

# 砕石投入と薬液充填注入を組合せた埋戻しについて

上出 聡<sup>1</sup>・福井 雄一<sup>2</sup>

<sup>1</sup>向日市 上下水道部 下水道課 (〒617-8665京都府向日市寺戸町中野20)

<sup>2</sup>向日市 上下水道部 下水道課 (〒617-8665京都府向日市寺戸町中野20)

向日市は、784年に桓武天皇が長岡京を造営した地であり、この都がたった10年で平安京へ遷都されることになった原因の一つが度重なる浸水であったとも言われている。近年の局地化、激甚化する降雨による浸水被害を軽減するため、市の中心市街地を流れる石田川の流下能力不足を補うためのバイパス水路工事を実施した。この工事で採用した埋戻しは、従来の小型転圧機械による施工ではなく、掘削幅を狭小にし、砕石と薬液充填注入によりボックスカルバートの埋戻しを実施した。この工法は、コスト縮減及び環境への影響を最小限に抑えつつ、市街地での安全な施工に有効であった。この埋戻し方法について報告するものである。

**キーワード** 浸水対策, コスト縮減, 安全, 環境対策

## 1. はじめに

西暦784年に桓武天皇が造営した“長岡京”の政治、経済、文化の中心であった大極殿の宮殿施設の遺構が、この向日市に存在している。そして、この都がわずか10年で平安京へ遷都する原因の一つが度重なる浸水被害に悩まされたことであるとも言われている。「続日本紀」によると「延暦9年閏3月16日詔して曰く、国災相ついで災変やまず・・・」と記されているように、天皇周辺の不幸が相次ぎ、さらには桂川、小畑川、小泉川の大氾濫が追い打ちをかけ、ついには遷都に至ったとされており、約1,200年前からこの地域は多くの水害に苦しめられていた。

近年では、昭和30年代から昭和48年の高度経済成長期において、急激な都市化による雨水流出量の増大と地下への浸透量が減少したことから、既存水路の改修に努めてきたが、これだけでは対応できず、浸水被害が頻繁に発生していた。また、市域の主な放流先となる京都市域に位置する一級河川西羽東師川についても著しい流下能力不足となり、たびたび氾濫したことから、河川改修による外水対策が急務になるとともに、市内の水路改修等の内水対策も検討された。市内水路の改修は、排水が京都市→本市→京都市と複雑に出入りしていることから、本市だけでは効果的な雨水排水対策の実施がきわめて困難な状況であった。

このような状況を抜本的に解消するため広域的な視野に立ち、向日市、京都市及び長岡京市を対象とする京都市府桂川右岸流域下水道雨水対策事業「いろは呑龍トンネル」の計画が京都府により策定され、本市においても、

京都府の事業と連携して雨水対策を進めてきた。現在も向日市の浸水対策下水道事業と京都府の「いろは呑龍トンネル」事業の両面からの整備を進めているところであり、これまでに実施した雨水対策は、市の北部に位置する寺戸川排水区において、「いろは呑龍トンネル」北幹線1号管渠と接続する寺戸川1号及び2号幹線と、市の中心部に位置する石田川排水区において、いろは呑龍トンネル北幹線2、3号管渠と接続する石田川2号幹線、市の単独雨水幹線である石田川1号幹線を整備した。

また、これら雨水幹線事業等の他に石田川1号幹線の upstream にあたる寺戸町初田周辺(図-1)において、既存石田川の能力不足を補うための石田川バイパス水路整備事業を実施した。この事業は、2013年度に着手し、15年度に完成したものであり、このバイパス水路の函渠施工(写真1)に採用した埋戻しについて報告する。



図1-位置図



写真1-【施工状況】

## 2. 石田川バイパス水路整備事業の概要について

### (1) 事業の目的

阪急東向日駅西側の銀行や商業施設がある市の中心市街地において浸水被害が発生していたが、平成15年度に貯留量11,700トンの向日市公共下水道石田川1号幹線が整備されたことで、この地域の浸水被害が大幅に解消された。しかしながら、近接する既存石田川が流下能力不足であることで局所的な浸水被害が発生していた。(写真2)

そこで、近年の局地化、激甚化する雨に対しても被害が最小となるように、既存の石田川を有効活用しながら効率的、効果的な整備を実施した。

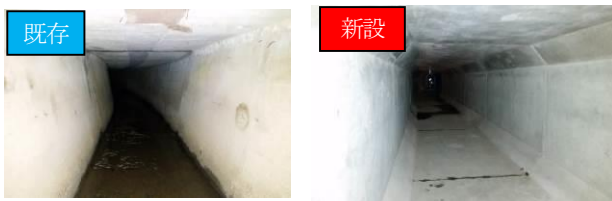


写真2-浸水被害状況 (1999年6月)

### (2) 工事概要

市道第2087号線石田川バイパス水路整備工事は、施工場所が向日市寺戸町初田他地内(阪急東向日駅西側)であり、対象降雨量は、61mm/時間(1/10確率規模)、全体延長は、ボックスカルバート(L=240m)である。また、実施年度は2013年度からの2か年。総事業費は、約1億8千万円である。事業内容については、2013年度に試掘工事、地下埋設物の移設工事を行い、2014年度には、バイパス水路整備工事(L=175m)を行った。2015年度には、バイパス水路整備工事(L=65m)を実施した。

周辺交通を考慮し、車両通行止めにより実施した。



石田川 1.4m/1.0m×1.2m バイパス水路 1.3m×1.0m  
写真3-内空写真

### (3) 工事箇所

バイパス水路(赤色着色部)を埋設するルートは市道第2087号線車道下であり、同市道の歩道下にある既存石田川(青色着色部)と並行している。その離隔は、最も狭い場所で約50cmとなっており、最下流部の駅前付近で再び石田川と合流し石田川1号幹線の流入施設へと流れている。(図2、写真4~写真7)

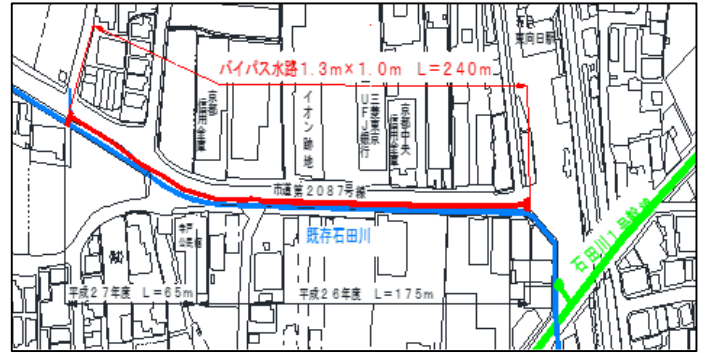


図2-工事箇所平面図

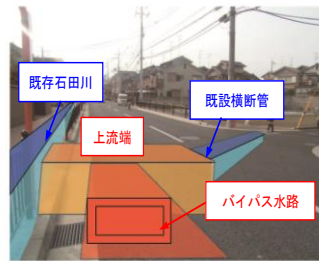


写真4-上流部

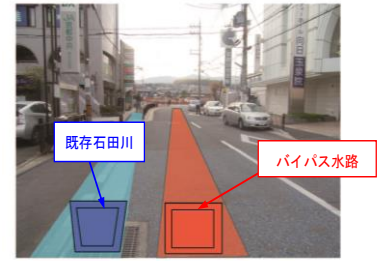


写真5-イオン跡地前

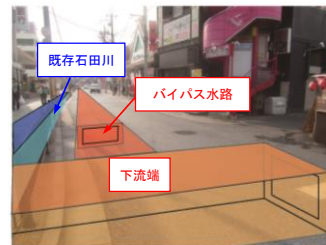


写真6-下流部



写真7-石田川1号幹線  
流入施設

## 3. 施工条件(制約条件)について

### (1) 地下埋設物の移設

市道第2087号線車道下には、図3に示すとおり、下水、水道、ガスのライフラインとなる地下埋設物が錯綜しており、更に南側の歩道下には既存石田川が流れている。このことからバイパス水路を埋設するにあたり影響する占用管の移設費用を最小限にする検討を行った。

この結果、南側の車道下にバイパス水路を設けることが、最も経済的なルートという結果となった。(占用管の移設が水道管のみ)

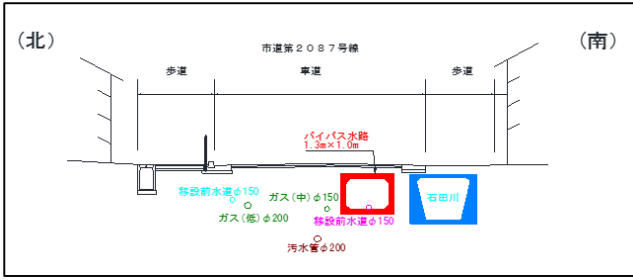


図3一断面図

(2) 施工時間

施工場所は、阪急京都線の東向日駅周辺であり、銀行などの商業施設が近接し、昼間の歩行者や車両交通量がとても多い状況である。(写真8) また公共交通のバス路線(写真9)でもあり、通行止めは困難であった。

この結果、交通状況や周辺環境への安全に考慮し、夜間施工とした。



写真8一昼間の交通状況



写真9一バスの通行

(3) 夜間工事における環境対策

工事箇所付近に住宅地やマンションがあり、夜間作業での振動・騒音による周辺住民の生活環境への影響が大きいことから、これらが発生する作業については、細心の注意を払い工事を実施した。(写真10,11)

また、周辺住民の理解協力が必要となることから、親切丁寧、きめ細やかな対応を実施するため、工事通知、月間及び週間工程表を下水道課職員により配布するとともに、夜間工事の翌朝には現場点検と清掃を継続的に実施した。(写真12)



写真10一周辺の住宅地



写真11一近接するマンション



写真12一現場点検状況

4. 埋戻し方法について

(1) 施工条件

バイパス水路の本体となるボックスカルバートの埋戻し条件は、①掘削幅を狭くすることにより、地下埋設物(ガス管)への影響を最小限にすること。②日進量を延ばし、夜間施工後の翌朝には交通開放すること。

(2) 施工方法の検討

a) 掘削幅の検討

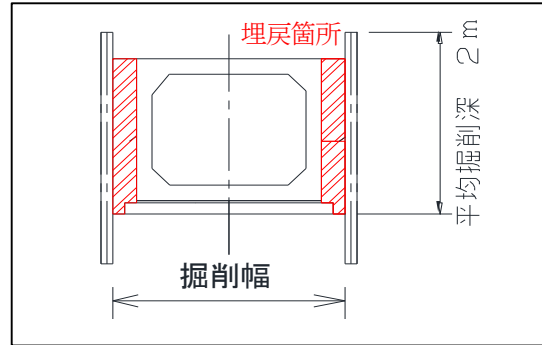


図4一断面図

表1のとおり、第1案の掘削幅を2mにすることで、ガス管への影響が最も少ないことが分かった。

表1一掘削幅の検討

項目	第1案	第2案
略図		
施工条件	掘削幅 1.96m 埋戻し幅 20cm	掘削幅 2.56m 埋戻し幅 50cm
問題点		・中圧ガス管の移設が必要
評価	○	×

b) 埋戻し材料の検討

表1のとおり、掘削幅を2mとすることで、埋戻し幅が約20cmとなり、小型機械による転圧は不可能であることから埋戻し材料やその工法について、表2のとおり検討した。

第1案：砕石+セメントベントナイト

第2案：コンクリート

第3案：流動化処理土

この結果、施工区間約20mという条件の場合においては、第1案のセメントベントナイトを埋戻し材料として使用することが経済的に有利である。

また第2案、3案では、材料の強度を得るまでの養生期間を必要となることから、翌朝の交通開放ができないため、第1案を採用とした。

表2ー埋戻し材料の検討

番号	第1案				第2案				第3案				
	セメント・ベントナイト				コンクリート				流動化処理土				
工事費	工程	数量	単位	金額	工程	数量	単位	金額	工程	数量	単位	金額	
	基礎充填	2	m	19,884	200→100(1.5→1.4(薬液))	1.2	m <sup>3</sup>	17,780		流動化処理土	1.2	m <sup>3</sup>	21,600
	埋戻し(砕石等)	2	m	3,200									
	工事費計	2m当たり		18,984	工事費計	2m当たり		17,780	工事費計	2m当たり		21,600	
	<b>1m当たり</b>		<b>8,492</b>	<b>1m当たり</b>			<b>8,880</b>	<b>1m当たり</b>			<b>10,800</b>		
利点	・最も経済的である。 ・即日交通開放が出来る。				・工期は最も短くなる。								
懸念点					・即日交通開放が出来ない。				・即日交通開放が出来ない。 ・経済性において最も不利なる。				
総合評価	○				×				×				



写真15ー覆工板設置での通行状況

(3) 施工方法について

施行方法については、図5のフロー図の順に行った。

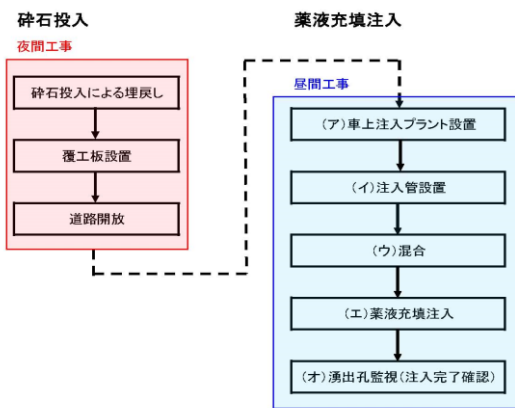


図5ー埋戻し方法フロー図

① 砕石投入 (夜間工事：午後10時から翌朝6時まで)  
ボックスカルバート設置後に、矢板とカルバート本体の隙間(約20cm幅の部分)に砕石(再生クラッシュラン)を投入する。



写真13ー埋戻し箇所



写真14ー砕石投入

② 覆工板設置 (夜間工事：午後10時から翌朝6時まで)

通行に配慮した安全であると考えられる区間長の約20mを覆工板最大延長とし、砕石投入後に既設舗装から20cm下がりで路盤を仕上げ、その路盤上に覆工板を設置し、交通開放を行い、日々の仮復旧に必要となる手間を省略した。

③ 薬液充填注入

近接する地下埋設物の影響を避けることから、圧力をかけずに注入するセメント・ベントナイトを用いた工法を採用し、①及び②を数回繰り返して、約20mの区間において、埋戻しを行った。(昼間施工：午前8時30分から午後5時30分)

(ア) 車上プラント設置

4tユニックの荷台に、セメント、ベントナイト及び水を混合するためのミキサー、薬液を送り出す注入ポンプ、注入量や圧力を管理する流量計、水タンク発電機を設置する。



写真16ー車上プラント

(イ) 注入管設置

工場製作時にボックスカルバートの底面と側面に削孔しておいたφ50mmの注入よりモルタルポンプから配管された注入管を設置する。

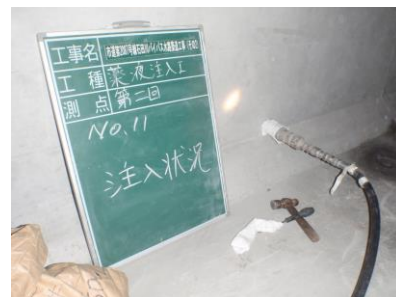


写真17ー注入管設置

(ウ) 混合

ミキサーにて、1袋当たり25kgのセメントとベントナイト、タンクから水を入れ混合する。配合量は、1m<sup>3</sup>当たりセメント450kg、ベントナイト50kg及び水838kgを混合する。



写真18-混合状況

(エ) 薬液充填注入

ボックスカルバートの底部中心位置にφ50mmの注入孔が2m間隔、側部は、ボックスカルバート左右交互にφ50mmの注入孔が2m間隔に開けている。注入は、下流側から底部→側部→底部→側部の順序で上流に向かっていく。

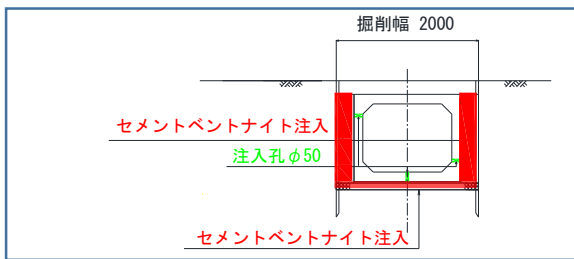


図6-注入断面図

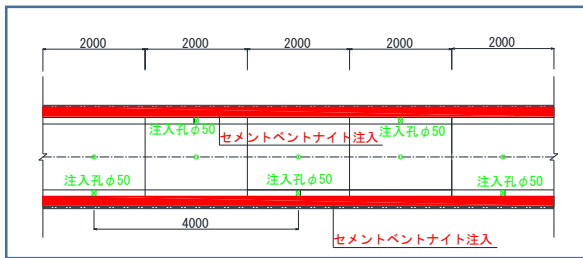


図7-注入平面図

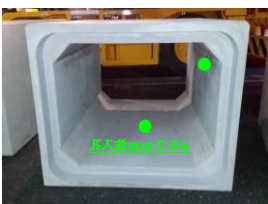


写真19-注入孔



写真20-注入状況

(オ) 湧出孔監視 (注入完了確認)

注入箇所の上流注入孔から薬液が湧出することにより、そのスパンの注入を完了とし、上流に移動する。



写真21-側部湧出確認



写真22-底部湧出確認

(4) 管理方法について

①車上プラントの流量計に設置されたチャート紙により、チャート紙の記録長さ (mm)、単位時間当たり記録表 (mm/分) 及び平均注入量 (ℓ/分) から注入量 (ℓ) を算定し、管理を行った。

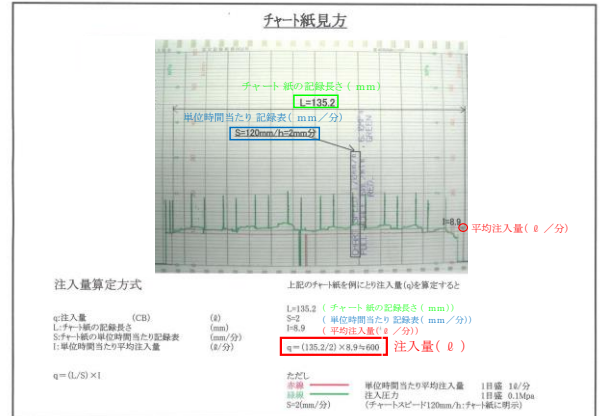


図8-チャート紙

②現場で配合したセメントとベントナイトのテストピースをとり、一軸圧縮試験を行い、1週圧縮強度の確認を行った。設計1週圧縮強度1.5N/mm<sup>2</sup>に対して2.1N/mm<sup>2</sup>の結果であった。



写真23-テストピース採取

③充填注入の確認方法として、フェノールフタレイン溶液を埋戻し箇所散布する。溶液はアルカリ性に反応することで、紫色に変色する性質をもち、この方法で確認する。ボックスカルバート注入孔にも、溶液を散布し変色反応で確認を行った。

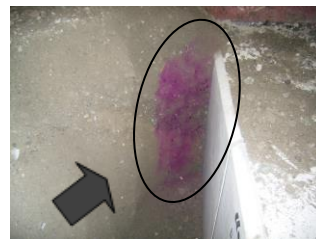


写真24-側部での反応



写真25-底部注入孔確認

5.まとめ

従来の埋戻しは、ランマなどの小型機械を用い、構造物からの離隔を50cm以上を確保し、締固めを行います。この埋戻し幅を狭小にした砕石投入は、ボックスカルバートを据付けて、覆工板により仮復旧までを繰り返し、そして、安全を確保できる延長である約20mごとに内部からセメントベントナイトを砕石の空隙に充填し埋戻した後、舗装の本復旧を行うというサイクルで全体工事を行ったもので、この現場条件では、最も有効であった。

従来工法よりも工期短縮によるコストの削減と何よりも工事期間中の安全性向上を図れた。

(1)施工日数の短縮

実際の施工では、砕石投入と薬液充填注入を組合せた埋戻しを行う方法で、240mのボックスカルバートの敷設に71日の日数がかかった。一方、掘削幅2.76mの場合では、表1の第3案（掘削幅の検討）から、136日の日数を要する。今回の方法と比較して、65日の施工日数の短縮が図れた。その結果、夜間作業での振動・騒音による周辺住民の生活環境への影響が軽減できたと考えている。

工種	数量	砕石投入+薬液充填注入		埋戻し方法 (掘削幅2.56m)	
		施工日数	平均 施工量	施工日数	平均 施工量
カルバート工	L=240m	46日		136日	
薬液充填注入		13日		—日	
仮舗装工		12日		—日	
<b>合計日数</b>	L=240m	<b>71日</b>	<b>3.38 m/日</b>	<b>136日</b>	<b>1.76 m/日</b>
<b>直接工事費</b>	L=240m		<b>43,897,920</b>		<b>45,191,280</b>

表3—施工日数比較

(2)工事期間中の安全性向上

日々の交通開放を覆工板にて行い、延長約20m毎に舗装復旧を行ったことから、舗装の縦断継ぎ目が少なく、工事区間での段差の解消など通行車両の安全性が向上した。



写真26—覆工板設置



写真27—舗装板復旧

(3)工事完了後の路面の状況

本工事完了後、商業施設の解体工事が始まり大型トレーラーや大型ダンプが頻繁に通行するようになった。現在も、その跡地にマンション建設が始まっており、大型車両が頻繁に通行しているが、現在のところ、路面の沈下も無く、目視で確認できるような異常はない。



写真28—解体工事での大型車両の通行状況



写真29—事業完了写真

以上のことから、砕石投入と薬液充填注入を組合せた埋戻し方法における効果は、次の4点が考えられる。

- ①歩行者や車両交通量が多い市街地において、有効な施工方法である。
- ②路面の沈下が発生していないことから、従来の埋戻し方法と同等以上の効果がある。
- ③施工日数の短縮による経費削減と工法による工事費の削減ができ、経済性に優れている。
- ④施工日数の短縮により、工事による周辺住民の生活環境への軽減が図れる。

6. 今後の課題

- ①地下水位が高い箇所では、セメント・ベントナイトが希釈されるため、薬液材の検討が必要である。
- ②ボックスカルバート内での薬液注入作業となるため、小断面では内部からの注入が困難であり、施工方法の検討が必要である。

7. おわりに

周辺住民の皆様のご理解とご協力により、石田川バイパス水路整備事業を安全に完了することが出来ました。本工事の施工に際しましては、受注者の皆様をはじめ、関係各課の皆様には、様々な面において大変お世話になりました。ここに厚く御礼申し上げます。今後も引き続き、向日市の「人と暮らしに明るくやさしいまちづくり」に努めてまいります。最後に、本日発表の場を設けていただきました国土交通省近畿地方整備局、京都府及び作成に伴いご尽力くださった方々へ感謝いたします。

参考文献

- 1) 公社) 日本下水道協会：下水道用設計標準歩掛 別冊 参考資料
- 2) 一社) 日本グラウト協会：薬液注入工 設計資料