

一級河川の既設機能を維持しながらの樋管改築工事

東京土木支店 土木工事事務部 内田勝弘
東京土木支店 土木工事事務部 大宅峻介

概要：本工事は一級河川である都幾川右岸 3.0k1.6m～3.0k147.3m 間において、河川堤防の機能を維持した状態で、堤防整備(嵩上げおよび拡幅)と高坂万世樋管の改築(新設および既設樋管の撤去)を行う工事である。

Key Words：堤防機能維持，工程短縮，ICT 施工，退避計画

1. はじめに

令和元年 10 月に発生した台風 19 号は、台風本体の発達した雨雲や台風周辺の湿った空気の影響で、静岡県や関東甲信地方、東北地方を中心に広い範囲で記録的な大雨となった。その結果、多くの雨量観測地点で既往最高に迫る雨量となり、横瀬雨量観測所、三峰雨量観測所(国土交通省所管)、ときがわ観測所(気象庁所管)では観測史上最大雨量を観測した。

本工事は、この台風により、甚大な被害が発生した入間川流域において、国(気象庁熊谷地方気象台、国土交通省関東地方整備局荒川上流河川事務所)・県(埼玉県)・市町(川越市、東松山市、坂戸市、川島町)が連携し立ち上げられた「入間川流域緊急治水対策プロジェクト」の一環である。一級河川である都幾川右岸 3.0k1.6m～3.0k147.3m 間において、河川堤防の機能を維持した状態で、堤防整備(嵩上げおよび拡幅)と高坂万世樋管の改築(新設および既設樋管の撤去)を行う工事であった。高坂万世樋管とは、1910 年に建造された樋門であり、都幾川リバーサイドパーク(都幾川の河川改修跡地)の南端に位置している農業用水路の一部である(写真-1)。



写真-1 高坂万世樋管(着工前)

本稿では、これらの現場条件における施工上の課題、対策等施工方法について報告するものである。



内田勝弘



大宅峻介

2. 工事概要

本工事の概要を以下に示し、工事場所位置図を図-1、樋管一般図を図-2に示す。

工事名 R3 都幾川右岸万世用水樋管改築工事

発注者 国土交通省 関東地方整備局 (管轄事務所 荒川上流河川事務所)

施工場所 埼玉県東松山市高坂地先

工期 自: 令和3年10月16日

至: 令和5年3月25日 (526日間)

工事数量

- ・河川土工 掘削工(ICT) $V=1,100\text{m}^3$, 盛土工 $V=530\text{m}^3$, 盛土工(ICT) $V=12,900\text{m}^3$,
法面整形工(ICT) $A=3,760\text{m}^2$
- ・地盤改良工 中層混合処理(ICT) $V=2,542\text{m}^3$
- ・樋管・樋管本体工 コンクリート工 $V=92\text{m}^3$, 矢板工 $L=513.5\text{m}$, PC 函渠(1.0×1.0) $L=31\text{m}$
- ・水路工 柵渠 B 型 1.2×1.2 $L=65\text{m}$, フリューム 1.0×1.3 $L=15\text{m}$, フリューム 1.2×1.2 $L=6\text{m}$
- ・山付き部排水工 1式
- ・法覆護岸工 コンクリートブロック張 $A=982\text{m}^2$, 植生工 $A=3,030\text{m}^2$
- ・付属物設置工 1式
- ・付帯道路工 アスファルト舗装工 $A=4,240\text{m}^2$, 砕石舗装工 $A=283\text{m}^2$
- ・付帯施設工 1式
- ・構造物撤去工 1式
- ・仮設工 1式
- ・小形水門設備製作・据付工 1式



図-1 工事場所位置図

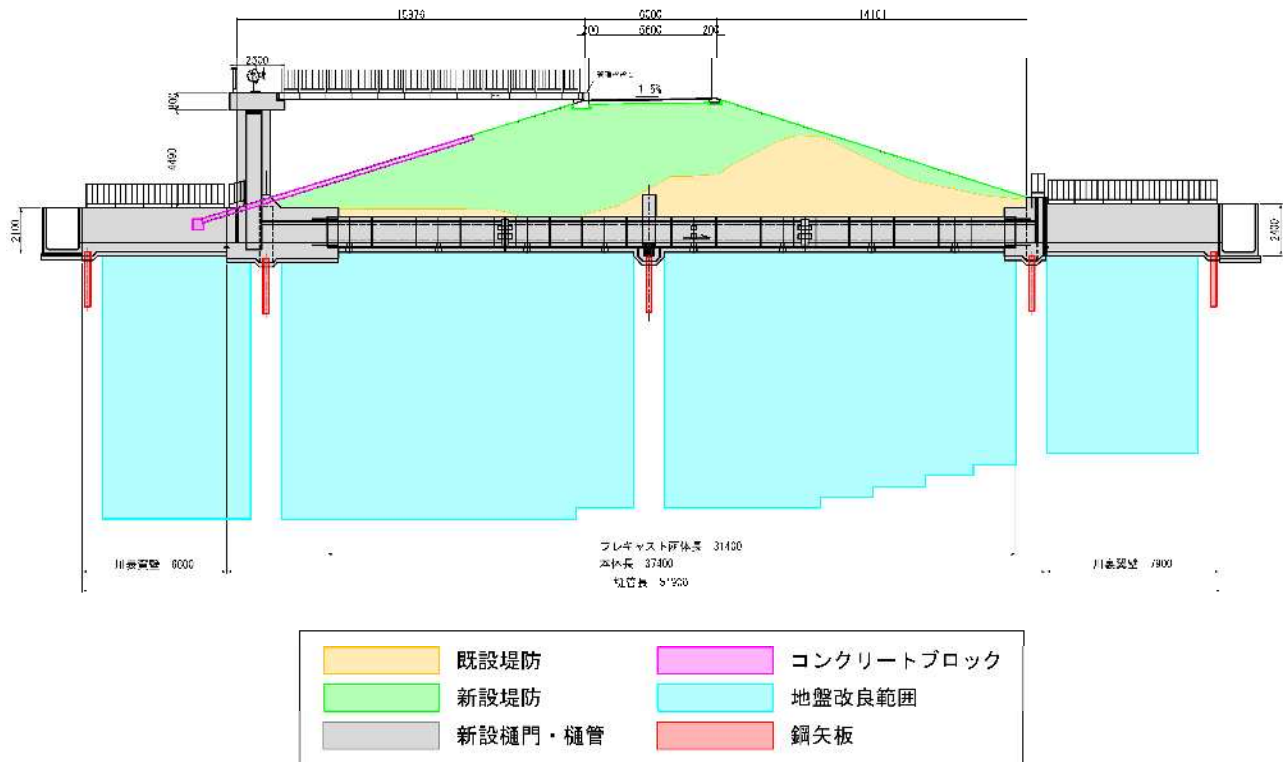


図-2 樋管一般図

3. 課題と検討

当工事は河川内での施工を行うため、非出水期(11月1日から5月31日までの比較的河川の水量が少ない期間)のうちに施工を完了しなければいけない工種と、出水期(6月1日から10月31日までの梅雨や台風による大雨で河川が増水しやすい期間)においても施工可能な工種があり、それぞれについて課題があった。東松山市の月別平均降水量(1991年～2021年)を表わしたグラフを図-3に示す。

非出水期の施工に関しては、既設堤防の開削を行うことから、いかに堤防の機能を維持した状態で施工を実施するかが課題となった。また、非出水期間内での完了が必要な工種があり、工程短縮の方策も必要であった。

出水期の施工に関しては、降雨による都幾川の増水等を考慮して、退避の方法や基準等の計画が必要であった。

以上のことから、以下の各課題に対しそれぞれ検討を行い、施工を実施した。

- 1) 非出水期施工時の堤防機能維持について
 - ・ 仮締切盛土の形状と構造に対する検討
- 2) 非出水期施工時の工程短縮について
 - ・ 各工種における ICT 施工実施に対する検討
- 3) 出水期施工時の増水等への対処について
 - ・ 増水時における退避の基準，方法および体制に対する検討



図-3 東松山市月別平均降水量(1991年～2021年)

4. 施工

4.1 非出水期施工時の堤防機能維持について

非出水期施工時に既設堤防を開削するにあたり、既設堤防と同等機能を有する仮締切盛土による築堤の先行設置が必要であった。

また、非出水期のうち、新設樋管設置時(第 1 非出水期：施工開始～令和 4 年 5 月 31 日、以下「1 期」という。)と既設樋管撤去時(第 2 非出水期：令和 4 年 11 月 1 日～施工完了、以下「2 期」という。)において締切りを行う範囲が異なることから、1 期と 2 期で築堤線形を変更する必要があった。

仮締切盛土の計画対象水位 A.P+23.90m に対して、盛土天端高は河川管理施設等構造令(以下「構造令」という。)第 20 条における余裕高 0.8m を見込んだ A.P+24.70m(施工基面+2.4m)とし、盛土天端幅は構造令第 21 条における計画高水流量に準じた 3.0m とした。また、川表側の仮締切盛土法面には、遮水シート(写真-2)とコンクリート連節ブロック(写真-3)を使用した本設仕様構造の法覆護岸を設置した。仮締切堤標準断面図を図-4 に示す。

築堤線形および進入用坂路の設置位置については、重機の作業範囲や大型搬入車両の転回範囲等を考慮して、図-5、図-6 の通りとした。1 期および 2 期の仮締切状況写真を写真-4、写真-5 に示す。



写真-2 遮水シート貼付け状況



写真-3 連節ブロック据付状況

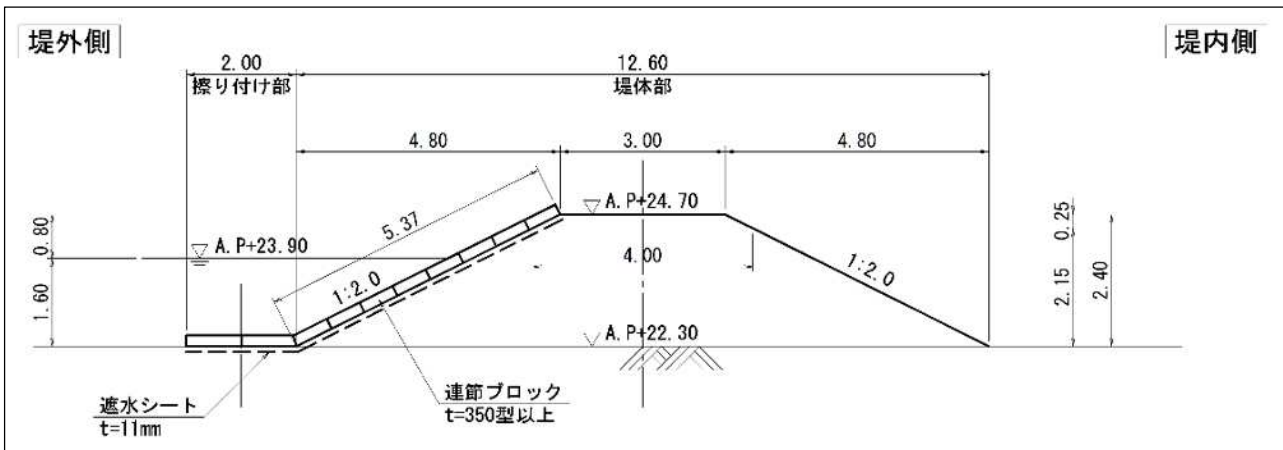


図-4 仮締切堤標準断面図 (1 期・2 期共通)

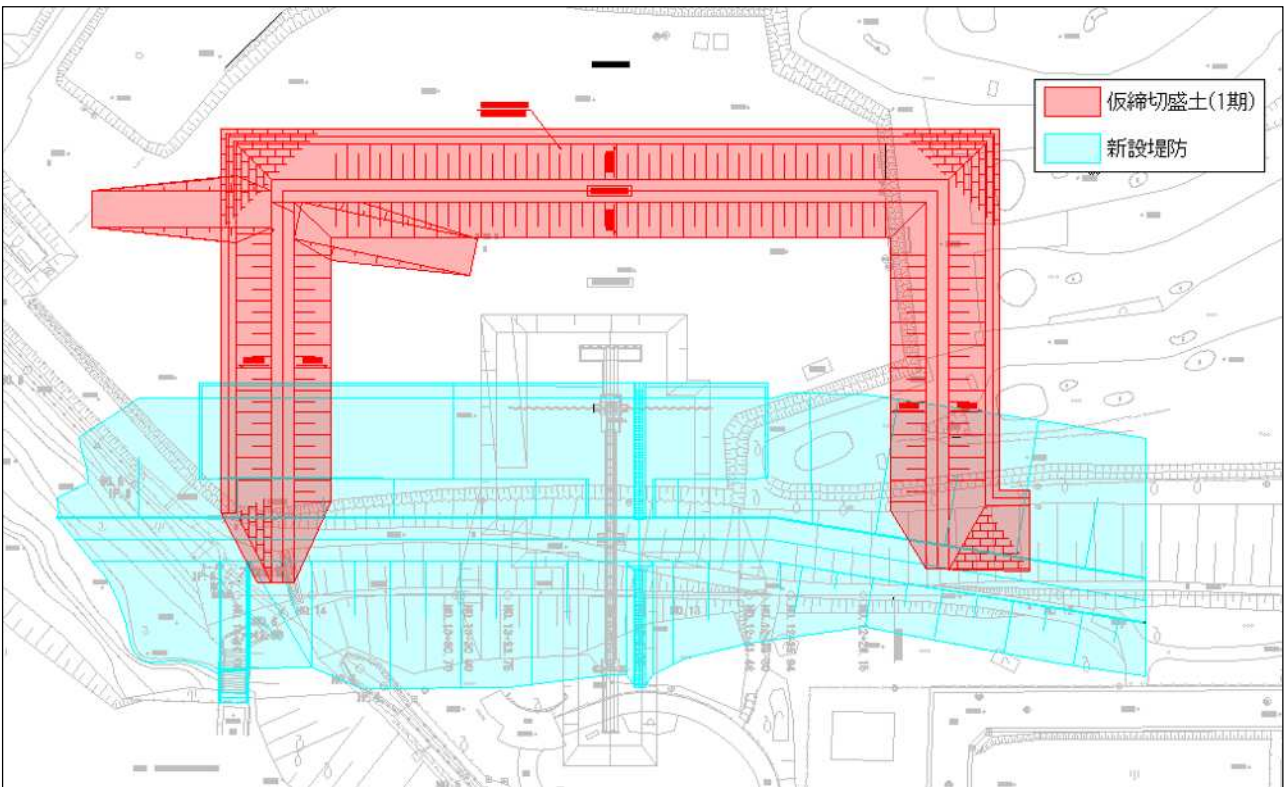


図-5 仮締切平面図 (1期)

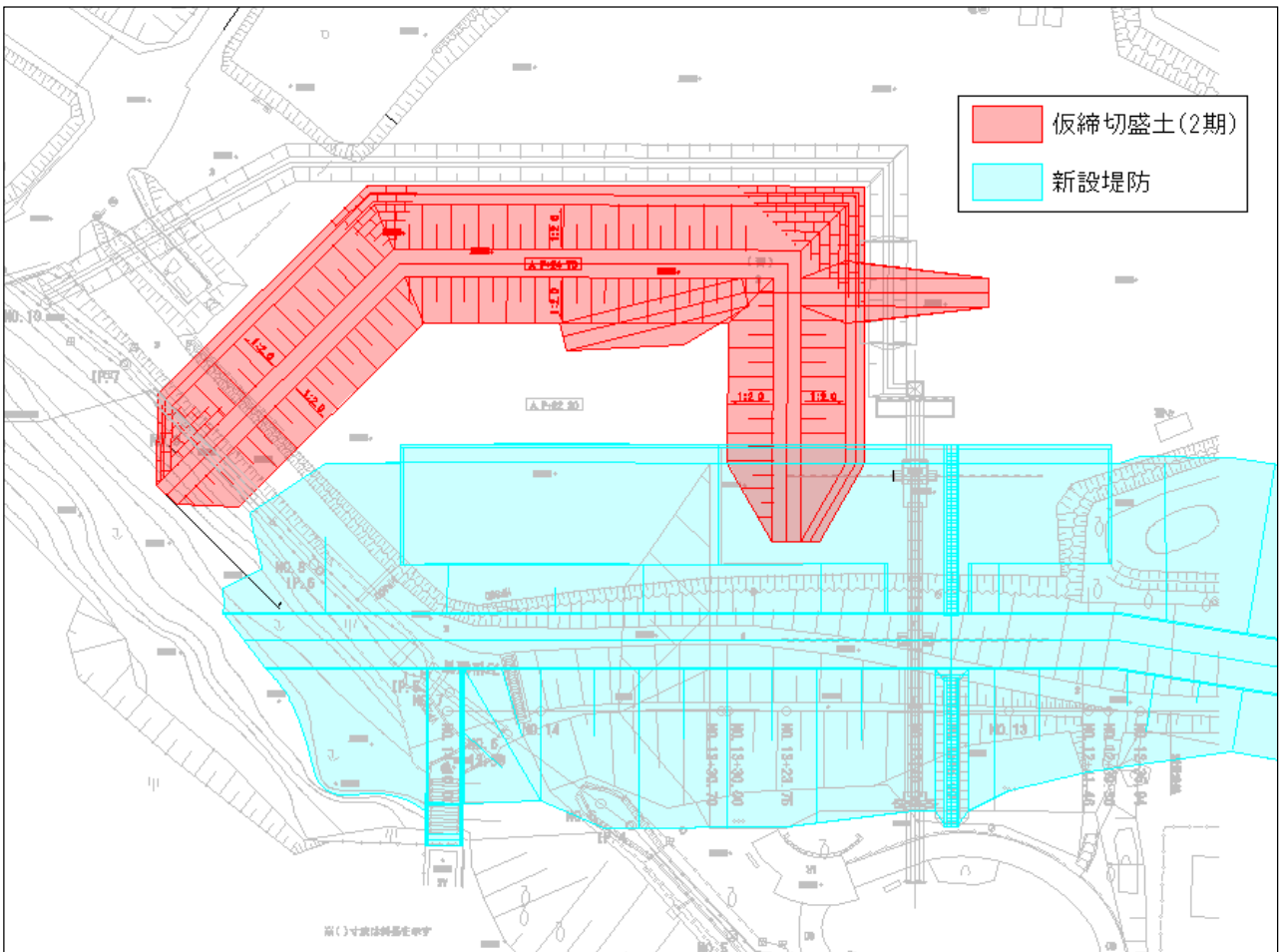


図-6 仮締切平面図 (2期)



写真-4 仮締切状況 (1期)



写真-5 仮締切状況 (2期)

施工に先立ち、使用する盛土材料の材料試験を実施し、土質特性を把握した後、転圧試験により所定の品質を得られる施工方法を探るための試験盛土を実施した。材料試験結果を表-1に示す。

表-1 材料試験結果

材料試験結果	自然含水比 ^(*) $W_n(\%)$		24.9	(%)	
	土粒子の密度 ρ_s		2.733	(g/cm ³)	
	レキ	礫比重 G_b	---	(g/cm ³)	
		含水量 $W_a(\%)$	---	(%)	
	最大粒径 (mm)		4.75	(mm)	
	粒度組成	レキ分	37.5mm 以上	0.0	(%)
			19.0~37.5mm	0.0	(%)
			9.5~19.0mm	0.0	(%)
			4.75~9.5mm	0.0	(%)
			2.0~4.75mm	0.3	(%)
			合計	0.3	(%)
		砂分 75 μ m~2.0mm	48.5	(%)	
	細粒分 75 μ m以下	51.2	(%)		
	コンシステンシー	液性限界 $W_L(\%)$	33.4	(%)	
		塑性限界 $W_p(\%)$	17.5	(%)	
		塑性指数 I_p	15.9		
		強熱減量 $I_g(\%)$	---	(%)	
	最大乾燥密度 $\rho_{d_{max}}$		1.608	(g/cm ³)	
	最適含水比 W_{OPT}		21.7	(%)	
土の分類	地盤材料の分類名	砂質粘土(低液性限界) (CLS)			
	俗称名	粘性土			
改良材	土質改良材の種類	---			
	添加量 (対乾燥密度)	---			
試料の準備および使用方法		a b ©			
締固め試験の種類 (JIS A 1210)		① B C D E			
コーン指数 q_c (kN/m ²)		605			

試験盛土の検討対象は、築堤盛土材における撒き出し厚、および転圧回数とし、品質の変化をチェックし、施工性・経済性等も考慮しながら、施工条件を見出すものであり、同時に盛土施工に携わる作業員の習熟を図るためでもあった。試験盛土の実施状況を写真-4に示す。試験は施工で使用する 10t タイヤローラーおよび D3 ブルドーザーそれぞれで実施した。試験結果の各種相関図を図-7、図-8に、試験結果より設定した施工方法を表-2に示す。



写真-4 試験盛土実施状況

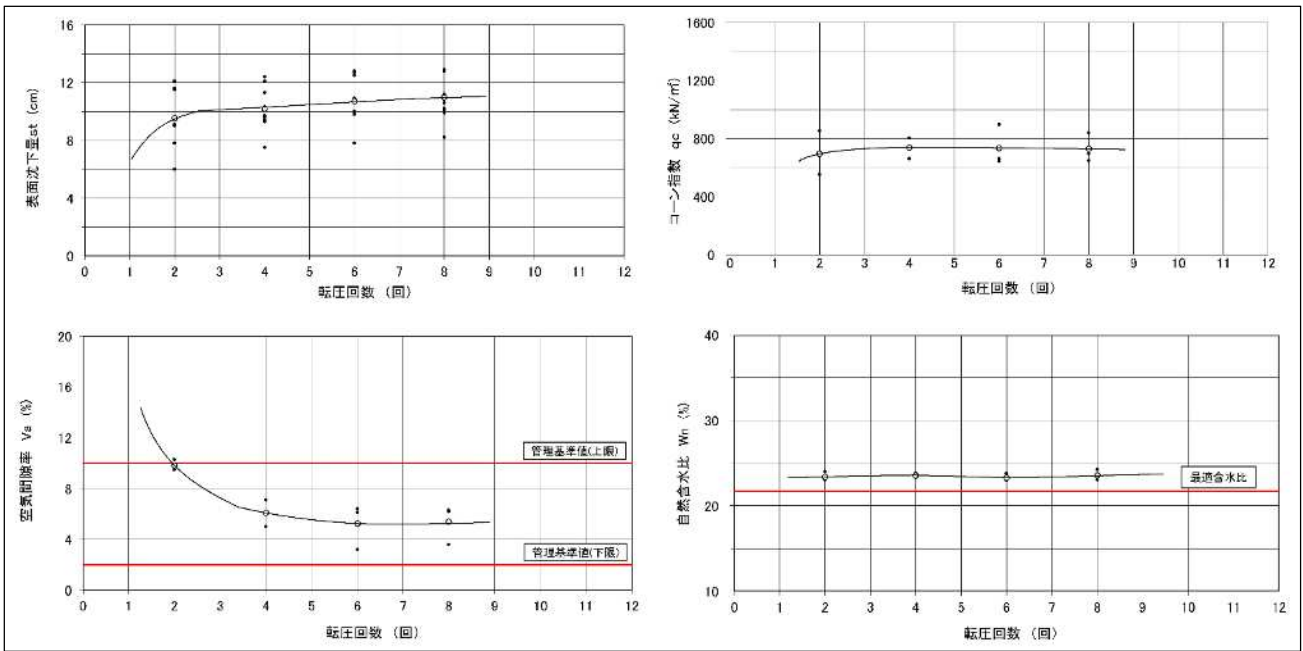


図-7 各種相関図 (10t タイヤローラー)

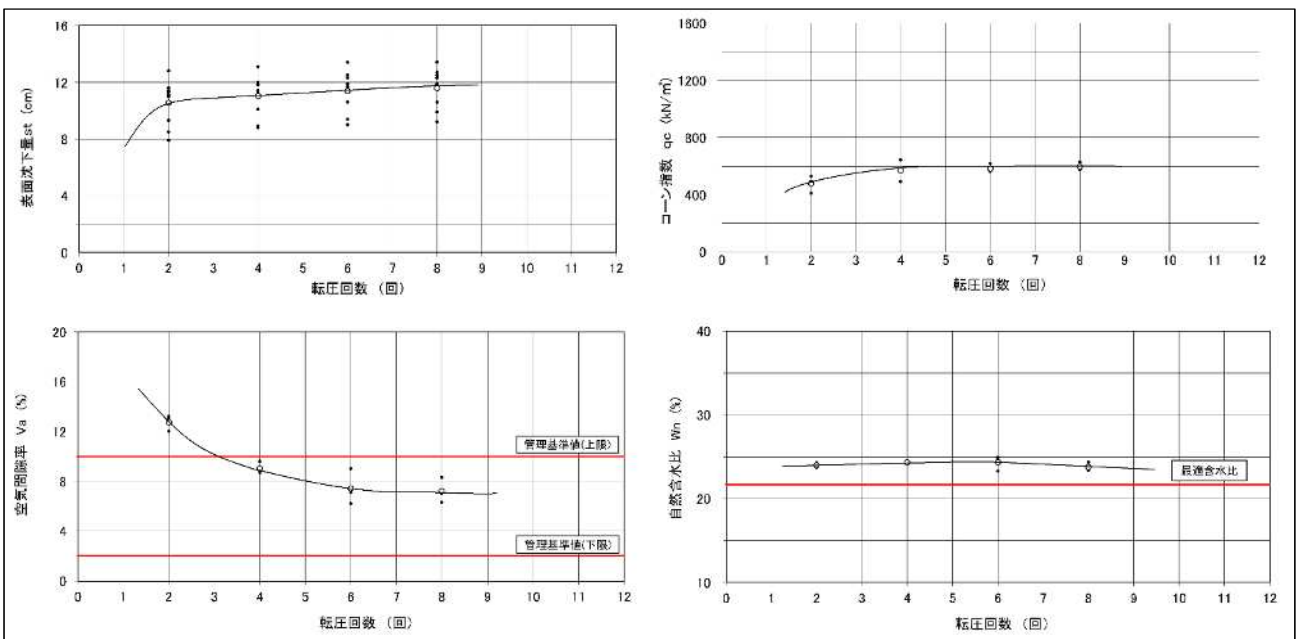


図-8 各種相関図 (D3 ブルドーザー)

表-2 施工方法

転圧機械	10 t タイヤローラー	D3ブルドーザー
撒き出し厚	44cm	45cm
仕上り厚	30cm	30cm
転圧回数	6回	6回
管理方法	空気間隙率管理	
管理規定値	$2 \leq Va \leq 10(\%)$	
転圧速度	3~5km/h程度	3~5km/h程度

施工時の盛土については、電子レンジ法を用いた含水比の測定を毎朝実施し、3箇所/20mの頻度で現場密度試験を実施することにより品質管理を行った。

4.2 非出水期施工時の工程短縮について

当初設計で ICT 施工が見込まれていない各工種において、工期短縮が見込める作業土工(床掘り)と地盤改良工(中層混合処理工)に対して ICT 施工を実施することとした。それぞれの施工について以下に示す。

4.2.1 作業土工(床掘り)

樋門・樋管本体工、地盤改良工、矢板工の施工基面の床掘りを ICT 施工にて行った。掘削(ICT)の施工フローを図-9に示す。

測量は、地上型レーザースキャナーを使用し、3次元起工測量計測データを作成した。作成した3次元起工測量計測データを図-10に示す。

3次元起工測量結果を作成した3次元設計データと重ね合わせ、比較した上で、発注図に含まれる現況地形と差異が無いことを確認した。作成した3次元設計データを図-11に示す。

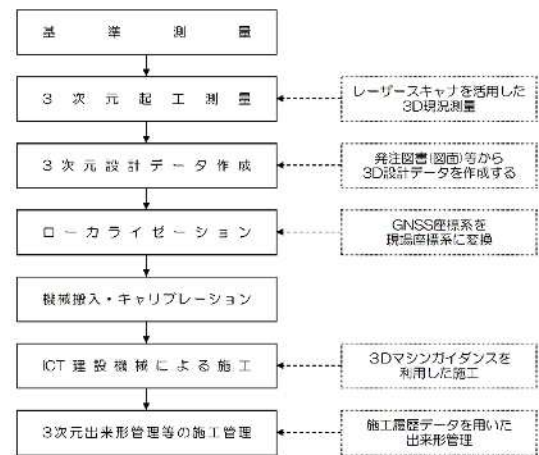


図-9 掘削 ICT 施工フロー



図-10 3次元起工測量計測データ

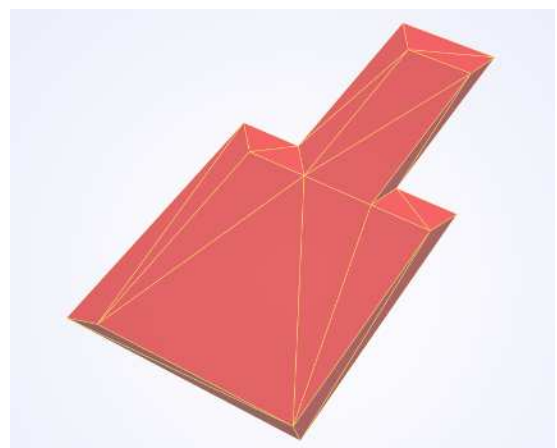


図-11 3次元設計データ

施工は ICT 建設機械(マシンガイダンス機能搭載バックホウ)を使用して行った。掘削状況を写真-5、掘削作業時のモニタ表示を写真-6に示す。また、施工完了後の3次元測量により作成した出来形合否判定総括表を図-12に示す。



写真-5 掘削状況



写真-6 モニタ表示

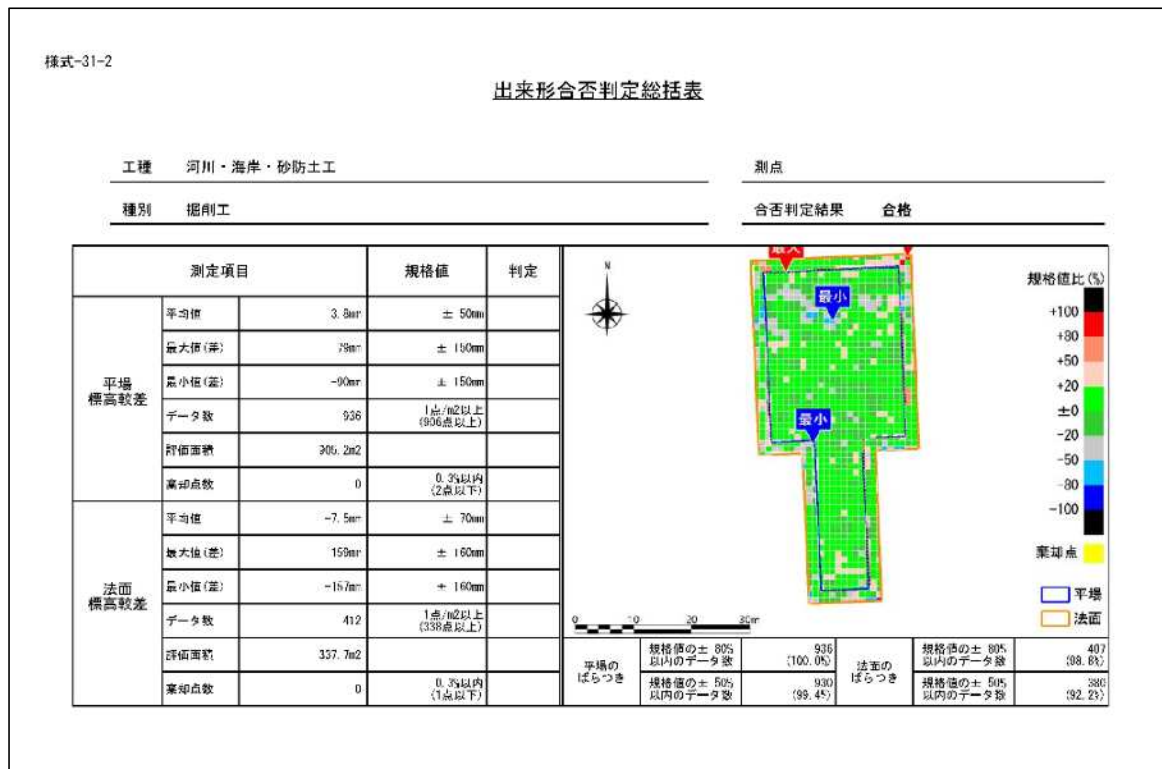


図-12 出来形合否判定総括表

4.2.2 地盤改良工

樋門・樋管部支持地盤の地耐力確保および液状化対策として、セメント系固材材による地盤改良をパワーブレンダー工法(ICT 施工)にて実施した。

本施工では、地盤改良機に管理システムを搭載し、GNSSとチルトセンサーを用いて施工位置と改良深度を管理するマシンガイダンスシステムで施工を行った。リアルタイムに施工位置や改良深度を表示するので、オペレータは画面を見るだけで瞬時に改良状況を把握でき、改良不足を防止し品質向上につながった。また、従来の施工であれば、事前に区割りを測量して発注者の立会が必要となるが、その必要が無くなり省力化にもつながった。ICT 地盤改良機機械構造図を図-13に、施工数量を表-3に、施工状況を写真-7に、従来の区割り方法を写真-8に、施工管理図を図-14にそれぞれ示す。

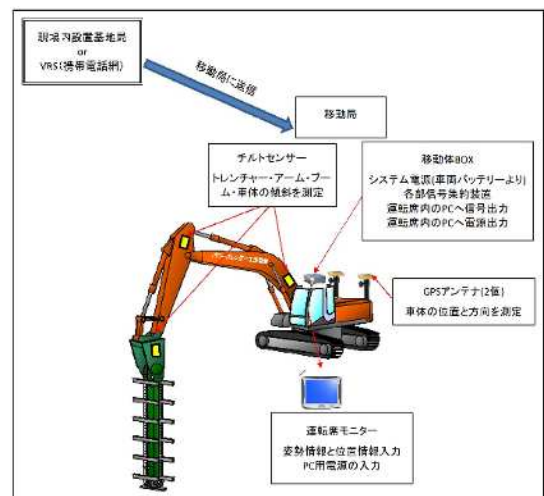


図-13 ICT 地盤改良機機械構成図

表-3 施工数量

施工箇所	設計強度 (kN/m ²)	改良材の種類	添加量 (kg/m ³)	水セメント比 (%)	改良土量 (m ³)	改良材量 (t)
樋管部	600	特殊土用固化材	159	138	2,542	404



写真-7 施工状況



写真-8 従来の区割り方法

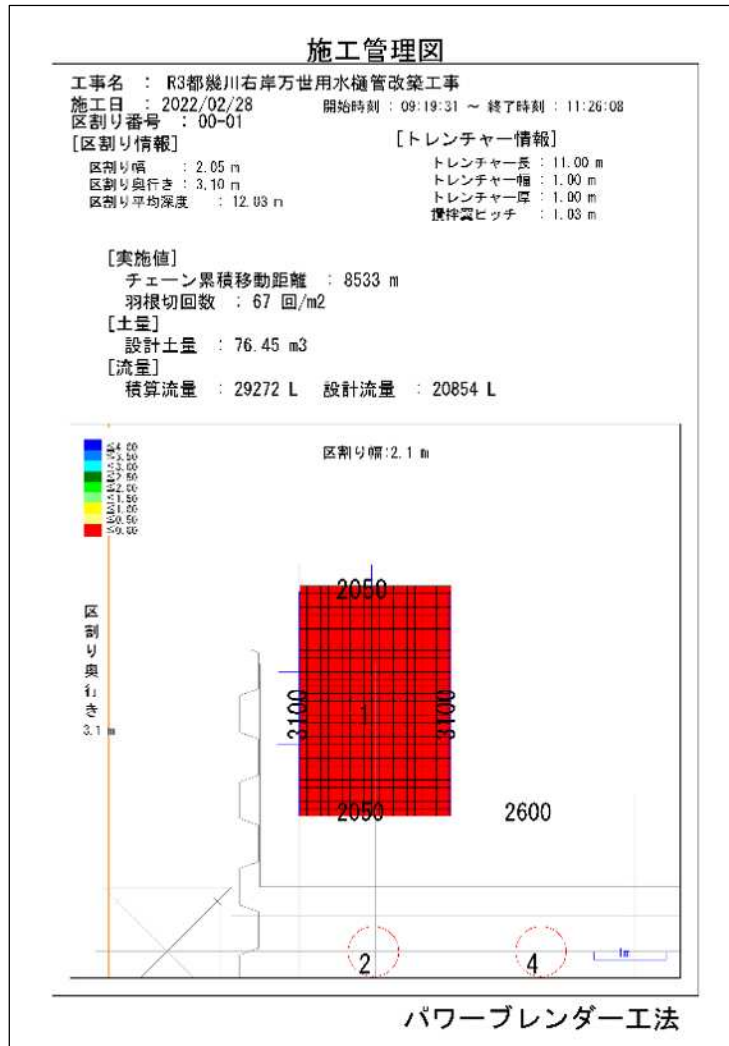


図-14 施工管理図

以上の2工種についてICT施工を実施することにより、工程が短縮されたとともに、測量等の省力化により施工精度や安全性を向上させることもできた。

4.3 出水期施工時の増水等への対処について

降雨による都幾川の増水を考慮し、退避の方法・基準等を以下の通り計画した。

4.3.1 情報収集・状況把握

大雨・台風等の予報発令時は、インターネットにて天気及び降水量の予報を確認し、「国土交通省 河の防災情報」にて都幾川の水位・降雨量を確認することとした。

降雨時及び出水時の水位観測点は、現場近傍に唐子橋水位観測所(5.55km)、野本水位観測所(1.59km)の 2 箇所があるが、施工箇所(3.02km～3.15km)に最も近く、河川の合流点側となる野本水位観測所の観測値を使用することとした。観測所および施工箇所位置図を図-15 に示す。



図-15 観測所および施工箇所位置図

大雨・台風等の予報発令時及び降雨時及び出水時の水位確認頻度を、表-4 に示す。

表-4 水位確認頻度

天候等状況	確認頻度
大雨・台風予報発令時	3回/日 (8:00・12:00・17:00)
降雨時及び出水時	30分/回 但し、危険水位超過時は常時確認
降雨終了後	危険水位以下になるまで常時確認

4.3.2 退避基準

退避基準は、野本観測所の観測値を判断基準とし、以下の項目により選定することとした。

1)最大水位と水位上昇時間の関係

過去 10 年間の出水期における水位データを基に、時間当たりの水位上昇時間を予測することとした。

過去 10 年間の最大水位上位 2 回のデータを参考とした。各データを表-5 に示す

表-5 過去 10 年間の最大水位観測データ

観測所記号: 303041283308230 観測所名: 野本 (のもと) 水系名: 荒川 河川名: 都幾川 期間: 2019年10月12日~10月13日				観測所記号: 303041283308230 観測所名: 野本 (のもと) 水系名: 荒川 河川名: 都幾川 期間: 2017年10月22日~10月23日			
年月日	時刻	水位 (m)	増水量 (m)	年月日	時刻	水位 (m)	増水量 (m)
2017/10/22	22:00	2.57		2019/10/12	9:00	0.51	
	23:00	2.56	-0.01		10:00	0.63	0.12
	24:00	2.55	-0.01		11:00	0.96	0.33
2017/10/23	1:00	2.64	0.09	12:00	2.16	1.20	
	2:00	2.92	0.28	13:00	3.06	0.90	
	3:00	3.46	0.54	14:00	3.76	0.70	
	4:00	3.93	0.47	15:00	4.27	0.51	
	5:00	4.27	0.34	16:00	4.73	0.46	
	6:00	4.54	0.27	17:00	5.22	0.49	
	7:00	4.69	0.15	18:00	5.67	0.45	
	8:00	4.70	0.01	19:00	6.16	0.49	
	9:00	4.57	-0.13	20:00	6.24	0.08	
	10:00	4.33	-0.24	21:00	6.09	-0.15	
	11:00	4.00	-0.33	22:00	6.16	0.07	
12:00	3.65	-0.35	23:00	6.28	0.12		
13:00	3.31	-0.34	24:00	6.34	0.06		
14:00	3.02	-0.29	2019/10/13	1:00	6.29	-0.05	
15:00	2.76	-0.26		2:00	6.11	-0.18	
16:00	2.56	-0.20		3:00	5.80	-0.31	
17:00	2.40	-0.16		4:00	5.36	-0.44	
18:00	2.26	-0.14		5:00	4.88	-0.48	
19:00	2.13	-0.13		6:00	4.40	-0.48	

■ : 最大水位
■ : 最大増水量

2)警戒基準の設定

本工事での警戒基準(退避開始・退避完了)を設定するために、最大水位到達時間の水位上昇高さを確認すると、2019年10月12日12:00の1.2m/hが最大値であった。このため、保安材・仮設資材・重機の退避は迅速に実施する必要がある、退避時間は退避開始から1時間以内に設定した。

3)判断基準の設定

本工事は、野本観測所(1.59km)から上流側に1.43kmの地点で施工しており、野本観測所と唐子観測所の水位差より施工箇所の水位を想定し、降雨および出水時における当該現場の水位を野本観測所のテレメータ水位を基準として判断することとした。各観測所における過去10年間の最大水位時(2019年10月12日24:00)の観測データを表-6に示す。

表-6 各観測所の最大水位観測データ

観測所記号：303041283308230 観測所名：野本（のもと） 水系名：荒川 河川名：都幾川 期間：2017年10月22日～10月23日				観測所記号：303041283308220 観測所名：唐子橋（からこばし） 水系名：荒川 河川名：都幾川 期間：2019年10月12日～10月13日			
年月日	時刻	水位 (m)	増水量 (m)	年月日	時刻	水位 (m)	増水量 (m)
2019/10/12	9:00	0.51		2019/10/12	9:00	0.71	
	10:00	0.63	0.12		10:00	1.21	0.50
	11:00	0.96	0.33		11:00	1.96	0.75
	12:00	2.16	1.20		12:00	2.54	0.58
	13:00	3.06	0.90		13:00	2.86	0.32
	14:00	3.76	0.70		14:00	3.28	0.42
	15:00	4.27	0.51		15:00	3.51	0.23
	16:00	4.73	0.46		16:00	3.73	0.22
	17:00	5.22	0.49		17:00	3.97	0.24
	18:00	5.67	0.45		18:00	4.28	0.31
	19:00	6.16	0.49		19:00	3.73	-0.55
	20:00	6.24	0.08		20:00	3.62	-0.11
	21:00	6.09	-0.15		21:00	3.52	-0.10
	22:00	6.16	0.07		22:00	4.39	0.87
23:00	6.28	0.12	23:00	3.16	-1.23		
24:00	6.34	0.06	24:00	4.38	1.22		
2019/10/13	1:00	6.29	-0.05	2019/10/13	1:00	3.18	-1.20
	2:00	6.11	-0.18		2:00	3.08	-0.10
	3:00	5.80	-0.31		3:00	2.66	-0.42
	4:00	5.36	-0.44		4:00	2.39	-0.27
	5:00	4.88	-0.48		5:00	2.19	-0.20
	6:00	4.40	-0.48		6:00	1.98	-0.21

■ : 最大水位
■ : 最大増水量

最大水位時(2019年10月12日24:00)の、野本観測所と唐子橋観測所の距離差及び水位差は以下とおりとなる。

野本観測所(1.59km) 零点高 EL=18.904m(A.P.17.770m)

唐子橋観測所(5.56km) 零点高 EL=25.622m(A.P.24.488m)

施工箇所(3.02km) 高水敷高 A.P.22.300m

3)-1 野本観測所と唐子橋観測所の距離差及び水位差

距離差：5.56km－1.59km＝3.97km

水位差：(24.488＋4.38)－(17.770＋6.34)＝28.868－24.110＝4.758m

距離差1km当りの水位差：4.758m÷3.97km＝1.198≒1.20m

3)-2 施工箇所水位の想定

上記の距離差及び水位差から、同時刻の施工箇所水位を想定した。

野本観測所と施工箇所の距離差は、前項の計算結果から3.02km－1.59km＝1.43kmとなり、水位差は1.43km×1.20m＝1.716≒1.72mと想定される。

同時刻の施工箇所水位は、(17.770＋6.34)＋1.72＝22.83mとなる。

3)-3 退避基準

上記の水位差の想定から、施工箇所における退避基準を決定した。

退避完了水位を、施工箇所高水敷高(22.30m)とし、野本観測所におけるテレメータ水位(各種の観測データを無線で自動送信するテレメータというシステムを利用して自動観測する水位)の判断基準は、A.P.22.30m－1.20m＝A.P.21.10mとなり、テレメータ水位に換算するとA.P.21.10m－17.770m＝3.33m

となる。

退避開始水位は、 $A.P.22.30 - 1.20m = A.P.21.10m$ となり、テレメータ水位に換算すると $A.P.21.10m - 1.20m = 19.90m$ となる。

前述の計算結果より施工箇所における退避基準は、表-7 のとおりとした。

表-7 施工箇所における退避基準

警戒基準	施工箇所想定水位	野本観測所	テレメータ水位
退避開始	A.P.21.10m	A.P.19.90m	2.13m
退避完了	A.P.22.30m	A.P.21.10m	3.33m

4.3.3 退避計画

出水期の施工にあたり、都幾川水位が増水・出水の緊急事態において、迅速かつ適切に重機・資機材等の現場資材を退避させるために退避計画を策定した。

1)保安資材，仮設資材撤去，退避計画

河川の増水により流される恐れのある資材は、運搬車(2t ダンプトラック・4t ユニック車)に積載して川裏側仮設材置場に運搬することとした。また、作業区域の立入防止柵についても、簡易に設置・撤去可能な単管パイプ+オレンジネットとし、出水時には撤去を行うこととした。立入禁止柵のイメージを図-16 に示す。

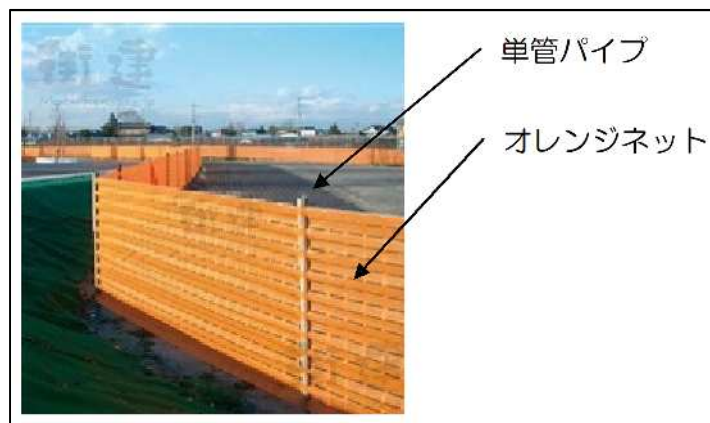


図-16 立入禁止柵イメージ

2)重機退避計画

退避する重機は、バックホウ(0.7m³)×1台・ブルドーザ(15t級)×1台・振動ローラー(10t級)×1台を想定した。退避箇所は緊急車両等の通行を妨げない箇所に停車させることとした。

3)退避資機材数量

河川増水時の退避資材は、表-8 の資材を想定した。

また、施工時は現場内に不要な資材を残置しないように、資材搬入を計画し、不要となった資材・機材等については順次搬出を行い、緊急時の退避を迅速に行えるようにしておくこととした。

表-8 退避資機材数量

品名	規格・寸法	数量	退避先	退避方法
バックホウ	0.7m ³ 級	1台	仮締切内及び川裏	自走
ブルドーザ	15t級	1台	仮締切内及び川裏	自走
振動ローラー	10t級	1台	仮締切内及び川裏	自走
敷鉄板	1.5m×6.0m	10枚	仮設坂路残置	溶接による固定
カラーコーン		20個	資材仮置場	運搬車
単管バリケード	4.0m	4組	資材仮置場	運搬車
オレンジネット		200m	資材仮置場	運搬車
単管パイプ	打込用 2.0m	70本	資材仮置場	運搬車

4.3.4 退避体制・連絡系統

河川の増水や出水時の退避フローを図-17 に示す。また、新規入場者教育時に作業員への周知を行い、休憩所及び安全掲示板に掲示して、緊急時の連絡体制を確保することとした。

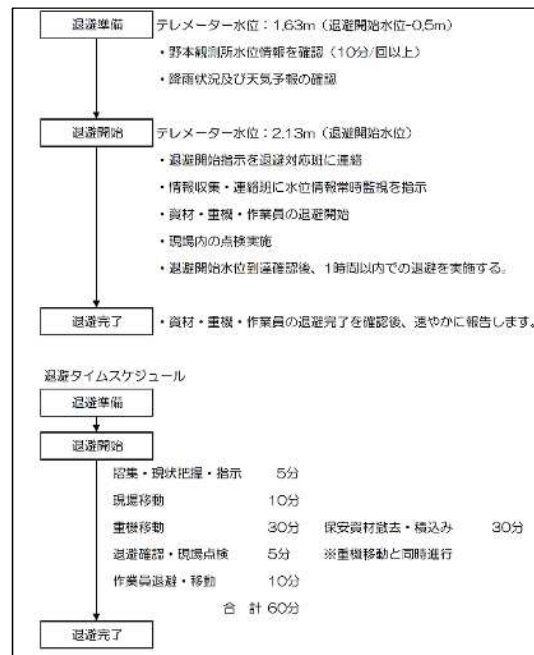


図-17 退避フロー

令和4年7月12日から13日にかけて、日本海の低気圧や上空の寒気の影響で、埼玉県では記録的な大雨となり、土砂災害、住家の浸水や道路冠水等の被害があった。本工事場所も大雨に見舞われたが、以上のような計画内容を実施することにより、災害を未然に防ぐことができた。

5. おわりに

本工事は、出水期・非出水期の制約があるため非常にタイトな施工工程でありましたが、ご指導・ご協力いただきました荒川上流河川事務所、東京土木支店、協力業者の皆様のおかげで無事故・無災害で工期内に竣工を迎えることができました。心より御礼申し上げます。



写真-9 完成写真

参考文献

- 1) 内閣：河川管理施設等構造令(平成二十五年七月五日政令第二百十四号)，2013.7