通路を確保することを目的とした延長19.2kmの道路である。本工事は熊谷川第二橋に計画される、すさみ串本道路熊谷川第二橋P1橋脚1基の基礎他工事（大口径深礎杭 $\phi 13\text{m}$ 深さ $H=21\text{m}$ ）である。

工事概要

- (1) 工 事 名：すさみ串本道路熊谷川第二橋P1基礎他工事
- (2) 発 注 者：近畿地方整備局紀南河川国道事務所
- (3) 工事場所：和歌山県東牟婁郡串本町和深地先



図-1 工事全景

- (4) 工 期：自) 令和4年4月1日
至) 令和5年3月24日

2. 現場における問題点

- (1) 深礎杭掘削時における土砂崩壊の危険

本工事施工箇所P1橋脚における、既存ボーリングデータの水位は、深礎杭天端より1.6m～3.6m付近に帯水している。また、深度5m付近の礫混じりシルト層は、含水量が中～大であり、掘削中に

表-1 既存ボーリングデータ

深度 (GL-m)	柱状図及び凡例	地層	地質記号	記事
0.00	0 10 20 30 40 50	表土	b	粘土質砂礫、 $\phi 0.2 \sim 1\text{cm}$ の角～亜角礫を含む。
1.50		砂質粘土	vbc	$\phi 0.2 \sim 1\text{cm}$ の角～亜角礫を含む粘土。含水小。
1.80		粘土質砂礫	vb	$\phi 0.5 \sim 1\text{cm}$ の角～亜角礫を主体とする。
3.25		礫混じり粘土	vbc	$\phi 0.2 \sim 0.5\text{cm}$ の角～亜角礫を所々に含む。含水小。 1.0m以下、礫がやや多くなる。
4.65		シルト混じり砂礫	vb	$\phi 0.5 \sim 4\text{cm}$ の亜角礫を主体とする。最大礫径は $\phi 5\text{cm}$ 。
5.60		礫混じりシルト	vbc	$\phi 0.2 \sim 0.5\text{cm}$ の角～亜角礫を含むシルト。含水中～大。
7.60		シルト混じり砂礫	vb	6.5m以下、 $\phi 0.2 \sim 0.5\text{cm}$ の角～亜角礫を主体とする。最大礫径は $\phi 10\text{cm}$ 、 $\phi 5\text{m}$ 以下、 $\phi 0.5 \sim 3\text{cm}$ の角～亜角礫を主体とする。最大礫径は $\phi 5\text{cm}$ 、含水小。
8.65		シルト混じり砂礫	vb	$\phi 7 \sim 12\text{cm}$ の玉石を含む。含水中程度。
9.75		砂岩混交互層	MaIt [OK]	CH級（軟岩互） 板状～柱状コアを主体とする。 深度13.2～13.3m、礫状コアを呈する。 割れ目沿いに風化が認められる。 傾斜角は20°前後。 RQDは下記の通り。 9-10m:15%、10-11m:10%、11-12m:0%、12-13m:18%、 13-14m:35%、14-15m:65%。
15.00				

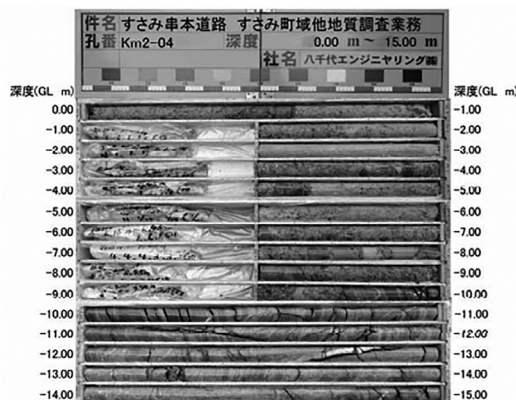


図-2 採取資料

土砂の崩壊が懸念された。この調査では透水試験を行っておらず、P1橋脚の湧水量は65mほど離れたP2橋脚にて実施した透水試験より推定しているため、信頼性に欠ける。土留め部分（施工基面から深度10m）の地層は、透水性が高い砂礫が多く分布しているため、本工事施工位置でジャストボーリングを実施し、湧水量を確認することが、施工時における安全性及び構築物の品質・出来形向上に必要不可欠である。

(2) 工程遅延の改善

当初の工程では、6月中旬より深礎工を着手予定であったが、掘削時において、湧水等による土砂崩壊の懸念事項があり、施工前に施工箇所の湧水量を調査した結果、薬液注入（ダブルパッカ工法）による止水対策が追加施工となったため、約2ヶ月着手が遅延した。また、深度10m以深の土質は、既存ボーリングデータでは軟岩（砂岩泥岩互層Malt）であったが、追加で実施したジャストボーリングの結果から軟岩部分が中硬岩であることが判明し、さらに約1ヶ月遅延が想定された。このため、限られた施工日数の中で工期内に施工を完了すべく、施工方法を工夫し生産性を向上させることが必要であった。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 薬液注入工による崩壊防止及び止水対策の検討

施工前に調査ボーリングをジャストボーリングで1箇所実施した。調査は、標準貫入試験（φ66オールコア採取）及び揚水試験を行うものである。また、調査深度は想定支持層（軟岩Ⅱ）を確認するため11mとする。調査ボーリングの結果、土留め部分（施工基面から10mまで）はN値が2～10程度と非常にゆるく、砂礫層で湧水量が多いため、地盤崩壊の危険性が懸念された。また、揚水試験を実施した結果、0.221 m³/minとなった。湧水量については、「杭基礎施工便覧H19」2.2深礎工法P308において、「水中ポンプなどによる排水は0.2m³/min程度の湧水量が限界で、それ以上

の場合は止水工法やディープウェルによる水位低下工法などの流入防止策を採用する」との記載がある。

よって、揚水試験結果（0.221 m³/min）は水中ポンプなどによる揚水の限界値（0.2m³/min）を越えるため、止水工法を検討した。検討パターンは、

- ① 止水鋼矢板工法
 - ② 止水鋼矢板＋薬液注入工法
 - ③ 薬液注入工法
- 以上の3つである。

①止水鋼矢板工法については、経済性及び工期の観点では採用基準に適合したが、安全性及び対策効果が期待できないと予想されるため、不採用とした。

表-2 ①止水鋼矢板工法検討表

項目	工法名	評価
工法説明	No.1 止水鋼矢板工法 ライナー工法の土砂層に止水鋼矢板を建設し、掘削時の湧水対策とする。止水鋼矢板は先行掘削を行った後、縦割りに着工とする。	
構造概要図		
計画数量	・鋼矢板設置量：172枚（12.0m/枚）	
対策効果	止水効果は期待できるが、地山の崩壊、崩壊が懸念される。また、先行掘削による地山の崩壊、水もろみ等の出水が予想される。工事期間中に発生した場合、大規模な掘削が必要となる。	×
経済性(工費)	鋼矢板注入 21,200,000円 二重管SP 400円 合計 15,500,000円	◎
工期	鋼矢板注入 37日 二重管SP 0日 合計 37日	◎
安全性	地下水流入・地盤崩壊の危険性大	×
総合評価	工費が最も安い。湧水による立坑掘削困難が予想される。工事期間中に発生した場合、大規模な掘削が必要となる。	×

②止水鋼矢板＋薬液注入工法は、対策効果や安全性の観点では採用基準に適合したが、経済性及び工期が過大となるため不採用とした。

③薬液注入工法に関しては、対策効果・経済性・工期・安全性全てにおいて、採用基準を満たしているため、③の薬液注入（ダブルパッカ工法）を採用した。

(2) 薬液注入工（ダブルパッカ工法）の実施

薬液注入（ダブルパッカ工法）にて止水対策を実施した結果、深礎杭掘削時に湧水の影響で地盤崩壊が懸念されていた箇所（施工基面から深度10m）の崩壊及び湧水は無く、安全に掘削をすることが出来た。また、深礎杭の出来形管理項目

表-3 ②止水鋼矢板+薬液注入工法検討表

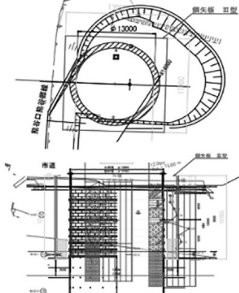
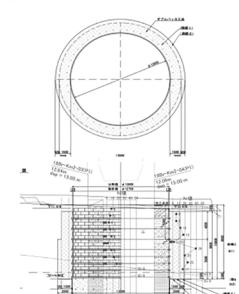
No.2 止水鋼矢板+薬液注入	
第1案に対し鋼矢板先端部分のライナープレートと地山間の土砂部における鋼矢板建込み時の先行掘削による地山の水ミチからの湧水対策として、薬液注入工法（ダブルパッカ工法）を併用する。	
	
- 鋼矢板建込圧入：172枚（12.0m/枚） - 薬液注入工：本数：10本 - 掘削長：874.30m（12.49m/本）・注入量：210.00m³（3.0m³/本） - 注入量：73.80（1.05m³/本）	
鋼矢板による止水と薬液注入による地下水の掘り込みの防止が図れる。	◎
鋼矢板圧入 21,200,000円 二重管DP 16,650,000円 合計 37,850,000円	△
鋼矢板圧入 37日 二重管DP 40日 合計 77日	△
地下水流入・地盤崩落の危険性小	◎
湧水対策はできるが、高価な案となる。工事用道路が狭くなるため大型車両通行不可となる	△

表-4 ③薬液注入工法検討表

No.3 薬液注入工法	
止水鋼矢板に代替する薬液注入工法（ダブルパッカ工法）による地盤改良を行うことにより、ライナー背面地山の止水、強化を図る。	
	
- 薬液注入工：本数：96本 - 掘削長：1036.80m（10.8m/本） - 注入量：940.80m³（9.8m³/本） - 注入量：295.1m³（3.07m³/本）	
土砂部の掘り、崩壊防止と止水効果が得られる。	◎
鋼矢板圧入 0円 二重管DP 29,900,000円 合計 29,900,000円	○
鋼矢板圧入 49日 二重管DP 0日 合計 49日	○
地下水流入・地盤崩落の危険性小	◎
湧水対策が可能で工程、経済性に優れる。	○

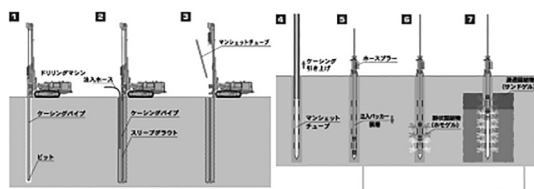


図-3 ダブルパッカ工法施工手順略図

「傾斜」については、土留め設置部の精度が大きく影響する。土留め設置背面が湧水の影響により崩壊し、傾斜に影響が出た場合、掘削完了後構築

する鉄筋のかぶり不足等、後工程に影響を及ぼす可能性が高いが、止水対策を行ったことにより、施工中の安全面及び構築物の出来形、品質の向上にも繋がった。

(3) 深礎杭鉄筋組立専用架台の活用

工程が大幅に遅延した中で工期内に完了すべく、深礎杭の配筋作業に着目し、工程短縮方法として深礎杭鉄筋組立専用吊り架台（帯筋用）及び、吊り具（主筋用）を活用し配筋作業を効率化した。

深礎杭帯筋の配筋は通常1本ずつ行うが、専用の吊り架台を活用することにより、1～6本まで同時に配筋可能となり、作業の省力化及び生産性の向上が実現した。また、専用の吊り架台は設計図記載の配筋間隔で配筋が可能のため、施工精度の向上にも繋がる。

本工事帯筋組立時における施工量の向上及び、所要日数の短縮は以下のとおりである。通常の帯筋配筋作業は、6人パーティーで、1日当たり延べ約4.2t、1人当たり約0.7tの組立量となり、所要日数は約35日（帯筋総量144t/4.2t）となる。

専用の吊り架台を活用した場合、1日当たり延べ約14.4t、1人当たり約2.4tの組立量となり、所要日数は約10日（帯筋総量144t/14.4t）となった。

専用の吊り架台を活用することにより、1日当たりの施工量は3.5倍に増え、所要日数は72%短縮となった。次に、主筋の配筋は通常1回の施工サイクル（①玉掛け②建て込み③主筋配筋）で2本程度配筋を行うが、専用の吊り具を活用することにより1回の施工サイクルで、1～6本まで同時に配筋が可能となり帯筋同様、作業の省力化及び生産性の向上が実現した。また、専用の吊り具は等間隔に玉掛けが可能であり、主筋建て込み時、主筋下端部を番線で固定することで主筋上部の広がりや、帯筋アンカー部への干渉を抑制でき、施工性も向上した。

主筋組立時における施工量の向上及び所要日数の短縮は以下のとおりである。通常の帯筋配筋作業は、6人パーティーで、1日当たり延べ約8.4t、



図-4 専用吊り架台丘組



図-5 吊り架台へ固定



図-6 帯筋配筋

1人当たり約1.4tの組立量となり、所要日数は約27日（主筋総量223t/8.4t）となる。

専用の吊り架台を活用した場合、1日当たり延べ約18.6t、1人当たり約3.1tの組立量となり、所要日数は約12日（223t/14.4t）となった。専用の吊り具を活用することにより1日当たりの施工量は2.2倍となり所要日数は56%短縮となった。専用の吊り架台及び吊り具を活用することにより、配筋作業全体で約40日程度の工程短縮に成功し、無事に工期内に竣工することができた。

4. おわりに

止水対策について、事前にジャストボーリングを1箇所追加し、揚水試験を実施したことにより、当初計画との湧水量の違いに気づき、施工前に止水対策を講じることができた。その結果、深礎杭掘削時において湧水による地盤の崩壊等は無く施工中の安全面及び構築物の出来形、品質の向



図-7 玉掛け

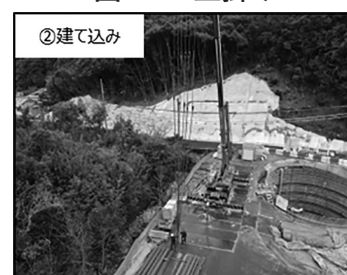


図-8 建て込み



図-9 専用吊り具

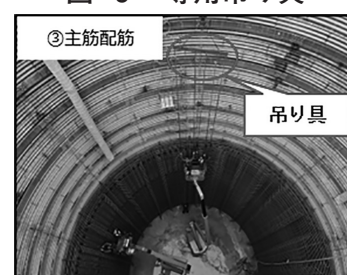


図-10 主筋配筋

上にも繋がった。

工程の遅延の改善については、止水対策の追加や、深礎杭掘削時における地質の変化（軟岩→中硬岩）があり、全体で約3ヶ月の工程遅延が生じたが、深礎杭鉄筋組立専用の吊り架台及び吊り具を活用したことにより、鉄筋配筋作業で約40日程度工程の短縮に成功した。その結果、工期内での竣工が達成できた。

今後も、着手前に色々な対策が必要になることや、施工中に現場環境・内容が変化することにより、工程を圧迫することが多々あると思うが、新技術や独自の方法、社内や協力業者の経験、知恵、知識を取り入れ今後の業務に活かしていきたい。