

柘榴5号線跨道橋下部工施工に伴う地下水への影響把握

古満 菜摘¹

¹紀南河川国道事務所 工務第一課 (〒646-0003 和歌山県田辺市中万呂142)

京都府相楽郡精華町柘榴地区の山間部には地下水が豊富にあり井戸が多く農業用などに地下水が利用されている。柘榴地区では柘榴5号線跨道橋の設置が計画されており、橋梁下部工では掘削を伴う工種が含まれていることから、工事に伴う既設井戸の地下水位変動等が危惧される。本研究では、地下水位に留意して行った掘削工に着目し、施工前後の地下水変動を調査した。掘削を伴う工種を地下水位の最も低い渇水期に行ったことにより地下水への影響を最小限に抑えることができたと考えられる。

キーワード 地下水観測、水質分析、地盤変状

1. はじめに

京都府相楽郡精華町柘榴地区の山間部には地下水が豊富にあることから、井戸が多く、農業用などに地下水が利用されている。また、当該箇所の地盤は地下水位が高いことから軟弱であり、山が貯留した水が地下水へ流れる地形になっていることから降雨の影響を受けやすいという特徴がある。このため、国道163号の精華拡幅事業では、地下水の傾向や道路建設による地下水の影響を把握する目的で地下水調査を実施してきた。

柘榴地区では柘榴5号線跨道橋の設置が計画されており、橋台のフーチング設置や地盤改良のため掘削を伴う工種が含まれている。地下水位が高いことから掘削により地下水の水みちが変化し、ボーリングなどの地盤崩壊現象が懸念されるとともに既設井戸の地下水位変動が危惧される。柘榴5号線跨道橋の下部工では、地下水対策として渇水期施工を前提に地盤改良や鋼矢板土留めを実施した。

本研究では、地下水位に留意して行った掘削工に着目し、施工前後の地下水変動を調査した事例について紹介する。

2. 精華拡幅事業

(1) 全体概要

国道163号の精華拡幅事業は、交通混雑の緩和や交通安全の確保、関西文化学術研究都市をはじめとする京都府南部地域の活性化を目的として、京都府相楽郡精華町柘榴を起点とし、京都府木津川市相楽ま

での延長4.6kmを現況2車線から4車線に拡幅する事業である。2023年3月には京都府相楽郡精華町乾谷大崩から京都府相楽郡精華町乾谷金堀までの延長0.7kmのバイパス区間が暫定2車線で開通した。

2023年10月から柘榴地区の施工に着手し、国道を横断する柘榴5号線跨道橋の橋梁下部工を行っている。



図1 位置図

(2) 柘榴5号線跨道橋

a) 柘榴地区

柘榴地区は、奈良県との府県境である京都府相楽郡精華町柘榴から京都府相楽郡精華町乾谷大崩までの延長1.1kmの区間である。工事進捗に合わせて、数回の交通切替を経て、現況2車線から4車線の道路に拡幅する計画としている。

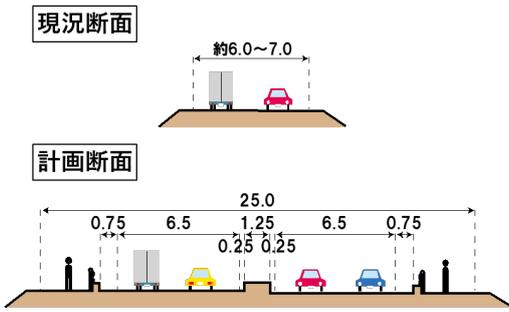


図 2 現況断面・計画断面

b) 柘榴5号線跨道橋施工の背景

柘榴5号線跨道橋は、国道163号と交差する町道柘榴5号線の機能復旧を目的として施工する。

現況は国道と町道が十字に交差しており、柘榴地区の住宅地側から町道柘榴5号線（写真1青破線部）を通り山田川側へ国道を渡ることができる。山田川側には神社や田畑があり、地元の方が自宅と田畑を往来するなど町道の利用者は多い。

4車線化に伴い、中央分離帯が設置される事で現況の町道柘榴5号線から国道163号を横断することはできなくなることから、柘榴5号線跨道橋を整備することになった。（写真1赤ハッチ部）跨道橋の完成イメージは、図3のとおりである。



写真 1 柘榴5号線跨道橋付近状況写真



図 3 柘榴5号線跨道橋完成イメージ図

c) 柘榴5号線跨道橋下部工の工事概要

2023年10月より、跨道橋下部工に着手した。工事として、道路土工、橋台工、RC橋脚工、仮設工、地盤改良工、擁壁工、石・ブロック積工、カルバート工、排水構造物工、舗装工、防護柵工、構造物撤去工が含まれている。

(3) 地下水調査概要

a) 地下水調査業務概要

精華拡幅事業において、地下水の傾向や道路建設による地下水への影響を把握するため地下水位及び地下水水質の調査を行っている。

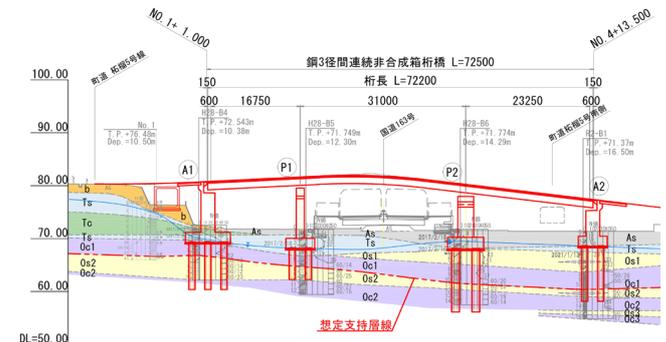
b) 地形概要

当該エリアは、奈良盆地北西部の京阪奈丘陵にあたり、山田川沿いに広がる標高40～70m程度の平坦地に位置する。山田川は、生駒山脈北側に広がる田辺丘陵とその南側に位置する西の京丘陵との間を東流し、精華町を通過した後、京都府木津川市にて木津川へと合流する。

山田川周辺はかつて旧低湿地が広がっていた。現在の山田川周辺の丘陵地は住宅地として整備されている箇所が多いが、昔は水田として利用されていたと考えられる。

c) 地質概要

地質調査結果より良質な支持層に該当するのは、大阪層群砂質土層〔Os〕である。しかし、大阪層群砂質土層〔Os〕の層厚は1.15～4.48mしかなく、不規則に大阪層群粘性土層〔Oc〕を挟んでいる。当該地域は、砂質土層と粘土層が交互に断続することが特徴的で、砂質土層のみで安定的に連続する支持層圧を確保することが難しいことが推測される。



地質時代	地質名	地質記号	層相・土質名
新 第 生 四 代 紀	完新世	盛土	b 粘性土・砂質土および礫
		崖錐	dt 崖錐堆積物
		沖積層	As 沖積砂質土層
	更新世 後期	段丘堆積物	Ts 沖積砂質土層
大阪層群		Oc 粘土層	
		Os 砂質土層	

図 4 柘榴5号線跨道橋付近地層断面図

d) 柘榴5号線跨道橋施工箇所付近の地下水位

2022年度まで当該箇所直近では継続的な地下水位観測を実施していない。当該箇所と比較的近い地下水位観測位置 (H28-B3) での2017年~2023年までの地下水位と雨量に着目する。

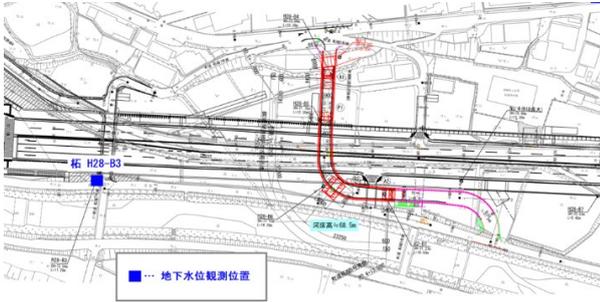


図 5 H28-B3 位置図

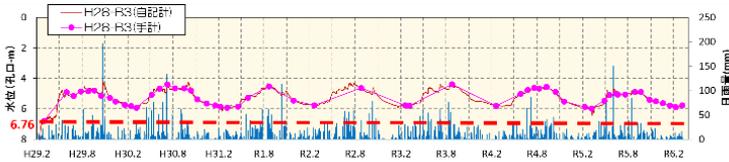


図 6 地下水位観測結果 (H28-B3)

地下水位観測位置 (H28-B3) は地質調査ボーリング孔を水位観測に活用したものである。ボーリング削孔直後の孔内水位は地表面より-6.67 mであった。水位は徐々に上昇し、概ね孔口-4~6mの範囲で変動している。当該エリアの地下水位は夏場と冬場で水頭差が約1.5mに達し、夏場に高い傾向が見られる。

ボーリングを実施した2017年以降、地下水位は孔内水位が低くなる冬場の水位が-6m以下とならなかったことからボーリング直後に観測した孔内水位よりも1~2m上昇している可能性がある。また、地下水位の変動は降雨による影響を受けやすいことがわかる。

e) 地下水位上昇による施工の影響

跨道橋のA1橋台、P1橋脚部は地下水位が高いことが確認できているが、地下水位が計画時点よりも上昇した場合は以下の課題が考えられる。

鋼矢板土留めでは、土圧や水圧の増加で矢板の変異量、切梁・腹起しの変形が大きくなることや掘削底面の破壊現象としてボーリング、パイピング、ヒービングが生じる可能性がある。

杭基礎打設では、杭先端が深層地下水の帯水層に達するため、杭周辺に水みちが形成された場合は、杭の摩擦力の低下が懸念されるほか、杭打設本数が18本と比較的多いため、深層地下水を対象とした井戸水位の長期的低下が危惧される。

これらの懸念点とd)の結果を踏まえ、跨道橋周辺部で新たな地下水位観測点の追加を検討した。

f) 柘榴5号線跨道橋下部工施工影響範囲の検討

地下水位変動による影響範囲の影響半径は、揚水による水位低下量や揚水時間および透水係数などと比例関係にあり、次のような経験式※がある。

※Siechardtの提案式

$$R = 3000s\sqrt{K}$$

s: 揚水による井内水位低下量 (m) K: 透水係数 (m/s)

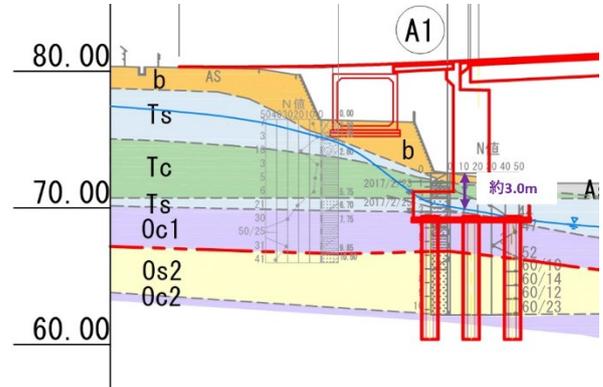


図 7 揚水による井内水位低下量 (m)

図7より、s=3.0mとする。A1橋台付近の地質調査結果によると、20%粒径 $D_{20}=0.18\text{mm}$ であることから、透水係数は $k=0.0000685\text{m/s}$ とする。

$$R = 3000 \times 3.0 \times \sqrt{0.0000685} = 74.49 \approx 80.0\text{m}$$

つまり、影響半径は80.0mとなる。

A1橋台を中心とし、半径80mの円を描くと柘榴1、柘榴10の井戸が影響範囲に含まれる。



図 8 A1 橋台施工時影響範囲

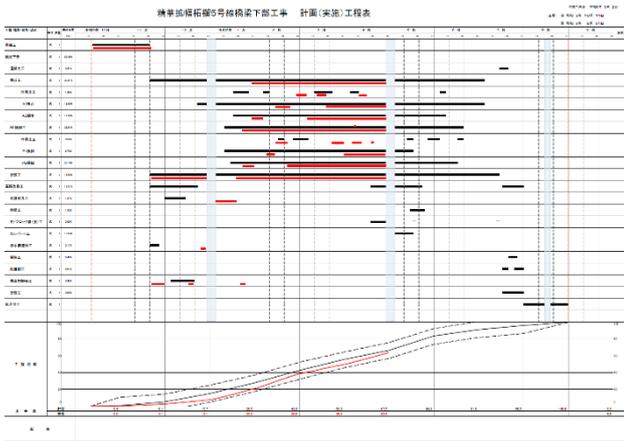
本研究では、柘榴1、柘榴10の2地点を下部工施工影響を確認するための地下水位観測地点とする。下部工事の中でも地下水位が計画より上昇した場合課題が考えられる地盤改良、鋼矢板土留め、杭基礎打設の施工前後の地下水位、水質に着目し、施工と地下水の変動との関係性について考察する。

3. 方法

(1) 期間

下部工事の工程は表1のとおりである。2023年10月から2024年3月まで柘榴1, 柘榴10の2地点の地下水位を毎月1回観測した。また、2023年10月と2024年2月には水質測定を行った。

表 1 柘榴5号線跨道橋下部工 工程表



(2) 観測方法

地下水位観測は触針式水位計を用いて、基準点から水面までの距離を測定した。



写真 2 地下水位観測状況

観測箇所です採水した試料に対して、水質分析を行った。調査地点は飲用に使用している井戸であるため、水質分析項目は飲用12項目とした。飲用12項目は、一般細菌、大腸菌、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、塩化物イオン、全有機炭素、pH、味、臭気、色度、濁度、鉄の12項目である。

4. 結果

(1) 工事施工状況

a) 地盤改良

地盤改良機で割付図の順番にセメント系固化剤を混ぜ込んでいった。地下水の湧出などはなかった。



写真 3 地盤改良施工状況

b) 鋼矢板土留め

はじめに矢板を入れる位置まで掘削した後、矢板を圧入した。掘削時、矢板圧入時ともに地下水の湧出などはなかった。



写真 4 鋼矢板圧入状況

c) 杭基礎打設

ケーシングを圧入し、ハンマー掘削を行った。鉄筋籠立て込み後、コンクリート打設をした。掘削時には地下水の湧出などはなかった。



写真 5 杭基礎打設状況

(2) 地下水調査結果

柘榴1, 柘榴10の水位, 日雨量の関係は以下のとおりである.

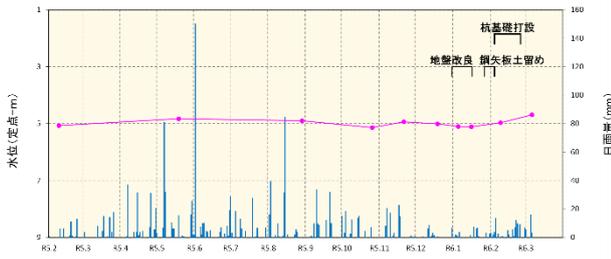


図 9 柘榴1 地下水位観測結果

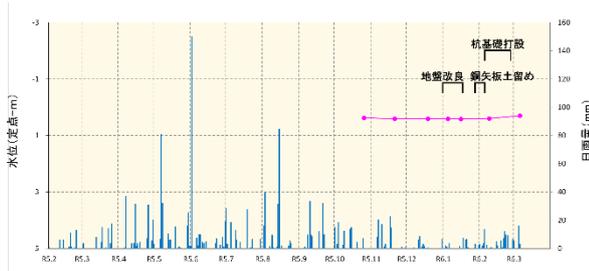


図 10 柘榴10 地下水位観測結果

柘榴1の2023年10月から2024年3月までの水位変化に着目する. 水位は地表面からほぼ-5mを維持している. 2024年3月など観測日前日に降水があった場合は水位が上昇している. 地盤改良, 鋼矢板土留め, 杭基礎打設を行っていた時期も施工前の水位と比較して大きな水位変動はない.

次に, 柘榴10の2023年10月から2024年3月までの水位変化に着目する. 水位は地表面から-0.5mを維持している. 観測日前日に降水があった場合はやや水位が上昇しているがほとんど変動はない. 地盤改良, 鋼矢板土留め, 杭基礎打設を行っていた時期も施工前の水位と比較して大きな水位変動はない.

柘榴1, 柘榴10のpH値は以下のとおりである.

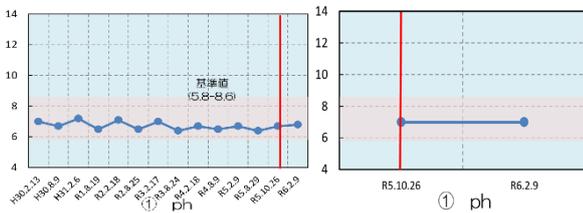


図 11 柘榴1 の pH 測定結果

図 12 柘榴10 の pH 測定結果

多少の変化はあるもののpH値は一定であり, 施工前と比較して大きな変動は見られなかった. その他11項目についても工事施工前後で大きな変動は見られなかった.

5. 考察

柘榴1, 柘榴10について, 地盤改良, 鋼矢板土留め, 杭基礎打設の施工期間中と施工前の水位を比較すると, 2地点とも水位はほぼ一定であり施工の影響を受けていないと考えられる. また, 観測日前日に降雨があった場合は水位上昇の傾向がみられることから降雨による影響は受けていると思われる. 本工事は例年水位の低下する渇水期に実施した. このため水位変動が小さかったといえる.

また, 水質については, 多少の変化はあるもののpH値は一定であり, 地盤改良の影響が2024年2月末時点で地下水に及んでいるとは考えられない.

これらより渇水期に施工をしたことによって地下水への影響を最小限に抑えることができたと考えられる. このことから, 地下水調査は重要であり, 施工時期を工夫することによって, 円滑に事業を進められたといえる.

謝辞: 本稿の執筆にあたり, 吹上技研コンサルタントの皆様をはじめ, お力添えいただいた関係者の皆様に感謝の意を表します.

補足: 本論文は2023年度京都国道事務所計画課在籍時に執筆したものである.