

近畿自動車道守口JCT下部工工事 大口径リバース杭工事における高透水層での逸液対策

大田 佳紀¹・秋田 政彦²

¹大成建設関西支店 守口JCT下部工工事作業所 課長 (〒570-0021大阪府守口市八雲東町2-82-22)

² 同上 所長 (同上)

本報文は、近畿自動車道高架下での上空制限を受け、交通量が非常に多い大阪中央環状線と近畿自動車道に挟まれた狭小範囲での施工となったφ3000の大口径リバース杭を円滑かつ安全に工事を行うために実施した事前対策工や、その技術的検討事項について報告する。地下30m付近に存在する透水係数の高い洪積砂礫層（天満砂礫：Dg1）にて、リバース杭掘削時に孔壁崩壊を防ぐ目的の安定液が「逸液」する可能性が高く、その対策工を実施した。その他、基礎杭浅層部においても補助工法を併用し安全に近接施工を実施したことを報告するものである。

キーワード リバース杭，大口径，逸液対策，薬液注入工法，近接施工，天満砂礫，透水係数

1. はじめに

守口ジャンクションの建設は、近畿自動車道と阪神高速12号守口線を直結することで大阪中心部と京都圏のアクセスを向上させる工事であり、西日本高速道路(株)・阪神高速道路(株)が事業主体となって工事を進めている。このうち、近畿自動車道守口ジャンクション下部工工事は、西日本高速道路(株)発注部分の橋梁下部工を建設する工事である。

今回報告の対象とするDP5橋脚の基礎型式は、当初φ6.0mのケーソン式単独基礎と、φ3.0m2本縦列配置の大口径場所打ち杭基礎での比較検討がなされた。結果、中央環状線の道路線形・車線を確保するために、RCフーチングとアンカーフレームを省略した合理化構造で、1橋脚あたりの基礎杭を大口径の場所打ち杭1本とする「1柱1杭構造」のユニ・アンカーシステムが採用されている。(図-9参照)

2. 工事概要と施工環境

当工事のDP5橋脚の施工環境は、近畿自動車道（以下、近畿道）高架橋により上空制限（盤下げ後の上空制限10.7m）を受けるとともに、1日8万台以上の交通量となる大阪中央環状線、及び近畿道の既設橋脚基礎より平面的制約を受ける。この他、DP5基礎施工時に大阪中央環状線（南行き）を2車線確保し、切回し道路の線形は設計速度60km/hを満足させるという制約条件のもとでの施工となった。このような施工・制約条件から、場所打ち杭として、大口径リバース杭工法（φ3.0m×38.0m×2本縦列配置）が採用されている。



図-1 DP5 橋脚の施工環境

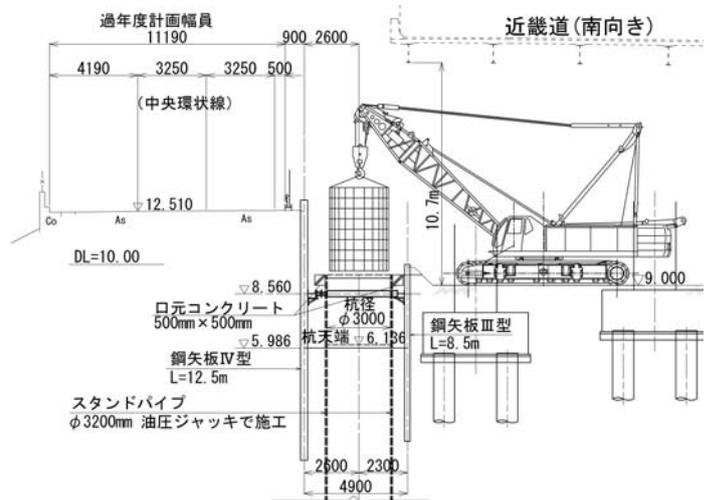


図-2 原設計 DP5 橋脚 施工断面図

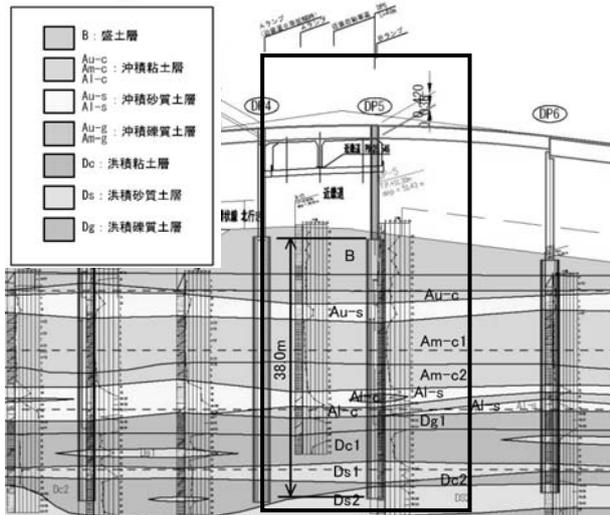


図-3 DP5 橋脚付近地質縦断面図

工事区域は、大阪府守口市大日町および大庭町であり、東大阪平野の北部に位置する淀川低地に属している。地質層序は、表層から盛土層(B)、沖積層(A)、洪積層(D)の層順で分布している。洪積層最上位には上部洪積層と推察される礫質土層(Dg1)が分布し、以下粘土層と砂質土層の互層となっている。(図-3参照)

- ① 盛土層(B)は道路盛土であり砂質土主体である。層厚はDP-5地点で約10mである。近畿自動車道下の道路盛土は礫を多く混入しておりφ50mm以下が多いものの一部700mm程度の転石も混入している。
- ② 沖積層の上部層は粘性土(Au-c)、砂質土(Au-s)、礫質土(Au-g)に区分され、下部層は砂質土層(Au-s)、粘性土(A1-c)に区分される。中部層は上部と下部でやや特性が変わる粘性土のためAm-c1とAm-c2(両方も海成粘土Ma13)に区分される。
- ③ 洪積砂礫層(Dg1)は洪積層最上位の土層で、調査位置全域に分布しており連続性が良い。礫はφ30mm以下の亜円礫が多く、ボーリングによる最大礫はφ120mmである。含水は高く、ボーリング時に逸水を生じる箇所が認められている。

3. 大口径リバース杭の施工上の課題

当該施工環境下における大口径リバース杭の施工上の課題を以下に示す。

(1) 洪積砂礫層(Dg1)での逸液

洪積砂礫層(天満砂礫: Dg1)は、地下30m付近に存在する高透水層であり、リバース杭掘削時に孔壁の崩壊を防ぐ目的の安定液が大量に流出する「逸液」がおこる可能性が高い。大量の逸液を起すと地下水との圧力差が確保できなくなるため、孔壁の崩壊を招く。大阪中央環状線、近畿道基礎に近接するために孔壁崩壊は許されない施工条件である。(当初は、逸液に対しては、高粘性安定液で対応できるものと考えていたが、安定液で対処できるか不明であった。)

(2) 狭小・低空頭ヤードにおける基礎杭浅層部における施工方法

原設計の大阪中央環状線側の土留鋼矢板位置に打設を行う場合には、設計速度60km/hで規定される切回し道路の線形を満足していないことが課題として挙げられた。

また、事前の近接影響検討(弾性FEM解析)より、リバース杭施工基面(TP+9.0m)以深10m範囲は、φ3.2mのケーシングパイプの押込み設置が必要であった。しかしφ3200mmの油圧ジャッキもしくは全旋回機が、大阪中央環状線の道路条件より当該箇所を設置できないという課題があった。

4. 大口径リバース杭の施工上の課題に対する対策

(1) 洪積砂礫層(Dg1)での逸液対策工

1) 逸液試験

洪積砂礫層(天満砂礫: Dg1)は、過去の地中連続壁工事にも逸液対策が報告されているほど透水係数が大きく、 1.0×10^{-1} (cm/s) という記載までである。しかし、H19年度の土質調査報告書では、回復法によるDg1層透水係数が 3.68×10^{-4} (cm/s) と非常に小さいことから矛盾が生じたため追加調査を実施することとした。追加調査結果では、揚水法によるDg1層透水係数が 3.54×10^{-2} (cm/s) であり、逸液の可能性を示した。

そこで、次に、DP5橋脚原位置にて逸液試験(φ1.0m、オールケーシング工法)を実施し、逸液対策工の必要性を検討した。

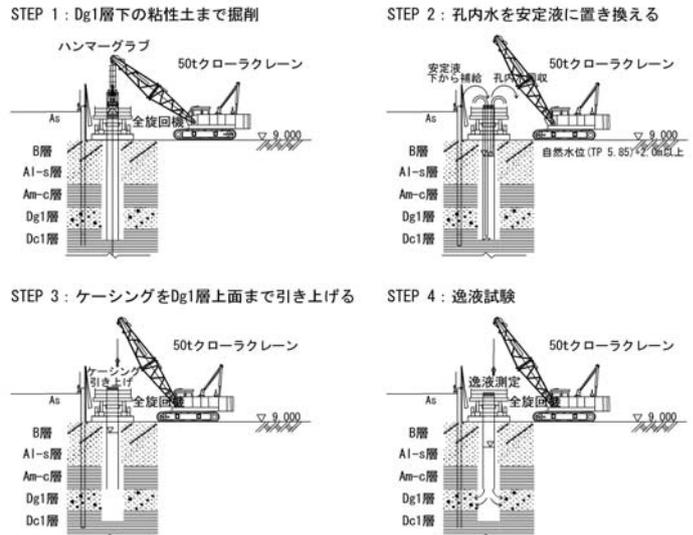


図-4 逸液試験 施工ステップ図

逸液試験に用いた安定液は、コンクリート品質確保の観点から本施工と同様とし、打設時のCaイオンの混入による安定液の劣化と孔壁の崩壊防止・逸液防止を目的として、ベントナイト濃度をポリマー系安定液の最大添加量4%に設定した。ポリマーについては、耐セメント型と逸液防止効果がある水和抑制型の2種類とし、各0.1% (合計0.2%) 添加したポリマー系安定液を使用す

ることとした。

表-1 安定液配合と品質基準及び結果

| 安定液配合 | | | 安定液品質基準と結果 | | |
|-----------|--------|-------------------|------------|-----------|------|
| 材料名 | 品名 | 配合 | 品質基準 | 結果 | |
| 水 | 水道水 | 1.0m ³ | フネル粘度 | 20~30 | 27.4 |
| ベントナイト | クニケルV2 | 40kg | 比重 | 1.01~1.10 | 1.03 |
| ポリマー | RX-70 | 1.0kg | PH | 7~11.5 | 9.0 |
| ポリマー水和抑制剤 | MT-246 | 1.0kg | 砂分 | 1.0%以下 | 9.0 |

逸液試験（図-5参照）の結果、Dg1層（天満砂礫）にて大量の逸液（逸液速度は6.7m³/h）が発生した。地中連続壁協会の参考文献¹⁾より抜粋した逸液規模の目安と対策例を表-2に示す。ここで、表-2に示される数値はφ2.5mの場合のものであり、今回のφ1.0mの逸液試験では1.0m³/h以上が大規模な逸液となる。

今回の逸液試験では、下表にて大規模な逸液とされる逸液速度の約7倍の数値を記録したため、孔壁安定上きわめて危険な量であると判定し、対策工を実施することとした。

対策工は、本体コンクリートの品質確保の観点から高粘性安定液を使用しない薬液注入工法を選定した。

表-2 逸液規模の目安と対策例

| 逸液規模 | 液位低下 (m/h) | 逸液速度 (m ³ /h) | 逸液層 | | 逸液対策 |
|------|------------|--------------------------|------------|--------------------|---|
| | | | 土層名 | 透水係数のオーダー (cm/s) | |
| 小 | 0.2以下 | 1.0以下 | 粗砂 | 1×10 ⁻³ | ・高粘性安定液の補給 ・逸液防止材増量安定液の補給 |
| 中 | 0.2~0.5 | 1.0~2.5 | 砂礫 埋土 | 1×10 ⁻² | ・高粘性安定液の補給 ・逸液防止材の溝内直接投入 |
| 大 | 0.5以上 | 2.5以上 | 玉石混り 砂礫 | 1×10 ⁻¹ | ・逸液防止材の溝内直接投入 ・安定液のゲル化(セメント投入、特殊ポリマー) ・間隙充填(安定液固化) ・砕石埋戻し後地盤改良 |

2) 洪積砂礫層 (Dg1) 逸液対策としての薬液注入工

リバース杭施工時の安定液の逸液防止を目的として、削孔深度が25m以上でも削孔精度に優れるロータリーパーカッションドリルを用いた削孔方式の「二重管ダブルパッカー工法」を選定・実施した。

薬液注入の改良厚は、最小複列施工のt=1.5mを基本とし、施工深度による補正を加えてt=2.2mの改良厚とした。

なお、改良後の目標透水係数は、逸液規模が「小」とされる透水係数オーダーである10⁻³cm/s以下とした。

(表-2参照)

(2) 狭小・低空頭ヤードにおける基礎杭浅層部における対策工

大阪中央環状線側の土留鋼矢板の位置を、可能な限り近畿道側に寄せて配置するとともに、車線幅を確保するために、土留矢板上に覆工板を張出設置することで、切り回し道路の線形を確保した。

また、当該道路条件下では、リバース杭施工基面 (TP+9.0m) 以深10m範囲にφ3.2mのケーシングパイプ

の押込み設置が不可能なことから、人力で設置可能な深礎工法に変更して実施した。

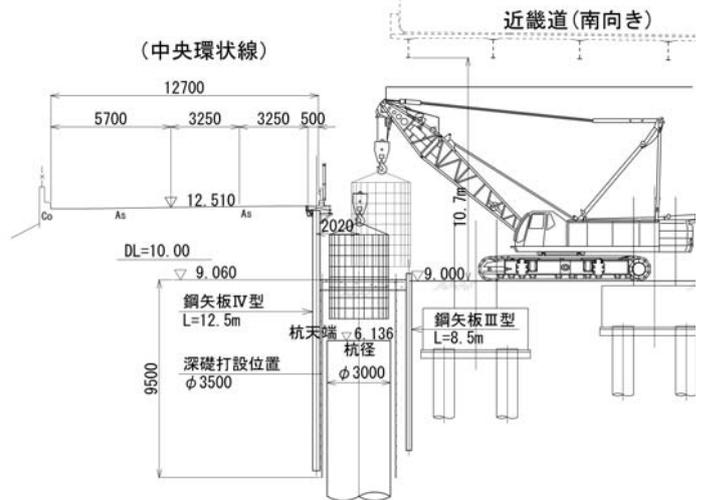


図-5 DP5 橋脚 施工断面図

この時、深礎施工時のAu-s層の止水対策、Au-c層の盤ぶくれ対策としての薬液注入を実施した。注入工法は、逸液対策用と同一工法とし、これらの削孔を兼用することでコストダウンを図った。

1) Au-s層の止水・孔壁安定対策

深礎施工時の止水と孔壁安定を目的とする最小改良厚さとしてt=2.0mの厚さを設定した。止水性能の目標値は以下に示す盤ぶくれ対策用止水と同様とした。

2) B層・Au-c層の盤ぶくれ対策

深礎施工時の盤ぶくれ防止対策としての止水を目的とし、上記最小改良厚と同様のt=2.0mの厚さを設定した。また、止水性能は現地盤の透水係数 (k=4.5×10⁻³cm/s) を10⁻⁴cm/s以下に低下させる必要があるとして注入厚2.0mを協会資料²⁾より算出した。

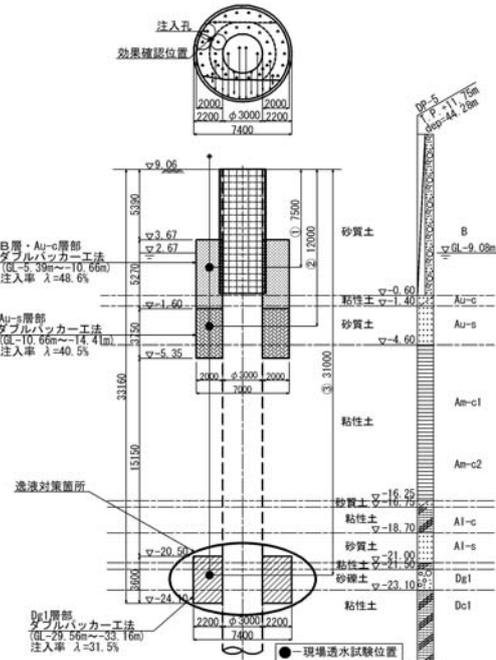


図-6 薬液注入施工範囲と効果確認位置

5. 対策工効果の確認

事前対策工を実施した結果、φ3000大口径リバース杭施工中の逸液量は0.02m³/hと非常に少なく、近接する大阪中央環状線や近畿自動車道基礎に有害な変位を与えることなく、平成24年5月末までの3ヶ月間で2本のリバース杭施工を無事施工完了することができた。

効果確認試験は、現場透水試験により行った。図-6に示す通り、試験は薬液注入工の注入範囲内の3箇所にて実施し、改良地盤の透水係数k (cm/s)を確認した。いずれの箇所も目標とする透水係数以下の値が得られた。

表-3 目標透水係数と現場透水試験結果

| 地点 | 土層 | 現場透水試験 透水係数 (cm/s) | 目標透水係数 (cm/s) |
|------|----------|--------------------------|--------------------------|
| DP-5 | B層・Au-c層 | 1.60×10^{-5} | 4.50×10^{-5} 以下 |
| | Au-s層 | 6.91×10^{-6} | |
| | Dg1層 | 1.12×10^{-4} | 1.10×10^{-3} 以下 |

6. 大口径リバース杭の施工

図-7にφ3000リバース杭掘削状況を掲載する。リバース杭の施工機械は、クローラ自走式で強力なトルク(44.1kNm)で大口径、大深度に対応可能、テレスコピック伸縮リーダーの採用で空頭制限に対応可能なMPD-45(L×W×H; 6351×2490×5620mm)を採用した。

掘削は、洪積砂礫層付近で転石出現のためにオーガが一時回りにくくなることもあったが、大きなトラブルなく掘削を完了することができた。



図-7 φ3000 リバース杭 掘削状況

図-8にはφ3000リバース杭 鉄筋建込状況を掲載する。鉄筋籠長は5.0mで、杭頭付近の主鉄筋は外側72-D38、内側36-D38の過密な配筋であり、ねじ式の機械式継手は施工困難であるため、現場打ちモルタル充填式鉄筋継手を採用し施工完了した。鉄筋籠重量は最大で40tとなること、近畿道直下での施工となることから、特殊ショートブームタイプの150tクローラークレーンを必要とした。



図-8 φ3000 リバース杭 鉄筋建込状況

更にDP5基礎杭の上部では、冒頭で述べたユニ・アンカーシステムの設置が予定されているため、鉄筋籠の設置は、仕様基準以上の精度確保を要求された。以下にそのシステム鳥瞰図を掲載する。

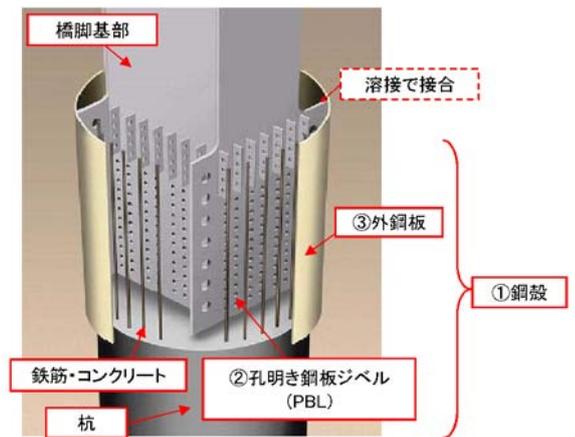


図-9 ユニ・アンカーシステム鳥瞰図

本稿の内容が、同様の工事の計画の参考になれば幸いです。

謝辞

本対策の実施に際しては、西日本高速道路株式会社関西支社の多くの工事関係各位に、現地状況の確認・把握をはじめ、試験施工から実施施工に至るまで、長期にわたり技術的なご指導を賜り、協議をしていただきました。また、貴重な資料のご提供とともに、発表の機会を頂いたことを、ここに厚く御礼を申し上げる次第です。

参考文献

- 1) わかりやすい地中連続壁工法 連壁 総合土木研究所
- 2) 新訂 正しい薬液注入工法 社団法人日本グラウト協会