

流域下水道施設の設備トラブルによる機能停止 に対応したBCPの策定について

岩崎 誠¹・西口 彰修²

1 大阪府 東部流域下水道事務所 維持管理課 (〒577-0063 東大阪市川俣2丁目1-1)

2 大阪府 東部流域下水道事務所 維持管理課 (〒577-0063 東大阪市川俣2丁目1-1)

大阪府の流域下水道は、全国に先駆け1965年(昭和40年)に事業着手し、現在53年を経過している。管理施設においては、設備の健全度や社会的影響度から優先順位をつけて更新を実施しているが、限られた財源の中、目標耐用年数での計画的な改築更新ができず、耐用年数付近の設備は増加し、老朽化による設備等の機能停止リスクは増大している状況である。安定した下水道サービスの提供を図るうえでは、故障等の設備トラブルに対してのリスクマネジメントが重要であることから、当事務所では、従前より策定済みの災害時のBCP(業務継続計画)とは別に、設備トラブルによる機能停止に迅速に対応するためのBCPの策定を検討したので報告する。

キーワード 設備老朽化, 機能停止, BCP, リスクマネジメント

1. はじめに

BCPの策定は、設備故障時に下水道サービスの面から利用者への影響の大きい『焼却炉設備』『雨水ポンプ設備』『受変電設備』『監視制御設備』の4設備を優先しておこなった。本論文では、そのうち老朽化の進行している鴻池水みらいセンター焼却炉設備のBCPについて報告する。

〔図-1〕は鴻池水みらいセンターがある当事務所の管轄区域を示す。鴻池水みらいセンターは、寝屋川北部流域下水道に位置し、1972年(昭和47年)に供用開始している流域下水道において最も古い下水処理場である。

本流域では、場内で発生する汚泥全量を焼却処理する計画であり、焼却炉設備は〔表-1〕のとおり3炉あり、形式は全て流動焼却炉である。最も古い1号炉で設置から20年を経過しており、大阪府にて過去の使用実績をもとに定めた焼却炉の目標耐用年数である23年を迎えつつあるが、補修と長寿命化工事により2027年度(令和9年度)まで使用予定である。



図-1 東部流域下水道事務所管轄区域

表－1 炉停止時の焼却能力不足量
(鴻池水みらいセンター)

	1号	2号	3号	発生汚泥量 (t/日)	焼却可能量 (t/日)	焼却 能力不足 (t/日)
設置年度	1998年 (平成10年)	2001年 (平成13年)	2005年 (平成17年)			
定格能力(t/日)	130	130	100			
実績能力(t/日)	143	143	110	A	B	C=A-B
CASE1	x	x	○	年平均 145t/日	110	35
CASE2	x	○	x		143	2
CASE3	○	x	x		143	2

2. 焼却炉設備のBCP

(1) 故障条件

焼却炉設備のBCP作成にあたっては、『焼却炉設備が複数基故障する』『1台定期点検中に他号機が故障する』という条件を検討した。

〔表－1〕は鴻池水みらいセンターにて、焼却炉の故障が発生した際の場合内の焼却能力不足量について示したものである。3基の定格能力が異なることから、故障する号基によって焼却能力の不足量は異なる。

(2) 焼却炉設備故障時の対応

焼却炉設備の故障により、場内での焼却能力が不足した場合、日々発生する汚泥を計画的に処理できない。〔表－1〕にあるCASE1の場合、日当たり35t(76%脱水ケーキ)が処理能力不足となり、系外に排出する方法を検討する必要がある。

〔表－2〕は故障時に場内にて対応できる固形物量を示している。水処理系では、MLSSの上昇と休止池への活性汚泥貯留、汚泥処理系では、汚泥混合槽、重力濃縮槽、ケーキホッパーを貯留容量として考慮することとした。固形換算値は、各施設で負担可能な固形物量を示している。

〔表－3〕は最も厳しいCASE1での場内での対応

表－2 場内対応する際の固形物負担量 (鴻池水みらいセンター)

施設名	系列	容量 (m ³)	濃度	含水率	固形換 算値 (DS-t)	備考
①MLSS調整	A系	9,520	500mg/ℓ 上昇	—	4.8	生物反応槽のMLSS濃度を通常の1500mg/ℓから2000mg/ℓへ引き上げ
	BC系	31,064	500mg/ℓ 上昇	—	15.5	
	DE系	27,392	500mg/ℓ 上昇	—	13.7	
②水処理	運用による休止池	A系	3,570	5000mg/ℓ	—	17.9
③汚泥混合槽	運用変更で2槽中1槽を貯留槽使用		350	4%	—	14.0 350m ³ ×1槽
④重力濃縮槽	運用変更で2槽を貯留槽使用		1,000	4%	—	40.0 500m ³ ×2槽
⑤ケーキホッパー	130t炉用		100	—	76%	24.0 130t炉1基分は50t×2
	100t炉用		80	—	76%	19.2 130t炉1基+100t炉1基 50t×2、40t×2
合計						149.0

可能期間を示している。なお、季節で脱水ケーキの発生量が変動するため、夏季冬季で条件を分割して設定した。

(3) 対応方法の検証及び事前調整

故障時の対応については、設備の損傷度、復旧見込みによって変更していくものであるが、事前に対応方針を検討しておくことで、円滑な対応を図ることができる。〔表－2〕に示す各施設での固形物負担量をもとに設備の停止期間等を考慮して3段階の対応策を検討した。

① フェーズ1

(MLSS調整、場内貯留、放流水質の調整)

まず、事故発生直後の対応として、『MLSS調整』『場内貯留』『放流水質の調整』を行う。生物反応槽MLSSは過去の運転データをもとに、通常運転からの上昇制限値(上限値)を決定した。

場内貯留は、重力濃縮槽、余剰汚泥の貯留槽の使用を最小限とし、空いた槽を濃縮汚泥貯留槽として対応するなど、場内で汚泥貯留可能な箇所(施設)を検討・抽出した。

放流水質の調整では、通常時の放流目標値よりも高い数値での放流を許容(SS20mg/L以下)するもので、砂ろ過のバイパス、最終沈殿池の余剰汚泥引抜調整などで、場内での固形物の回収率を下げ、場内発生汚泥量の抑制を図ることとした。

② フェーズ2 (場外処分対応)

鴻池水みらいセンターでは、定期点検を含め通常時は汚泥の場外処分は行っていない。しかしフェーズ1の対応が限界付近となった場合、汚泥の場外処分を行う必要がある。

表-3 貯留期間の設定(鴻池水みらいセンター)

	汚泥貯留量 ①②③④⑤合計 (DS-t)	発生量 (t/日)	焼却 能力 (t/日)	不足分 (t/日)	含水率	不足分 (DS-t)	対応可能 期間(日)
CASE1(夏季)	129.8	145	110	35	76%	8.4	15
CASE1(冬季)	129.8	154	110	44	76%	10.6	12

場外受入先としては『府内他流域の水みらいセンターへのケーキ搬出』及び『民間処分業者へのケーキ搬出』を行うこととなる。

また、不慣れた場外処分を故障時に迅速に処置できるよう、『場外搬出ルート確保』『処分先の確保』『運搬業者の確保』の検討が重要である。本BCPでは、予め発生する状況を想定し、事前の準備、関係者との調整等を図ることとした。

『場外搬出ルート確保』ではケーキ搬出設備の稼働状況と現場に搬入可能なトラックサイズを荷台形状等から事前確認した。あわせて脱水ケーキの実搬出能力を把握するため、準備を含めたケーキ積込みに要する時間を算出し、搬出計画のサイクルタイムを立案した。

『処分先の確保』として、民間処分業者に事前ヒアリングを行い、緊急時の受入可否及びその条件を整理した。また府内の他センターへ脱水ケーキを移送、処理した際、搬出先の汚泥との混焼となり、焼却灰の性状が変化することから、灰処分先と事前調整を行った。

結果、混焼時の成分分析は必要だが、混焼前の各機場の灰成分が、混焼した灰の受入れが可能であることを確認した。

『運搬業者の確保』では、下水汚泥搬送の専用車が必要となり、台数が限られることから、運搬業者一覧を作成し、ヒアリングを実施、迅速な連絡、対応ができるようにした。

③ フェーズ3

(汚水流入水量の制限、放流水質の緩和協議)

フェーズ1、フェーズ2の対応を行っても、場内発生汚泥の処分ができない場合、流域関係各市に対して『搬入汚泥の抑制』や『汚水の流入制限』を要請する。放流水質の緩和は水質基準を超える可能性があるため、河川管理者等に協議を行う。

3. 実例での対応と抽出された課題

(1) 実例での対応

2019年1月、鴻池水みらいセンターで焼却炉2号炉の空気予熱器に故障が発生した。当時1号炉が点検整備中であり、3号炉のみ運転可能であったため、CASE1の状態となり、本BCPを用いて対応を行った。

具体的には、焼却炉の故障停止期間は25日間にわたりフェーズ2にあたる対応までを実施した。

(2) 抽出された課題

実例で本BCPを用いた結果、さまざまな課題がみられた。以下にその概要を示す。

①故障箇所ごとに復帰までの期間を把握しておくべき。

焼却炉の故障は状況確認するのに冷却、暴露養生など1週間は必要であるが、BCP想定に織り込んでいなかった。そこで、全ての設備の故障復帰目安期間を整理した。

②汚泥搬出設備が点検整備中で利用できない。

2号炉故障時、1号炉は、炉内耐火材の整備・補修に加え、汚泥搬出設備も同時に整備中であり汚泥搬出ができなかった。点検整備、補修の際には汚泥搬出設備の機能復帰を最優先する必要がある。

③民間処分先の受入が能力不足で断られる。

大阪府内の民間処理場では、『冬場は能力に余力がない』とのことで、脱水ケーキの処分先確保が大変難しい状況であった。解決に向けて、今後も幅広い調査が必要である。

④運搬業者(トラック)の手配に時間が必要

搬出設備に合致する条件のトラックの確保が困難であり、計画的な搬出が困難であった。故障時には最優先で搬送業者の確保に努めることが必要である。

4. おわりに

設備機能停止時のBCPを検討中に焼却炉故障が実際に発生したが、策定中のBCPを用いて、対応することができ、改めて本想定におけるBCP策定は重要であることを認識した。しかし実際には、想定とは異なる状況が発生、課題も散見され、ただちに見直しを実施、本BCPに反映できたことは幸いであった。

なお、今回の脱水ケーキ搬出対応は当事務所管内で対応したが、大阪府としては、より確実な処理ができるよう府内全流域での相互補完についても検討している。

設備故障は、災害と同様突然に発生するものである。流域府民の生活に影響を与えることなく、安定した下水処理が継続できるよう、今後も様々な設備のBCP策定に取り組み、策定したものについては適宜ブラッシュアップを図っていくこととしたい。

広域的な土砂災害発生時における 初動対応事例について

前田 明夫¹

¹兵庫県 神戸土木事務所 公園砂防課 (〒653-0055兵庫県神戸市長田区浪松町3-2-5)

2018年7月豪雨により、神戸市内において多数の土砂災害が発生し、消防や住民等から多くの被災情報が、兵庫県神戸土木事務所（以下、土木事務所という）に寄せられた。早急に現地を確認し、二次被害の可能性や応急対策の必要性を判断する必要がある、土木事務所職員、砂防ボランティア、建設コンサルタントからなるチームを編成し、緊急点検を行った。

今後、広域的な土砂災害が発生した際の効率的な現地調査や関係機関との情報共有のあり方の参考事例になると思われるので報告する。

キーワード 2018年7月豪雨、土砂災害、緊急調査・点検

1. はじめに

2018年6月29日に日本の南で発生した台風第7号は、東シナ海を北上し、7月4日には日本海を北東に進み、同日15時に日本海中部で温帯低気圧に変わった。この低気圧からのびる梅雨前線が西日本に停滞し、また、南から暖かく湿った空気が流れ込んだため、兵庫県では5日朝から7日朝にかけて断続的に大雨となった。神戸市においても5日3時55分に土砂災害警戒情報が発表され、土木事務所には、多くの土砂災害報告が相次ぎ、被災状況の把握と応急対応の要否判断が急務となった。

本件では、7月豪雨における土砂災害への初動対応について、土木事務所が取り組んだ3つの課題と4つの工夫について報告する。

※土砂災害特有の問題

- ・土砂災害は、多くの場合民有地の崩壊に起因し、土地所有者がその対応を図るべきもの
- ・個人の対応が困難で、放置することが不適当な場合に限り、公共事業での対応が可能
- ・事業主体（公共事業）が重複する機会が多く、所管調整に時間を要する
- ・避難指示等の発令主体と土砂災害への対応主体が異なり、解除判断に日時を要する

2. 土砂災害発生箇所に対する初動時の課題 (3つの課題)

神戸市内では、土砂災害警戒情報の発表と連動して土砂災害警戒区域に対し避難指示等が発令され、最大時で、637世帯(1,318人)に対し避難指示が発令された。いずれ降雨の終息とともに、避難指示等は解除されることとなる。しかし、発災箇所の解除にあたっては、土砂災害特有の問題^{*}から以下課題への対応が必要となった。

- ① 現地状況の把握と危険度判定
- ② 事後の対応主体（個人、行政等）の決定
- ③ 防災部局と連携した避難指示等の解除



図-1 7月豪雨で発生した市内の土砂災害

3. 課題への対応策 (4つの工夫)

(1) 現地状況の把握と危険度判定

事後の対応を迅速に進め、被災地域の混乱を最小限にとどめるため、土木事務所では所管の調整を待たず、発災報告のあった全箇所について調査することとした。

現地状況を迅速に把握し、応急対策等の要否を的確に判断できるよう、以下の工夫をし、発災後1週間で市内117箇所の調査と判定を完了させることができた。

【工夫1：緊急調査チームの編成】

早い段階から県砂防ボランティア協会、建設コンサルタンツ協会との調整を進め、事務所職員(1名)、砂防ボランティア(1名)、コンサルタント(1~2名)からなる緊急調査チームを5班編成、市内を5ブロックに分け7月11日(水)~7月13日(金)の3日間で調査を完了させた。

【工夫2：緊急調査専用の調査票作成】

調査を円滑に進めるため、土木事務所が緊急調査専用の調査票を準備した。調査に先立ち、チーム内で内容を確認・共有することにより効率的に現地調査を進めることができた。また、危険度判定の目安となる基準を作成、崩壊拡大の恐れと保全人家との離隔に応じ、調査箇所を危険度の高い順にA, B, Cの3ランクに分類した。

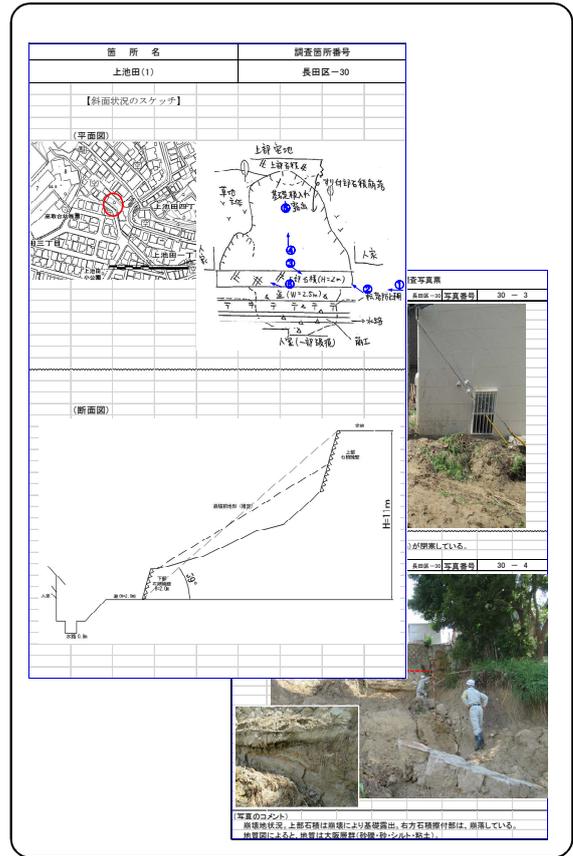


図-3 調査に用いた調査票(2/2)

○上池田(1)地区の緊急調査事例(神戸市長田区上池田)

調査者名:		土砂災害緊急点検調査票	
現象	<input type="checkbox"/> 土石流	ふりがな	かみいけだ
	<input type="checkbox"/> 地滑り	調査箇所番号	長田区-30
	<input checked="" type="checkbox"/> 急傾斜	箇所名	上池田(1)
避難	<input type="checkbox"/> その他	法指定	土砂
	<input type="checkbox"/> 勧告		砂防
	<input checked="" type="checkbox"/> 指示		地滑り
所在地		神戸市 長田区 上池田 3丁目 10-27	
調査日時		平成 30年 7月 11日 10時 00分 ~ 10時 30分	
調査内容			
調査項目	現地状況		
災害防止施設等	亀裂	<input type="checkbox"/> あり(ヘアークラック等軽微なものは除く)	<input checked="" type="checkbox"/> なし
	破壊	<input checked="" type="checkbox"/> あり 斜面下部石積擁壁(H=2.0m)に亀裂等の変状はない	<input type="checkbox"/> なし
	その他	<input checked="" type="checkbox"/> あり 斜面上部石積擁壁は一部破壊、崩落	<input type="checkbox"/> なし
周辺の斜面状況	亀裂・緩み	<input checked="" type="checkbox"/> あり 崩壊地周辺斜面に拡大崩壊の恐れ有り	<input type="checkbox"/> なし
	崩落	<input checked="" type="checkbox"/> あり 崩壊幅15m	<input type="checkbox"/> なし
	湧水の変化	<input type="checkbox"/> 変化あり(口増えた、口減った)聞き取り等による 現況で湧水箇所無し	<input checked="" type="checkbox"/> 変化なし
	斜面中の樹木	<input type="checkbox"/> 変化あり(倒木、地盤の緩み等聞き取り、目視による)	<input checked="" type="checkbox"/> なし
	斜面中の水路	<input type="checkbox"/> あり(口詰まり、口漏水、口異常なし)	<input checked="" type="checkbox"/> なし
	斜面中の道路	<input type="checkbox"/> あり(口変状あり、口集水形状、口異常なし)	<input checked="" type="checkbox"/> なし
地元聞き取り	聞き取り代表者名(根来 氏) 上の人の斜面で草刈り等の管理はされていた。		
その他	崩土除去、シート掛け、水路が閉塞(土砂除去) 人家一部破壊		
所見	陸斜面と上部石積の崩壊の危険性有り 保全人家5戸未満		

図-2 調査に用いた調査票(1/2)

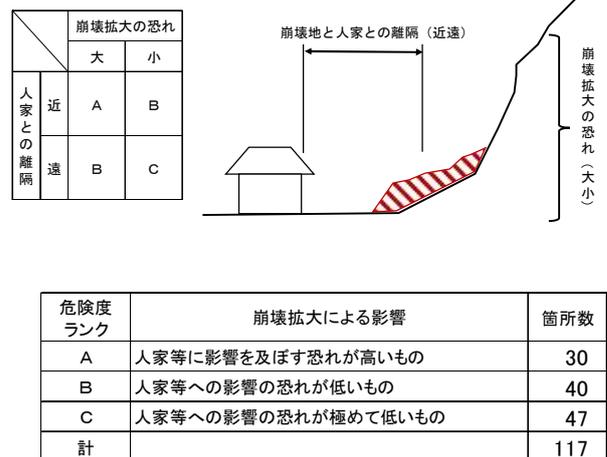


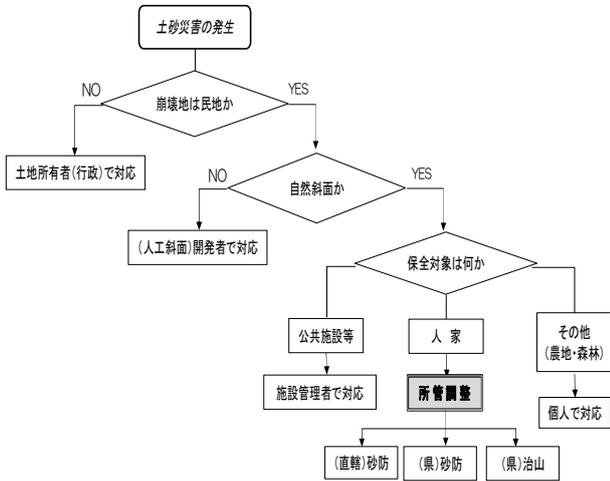
図-4 危険度判定基準と判定結果

(2) 事後の対応主体（個人、行政等）の決定

土砂災害への対応は、前述の問題から主体の決定に紆余曲折が生じ易い。過去の災害（H16, H21, H26）においても同様の問題が浮き彫りになったと聞く。このため、土木事務所では強い危機意識を持ち、緊急調査と同様、全調査箇所について所管調整を主導することとした。調整にあたっては、以下の工夫により発災後1か月で全調査箇所の調整を完了させ、国、県、市の応急対策等の実施を前進させた。

【工夫3：調整の基本的な考え方を整理し、所管調整（案）を作成】

以下の基本的な考え方に基づき所管調整（案）を作成、緊急調査結果とあわせ、関係機関に提示・共有することにより関係機関の理解のもと、所管調整を円滑に進めた。



図－5 対応主体の基本的な考え方（フロー）

●関係機関の役割分担

役割	内容	所管	
緊急調査	状況把握、機構分析、対策立案	県(土木)	
道路啓開	堆積土砂撤去	神戸市	
下水道復旧	管閉塞土砂撤去		
土砂災害対策			
ハード対策	応急	崩壊面保護、不安定土砂の流出防止等	神戸市
	恒久	砂防堰堤整備	国(六甲砂防)
ソフト対策	避難情報の発令、住民説明		神戸市
	監視カメラ設置		国(六甲砂防)

●避難指示解除に向けたシナリオ

月日	避難情報及び対応状況
H30.7.6	民間所有地の崩土が私道及び沿道宅地敷地内に流入する土砂災害が発生し、周辺の 187世帯、380人に避難指示を発令
H30.7.8	道路の流出土撤去作業を開始
H30.7.14	住民説明会を開催（H30.8.11:第2回住民説明会）
H30.7.18	道路啓開、下水道復旧に併せて 避難指示範囲を縮小(76世帯、152人に避難指示継続、その他は、避難準備・高齢者等避難開始に引き下げ)
H30.8.10	崩土発生源等への応急対策工事が完了したことから、 避難指示、避難準備・高齢者等避難開始をすべて解除



図－6 谷出口付近の土砂堆積状況

(3) 防災部局と連携した避難指示等の解除

【神戸市灘区篠原台の事例】

被害が激甚な地域ほど、再度災害に対する住民の不安は大きく、生活再建への焦燥から行政への不満や不信を抱きやすい。

灘区篠原台においては、発災当時から行政対応が批判される等、社会の関心が大きく、事後の対応を誤れば混乱が長期化することが懸念された。このため、以下の工夫を行い、住民不安の早期解消に努めた。

【工夫4：役割分担と課題解決シナリオの共有】

関係機関がスピード感を持ってそれぞれの対応を進めることができるよう、早い段階から調整会議を持ち、役割分担と課題解決シナリオを共有することとした。また、シナリオ作成にあたっては、学識経験者からのアドバイスを受けることとした。



図－7 谷出口直下の家屋被災状況

4. おわりに

土砂災害発生直後からの一連の対応（緊急調査チームの編成、現地調査、所管調整等）により、被災者の早期の生活再建を支えることが出来た。一方、緊急調査後にも多数の被災情報が寄せられたこと等から、十分な対応がとれなかった箇所もあった。

土砂災害警戒区域等の指定が進む中、土木事務所が取り組む土砂災害対策への期待は、益々高まるものと思われる。今回の土砂災害対応を教訓に、今後は土木事務所

で「何ができるか」ではなく、被災者や地域に対して「何をすべきか」ということを心において業務に取り組みたい。

謝辞： 緊急調査にご協力頂いた兵庫県砂防ボランティア協会の皆様には、現場における技術的な判断に加え、事業採択の可否など、行政的な面からも助言いただき、この場を借りて感謝申し上げます。

阪神大水害から80年の取り組みについて ～個人の記憶を社会の記憶に～

近藤 浩明¹・矢野 治²

¹近畿地方整備局 六甲砂防事務所 (〒658-0052兵庫県神戸市東灘区住吉東町3-13-15)

²近畿地方整備局 六甲砂防事務所 調査課 (〒658-0052兵庫県神戸市東灘区住吉東町3-13-15)

平成30年は、神戸市など六甲山地周辺で死者・行方不明者約700名、被害家屋数約12万戸という甚大な被害をもたらした昭和13年7月「阪神大水害」から80年となる年であった。文豪、谷崎潤一郎の代表作「細雪」にもその状況が描かれ、六甲山地の砂防事業直轄化の契機ともなった災害であるが、時間の経過とともに体験者も減少し、その教訓も薄れようとしている。

土砂災害の発生が急増している昨今、過去の災害から学び、自らの生命・財産を守る術を身につけることが喫緊の課題となっていることから、阪神大水害の記録・記憶を次世代へ継承していくことを目的に行った取り組み事例を報告する。

キーワード 阪神大水害, 土砂災害, 防災教育, デジタルアーカイブ

1. はじめに

昭和13年7月、神戸市など六甲山地周辺で死者・行方不明者約700名、被害家屋数約12万戸という甚大な被害をもたらした「阪神大水害」が発生した。被害の状況は文豪、谷崎潤一郎の代表作「細雪」にも描かれている。

阪神大水害では土石流が数多く発生し、砂防事業を重点的に進めていく必要が生じたことから直轄化され、六甲砂防事務所が発足した。その後、砂防堰堤等整備を進めており、昭和42年の災害以降、六甲山周辺では大きな土砂災害は発生していない。

約50年の間、大きな土砂災害が発生していないことは幸いであるが、一方で、住民の危機意識も希薄となってしまっている。

「阪神大水害から80年を迎えるに当たり、過去の災害を知っていただくことで、住民の防災意識が変えられたいだろうか」という発想が、今回実施した「阪神大水害から80年」の取り組み(以下、「本取り組み」という。)の出発点となった。

2. 阪神大水害とは

(1)降雨の概要

昭和13年6月下旬に、本州南方に発生した台風は、南東及び東方海上を通過し、関東・東海道の豪雨をもたらした。東海道本線も10数箇所不通となった。この台風の通過後、シベリアから日本海を覆う高気圧と、南方小笠

原島方面の高気圧の間に、九州から東海道沖まで本州南海岸に沿う梅雨前線が生成され、これが徐々に北上し、7月3日には瀬戸内海を通過した¹⁾。

六甲山地では、3日夕方より雨は勢いを増し、4日夕方に一時おさまったものの、5日深夜から午後まで大豪雨となり、3日間で461.8mmの雨量を記録した²⁾。

(2)被害の概要

六甲山地を襲った豪雨により、山腹が崩壊。各河川は土石流を伴う大氾濫を起こし、岩石、流木、土砂礫を下流部に押し流して、道路、街区、耕地を埋没させた(写真1参照)。

六甲山地周辺で死者・行方不明者約700名、被害家屋数約12万戸という甚大な被害となり、この豪雨による土砂の流出量は、表六甲だけで500万m³から700万m³と推定される²⁾。



写真1 昭和13年 都賀川阪急北側付近被災状況

3. 本取り組みの目的・方針

(1)本取り組みの目的

これまで、過去の災害を次世代等に伝える取り組みとしては、学校等において出前授業の実施、防災イベント時に模型展示等のブース出展、啓発資料の配付などの広報活動を行ってきた。

これらの広報活動は、主に被災写真や映像を用いており、六甲山地の過去の災害の断片的な事例として一定の認識を得られた一方、過去の災害の1つとの認識に留まり、参加者自身が居住する地域で起こり得るとの発想までには至らず、自分のこととして将来の災害に備えることができないという課題があった。

また、従来の広報活動では一度に伝えられる人数にも限界があり、様々な年代に幅広く伝えていくことも課題であった。

上記の課題を解決し、阪神大水害という過去の悲惨な経験を学び、より多くの人が自分自身のこととして防災を考える「防災意識の高い社会」の構築を目指すことを目的として本取り組みを行った。

(2)阪神大水害に関する「情報等」の状況

阪神大水害から80年が経過した現在、阪神大水害を直接経験した方は少なくなり、様々な記録や資料(以下、「情報等」という。)も時間の経過とともに散逸し、過去の災害経験の伝承は先細っていく状況にあった。また、各行政機関を始め、関係機関が保有している情報等も何処にどの様なものがあるのか、横断的な情報共有はなされておらず、阪神大水害のことを知りたいと思っても大変な労力をかけ一つ一つの情報を集める必要があった。

(3)本取り組みの方針

関係機関が保有する情報等の集約、新たな情報等の発掘、過去の災害経験の伝承方法の検討等を行うにあたり、阪神大水害80年行事実行委員会を組織し、行政機関として国土交通省六甲砂防事務所、兵庫県、神戸市、芦屋市、西宮市、宝塚市、学識経験者として神戸大学の沖村孝名誉教授、兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科の浦川豪准教授、人と防災未来センターリサーチフェローの坪井壘太郎氏、地元報道機関として神戸新聞社地域総研が参画し、意思決定をしていくこととした(スケジュールは図1のとおり)。

平成30年5月21日に第1回委員会が開催され、活動のスローガンを「～個人の記憶を社会の記憶に～」とし、以下に示す活動についての方針が決定された。

- ①阪神大水害に関する情報等を関係機関にとどまらず、一般市民にも広く呼びかけ掘り起こす。
- ②収集した情報等を電子媒体として整理し、多くの方が利用しやすい形で情報を公開する。
- ③取組については、構成各機関が協力・分担して実施する。

月	日	会議等	企画	一般	神戸市内DM	協議会	阪神大水害デジタルアーカイブ	阪神大水害デジタルアーカイブ公開イベント
4月	21日	第1回実行委員会			各地フェール準備開始			
5月	21日	第2回実行委員会			最終内部・スケジュール確認			
6月	21日	第3回実行委員会			最終調整			
7月	24日	第4回実行委員会						
8月	28日	第5回実行委員会						
9月	28日	第6回実行委員会						
10月	14日	第7回実行委員会						
11月	14日	第8回実行委員会						
12月	14日	第9回実行委員会						

図1 阪神大水害80年行事スケジュール

4. 取り組み内容

(1)情報収集の取り組み

a) 関係機関が既に保有している情報の収集

国土交通省六甲砂防事務所、神戸市、西宮市、住吉学園、神戸アーカイブ写真館、神戸市文書館の保有する情報等の収集をおこなった。概ね2,300点の資料を収集し、重複チェック後、1,700点程度に再整理した。

b) 市民からの情報等の提供

5月21日の実行委員会設立後、翌6月から早速広く市民を対象に情報等の募集(図2、図3参照)を開始した。募集にあたっては、兵庫県と4市の広報誌誌面に告知文を掲載するとともに、神戸新聞にも記事を掲載していただき、出来るだけ多くの方の目に触れるよう心がけた。

また、これらの募集活動の開始にあたって、事前に報道機関に情報提供していたところ、多数の報道機関に取り上げていただき、新聞では5紙、テレビでは3局で活動が紹介された。

図2 情報提供を呼びかけるチラシ

さらに、阪神大水害の体験者に募集に関する情報が届くよう、神戸市の協力を得て神戸市内の95歳以上の方を対象としてダイレクトメール（図3参照）の発送を行い情報提供をお願いした。

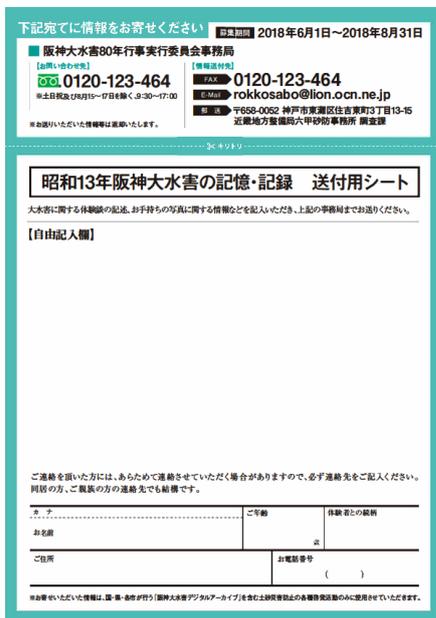


図3 発送したダイレクトメール

その結果、情報等の募集を始めて8月末までの間に約180件の情報提供があった。なお、情報等には写真や書簡（写真2参照）の他、実際に阪神大水害の災害体験をお持ちの方から貴重な当時の体験をお伺いし、体験談として記録した情報（写真3参照）等も含まれている。



写真2 提供された資料の一部



写真3 体験談の収録状況

c) 座談会の開催・研究活動

六甲山麓は東は宝塚市から西は神戸市須磨区まで広範囲にわたり、地域独自の情報収集や防災意識向上のための活動に特色があるため、各流域ごとに阪神大水害体験者や地域住民などを招いた座談会を実施した（写真4参照）。

また、地元中高生による阪神大水害に関する研究活動を実施し、座談会での発表や更なる情報収集を行い、災害に関する理解を深めることにより、次世代へ災害の記憶を継承し、地域防災力の向上を図った。



写真4 座談会の様子

- ・座談会の開催（8月21日～10月30日）
 - 芦屋川流域
 - 市内自主防災組織等約45名参加
 - 住吉川流域
 - 流域自治会、住吉中学校、一般等約20名参加
 - 都賀川流域
 - 地域協力団体、渚中学校、報道関係者等約20名参加
 - 新生田川・宇治川流域
 - 地域協力団体、渚中学校、報道関係者等約20名参加
 - 新湊川流域
 - 流域自治会、神戸常盤女子高校、一般等約20名参加
- ・研究活動（7月4日～9月11日）
 - 中高生の研究活動に当たっては、まず阪神大水害につ

いて学習を行った後で、どのようなテーマで研究をしていくかを生徒自らが決定し、活動を実施した。

各校の活動内容は以下のとおり。

○住吉中学校

活動者：住吉中学校生徒会有志 13名

内容：当時、住吉川流域の住吉小学校に在籍していた災害体験者にインタビューを実施した。実施にあたっては事前にインタビュー内容の検討を行い、聞きたいことを整理することやインタビュー内容を地図に落とし、位置関係を整理する等、より理解を深める工夫を行った。

○渚中学校Aチーム

活動者：渚中学校防災ジュニアリーダーAチーム 12名

内容：都賀川流域新在家地区の地域住民の方と一緒に都賀川流域の現地調査（まちあるき）を北グループと南グループの2班で行い、災害写真の位置の特定とその場所の現在の写真を撮影した。

写真を地図に落とし込み、被災時と現在の写真が比較できるように整理することで、日頃の生活圏が一度の災害で激変することを学んだ。

○渚中学校Bチーム

活動者：渚中学校防災ジュニアリーダーBチーム 13名

内容：当時、新生田川流域に住んでいた災害体験者の証言映像の確認を行い、実際に災害体験者が被災当日に小学校から帰宅した道のりを歩き、周辺環境などを調査した。

証言を基に当時の状況を疑似体験することで、災害の恐ろしさや地形の違いから、被害の出やすい場所とそうでない場所があることを学び、避難時は地形を考慮すること等に気付いた。

○神戸常盤女子高校

活動者：神戸常盤女子高校生徒会有志 8名

内容：新湊川流域で被害が大きかった長田神社周辺の現地調査を実施し、被災写真の位置の特定とその場所の現在の写真を撮影した。写真を地図に落とし込み、災害時と現在の写真が比較できるように整理した。

研究を行う中で興味を持った周辺の被害状況や土砂の撤去作業について、追加調査として山陽電鉄及び神戸アーカイブ写真館で学んだ。

(2) デジタルアーカイブの構築

デジタルアーカイブは、将来にわたって阪神大水害の情報等を保存していくこととともに、誰もが容易に情報

等に触れられる環境を提供することによって、過去の災害が未来に継承され、結果として六甲山地周辺地域の防災力向上に貢献することを目的としたものである。

したがって、デジタルアーカイブは一般の市民が気軽にアクセスでき、小中学校における防災教育にも活用出来るよう、活用しやすい操作性や画面構成が求められる。一方でデジタルアーカイブに保存される情報等は重要かつ貴重なものも多く含まれ、防災の専門家や研究者がそれぞれの活動に利用できる形態も求めたいといった、かなり欲張った仕上がりを目指した。

構築に関しては、専門的な知見を持つ兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科の浦川豪准教授及び研究室の方々が取り組んだ。構築された「阪神大水害デジタルアーカイブ」（写真5、図4参照）は災害体験者へのインタビュー動画・手記・エピソード・中高生による研究活動の様子を掲載する他、位置を特定した写真の掲載にあたっては、現在と災害発生当時の地図を重ね合わせ、状況把握をやすくするなどの工夫が凝らされ、十二分に満足できる仕上がりとなった。



写真5 デジタルアーカイブトップ画面

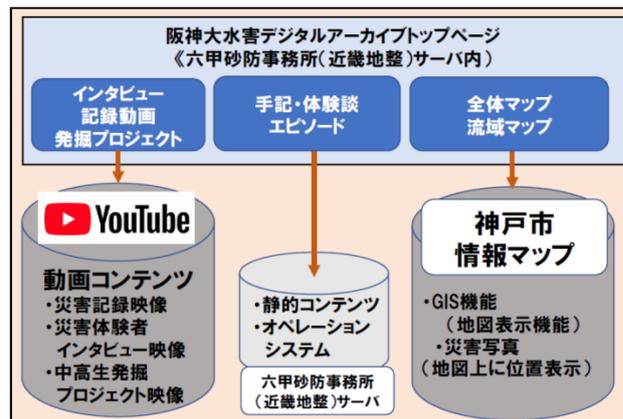


図4 デジタルアーカイブの構成

デジタルアーカイブの内容は以下のとおり。

- ・インタビュー
 - 阪神大水害の被災体験者の貴重な体験談をインタビュー形式で収録しており、5名の方の生々しい話から土砂災害の恐ろしさが伝わる。

・手記／体験談

被災写真とともに阪神大水害の被災体験者の体験談を掲載しており、当時の混乱した状況がよくわかる。

・エピソード

被災にまつわる挿話や当時発売されていた被災状況写真の絵はがき等貴重な資料を掲載している。

・マップ

被災写真で位置の特定ができたものを地図上に載せた。当時の地図と現在の地図の切り替えもでき、どんな被害がどのような場所で起こったかが明確にわかる。

・ムービー

被災当時の動画をナレーション付きで掲載している。静止画より当時の悲しさがよくわかる貴重な動画である。

・大水害の伝承

神戸市内の住吉中学校、渚中学校、神戸常盤女子高等学校の生徒の皆さんの阪神大水害の研究活動の内容やデジタルアーカイブ公開イベントでの発表等を動画で掲載している。中高生の視点からの研究となっており、同年代の方には是非観ていただきたい内容となっている。

(3) デジタルアーカイブ公開イベント

阪神大水害デジタルアーカイブを広く皆様に周知し、活用していただくため、公開イベントを平成30年11月24日に兵庫県看護協会ハーモニーホールにおいて実施した(写真6参照)。



写真6 イベント会場の様子

公開イベント内容は以下のとおり。

- ・「阪神大水害と近年の豪雨災害について」
神戸大学 沖村孝名誉教授より阪神大水害や近年の災害の特徴、土砂災害の恐ろしさについての講演
- ・「私の体験した阪神大水害」
実際に阪神大水害を体験された2名の方から当時の生々しい様子を司会者との対談形式で紹介
- ・「私たちが知ることのできた阪神大水害」
住吉中学校、渚中学校、神戸常盤女子高校の生徒からの活動成果や活動を通じて想い感じたことの発表(写

真7参照)

- ・「阪神大水害デジタルアーカイブ その意義と活用に向けて」
兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科 浦川豪准教授よりデジタルアーカイブを作成した意義や今後の活用についての講演



写真7 中高生による研究発表

また別室で、この活動により収集できた資料の展示も行った(写真8参照)。



写真8 提供された資料の展示状況

5. 今後の取り組み

(1) デジタルアーカイブの充実に向けて

構築されたデジタルアーカイブは、引き続き関連資料を追加掲載していくこととしている。既に掲載した写真や書簡などの他、今後は阪神大水害の記録誌や書籍、現地に設置された石碑などの掲載にも取り組んでいきたい。

また、デジタルアーカイブで新たに加えた情報については、「新着情報」のコーナーを設けるなど使い勝手の面でも充実を図ることとしている。

(2) 利用者ニーズを考慮した情報提供

デジタルアーカイブの充実にあたっては、利用者ニーズを把握し、主な利用方法や利用者を考慮したデジタルアーカイブの改良にも取り組んでいく。

現段階で注目していきたいと考えている利用方法とし

ては、小中学校などの教育機関が防災教育を行う際に利用してもらうことである。まずは小中学校の先生方にご覧いただき、どのようにすれば防災教育に利用しやすいか等のご意見を反映した防災教育に利用しやすい使い勝手の良いツールに改良していきたい。

また、現在すでに自治体が情報提供しているハザードマップなどの防災情報とデジタルアーカイブを関連づけて閲覧できるようにできれば、防災情報をより現実感を持って理解してもらうことができると考えている。さらに、緊急時に提供される気象庁の気象情報や自治体から発令される避難情報なども関連づけられれば、避難行動を促す支援ツールとしても役立つと考える。現在のところ、神戸市ではデジタルアーカイブにリンクを張り、そのバナーを「土砂災害・水害に関する危険予想箇所（WEB版）」のバナーの隣に配置することにより、両方を参照してもらえるよう工夫している。引き続き、より利用しやすく、防災意識の向上に役立つ工夫を加えていきたい。

6. おわりに

デジタルアーカイブの公開イベントには休日にもかかわらず 370 名もの来場者があり、地域の方の関心の高さが確認出来た。また、講演・発表内容も好評を得、阪神大水害の記憶を後世に語り継ぐという第一歩を踏み出せたと確信している。

従来の広報活動の課題であった「より多くの人に自分自身のこととして防災を考えてもらう」ことについては、デジタルアーカイブという多数の方に観ていただけるツールの作成、より身近に感じられるような内容とする工夫を行ったことで、改善が図れたと考えている。

今回の取組で特徴的だったことは、六甲山地周辺の行政機関全体で取り組んだことである。それによって情報収集のための住民周知がより確実なものとなり、また、

成果を共有することで、成果が時間の経過により埋もれてしまうリスクが軽減された。情報の一元化にも寄与している。

また、学識経験者の参加により、行政だけでは思い付かないアイデアをいただき、より良いデジタルアーカイブの構成ができた。

そして、地元報道機関の参加により、住民等への広報手法はもとより、作成資料等のアドバイスをいただいた。

このように行政間の連携、有識者や地元報道機関等の協力で、それぞれの機関の得意分野への実力が最大限発揮され、相乗効果で今までにないようなデジタルアーカイブが完成した。

今回の取り組み自体は六甲山地周辺での事例であるが、1つの機関単独で取り組むのではなく、地域の産官学が一体となり取り組むというスタイルは、他の地域、他の機関にも参考となると考え、本研究発表会で報告した。

今後、本取り組みが参考となり、他機関連携によるより良い取り組みが行われることを期待したい。

阪神大水害デジタルアーカイブURL :

<https://www.kkr.mlit.go.jp/rokko/S13/index.php>

謝辞 : 本取組を共同で実施いただいた、兵庫県、神戸市、芦屋市、西宮市、宝塚市、神戸大学名誉教授 沖村先生、兵庫県立大学大学院減災復興対策研究科 浦川先生、人と防災未来センターリサーチフェロー 坪井先生、神戸新聞社、そして、今回貴重な資料や体験談をいただいた被災体験者及びそのご家族の皆様、阪神大水害の研究活動をしていただいた住吉中学校、渚中学校、神戸常盤女子高校の皆様へ深く感謝致します。

参考文献

- 1) 神戸市役所：神戸市水害誌，1939.
- 2) 六甲砂防工事事務所：六甲砂防六十年史，2001.

国道27号舞鶴市真倉地区災害復旧における 建設業協会との連携について

大橋 亮一郎¹ 安藤 一行²

1 近畿地方整備局 福知山河川国道事務所 道路管理課 (〒620-0875 京都府福知山市宇堀小字今岡2459-14)

2 近畿地方整備局 道路管理課

福知山河川国道事務所管内国道27号舞鶴市真倉地区において、平成30年7月豪雨に伴い、法面が崩落した。その時の、法面崩落のメカニズム、全面通行が可能になるまでの応急復旧方法や建設業協会との連携及び、今回の経験を踏まえた今後の課題等について報告する。

キーワード； 建設業協会、緊急復旧、応急復旧、道路防災ドクター、ボーリング調査

1. はじめに

全国的な災害をもたらした『平成30年7月豪雨』により、国道27号舞鶴市真倉地区において、法面崩落が7月7日に発生した。崩落土砂は国道27号を完全に覆い、崩落した土砂の一部はJR敷地まで到達した。崩落直後より国道27号は全面通行止めとなり、復旧に期間がかかる見込みであったため、E27 舞鶴若狭自動車及びE9 京都縦貫自動車道(綾部IC-舞鶴西IC、綾部安国寺IC-舞鶴西IC)において、代替路(無料)措置を実施した。

今回の法面崩落は大規模であり、応急復旧(全面通行)完了までは長期間要すると考えられたが、道路防災ドクターによる現地診断に基づき地元建設業者等の対応によって7月30日に全面通行することができた。

本稿では、短期間での応急復旧(全面通行)を実現した当該現場において、実際に作業した建設業者からのアンケート結果をもとに、今後の災害復旧対応における課題等について述べる。

2. 崩落概要

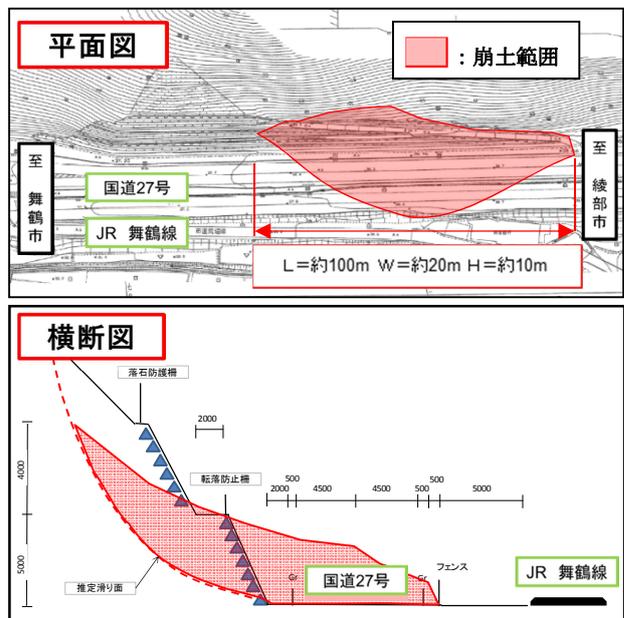


写真-2 詳細図



<被災前>

<被災後>

写真-1 被災前後

(1) 発災時の状況は、延長約100m、横断方向に約20m、高さ約10m、総土量約9000m³の規模で崩落土砂が国道27号を塞ぐこととなった。

(2) 当該法面崩落の発生メカニズムは、擁壁背面に地下水が溜まりやすく、地山からの地下水供給が豊富だったところに豪雨の影響で多量の雨水(時間雨量最大45mm、連続雨量220mm)が供給されたため、擁壁背面に分布する古期崖錐中の地下水位及び間隙水圧が急上昇した。その影響で岩盤境涯の水みち付近にすべり面が形成され、さらに、古期崖錐と粘土層の境界付近にもすべり面が形成されたことで大規模な法面崩落に至ったと考えられる。

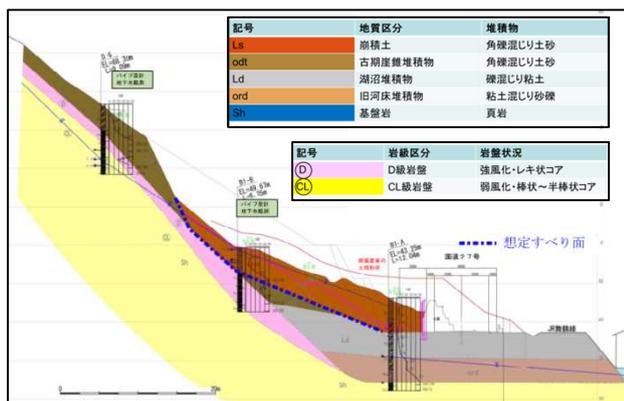


写真-3 地質横断面図 (崩落時)

3. 復旧方針

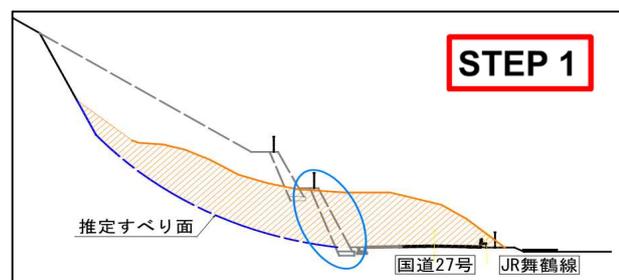
(1) 緊急復旧 (片側交互通行にするための復旧)

● 道路防災ドクター (京都大学・岸田教授) による現地診断の結果、【崩落した箇所の湧水が多いため、降雨状況下において崩落土砂の撤去は作業員の危険を伴うことから、降雨が終了次第、応急対策として、押え盛土を確保しながら車線片側に大型土嚢を設置して、片側交互通行を実施してよい】との助言を頂いた。

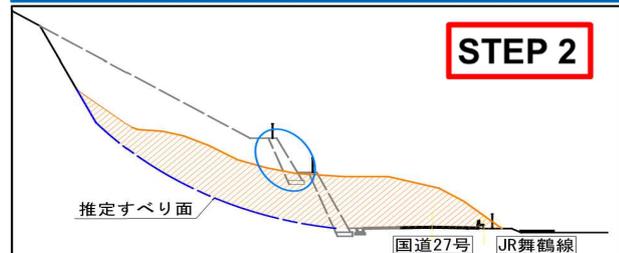


写真-4 道路防災ドクター診断

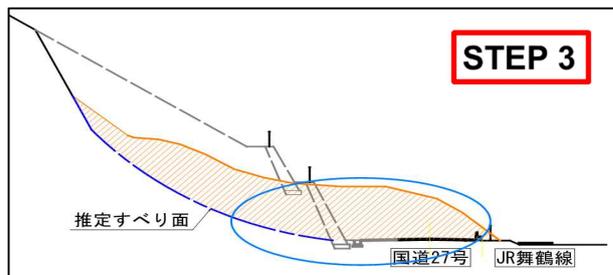
● 片側交互通行可能にするまでの計画



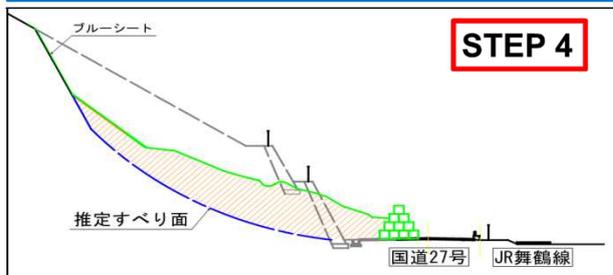
● 下段ブロック積みの撤去
● 路面より上段へあがる搬入路の設置



● 上段ブロック積みの撤去
● 上段崩土の撤去



● 下段崩土の撤去
● 法面整形・ブルーシート設置



● 大型土嚢の設置
● 片側交互通行の実施

写真-5 STEP 図 (緊急復旧)

(2) 応急復旧 (全面通行するための復旧)

● 道路防災ドクター (京都大学・岸田教授) による現地診断において【緊急復旧後にボーリング調査を行い、すべり面や地下水状態を確認し、恒久対策を検討すること】との助言を受け、全面通行に向けて、地質調査及び解析を実施した。

【地質調査】

- ・ 崩落地周辺のクラック (後方拡大) 調査
- ・ ボーリング調査 6箇所

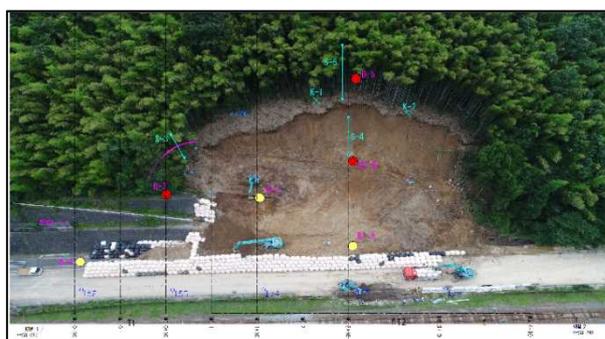
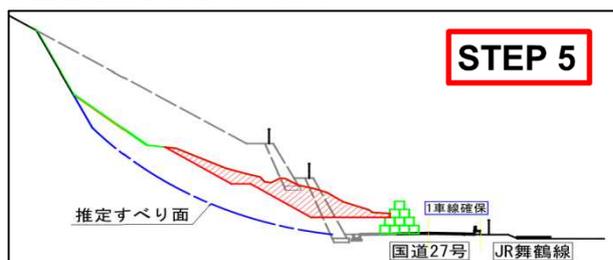


写真-6 調査観測位置図

● 全面通行するまでの計画



● 崩落土を撤去

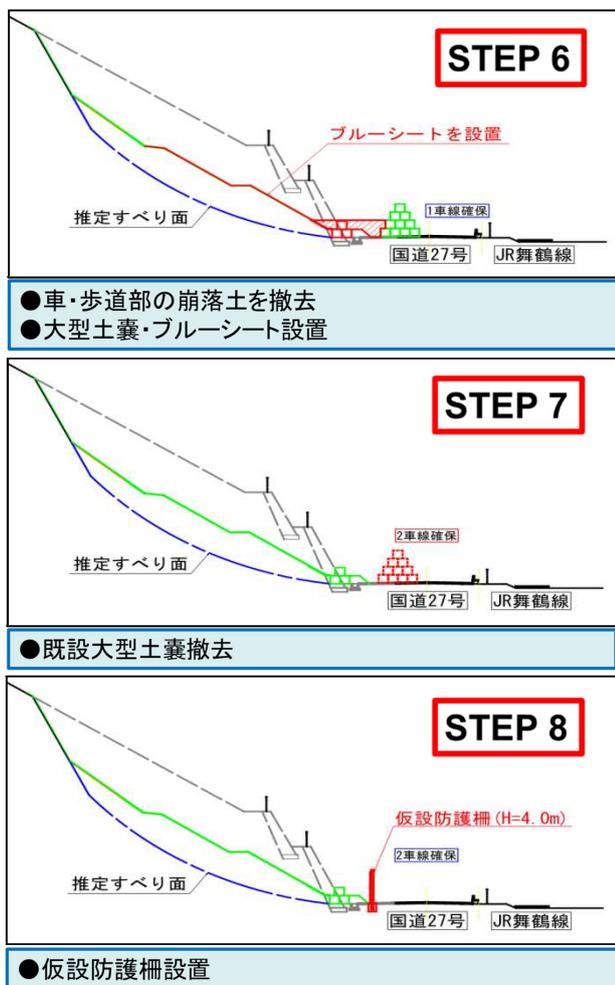


写真-7 STEP図(応急復旧)

4. 応急復旧までの経緯と対応

① 被災直後 平成30年7月7日(土) 7時20分
② 復旧作業開始 平成30年7月7日(土) 10時30分
③ 道路防災ドクター診断 平成30年7月7日(土) 14時30分
④ 緊急復旧(全面通行止めから片側交互通行) 平成30年7月13日(金) ~22時00分
⑤ 応急復旧(片側交互通行から全面通行) 平成30年7月30日(月) ~21時00分
⑥ 応急復旧(完了) 平成30年8月3日(金) 10時00分

① 被災直後：7月7日(土) 7時20分

- 一般住民より法面崩落により車線を塞ぎ通行止めになっていると通報を受け、維持業者による現地確認のうえ、全面通行止め



写真-8 被災発生時

② 復旧作業開始：7月7日(土) 10時30分

【建設会社への要請】

- 終点側(綾部側)
道路維持工事受注者に依頼し終点側より、復旧工事に着手
- 起点側(舞鶴側)
「災害時等における近畿地方整備局所管施設等の緊急災害応急対策業務に関する協定書」に基づき京都府建設業協会へ協力を要請し、京都府建設業協会が地元建設会社に依頼。始点側より、復旧工事に着手

③ 道路防災ドクター診断：7月7日(土) 14時30分

- 道路防災ドクターによる現地診断
道路防災ドクター(岸田京都大学教授)による現地診断の結果、該当箇所の留意事項を助言。

④ 緊急復旧：7月7日(土) 10時30分～

7月13日(金) ~22時00分

- 簡易伸縮計の設置
簡易伸縮計(抜き板)を3箇所設置。復旧作業の安全確保のため観測を実施するとともに異常発生時の作業中止基準を設定。
- 情報共有会議の開催
被災発生後毎日19時より、発注者、調査会社及び建設業者が一堂に会し、進捗状況や課題の共有と対応方針について意見交換、意思決定の場を設置。
- 報道機関等への対応
被災直後の規制、防災ドクター診断の結果、全面通行止めから片側通行規制へ移行及び片側交互通行規制解除時に資料配付による広報を実施。施工状況写真を定期的に事務所HPとSNSに掲載。

【代替路の確保】

- 国道27号通行止めによる代替路の確保
本被災により、舞鶴⇄綾部、福知山間をつなぐ幹線道路が寸断され、国道27号の迂回路確保が困難であった。そのため、並行する舞鶴若狭自動車道の舞鶴西IC～綾部IC、舞鶴西IC～京都縦貫自動車道の綾部安国寺IC間を無料にすることを報道及び関係機関へ資料配付し周知するとともに、要

所に看板を設置し周知。

● 近隣住民の通行路確保

国道27号と並行する舞鶴市道を活用し近隣住民の生活路を確保。地元関係者と調整し一般車の誤進入防止のため交通誘導を実施

【関係者協議】

● 地元関係者協議

復旧工事施工方法の説明、昼夜連続24時間施工の承諾、緊急時の連絡体制、地元通行路の確保等を協議。

● 地権者協議

崩落地が民有地に達していたため復旧工事を実施するに当たり、起工の承諾を地権者と協議。

● 警察協議

全面通行止め時の規制箇所や通行規制解除時の規制方法や法面異常発生時の通行規制等協議。

● JR協議

軌道内作協議、復旧方針説明等。



写真-9 JR敷地内まで瓦礫到達

● 占用物件

地下埋設物件については支障とならなかったが、施工ヤード確保のため一部植樹の撤去を実施。

● 資材調達

地域全体が7月豪雨によって被災し、他の復旧工事と競合し人員と重機の確保が困難状況であったため、事務所管内の他工事現場の資材等を調達。

● 緊急復旧完了

災害発生から6日と2時間40分で片側交互通行



写真-10 片側交互通行

⑤ 応急復旧：7月13日(金) 22時00分

7月30日(月)～21時00分

● 地質調査

道路防災ドクターの助言に基づき、崩壊発生箇所全体の地質構造、地質層、地下水位分布の把握を目的として地質調査を実施。

調査結果を基に、崩落崖及び崩土の安定度解析を行い、復旧方法を決定。

● 観測及び体制

既に設置済みの簡易伸縮計(抜き板)に加え、自動計測機器を設置し、復旧作業及び通行車両の安全確保のため観測を実施するとともに、異常発生時対応を設定。

● 全面通行(7月30日(月)21時00分)

片側通行から7日と23時間00分で全面通行



写真-11 全面通行

⑥ 応急復旧(完了)：8月3日(金)10時00分

● 復旧工事

片側交互通行を確保しつつ、崩土撤去を実施し全面通行確保。その後、落石防護柵を設置。

5. 復旧における教訓と今後の課題

● 施工者アンケート

災害復旧に携わった施工者へ今回の対応についてアンケート調査を実施

主な意見

- ・現地状況に応じた施工箇所の割り振りのは的確。
- ・定期的な会議開催による意思疎通により速やかな意思決定はスムーズな作業実施に繋がった。
- ・災害協定に基づく依頼を受けた際に現地の状況が分からず体制確保等準備が出来なかった。
- ・資材及び交通誘導員等の確保が困難。
- ・地元住民、施工者及び発注者が互いに思いやり協力することで早期復旧に繋がった。

● 教訓

- ① 早い段階での要請
- ② 情報共有
- ③ 受発注者の役割分担
- ④ 復旧作業の安全性確保
- ⑤ 効率かつ効果的な広報

① 早い段階での要請

被災地が市街地から離れた隣り合わせた市との境界に近い事、国道や周辺道路が通行止めとなり、本被災箇所の起終点間の資材や車両の行き来ができない状態であり、復旧作業が困難を窮めるこ

とが想定されたため、早い段階で災害協定に基づく協力要請を行ったことにより早期復旧に繋がった。

②情報共有

情報共有会議(進捗状況、課題の共有と対応方針)により、変わり行く現場で受注者の意見を反映した的確な指示に繋がった。

③受発注者の役割分担

工事進捗状況を応じて、発注者が地元及び各種協議を速やかに実施したことで、施工者は工事に専念することができた。

④復旧作業の安全性確保

被災箇所の復旧は、早期復旧に対する要請の大きさや関係者の使命感で、2次災害の危険性を軽視して作業を行うことが懸念されたことから、作業中止判断基準(簡易計測、降雨や異状発見時の現場退避)を設け、関係者に周知徹底し、相互の声かけを行ったことで、法面崩落から全面通行に至るまで、地域住民の方々、国道27号利用者及び復旧作業従事者全員、無事故で全面通行させることができた。

⑤効率かつ効果的な広報

復旧の進捗は多くの方の関心が高く、施工状況写真を定期的に事務所HPとSNSに掲載することで、状況を視覚的にお伝えすることができ、関係機関や道路利用者から復旧状況が分かりやすかった等のご意見を多くいただいた。

●課題

・協力業者及び交通誘導員の確保

地域全体が被災し、多くの災害復旧が行われ、協力業者や交通誘導員の確保が困難となる実態が明らかとなった。地域全体の公共工事において災害復旧へのさらなる協力体制及び災害復旧への応援時の受注工事への措置(工期延期や経費加算等)を徹底することが有効な措置であると考えられる。

・復旧作業時の安全確保

今回の復旧工事においては無事故で終わることが出来たが、被災箇所の状況の変化、重機と作業員や通行車両との輻輳する現場において、作業に従事している者や法面監視者とは別に、俯瞰的に被災箇所全体を見渡し、危険の予兆を監視する者を置くとともに、安全意識を常に呼びかける等、現場全体の安全管理体制の向上を図り、関係者全てが安全意識を持って取り組むことが重要性である

と感じた。

・資材調達

災害復旧において必要となる資材は現場に同じ様々であるがメーカーや施工業者及び発注者の資材保有状況や輸送に係る条件が把握出来ておらず、調達には時間と労力を要した。

多くの在庫を抱えるとロスも多くなりコスト負担となるとの声もあるが、資材メーカーとの保有協定や年間保有契約等を行うことが出来れば有効であると考えられる。

6. まとめ

今回の大規模な異常気象により発生した、法面崩落による全面通行止めは、地元住民の方々、国道27号利用者及び関係機関に大きな影響を与えた。

今後資材をスムーズに調達していくためには、いつ災害が起きても対応できるように、人材、車両及び場所を受発注者が常に把握していくことが大切であると感じた。また、復旧作業にあたり、早急に全面通行に向けて作業することはとても大切ではあるが、客観的な視点で監視し、安全を確保することの重要性について、改めて大切であると感じた。

復旧作業をするにあたり、建設業協会の協力が必要不可欠であり、災害協定により施工者を依頼したところであるが、災害発生時において上手く連携していくには、日頃から信頼関係を築くことが何よりも大切であると今回の被災を受け、強く感じた。

今後高まる天災危惧から地域を守るためには、受発注者双方が危機感と緊張感を持ち、連携していく事が大切との教訓を持って、日頃から災害に備えていきたい。

最後に、地域の建設業が大切な役割を担っていることを、多くの人に知っていただき、これまで以上に地域から信頼される建設業になっていただく事を切に願う。

謝辞: 今回の被災により、地権者、地元住民の方々、並びに国道27号をご利用の皆様及び関係者の皆様には、復旧に至るまでご理解ご協力をいただき心よりお礼申し上げます。

また、復旧工事に携わっていただいた建設業者の皆様には、昼夜を問わず復旧作業に従事して頂いたことに加え、本稿作成にあたりアンケートにご協力いただき、また、道路防災ドクターの京都大学大学院工学研究科岸田教授には法面对策に関する貴重なご助言をいただいたことに対し謝意を表します。

多機関連携型タイムラインを活用した 木津川市の防災対策について

井筒 正純¹ 松田 篤彦²

¹近畿地方整備局 淀川河川事務所 調査課 (〒573-1191 大阪府枚方市新町2-2-10)

²木津川市 総務部 (〒619-0286 京都府木津川市木津南垣外110-9)

平成 29 年 6 月に公表された淀川水系木津川の洪水浸水想定区域において、淀川直轄管内の京都府域では想定浸水深が最大、かつ浸水継続時間が最長となることが明らかとなったことを受け、木津川市は多機関連携型タイムラインの策定を行った。

本稿では、多機関連携型タイムライン策定における課題と対処状況を述べるとともに、策定を通して得られた効果や、本タイムラインを活用した木津川市の今後の防災対策の展開について報告する。

キーワード 多機関連携型タイムライン、減災、水災害、危機管理

1. はじめに

(1) 木津川市の特徴

木津川市は、平成19年3月12日、旧木津町、加茂町、山城町の合併により誕生したまちである。

周辺の地域では、3世紀ごろから木津川を交通路として利用しており、奈良時代には、平城京などの都城建設の木材の陸揚げ港となるなど、淀川を通り大和と瀬戸内を結ぶ航路の起点として栄えたのが「木津」の地名の由来となった。

現在は、関西文化学術研究都市として、先進的な研究施設が立地する一方、近畿のほぼ中央に位置する立地条件から、京都・大阪・奈良のベッタタウンとして開発が進み、今後も発展が期待されるまちである。

なお、新市名を「木津川市」としたのは、木津川が旧3町の住民にとって共有できるシンボルであり、地元の誇れる地域資源であるためである。

(2) 木津川の特徴

淀川の支川である木津川は、三重県、奈良県の県境を南北に走る布引山地に源を発し、岩倉峡に代表される山間渓谷を蛇行しながら流下し、京都府最南端の山城地域を縦断して、山城盆地で宇治川、桂川と共に淀川へと合流する流域面積1,596km²、流路延長99kmの一級河川であ



図-1 木津川市の位置

り、淀川河川事務所は、淀川との合流点から京都府相楽郡笠置町にある笠置橋までの下流側37.2km区間を管理している。

木津川の堤防は約90%が砂質土で構成されており、浸透に対して脆弱な箇所が多数あることから、地形に対する河川の改修、築堤及び補修が実施されてきており、近年は、高山ダムをはじめとする5つのダム群の運用により安全性が飛躍的に向上している。



図-2 木津川流域図

2. 近年の水災害に対する取り組み

(1) 水防災意識社会の再構築に向けて

淀川河川事務所管内では、いかなる洪水に対しても氾濫被害をできる限り最小化するため、施設能力を上回る洪水の発生を想定し危機管理体制を構築・強化する必要があるとし、平成16年に京都府域で、平成20年に大阪府域でそれぞれ「水害に強い地域づくり協議会」を設置し、

以下の3つの目標を掲げ、河川管理者と自治体が連携を図りながら、自助・共助・公助に関する様々な取組を推進してきた。

- ①自分で守る (情報伝達, 避難体制整備)
- ②みんなで守る (水防活動, 河川管理施設運用)
- ③地域で守る (まちづくり, 地域整備)

その後、各地で洪水が多発し、平成27年9月に発生した関東・東北豪雨による利根川水系鬼怒川の堤防決壊等を受け、国土交通省は平成27年12月に「水防災意識社会再構築ビジョン」を発表した。これを受け、平成28年度より本協議会は、これまでの取組に加え“水防災意識社会の再構築の実現”に向けた活動を的確に実施するため、新たに水防事務組合等を加え関係機関が相互に連携し、ハード対策とソフト対策を一体的に取り組んできた。

さらに、平成29年度には、依然として全国各地で甚大な水害が発生していることを踏まえて水防法が改正されたことを受け、本協議会を水防法に基づく「大規模減災協議会」に位置付け、取組を継続している。



写真-1 平成30年度大規模減災協議会（首長会議）
（上）京都府域（下）大阪府域

(2) 木津川市における対策

a)ハード対策

近年、交通の利便性等から市内の宅地開発が増加するとともに、異常豪雨の頻発化が重なり、平成25年の台風18号及び平成29年の台風21号では、木津合同樋門を閉鎖し、河川管理者の協力を得て、排水ポンプによる内水排

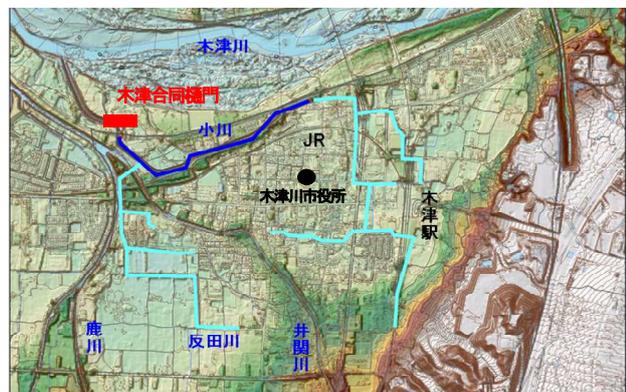


図-3 小川流域図

除を実施するも、支川の小川の水位が上昇し、低平地では床上・床下浸水被害が発生した。



写真-2 木津川市内水被害写真(平成25年台風18号)



写真-3 木津合同樋門排水状況(平成29年台風21号)

このため、木津川市では、毎年のように発生する浸水被害を軽減するため、木津合同樋門の排水ポンプ施設整備と排水ポンプ車の購入等により、内水に対する排水能力を向上させてきた(表-1参照)。

表-1 木津川市における近年のハード対策

実施年度	内容	詳細
H24年度	木津合同樋門排水ポンプ施設整備	【排水ポンプ】 水中ポンプφ400mm×3台(90m ³ /min) 【排水ポンプパッケージ】 水中ポンプφ200mm×2台(10m ³ /min)
H26年度	木津合同樋門排水ポンプ施設整備	【排水ポンプ】 水中ポンプφ400mm×2台(60m ³ /min)
H28年度	排水ポンプ車購入	総排水量30m ³ /min
H30年度	排水ポンプ車購入	総排水量30m ³ /min

b)ソフト対策

ハード対策のみならず、ソフト対策についても取り組みを充実させてきている。平成28年度に水ビジョンの取組方針が決定されて以降、河川管理者の協力を得て、避難勧告等の発令に着目したタイムラインを策定したほか、想定浸水深を表示したまるごとまちごとハザードマップを、市役所、小・中学校等の公共施設や電柱に計26箇所設置し、市民への防災意識の啓発に努めている。



写真-4 まるごとまちごとハザードマップ設置状況

また、市独自の取り組みにおいても、市内への緊急情報伝達手段として、平成28年度から防災行政無線のスピーカーをこれまでに66箇所に設置し、運用しているほか、平成29年度には、市役所1階にあった非常電源装置制御盤を、想定浸水深より高い位置に移設もしている。

3. 多機関連携型タイムライン

(1) 多機関連携型タイムラインの必要性

平成29年6月に想定最大規模の降雨による洪水浸水想定区域が公表され、淀川直轄管内の京都府域において、木津川市は最深の想定浸水深（8.9m）かつ、最長の想定浸水時間（83時間）であることが明らかとなった（表2参照）。

この結果を受け、木津川市は河川管理者との連携だけでは「逃げ遅れゼロ」「社会経済被害の最小化」を目指した取組に限界があると考え、市の防災やライフラインに関係のある機関が、氾濫被害の軽減に資する防災行動を一体となって取り組んでいくために、多機関連携型タイムラインの策定を市長が決意し、淀川河川事務所は河川管理者として技術的支援を実施することとした。

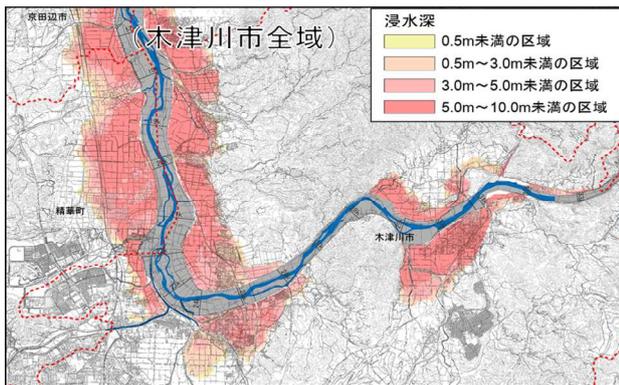


図-4 木津川の想定最大規模降雨による浸水想定区域図

表-2 京都府内の想定浸水深(左)及び浸水継続時間(右)

市町区名	浸水面積 (km ²)	最大浸水深 (m)	平均浸水深 (m)	市町区名	最大時間 (時間)	最大時間 (日)		
京都市	下京区	0.5	1.9	0.8	京都市	下京区	14	0.6
	南区	9.9	6.4	2.0		南区	45	1.9
	右京区	3.5	3.8	0.9		右京区	22	0.9
	伏見区	22.7	7.4	3.7		伏見区	60	2.5
	西京区	4.4	4.4	1.1		西京区	22	0.9
		40.9	7.4	2.7			60	2.5
	宇治市	13.1	8.7	3.5		宇治市	56	2.3
	城陽市	9.9	7.7	3.6		城陽市	74	3.1
	向日市	2.6	4.7	1.7		向日市	28	1.2
	長岡京市	2.0	7.2	3.9		長岡京市	44	1.8
京都府	八幡市	11.5	8.0	5.2	京都府	八幡市	60	2.5
	京田辺市	8.9	8.5	4.3		京田辺市	54	2.2
	木津川市	10.6	8.9	4.5		木津川市	83	3.5
	大山崎町	1.7	7.3	3.7		大山崎町	43	1.8
	久御山町	12.4	7.0	4.0		久御山町	60	2.5
	井手町	1.8	7.5	4.8		井手町	49	2.0
	笠置町	0.5	8.7	1.7		笠置町	12	0.5
	和束町	0.1	4.6	1.8		和束町	12	0.5
	精華町	4.7	7.9	4.6		精華町	46	1.9
	計	120.7	-	-				

(2) 多機関連携型タイムラインの特徴

木津川市には、上流側の加茂地域における無堤区間を対象とした越水氾濫と、下流側の木津・山城地域における有堤区間を対象とした破堤氾濫の2つを想定した避難勧告等判断・伝達マニュアルがある。このマニュアルで

は、洪水予報基準観測所（加茂水位流量観測所）の基準水位とは別に、それぞれの地域に対応した避難勧告等の発令に対する基準水位を設定しているため、本タイムラインについても市内2箇所での氾濫発生を想定したシナリオとした。

また、本タイムラインには、木津川市防災会議委員メンバーをはじめ、民間の公共交通機関や情報通信企業が参画しているほか、災害時におけるバス輸送の緊急支援に関する協定を締結している民間バス会社や、災害時における救援・支援物資等の輸送、配送等の支援に関する協定を締結している民間運送会社が参画しているのも特徴である（表-3参照）。

(3) 多機関連携型タイムラインの策定

表-3 木津川市多機関連携型タイムライン参加機関

木津川市	木津警察署
木津川市消防団	相楽中部消防組合消防本部
木津川市建設業協会	京都山城総合医療センター
木津川市社会福祉協議会	西日本電信電話株式会社
淀川河川事務所	関西電力株式会社
淀川ダム統合管理事務所	西日本旅客鉄道株式会社
京都国道事務所	近畿日本鉄道株式会社
京都地方気象台	奈良交通株式会社
水資源機構	株式会社ウイング(※1)
京都府	和東運輸株式会社(※2)

(※1)協定民間バス会社 (※2)協定民間運送会社

タイムライン策定に向けた検討会については、計3回実施しており、内容については以下のとおりである。また、第3回検討会で関係機関の最終意見を集約し、平成30年12月25日に「木津川市台風等風水害に備えたタイムライン（防災行動計画）」を公表し、運用を開始した。なお、第2回検討会后、防災行動を整理するために関係機関それぞれに対して個別ヒアリングを実施している。

【第1回検討会（平成30年1月26日）】

参加機関：木津川市、河川・ダム管理者、京都地方気象台

主な内容：参加機関の検討

関係機関の防災行動を抽出するためのワークショップやアンケート方法についての審議

【第2回検討会（平成30年3月22日）】

参加機関：表-3のとおり

主な内容：タイムラインとは何かについて

木津川市の風水害の基礎知識
ワークショップの実施（関係機関の防災行動の抽出とグループ討議）

【第3回検討会（平成30年11月27日）】

参加機関：第2回検討会と同様

主な内容：個別ヒアリング結果を踏まえて整理したタイムライン案の内容確認と最終的な意見集約及び公表に対する同意



写真-5 タイムライン検討会の様子
(左) 第2回検討会 (右) 第3回検討会

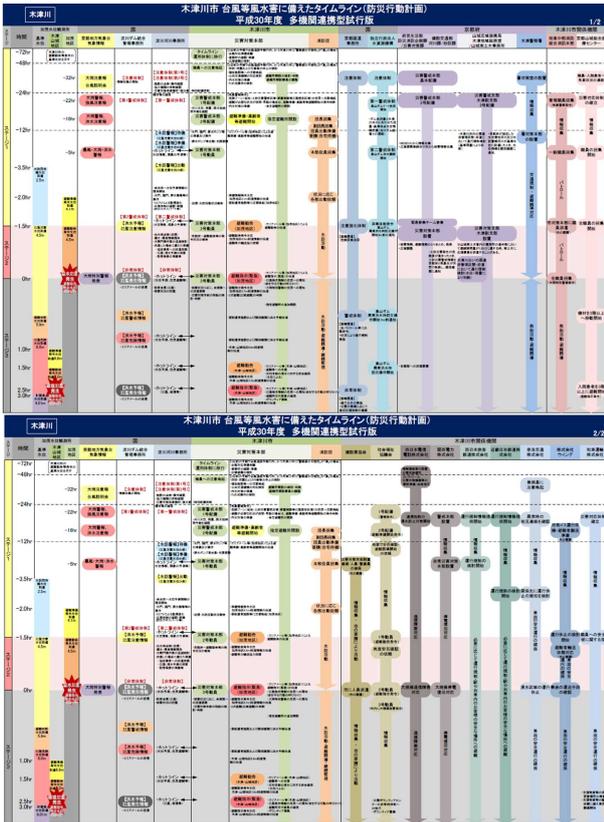


図-5 木津川市台風等風水害に備えたタイムライン
(防災行動計画)

(4) 検討会における課題と対応

第2回検討会で実施したワークショップは、水位ハイドロに合わせた気象・水文情報と河川・ダム管理者及び市の防災行動があらかじめ記載された大判のタイムライン用紙を用意し、各機関が3班に分かれて「既の実施している防災行動」と「実施することが望ましいと考える防災行動」の2種類を付箋紙に記入して用紙に貼り付ける方法を採用した。

このワークショップの内容をタイムラインとして整理するにあたり明らかとなった課題を以下に示す。

- 各機関で意思決定されていない防災行動である「実施することが望ましいと考える防災行動」を抽出してしまつたため、公表を前提としたタイムラインを整理するために再度各機関の確認が必要となった。
- 河川水位をトリガーとしていない防災行動まで、河川

水位に基づいたタイムライン用紙で検討したため、その防災行動の検討過程や決定根拠が不明確なものとなった。

この問題を解決するため、各機関の社内規定等で定められている防災行動と実際に実施している防災行動のトリガーの整理を目的とした個別ヒアリングを実施した。

また、河川水位をトリガーとしていない防災行動については、他の機関の防災行動との横並びを意識しながら警戒レベルを共有できるように、「24時間前から12時間前までに実施するもの」といったように、防災行動開始のタイミングに時間の幅を持たせて整理することで対応した。

4. 策定に伴う効果と今後の展開

(1) 策定に伴う効果

木津川市では、本タイムラインの策定を契機に、出水対応の課題整理と今後の対策の検討を目的として、市災害対策本部のメンバー（市長・副市長・教育長・各部局長）で構成された災害対策検討会を設置した。これまでに計4回実施され、平成30年度末には災害種別に応じた避難所の開設基準を新たに定め、今年度から運用している。これまで災害時の避難所については、災害種別や浸水想定の有無に関わらず施設の場所のみの指定のみであったが、今回の新基準では、地震時と風水害時に大別したほか、浸水想定区域に位置する避難所については、想定浸水深を考慮して施設の校舎（階層）を指定した内容へと変更している（表-4参照）。

表-4 災害種別ごとの開設する避難所一覧表（抜粋）

2 台風等風水害時				
状況	地域	開設する避難所	開設数	備考
風水害時	木津	木津小(校舎)、相楽小、城山台小、中央交流会館	4か所	(校舎)は校舎を避難所とすることをいう。
	加茂	加茂小(校舎)、恭仁小、南加茂台小、青少年山の家、当尾の郷会館	5か所	
	山城	上狛小(校舎)、棚倉小(校舎)、山城中(校舎)	3か所	
(洪水時)	追加避難所	高の原小、相楽台小、木津川台小、梅美台小、州見台小	5か所	
土砂災害(土砂災害警戒区域等)	木津	城山台小、中央交流会館	2か所	
	加茂	加茂小、恭仁小、青少年山の家、当尾の郷会館	4か所	
	山城	棚倉小、山城中	2か所	
避難時の注意事項		風雨が強くなる前、暗くなる前など、早めの避難を心がけてください。出遅れてしまい、避難することのほうが危険な場合は、屋内でより安全な2階などへ移動し、身の安全を確保しましょう。		

また、個別ヒアリングを行ったことで各機関と膝を突き合わせた意見交換ができ、社会福祉協議会では市の災害時の職員配備体制に合わせて、災害時初動マニュアルの改定が行われたほか、山城総合医療センターでは、木津川の氾濫特性（浸水到達時間）を考慮して、想定浸水深に位置する医療機材の上層階への移動開始のタイミングを早めるなどの見直しが行われた。

さらに、本タイムライン策定後は、各機関の担当者の連絡先名簿を作成し共有するといった活動も生まれた。

(2) 今後の展開

これまで各機関が実施していた防災行動は、被害発生前の段階では各機関が各々で人員の確保や情報収集をし、被害発生後に市の要請等で連携して活動している傾向であったが、今後は被害が発生する前の段階から連携して実施できる防災行動の充実を図る必要がある。また、避難勧告等の発令判断や河川の変状を確認するには、河川管理者からの情報提供以外にも関係機関で取組を実施する必要があるとし、木津川市では以下に示す取組を進めていく方針である。

(防災行動を充実させる取組)

- ・木津警察署、相楽中部消防組合消防本部と連携した河川巡視・連絡体制の構築を検討
- ・消防団による水防活動の充実

(防災業務の効率化・省力化への取組)

- ・外水に対応した監視カメラの設置を検討

なお、消防団による水防活動を充実させるため、今年度は、雨天時の作業を考慮して雨具を購入するほか、消防団が所有する木津川の水難事故用ゴムボートを浸水被害発生時の救助活動にも利用することを決定している。

5. おわりに

本タイムラインの策定を通して、関係機関の防災行動を整理することによる先を見据えた早めの行動への備えや、顔の見える関係構築と言った本来期待される導入効果はもちろんのこと、関係機関が自らの防災行動を見直すといった副次的効果を得ることができた。

また、各機関の防災行動が互いに確認出来るようになったことから、今後新たに実施しようとする「連携した取組」に対して理解と協力が得やすくなり、効率的に防災行動を充実していけるようになったと考えられる。

今後、河川管理者である淀川河川事務所としても、木津川市が必要とする取組について支援し、氾濫被害最小化を目指したまちづくりに寄与したい。

謝辞：：本論文作成にあたり、その趣旨を理解し、データ提供など快く協力していただいた各団体の皆様に心から感謝申し上げます。

異常豪雨の頻発化に備えたダムの防災操作と効果的な情報伝達について

小島 剛史¹・的場 康彦²

¹県土整備部 河川・下水道局 河川課 (〒640-8424和歌山県和歌山市小松原通1-1)

²県土整備部 道路局 道路建設課 (〒640-8424和歌山県和歌山市小松原通1-1)

七川ダムでは平成30年8月の台風第20号の接近に備え、事前に貯水位を可能な限り低下させていた。しかし、大雨に伴う流入量の急激な増加に伴い、異常洪水時防災操作に移行する恐れが高くなったことから、あらゆる手段を活用し沿川住民の速やかな避難に資するよう積極的な支援を行った。結果的には寸前のところで異常洪水時防災操作を回避することができたが、本稿では今回の経験を踏まえ、ダム操作や情報伝達による効果等を検証するとともに、新たな課題に対する和歌山県の取組について報告する。

キーワード ダム、防災操作、情報伝達

1. はじめに

「平成30年7月豪雨」では、西日本を中心に広い範囲で記録的な豪雨となり、213ダムで防災操作（洪水調節）を実施し、うち8ダムで異常洪水時防災操作が実施されました。気候変動の影響等により今後も施設規模を上回る異常洪水が頻発することが懸念されることから、国土交通省では、より効果的なダムの操作や有効活用の方策、操作に関わるより有効な情報提供等のあり方を検討し、提言「異常豪雨の頻発化に備えたダムの洪水調節機能と情報の充実に向けて」がとりまとめられ、具体的な取組を進めていくとしています。

和歌山県では平成23年9月の紀伊半島大水害を契機に、二川ダム（F、P）・椿山ダム（F、N、P）・七川ダム（F、P）において、事前放流の運用を実施しています。このうち、七川ダムでは、平成30年8月の台風第20号の接近に備え、事前に貯水位を可能な限り低下させていました。しかし、大雨に伴う流入量の急激な増加に伴い、異常洪水時防災操作に移行する恐れが高くなったことから、ダム下流域の自治体へのきめ細やかな情報伝達、警報活動、マスコミへの情報提供などあらゆる手段を活用し、沿川住民の速やかな避難に資するよう積極的な支援を行いました。結果的に寸前のところで回避することができましたが、今回の経験を踏まえ、ダム操作や情報伝達による効果等を検証するとともに、新たな課題に対する和歌山県における取組について報告します。

2. 事前放流

平成23年9月、台風第12号に起因する記録的な大雨により、二川ダム・椿山ダム・七川ダムでは異常洪水時防災操作を実施せざるを得なくなり、ダム下流の沿川地域に大規模な浸水被害が発生しました。これを契機に、こうした被害をできるだけ軽減するため、河川管理者の判断によって、利水容量を一時的に活用することができる協定を関西電力株式会社と締結し、計画の規模を越える洪水が予測される場合、あらかじめ可能な限り水位を低下させることにより、治水機能の向上を図る「事前放流」を平成24年6月から実施しています（図-1）。

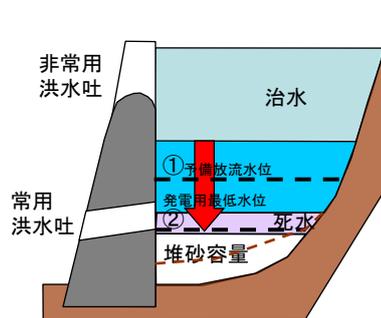


図-1 事前放流のイメージ

この事前放流は運用開始から平成31年3月末までに3ダム合わせて32回実施しています。

3. 七川ダム

古座川は新宮市、田辺市との市町界を分水嶺（標高900m～1,100m）とする流域より下流し、途中、国指定の天然記念物である一枚岩を経て、支川小川を合流し、串本町古座で熊野灘に注ぐ流域面積356km²、流路延長56kmの二級河川です。流域は年間雨量4,500mm、最大日雨量400mmという最多雨地帯で、ダムが完成するまでは毎年のように洪水による被害を受けていました。

七川ダムは洪水調節と発電の多目的ダムとして、古座川総合開発事業の一環として、東婁郡古座川町佐田地内に建設されました。昭和28年（1953年）から着工し、昭和31年（1956年）3月に完成した県下初の補助ダムです。

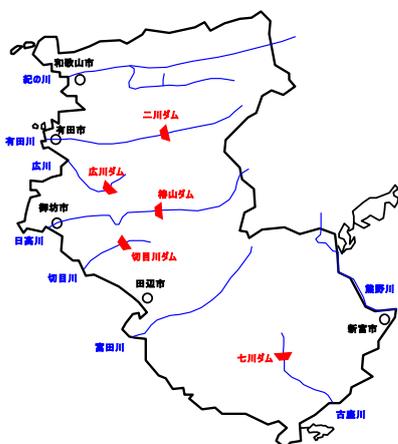


図-2 県管理ダム位置図

表1 七川ダムの諸元

型式	重力式コンクリートダム	
集水面積	102.0km ²	
湛水面積	1,785km ²	
堤高	58.5m	
堤頂長	154.0m	
堤体積	約96,240m ³	
ゲート	非常用洪水吐	ローラーゲート(8.5×14.8) 2門
	常用洪水吐	コンジットゲート(2.59×2.59) 1門
総貯水容量	30,800km ³	

洪水調節は治水容量20,000km³を利用して、ダム地点での計画最大流量1,380m³/sのうち、1,060m³/sの調節を行い、古座川の基準点である古座川橋における基本高水流量2,350m³/sを1,538m³/sに低減させます(図-3)。洪水期間(6月16日～10月15日)においては、水位を夏期制限水位EL106.5mより上昇しないように制限するほか、予備放流により水位を低下させて洪水調節を行います(図-4)。

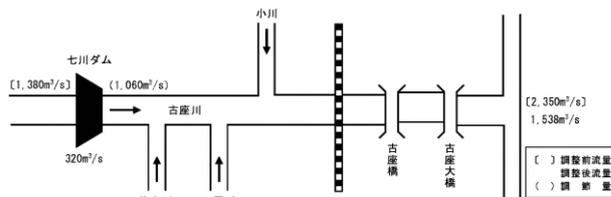


図-3 計画高水流量配分

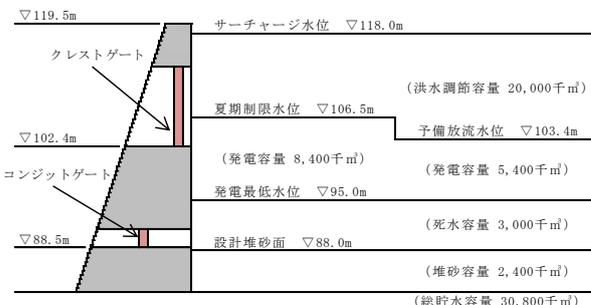


図-4 貯水池容量(洪水期間)

洪水量は103m³/sで、流入量が103m³/sに達した後は、コンジットゲートを全開にし、クレストゲートの開度1.15mにして、流入量の範囲内において放流を行います。放流量が320m³/sに達した後は、320m³/sを限度として、当該放流量と流入量が等しくなるまで放流を行います(図-5)。

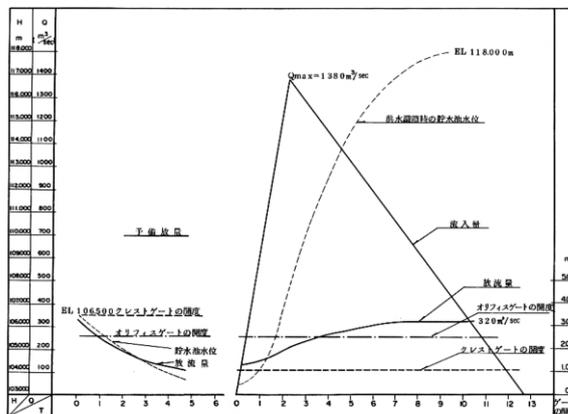


図-5 洪水調節計画図(一定率一定量方式)

昭和31年(1956年)の管理開始以降、平成31年(2019年)3月末までの63年間で、洪水調節を267回、異常洪水時防災操作を13回実施しています。そのうち、計画最大流入量(1,380m³/s)を越える出水は、昭和33年(1958年)8月と昭和37年(1962年)7月の2回発生しています。

4. 2018年(平成30年)台風第20号時の七川ダムへの対応

台風第20号は、8月18日21時にトラック諸島近海で発生し、その後、日本の南海上を北西進、次第に進路を北に変え、強い勢力のまま日本に接近し、23日21時頃に徳島県南部に上陸しました。その後も北に進み、24日0時頃兵庫県姫路市付近に再上陸しました。

この台風により、和歌山県内は23日夜から24日未明にかけて暴風を伴い大雨となり、22日21時から24日9時までの総降水量は、田辺市龍神で460.5mm、古座川町西川で424.5mm、田辺市本宮で411.0mmを観測しました。台風本体の発達した雨雲がかかったため、局地的に猛烈な雨が降り、古座川町西川では、23日22時17分までの1時間に89.5mmを観測し、1979年の統計開始以来第1位の記録となりました。

当時、共同事業者である関西電力の水車発電機の分解点検工事に伴い発電放流を停止していたため、コンジットゲートから放流を実施していました。これにより、事前放流を実施した状態とほぼ同じ状態(貯水位90.5m)であり、11時50分には大雨洪水注意報が発表さ

れたことを受け、洪水警戒態勢に入り台風に備えることになりました。

その後、18時58分に流入量が洪水量(103m³/s)を超過し、1時間後の20時00分には流入量が470m³/sまで増加しました。その後も流入量は増加し、21時20分に常時満水位を超えることが予測されたため、22時39分からゲート開度1.15mを解除し320m³/sまでの放流を行う操作に移行しました。

しかし、その後も流入量が増加し続け、異常洪水時防災操作開始水位を超過する予測に達しましたが、予め準備を進めていたことにより、23時30分頃から異常洪水時防災操作への移行に備えていました。幸いにも急激に雨が小康状態となり、翌日3時5分に異常洪水時防災操作開始水位を超過したものの、流入量が減少していたことから、貯水位を注視しながら放流量を320m³/s以下に維持していたところ、4時54分に貯水位の上昇が下降傾向に転じたことから、結果、異常洪水小防災操作を回避することができました。

この時のハイトグラフ、ハイドログラフ、七川ダムの対応を整理したものが図-6になります。

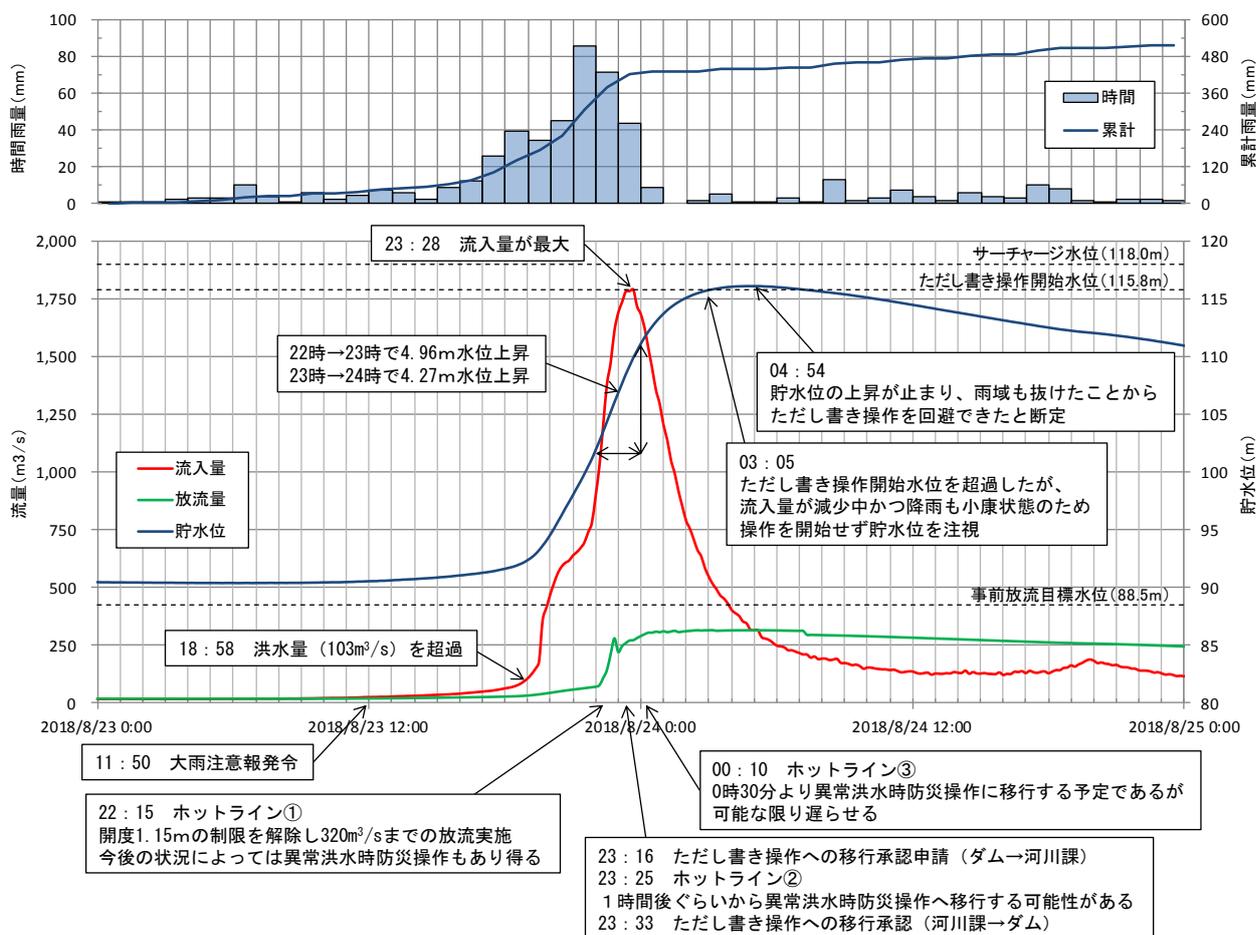


図-6 ハイエットグラフ、ハイドログラフ

5. 沿川住民の避難に資するための支援

前述のとおり、異常洪水時防災操作に移行する恐れが極めて高くなったことから、沿川住民の速やかな避難に資するよう、ダム管理者として積極的な支援を行いました。

(1) ダム下流自治体への防災行政無線での情報提供

ダム事務所から防災行政無線で放送してもらう内容を予め何パターンか作成しておくことにより、迅速かつ確実に情報提供できる準備をしており、今回も無線放送による情報伝達を依頼しました。下流自治体である古座川町では防災行政無線（個別受信機）が各家庭に配布されているため、天候に左右されずに安定した情報伝達を可能としています。

(2) ホットラインの実施

ダム事務所からダム下流自治体に対して、通常のFAXによる情報伝達だけではなく、自治体の防災担当者ひいては首長に直接情報を伝達することにより、避難指示等の適切かつ迅速な判断に資する支援に取り組んでおり、今回の台風第20号では3回にわたってホットラインによる情報伝達を行いました。

(3) 和歌山県ホームページ、テレビ和歌山デジタル放送への表示

地上デジタル放送における文字情報に加え、県ホームページやテレビ和歌山デジタル放送のダム専用ページを設けており、「ダムからのおしらせ」から各ダムの運用状況を文字情報として視覚的な情報伝達に取り組んでいます。（図-7）

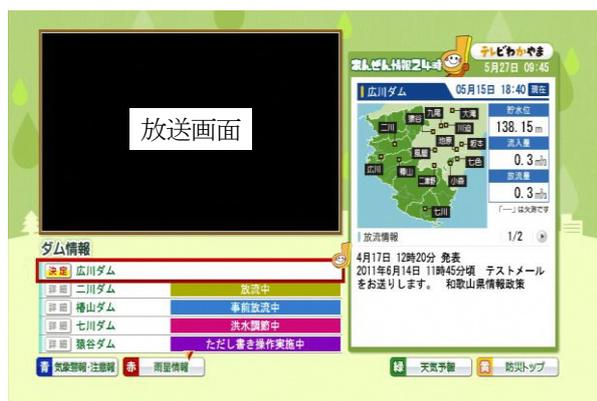


図-7 デジタル放送での表示

(4) NHK、テレビ和歌山へのテロップ表示依頼

NHK、テレビ和歌山に対して、予めテロップ表示してもらう内容を作成しておくことにより、迅速かつ確実に情報提供できる準備をしており、今回もテロップ表示による情報伝達を依頼しました。報道機関側の情報量の

都合によっては出せない場合もありますが、基本的には積極的に提供いただいております。今回の台風第20号時の対応においてもプッシュ型的情報伝達を行ったところで。（図-8）



図-8 テレビでの表示

6. 新たな取り組み

今回の台風第20号では、避難に資するための支援として、ダム管理者からは前述の(1)～(4)の通り情報伝達を行い、七川ダム下流の古座川町からも古座川流域地区に対して避難勧告が発令されましたが、後日、フォローアップした結果、実際に避難したのはごくわずかでした。

結果的に異常洪水時防災操作を回避できましたが、回避できていなければと思うと、平成23年9月の紀伊半島大水害の忌まわしい記憶が蘇ります。

このため、ダムに限らず風水害に対する備えや県の取組を広く県民に知ってもらうため、出水期前に広報誌「県民の友」6月号において「水害・土砂災害から命を守るために」というテーマで巻頭特集を、また6月9日放送の広報番組「きのくに21」の「知事と語る」というコーナーで「風水害・土砂災害対策の推進」というテーマで積極堤に情報発信を行いました。

これらは県のホームページでも閲覧できるようになっています。

県民の友

<https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/000200/kenmin/kenmin.html>

知事と語る

<https://www.pref.wakayama.lg.jp/bcms/nettv/index.html>

7. おわりに

今回の台風第20号では、結果的には大きな被害に至りませんでしたが、避難行動に繋がっていない実態も確認されました。今後も情報伝達の内容などを精査し、沿川住民の速やかな避難に資するための情報伝達方法について更に検討を進めていきたいと考えています。

防災教育の充実に向けた連携・支援の取り組み について

川口 智香¹・小島 淳²

¹京都国道事務所 管理第二課 (〒600-8234京都府下京区西洞院通塩小路の南不堂町808)

²琵琶湖河川事務所 工務課 (〒520-2279滋賀県大津市黒津4丁目5番1号)。

国土交通省では、平成27年9月の関東・東北豪雨災害を受け、新たに「水防災意識社会再構築ビジョン」として全国的に令和2年度を目処にハード・ソフト対策を一体的・計画的に推進することとした。福知山河川国道事務所では、この水防災意識社会再構築ビジョンの取り組みの一環として、学校教育における防災教育の充実に向け、平成29年度から福知山市の支援校と連携し、学習指導計画案の作成に取り組んできた。資料の提供だけでなく、福知山市役所とも連携し、教科書に合った授業内容や、川とともにくらすための水害を防ぐ工夫を学習する工事現場見学会の実施など、支援の取り組みについて報告を行う。

キーワード 防災教育、減災対策協議会、水ビジョン、由良川

1. はじめに

(1) 由良川の概要

福知山河川国道事務所では、由良川水系直轄管理区間の由良川 54.1km、土師川 2.3km を管理している。



図-1 由良川流域図

由良川の上流部は河床勾配が約1/200~1/300と急で流れが速いが、中流部では標高が低く、福知山市や綾部市の市街地では河床勾配が1/500~1/1,500と緩いため洪水が溜まりやすくなっている。さらに下流部では河床勾配が1/8,000と更に緩やかになり、かつ兩岸に山が迫った狭長な谷底平野となっている。このような地形の特徴から中下流部では水害が頻発している。また、由良川はその大半が無堤区間となっており、昔から幾多の洪水被害を受けてきた。

近年においても、2004年(平成16年)台風23号や

2013年(平成25年)台風18号、2018年(平成30年)梅雨前線など多くの洪水被害に見舞われている。

由良川ではこのような度重なる洪水被害を受け、連続堤・輪中堤による築堤や宅地嵩上げなど、河川整備計画の対策の一部を大幅に前倒して行う緊急的な治水対策で実施する外水対策や総合的な治水対策として国・府・市が連携し、内水被害の軽減を図るため排水ポンプの増強等を実施している。しかしながら、激甚化する自然災害から身を守るためには施設に頼るだけでなく、自ら災害のリスクを察知し主体的に避難できるような住民一人ひとりの意識の変革を目指す取り組みも必要である。

(2) 由良川減災対策協議会

「平成27年9月関東・東北豪雨」において利根川水系鬼怒川の堤防決壊により広範囲かつ長時間の浸水が発生した。また、これらに住民の避難の遅れも加わり、数多くの孤立者が発生した。このような事態を踏まえ、「施設では守り切れない大洪水は必ず発生するもの」へと意識を変革し、社会全体で洪水に備えるため新たに「水防災意識社会再構築ビジョン」(以下「水ビジョン」という。)として全国的に水防災意識社会を再構築する協議会を設置し令和2年度を目処にハード・ソフト対策を一体的・計画的に推進することされた。

由良川では、この「水ビジョン」を踏まえ、由良川沿川の福知山市、舞鶴市、綾部市、宮津市及び京都府、京都地方気象台、近畿地方整備局で構成される「由良

川減災対策協議会」(以下「協議会」という。)を平成28年5月に設立した。本協議会では、由良川の洪水が溜まりやすい地形的特徴により被った幾度も浸水被害の教訓として主な課題を抽出し、「逃がす・防ぐ・立ち上がる」ことに主眼をおいた取り組み方針を策定した。



図-2 由良川減災対策協議会

(3) 防災教育の促進

平成27年8月、台風10号等の一連の台風によって、中小河川で氾濫が発生し、逃げ遅れによる多数の死者や甚大な経済被害が発生した。この災害を受け、水防法等が一部改正され、「水ビジョン」の各種取組のうち緊急的に実施すべき事項について、実効性をもって着実に推進するため、概ね5年(令和3年度)で取り組むべき方向性、具体的な進め方や国土交通省の支援等について、国土交通省として32項目の緊急行動計画がとりまとめられ、防災教育の促進についても位置付けられた。

「協議会」で策定した取組方針についても、防災に関する啓発活動として実施している出前講座等の取組が地域に十分浸透していないことが課題と考え、「防災に関する啓発活動、水害(防災)教育の拡充」を目的とし、防災教育に関する支援を実施する学校を教育関係者等と連携して決定し、指導計画の作成・共有を行うことを新たな取組として追加した。

2. 事前調整支援校の選定と実施内容の調整

(1) 支援校の選定

防災教育の指導計画を作成するにあたり、福知山市の教育委員会を通じて、由良川沿川にあり、近年の内水氾濫により周辺地域で浸水被害が発生していた福知山市立庵我小学校を支援校の候補とした。

支援校の選定にあたっては、事務所と交流のある小学校や教諭と直接交渉する方法や、自治体の危機管理部門から同様に関係の深い学校を紹介してもらう方法もあるが、防災教育を実施した結果などを水平展開する必要もあることから、教育委員会にも事前に情報提供を行い、選定に関して必要な情報提供やアドバイスを受ける事がスムーズな実施につながった。

(2) 実施内容の調整

支援校の協力依頼の際、当初打合せにおいて下記の課

題が確認できた。

- ・教育委員会を通じて水害から命を守るための防災教育の充実について通知があったが、他にも原子力防災や地震防災などいろいろな取組を進めるよう連絡がきている状況。
- ・学校の年間学習スケジュールが決まっており、風水害の学習も含めてそれらの取組を新たに単元として追加することは困難。
- ・一方で地域の特徴として水害に見舞われる可能性が高いため、子供達の防災意識向上のために時間を見つけて先生から話をしている状況。

課題を踏まえ、指導計画(案)作成に向けて、理科で学ぶ台風などの気象情報、河川の水の流れや働きなど、既存の教科書の内容のなかで防災に関連がある単元を抽出し、教科書に沿いながら水防災の学習を取り入れることを提案した。また、現場見学を授業の一環として設けることで、座学の知識に加え現場でのスケール感なども体験することができ、より防災教育の内容や理解を深められるのではないかと考えた。

これらを踏まえ、各学年の教科書の内容を学校関係者と確認し、5年生の授業のなかで水防災教育を取り入れた授業の実施を調整した。抽出した単元と水防災教育を取り入れるにあたり着目した教科書の内容を下記に示す。

単元①：理科「台風と気象情報」

(教科書の内容)

台風の動きと天気の変化について調べ学習を行い、関係性について理解するとともに、降雨や強風によって災害が起こることを認識する。

(着目点)

台風の動きの理解する。

台風により起こりうる被害状況を知る。

単元②：理科「災害から身を守る」

(教科書の内容)

台風と災害の関係を学習し、自分たちにもできる情報収集や日ごろの備えについて整理する。また、災害の種類に対する注意報や警報の違いを理解する。

(着目点)

日ごろの備えについて考える。

注意報や警報などの違いを理解する。

単元③：理科「川とともにくらすための水害を防ぐ工夫」

(教科書の内容)

河川の氾濫から守るために、様々な護岸工事がなされていたことを学び、川のそばで暮らす人々が、川の災害から暮らしを守るために考えた知恵や工夫を理解する。

(着目点)

災害から暮らしを守るための知恵や工夫を理解する。

3. 実施内容

上記の授業内容に沿って、対象となる授業の単元毎に下記の支援を行った。

(1) 気象情報、身近な災害情報の提供

理科の「台風と気象情報」の単元において、由良川減災対策協議会のメンバーでもある京都地方気象台から台風の動きを気象衛星で撮影した動画を収集し、過去に発生した台風による周辺地域の被害状況の写真と併せ、学校へ学習教材として活用していただくために提供した。

従来の授業内容では台風による被害を学習するうえで全国的に取り上げられた被害が紹介されており、身近な地域の過去の被害状況を学ぶものではなかった。そこで降雨や台風で起こりうる被害について、知識を深め、水災害が身近なものとして認識してもらうために周辺地域の過去の被害状況写真を活用するなど工夫した。

また、河川管理者が出向いて授業を行うのではなく、指導計画作成後も毎年継続した授業が進められることを期待して、提供した学習教材を授業に取り入れた担任教諭による防災教育の授業を実現させた。



図-3 担当教諭による授業の様子

(2) ハザードマップを活用したグループワーク

理科の「災害から身を守る」の単元において、台風前や降雨時の情報や避難をする際の注意点について知識を深めてもらうとともに、地域の浸水被害や土砂災害の危険性について認識してもらうことを目的にハザードマップを活用したグループワークを行った。

グループワークでは、一般に配布しているハザードマップではなく、福知山市と調整のうね小学校や避難所周辺に範囲を限定したハザードマップを作成し活用することで、児童が住む地域の浸水被害や土砂災害の危険性について分かりやすく、また、自分の家や避難所の場所などに印をつけながら避難ルートの確認をするなど、ハザードマップの活用方法についても理解してもらえるよう工夫した。また、指導計画作成後も市からエリアを限定したハザードマップの提供を受けることで担当教諭による授業の実現も期待ができる。

ハザードマップで地域の災害の危険性を認識してもら

ったうえで、実際に避難勧告と避難指示の防災無線を流し、違いや発令のタイミングを説明することで避難の重要性についても理解を深めてもらった。



図-4 グループワークの様子

(3) 水害を防ぐ施設の現場見学

理科の「川とともにくらすための水害を防ぐ工夫」の単元において、河川の氾濫から暮らしを守る方法を学ぶことを目的に、築堤工事の現場見学を行った。

座学のための授業ではなく、実物を見てスケール感を体感してもらい、堤防の目的や護岸の役割について理解を深めてもらった。

また、堤防では守りきれない洪水が発生する可能性についても触れ、堤防の高さや材料を見てもらうことで、越水や破堤が起こりうることを実感してもらい、逃げることの重要性についてより認識を深めてもらうことができた。

なお、現場見学を実施するにあたり、(株)河野建設のご協力のもと、実際の施工方法の見学や建設資材に触れたり、建設機械の乗車体験を行ったりすることで土木への興味の向上を図った。現場見学実施後には児童から施工業者への感謝状が贈られるなど、土木技術者の担い手確保の観点からも有効な取組であったと考える。



図-5 現場見学の様子

4. 結果・考察を踏まえた指導計画(案)の作成

(1) 聞き取り調査

防災教育に参加した児童17名及び先生へ防災教育を実施した感想の聞き取り調査を行った。その結果は下記に示すとおりである。

【防災教育に参加した児童】（複数回答）

- ①自分の家の危険性が分かった …………… 10人
- ②災害に備えたい …………… 7人
- ③地域の避難場所が分かった …………… 7人
- ④危険なときは避難したい …………… 7人
- ⑤今日習ったことを家族にも教えたい …… 7人

【庵我小学校の先生】

・庵我地域は洪水の被害の多いところだという認識はあるが、では、どうしたら身を守れるのかということや、自分の住んでいる場所にどんな危険があるか実感がない児童が多く、ご指導いただいた学習をおして、身近なこととして捉え、たくさん学ぶことができた。

・教科書では分からない雲の動きなどがわかる資料による授業だったため子供達も積極的に授業に取り組んでいた。

(2) 考察

聞き取り調査の結果から、多くの児童が災害への備えについて積極的な意見を述べていることや、従来の教科書にはない身近な地域の写真が使われたことにより児童が積極的に授業に参加していた姿も見受けられたことから、教科書に沿いながら水防災の学習を取り入れる今回の支援方法の有効性を確認できた。

(3) 指導計画（案）作成

防災教育指導計画（案）を作成するにあたり、下記に示す目標を定めた。

- ・地域の災害の特性や防災体制について理解できるようになる。
- ・災害により引き起こされる危険を予測し、災害時には自ら危険を回避できる行動ができるようになる。
- ・災害時には、家族や友達、周囲の人々の安全にも気を配り、他の人の役に立つ行動ができるようになる。

目標に応じた授業の展開例を作成するにあたり、支援対象とした3単元での授業を参考に、対象授業の抽出を行った。調整の段階ではすでに授業が終わっており、支援の対象授業にはできなかったが、代表事例となることを考え、より目標に沿った内容である社会の2単元と理科の1単元を対象授業とし展開例を作成いただいた。

展開例①：社会「さまざまな土地のくらし
水害とむきあう人々」

（授業内容）

全10時間のうち8限目を対象。身近な場所の普段と洪水時の写真を見比べるなど大雨が降った時の危険性につ

いて理解を深める。

展開例②：社会「さまざまな土地のくらし
今も続く水害への備え」

（授業内容）

全10時間のうち9限目を対象。ハザードマップを活用し地域の危険な場所を把握するとともに、災害に対する備えについて考える。

展開例③：理科「流れる水のはたらき

川とわたしたちのくらし」

（授業内容）

全11時間のうち9・10限目を対象。洪水災害を防ぐ工夫を学ぶために地域の築堤箇所の現場見学を行う。

展開例1

- 1 教科・単元等名 社会（5年）
【第5学年 さまざまな土地のくらし（2）低地に住む岐阜県海津市の人々のくらし 水害とむきあう人々】
- 2 ねらい 洪水によって、多くの人の命が失われ、浸水する家があるなどの大きな被害があったこと、水害から人々の生活を守るための工夫があることを資料から読み取ることができる。
- 3 指導計画 (10時間 展開例②/10)
 - (1) 自分たちの住んでいる地域との違いを考える。(1時間)
 - (2) 沖繩県の気候に合わせたくらしの工夫を学ぶ。(4時間)
 - (3) 岐阜県海津市の土地に合わせたくらしの工夫を学ぶ。(4時間)
 - ・岐阜県海津市の土地の様子を学ぶ。
 - ・堤防の中の田の様子を学ぶ。
 - ・大雨が降ったときの川の危険性と通常時の川の利点を考える。【本時】
 - ・地域の危険な場所を知り、災害に対する備えを考える。
 - (4) 学習したことをまとめる。(1時間)

4 本時の展開（本時②/10時）

過程	指導内容	学習活動	教員員の支援等	資料
導入 5分	1めあての確認	めあてを書いて本時の学習を確認する。	洪水災害について川の利点について考えることをおさえる。	大雨が降ったときの川の危険性と川の利点について考える。
	展開	2大雨について 3福知山市での被害	<ul style="list-style-type: none"> ○台風の衛星写真や降水量のグラフから大雨の状況について読み取る。 ○身近な場所の普段と洪水災害時の写真を見比べる。 	

図-6 指導計画（案）の例

5.効果

防災教育を実施した後、平成30年7月豪雨により福知山市では3日間で総雨量439.0mmを記録する大雨が降り続き、流域内で内水による浸水が発生するなど甚大な被害を受けた。数多くの水位観測所で氾濫危険水位を超過し、福知山水位観測所でも最高水位6.52mを記録した。また、避難勧告も発令され、庵我小学校周辺でも内水による浸水が発生した。

後日、防災教育で学んだことを生かし、多くの児童が下記のような行動を取ったことを確認した。

- ・避難所に避難した
- ・非常食の備えをした
- ・ニュースで気象情報を見た
- ・自分の家の危険性を親に話した
- ・避難が必要か親に確認した

児童の防災に対する認識変化と意識向上が見られ、防災教育の効果があつたと考えている。

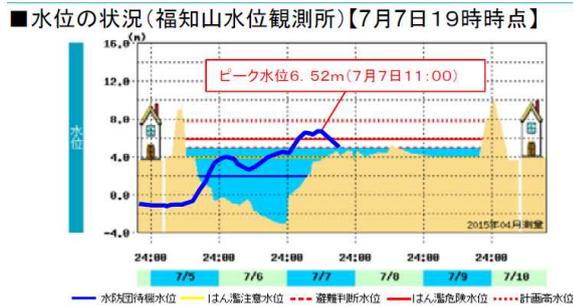


図-7 7月豪雨の状況

6.今後について

庵我小学校で作成した防災教育学習指導計画案を協議会で共有し、教育委員会を通じてその他の学校へ情報提供することを目標としているが、下記の調整が必要であり、その対応策について今後更に協議会において議論を行うこととしている。

- ・提供される指導計画(案)だけの防災教育普及は困難であり、防災教育を実施する学校からの要請を受けて、提供する資料の調整など適宜支援を実施する必要がある。
- ・庵我小学校では学校とも調整し、5年生の授業を対象としたが他学年の関連授業も確認し、様々な学年に見合った指導計画(案)の作成を行う。
- ・支援のタイミングを逃さないための学校との連携方法の確立。

謝辞：防災教育指導計画案作成にご協力頂きました福知山市立庵我小学校のみなさま、防災教育の授業や現場見学会の実施にご協力頂いたみなさま、また本稿のとりまとめにあたりご助言・ご指導等頂いたみなさま、全ての方々に深く御礼申し上げます。

被災した橋梁の復旧に関する構造提案と建造

玉田 和也¹・石原 純²

¹舞鶴工業高等専門学校 建設システム工学科 (〒625-8511京都府舞鶴市宇白屋234)

²養父市 まち整備部 建設課 (〒667-0101兵庫県養父市広谷250-1) .

兵庫県養父市に、重要な観光資源である天滝があり、その天滝に向かう遊歩道にある木造の橋梁が、2017年2月に大雪によって落橋し、養父市は2018年内に新たな橋梁に架け替えることを決定した。本研究では、短期間(6ヶ月)で設計から架設まで実施でき、一つの部材重量が20kg以下という制限を満足できる橋梁を提案するとともに、地域参加によって完成に至った経緯について報告する。

キーワード 復旧橋梁, 可搬橋梁, ピントラス, ボウストリングトラス, ポニートラス

1. はじめに

兵庫県養父市に日本の滝100選に選ばれている「天滝」がある(写真-1)。その天滝に向かう遊歩道に位置する筏天滝線9号橋が2017年2月に大雪によって落橋した。筏天滝線9号橋は1993年に供用開始した橋長8.85m幅員1.5mの単純木製2主桁橋であった(写真-2)。養父市が2016年7月に点検を行い、主桁・横桁・床版に腐食が見られたが、激しい損傷ではなかったため補修は必要ないと判断していた橋梁である。しかし、激しい積雪により主桁



写真-1 天滝



写真-2 旧筏天滝線9号橋

の支間中央付近で破壊が発生し鉛直方向に崩壊した(写真-3)。その後、仮設で造られた仮橋も2017年9月の台風18号によって流され、応急措置として仮設の足場を設置して抜本的対策の検討を進めることにした(写真-4)。

養父市にとって天滝は重要な観光資源であるため、恒久的な橋梁が必要だと判断し、安全性が高く長期的に使用できる橋梁の架設計画が持ち上がった。現地は毎年1月には積雪があり通行できなくなるため、12月末日までに橋梁を完成させる必要があった。また、図-1に示す位置図にあるとおり架設場所は遊歩道を約800m登った地点にある。そのため、車両類による輸送はできず、2018年に多発した豪雨災害対策のためヘリコプターの確保が困難であることから、部材輸送は人力で行う必要があった。



写真-3 落橋状況と仮橋(背後は鼓滝)

(出典 <http://masuseki.com/>)



写真-4 台風後の状況



図-1 遊歩道・位置図(★印)

(出典 <https://tendaki.jp/>)

上記の状況の下、2018年6月に養父市から舞鶴高専に橋梁構造検討の依頼があり、舞鶴高専と養父市において「社会インフラ維持管理連携協力に関する協定」を締結し事業を推進することになった。本事業は「観光施設現年単独災害復旧事業費」によるものであり、構造提案・設計計算・製作図作成までを舞鶴高専が担当し、材料調達・製作までを養父市役所と市内業者が、輸送は神戸大学山岳部・山岳会が担当した。現地での下部工の復旧と上部構造の架設は市内業者が担当した。維持管理については、点検マニュアルの作成を舞鶴高専が、日常の点検は地域の団体である「天滝を生かす会」が担当する。

天滝への遊歩道を復旧するためならば、という産官市民の熱い想いが原動力となって非常に短い工期内で事業の完成に至った。以下に、被災した橋梁の復旧に関する構造提案と建造について報告する。

2. 設計条件の策定

本橋を設計するにあたり設計条件を以下のように策定した。

- ① 現地踏査の結果、桁掛かり長の確保と橋台の脆弱性を考慮し、橋梁の支間長を10.0mとし、幅員は1.0mとする。
- ② 旧橋の落橋原因を踏まえ、2mの積雪にも耐えられる強靱な橋梁とする。そのために主構の材料には鋼材を用いることを前提とする。

- ③ 天滝渓谷は「氷ノ山後山那岐山国定公園」内にあるため、景観を考慮したデザイン・色彩とする。
- ④ 架設現場は遊歩道を800m登った地点にあり、人力での輸送となるため、1部材当たりの重量を20kgf以内とする。
- ⑤ 半年以内での完成を求められていること、また維持管理や今後の補修等を考慮し、部材の材料調達や製造・架設は養父市内で完結できること。

3. 橋梁形式の選定・検討

策定した5つの設計条件を満足できる橋梁形式を桁橋、トラス橋、アーチ橋から選定することにしたり²⁾。いずれの場合も台風等による増水が予測されるため下路タイプとして桁下空間を確保することとした。また、吊橋・斜張橋についてはケーブル定着ブロックの建造や維持管理に懸念があり設計条件⑤が満足できないと判断し、検討から除外した。

(1) 桁橋

桁橋は、人力による運搬を考慮し部材(H形鋼)の重量を20kgf以下に抑えるとブロック数が増大し、その連結板(普通ボルト継手)も膨大な量となる。そのため、運搬量が増え人力輸送に困難が伴う。また、橋の全長にわたってボルトが配置されるため防錆機能の低下を招きやすく維持管理や景観面で問題が出てくる可能性がある。

(2) トラス橋

トラス橋は、レトロな構造³⁾を復活させて格点の構造にピン結合を採用することで、部材の分解と持ち運びが容易にできる利点がある。部材(L形鋼)の重量を20kgf以下でかつ部材長を2m以内に収めることが可能となり人力輸送が可能となる⁴⁾。主構の連結がピン結合なので、高力ボルト接合が不要となり、床組・横構は普通ボルト接合で対処できる。

下路トラス橋であるため、背景の鼓滝や山との対比によりインスタ映えする景観を提供できる可能性がある。

(3) アーチ橋

アーチ橋は、構造的な形状から景観性に優れ、スレンダーながら力強さを感じさせる橋梁形式である。ただし、アーチリブは軸力と曲げモーメントに抵抗するため、現場継手部は高力ボルト接合となるため、部材の運搬を考慮すると桁橋と同様の結果となる。また、主構のアーチの製作等を考えると設計条件⑤が満足できない可能性が大きい。

(4) 橋梁形式の詳細

橋梁形式の検討の結果、設計条件を満足できる可能性

の一番高いトラス橋を採用することとした。

トラス橋は上、下弦材とそれらを結ぶ腹材が鉛直荷重に耐える主要な構成要素で、腹材のトラス組みによって種々のタイプがある。主なタイプには、ワーレントラス、プラットトラス、ハウトラス、Kトラス等が挙げられる。

様々な構造形式を有するトラス橋⁹⁾の中で、アメリカで鉄の父といわれるホイップルが1840年に広めたボウストリングトラスがある。ボウストリングトラスとは、支点及び上弦の格点が放物線あるいはそれに近い曲線上に配置されたトラスのことである。そのため、景観性に優れており、曲げモーメントの形状に合わせて上下弦材の間隔が変化しているため、全ての弦材で軸力が等しくなり同じ断面形状で構成できるという特徴がある。

ボウストリングトラスには、アメリカ流とドイツ流があり、日本では、1890年代にドイツで開発されたハーコート製のプレハブ式のもの導入された。ハーコート製のピントラスシステムの最大の特徴は、現場における各部材の接合は全てピンあるいはボルトナットで行われ、熟練したリベット工なしで短時間のうちに桁の組立・架設が実行できる点にあった。これらの特徴はまさに本橋に適合するものであり、レトロな橋梁形式を現代に復活させることにした。



写真-5 綾部大橋 全景



写真-6 構造検用模型

比較的支間長が短いトラス橋では、主構高さが低くなるため建築限界を確保するために上弦材を繋ぐ支材や上横構を設置しないポニートラスがある。本橋でもポニートラス形式を採用することとした。この場合、圧縮力が発生する上弦材の座屈対策が必要となる。これについては1929年に建造された同形式の綾部大橋を参考とすることにした(写真-5)。

ボウストリングトラスの放物線形状の決定は、支間長10.0m、上下弦材の離隔を2.0mとして形状を検討した。橋軸方向にx軸、高さ方向にy軸をとり、次式により上弦材の形状を決定した。

$$y = -0.08x^2 + 0.8x$$

4. 詳細設計

(1) 構造模型の作成

詳細設計と並行して1/20スケールの橋梁模型を作りながら橋全体の形状バランスや構造詳細(格点部の板の重なり、部材の取合い)の検討を行った。上下弦材と斜材の山形鋼を2つ組み合わせる部材断面の検討、横桁と主構の接合、支承構造、床組の構造イメージを確認しながら本橋の実現性を検証した(写真-6)。

(2) 詳細設計

下弦材の長さを2m以下にするため、支間長を6等分して横げたを配置した。床組みは、横げた間に木製(厚さ100mm)の床版を張り渡す構造とした。上弦材は先述の放物線式により求めた座標に格点を配置し、斜材の配置はワーレン形式とした。

レトロな橋梁の復活であることから、荷重、断面力、断面計算、ピン結合、床組、上弦材の座屈防止材等の計算は基本的に手計算で行った。荷重は、雪荷重と自重を考慮した。トラスは節点法を用いて解き、部材軸力を計算し、局部座屈を考慮しない許容軸方向圧縮応力度から、主構部材断面を決定した。ピン結合の計算は、支圧応力度と曲げ引張応力度を算出し照査した⁷⁾。具体的にはピンとアイバーのピン孔の間に発生する応力集中を参考文献を参照し現場の施工性も考慮しつつ検討しピンの直径を27mm、孔径を29mmに決定した。

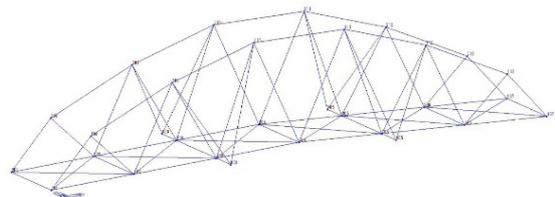


図-2 立体解析モデル図

詳細設計では、上弦材の座屈防止材の効果を検証するために、立体骨組モデルを用いた線形座屈解析を実施しその安全性の確認を行った(図-2)。

5. 製作・輸送・架設

市内の鋼材業者が設計の進捗に合わせて形鋼やボルト類の材料を確保し、鋼部材の製作と仮組立を実施した。下弦材の格点では最大10枚の鋼板をピン結合するため、現場での施工性についての懸念が架設業者から挙がっていた。これに対し、ピンの先端をテーパ加工するなど工夫も行い、仮組立により施工可能であることを実証して現場架設に臨むことができた。写真-7に仮組立の状況を示す。

資材の輸送については、神戸大学山岳部・山岳会が担当し、輸送する資材は、架設用の単管や足場板類、セメント、砂、砂利、橋梁本体の鋼部材、塗料など合計8.8tonであった。距離800m、標高差150mの狭い登山道を利用し8日間で現役大学生から最高齢69歳の山岳部OBも含め、延べ60名がかりで人力による輸送を担っていただいた(写真-8)。

架設については市内業者が実施した。橋台の修復、架設用足場、橋梁本体の架設、塗装、架設資材を流用した橋詰の整備全般について施工した。写真-9に架設状況を写真-10に工事完成時(2018年12月)の状況を示す。

6. 維持管理マニュアル

本橋の架橋場所は滝の飛沫や積雪のため、湿気が多く、鋼材や木材に腐食が発生しやすい状況にある。トラス本体(格点部、支承部、橋座部、連結板やボルト角部)、木床版、橋台のそれぞれの部位ごとに点検ポイントと着目箇所をまとめ、本橋の特徴を反映した維持管理マニュアルを策定した。維持管理マニュアルにある点検チェックリストでは、点検箇所の異常の有無のチェックに加え点検箇所の写真撮影のチェックや必要な対策についてのチェックも行う内容とした。

維持管理マニュアルに記載している維持管理方針を以下に示す。本橋は、地元の総力を結集して構築した橋梁であるため、日常の見守りと定期的な点検を実施し、適切な対策・修繕を継続して実施していくことを前提に設計寿命を100年間としている。これを実現するために必要な事柄を以下に示す。

① 鋼部材は特に格点部を注意して点検する。塗装が施されていない箇所に着目し、さび汁が出ていないか定期的に目視点検を行う。さび汁の確認は、桁の上からと桁下から実施する。ピン結合部にさび汁が確認された場合は、現場の状況を見守り、必要に応じ



写真-7 仮組立



写真-8 人力輸送(ポッカ)状況



写真-9 現場架設



写真-10 架設完了

てグリスやシール材を塗布する。

- ② 木材は、10年～15年のスパンで取り換える。ただし、腐食の進行が著しい部材や、鋼部材に悪影響を与える部材は早めに交換する。
- ③ 橋台と橋座部は、橋全体のバランスに大きく影響を及ぼすため、洗堀や橋台側面の崩壊には特に注意して点検する。橋台側面の損傷が見つかった場合は、即修復する。
- ④ 支点部は植物の繁茂により風通しが悪くなりがちであり長寿命化に及ぼす影響が大きいため、植生の伐採を継続して行うこと。

7. おわりに

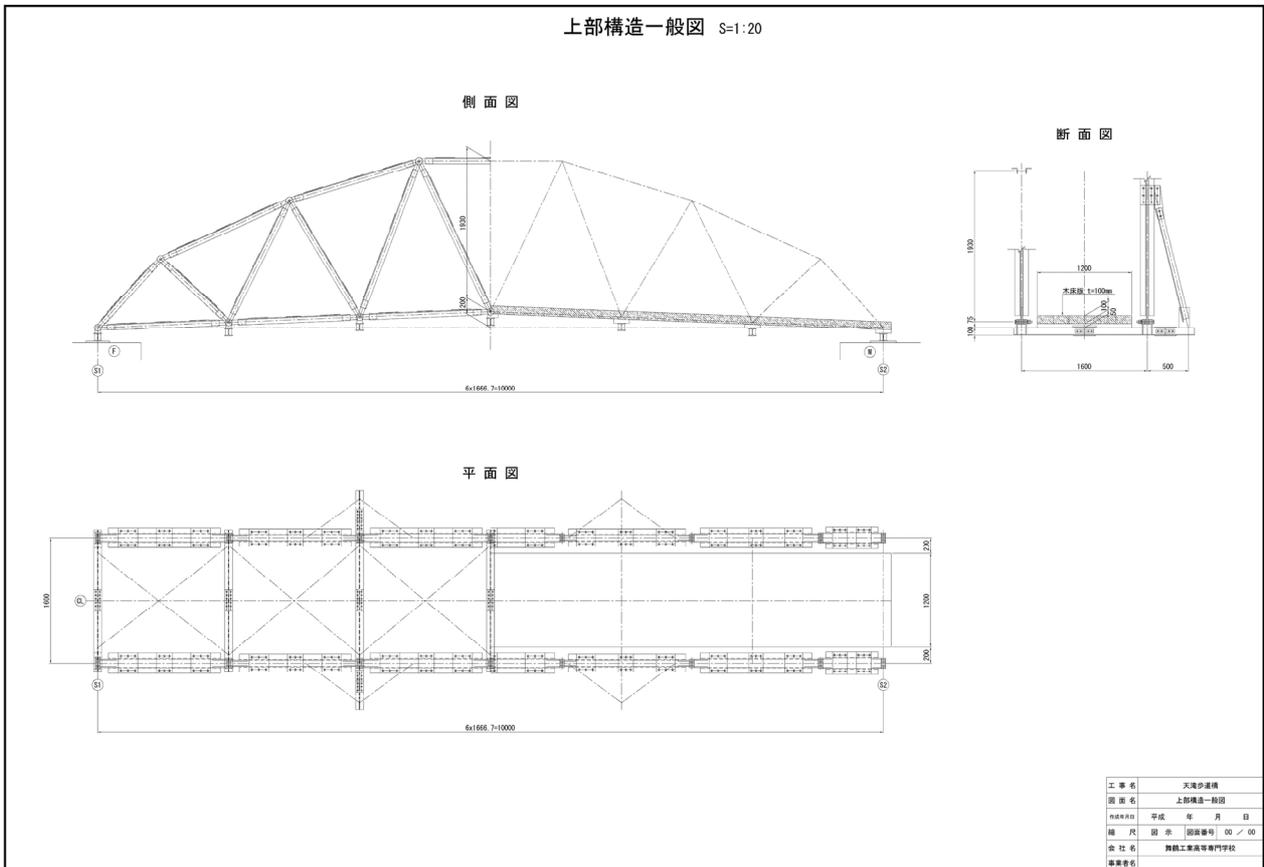
本橋は地元の総力を結集して構築した橋梁であり定期的な点検を実施し、適切な対策・修繕を継続することを前提に設計寿命を100年間とした。100年後の人々に本橋を無事に手渡すことができるよう、関係各位において奮起していただきたいと考える。

下記に橋梁一般図を次頁に維持管理マニュアルに記載している点検チェックリストを添付する。

謝辞：本橋の建造に係っていただいた全ての方々に感謝いたします。そして、本橋の維持管理に係わっていただく全ての方々に感謝いたします。

参考文献

- 1) 伊藤學：改訂 鋼構造学，コロナ社，2002.3.25.
- 2) 長井正嗣：橋梁工学（第2版），共立出版株式会社，2006.9.15.
- 3) 成瀬輝男：鉄の橋百選（近代日本のランドマーク），東京堂出版，1994.9.30.
- 4) 日本橋梁建設協会：‘11 デザインデータブック，2011.4.
- 5) 小西純一，西野保行，淵上龍雄 共著：わが国におけるドイツ製鉄道橋梁－歴史と現状－，土木史研究 第12号，1992.6.
- 6) 鋼橋技術研究会：鋼橋の技術史研究部会「平成7・8年度活動報告書」，1998.12.
- 7) 吉町太郎一：鋼橋の理論と計算，石崎書店，1952.1.20.
- 8) S.P.ティモシェンコ：弾性論，コロナ社，1979.7.10.



橋梁名		点検実施年月日時刻	天候	点検者氏名		
天滝歩道橋		年 月 日 時 分				
調査箇所	調査項目	チェック			写真	
		有	無	写真撮影		
ピン (下弦材)	上流側	割ピンは外れていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		アイバーの重なっている所にさび汁は出ていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		アイバーに断面欠損は生じていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		桁下からさび汁が出ていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	下流側	割ピンは外れていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		アイバーの重なっている所にさび汁は出ていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		アイバーに断面欠損は生じていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		桁下からさび汁が出ていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
ピン (上弦材)	上流側	割ピンは外れていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		アイバーの重なっている所にさび汁は出ていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		アイバーに断面欠損は生じていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	下流側	割ピンは外れていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		アイバーの重なっている所にさび汁は出ていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		アイバーに断面欠損は生じていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
支点部	天滝側	土砂の堆積はないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		草木の繁茂, 落葉の集積はないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	駐車場側	土砂の堆積はないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		草木の繁茂, 落葉の集積はないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
ボルト	連結板	ボルト角にさびが生じていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		ボルトにゆるみはないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		ボルトの脱落はないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	ターンバックル 取り付け部	ボルト角にさびが生じていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		ボルトにゆるみはないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		ボルトの脱落はないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	横桁継手部	ボルト角にさびが生じていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		ボルトにゆるみはないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		ボルトの脱落はないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
横桁	端部の横桁がさびていないか(砂利で埋まっている)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
木床版	雨水による腐食はないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	木床版の取付ボルトにゆるみはないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	床材と横桁継手部の隙間に腐食はないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
橋台	天滝側	橋台前面は洗掘されていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		橋台側面に損傷は生じていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	駐車場側	橋台前面は洗掘されていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		橋台側面に損傷は生じていないか	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
合計(個)						
対策		自由記述				
グリスやシールの塗布		<input type="checkbox"/>				
橋座部の掃除		<input type="checkbox"/>				
ボルトの修繕		<input type="checkbox"/>				
木材の交換		<input type="checkbox"/>				
橋台の修復		<input type="checkbox"/>				

一級河川加古川における被災原因除去工法の提案と災害査定結果について

吉田 武史

兵庫県 北播磨県民局 加東土木事務所 東播磨南北道路対策室 南北道整備課

(〒673-1431兵庫県加東市社字西柿1075-2)

当箇所の護岸や帯工は、平成16年台風23号に伴う被災を契機に実施した加古川河川激甚災害対策特別緊急事業（以下、「激特事業」という。）により、平成20年度に整備されたものである。

竣工後、これまでも豪雨や台風等の異常出水により何度も護岸欠壊、根固ブロック流失等の被災が発生し、その都度、原形復旧を原則に復旧を行ってきたが、平成30年7月豪雨では、計画高水位近くに達する異常出水により、再度被災を受けることとなってしまった。

本論文では、災害提案の際に取りまとめた「これまでの被災を含めた被災原因の検証」、 「被災原因を除去するための工法選定」について述べるとともに、合わせて「災害復旧事業の実施に際しての留意点」について、災害査定業務を担当した立場から述べる。

キーワード 繰り返された災害、被災原因の検証、被災原因の除去

1. はじめに

当箇所の護岸や帯工は一級河川加古川中流域の兵庫県西脇市内に位置する。

西脇市は加古川水系の水資源を活かした染色業が江戸時代から盛んな場所で、播州織の産地として発展を遂げてきた。



図-1 位置図

2. 施設の概要

激特事業では河積拡大を図るため河床掘削を行うこととしていたが、河床掘削により沿川に存在する播州織の工場が利用している井戸の水位低下が懸念された。

そのため、地下水位を回復する目的で環境水路を計画し、当箇所に帯工を設置した。

帯工直上流には有孔管が埋設されており、河川水を環境水路に引き込む構造となっている。



写真-1 平成30年災 被災状況写真1

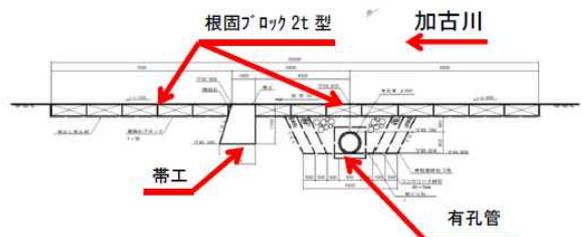


図-2 A-A断面図

3. 災害の概要

(1) 気象の状況

平成30年7月4日～8日にかけて本州に停滞した梅雨前線の影響により、兵庫県を含む11府県に対して大雨特別警報が発表され、西日本の広い範囲で河川氾濫や土砂災害が発生した。

当箇所では、直近の観測所（県西脇観測所）で7月4～8日の累計で401mmの降雨を記録し、被災箇所で最高56.10mと計画高水位56.964mに迫る河川水位を記録した。

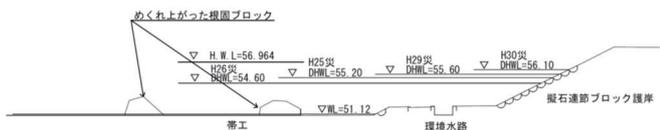


図-3 被災水位（帯工設置箇所）

(2) 今回の被災状況

5日間にわたる河川水位上昇の結果、当箇所で下記被害が発生した。

- ① 帯工上流根固めブロックのめくれ上がり（写真-2）
- ② 左岸側護岸の背面侵食・欠壊（写真-3）



写真-2 平成30年災 被災状況写真2



写真-3 平成30年災 被災状況写真3

(3) 繰り返された災害

当箇所では平成20年度の整備以来、今回の被災を含め過去に4回にわたり河川災害が繰り返され、かつ、下記のとおり今回と同様の被災を受けている。

- ① 平成25年災及び平成26年災（増波）：
 - a) 帯工根固めブロックのめくれ上がり
 - b) 帯工直下の中抜け
- ② 平成29年災：
 - a) 左岸側護岸の背面侵食・欠壊

特に、平成29年災の復旧工事竣工後、1年以内に被災（未満災）したことから、国土交通省との査定前事前打合せに向けた説明資料作成作業の中で、「これまでの被災も含めた被災原因の検証」及び「被災原因を除去するための工法の選定」を行うこととした。



写真-4 平成25年災及び平成26年災（増波） 被災状況写真



写真-5 平成29年災 被災状況写真

4. 被災原因の検証と除去（工法選定）

(1) 帯工上流根固めブロックのめくれ上がりの原因

平成30年災について、被災後の河川縦断を確認したところ、帯工直下流で河床低下が発生し、落差が生じていることが確認できた。



図-4 平成30年災 被災後河川縦断図

落差が生じたことにより、流速の増加が想定されたことから、落差発生地点前後で不等流計算を行うことによ

り落差地点での限界流速を算出し、その限界流速から必要となる上流側根固めブロックの重量を算定した。

算定の結果、必要重量は5.6tとなり、現状の根固めブロック2t型では重量不足であることが判明した。

なお、今回の被災を受け、平成25・26年災の被災後河川縦断を再度確認したところ、平成30年災と同様に帯工直下流で河床低下が発生し、落差が生じていることが確認できた。

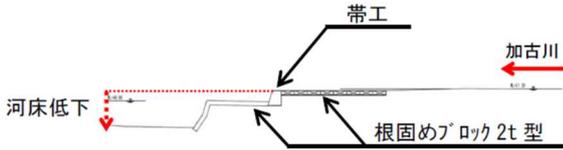


図-5 平成25・26年災 被災後河川縦断図

(2) 帯工上流根固めブロックのめくれ上がりの対策 (河床低下に対する対策)

平成25・26年災では、落差発生による流速増加を想定せず、復旧に当たっては埋戻し下流端に土砂止め用の根固めブロックと矢板を設置することにより、下流側の河床変動を押さえることを期待したが、変動を押さえることはできず、再度、帯工直下流で河床低下が発生し、落差が生じてしまった。



図-6 平成25・26年災 復旧平面図

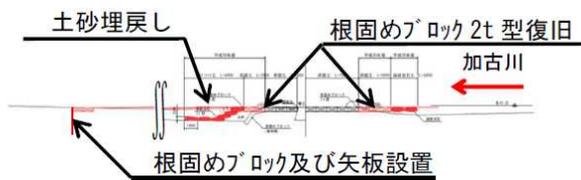


図-7 平成25・26年災 復旧河川縦断図

ところで、設計便覧(案)第2編 河川編¹⁾や床止めの構造設計手引き²⁾では、「河道の状態が経年的に変化することや、将来的な河道計画の見直し等を考慮すると、帯工は簡易的な構造とし、河床変動の状況に応じて改修していくことが合理的と考えられる。」「将来河床低下が発生し、帯工下流で落差が発生する場合は、そのときに落差に改築すればよく、帯工は仮設的なものとするべき」

との記載がある。

また、平成30年災害手帳³⁾では、河床変動の除去が技術的に困難で、原形復旧不可能な場合は、落差工(床固工)を新設し、従前の効用を回復することが認められている。

表-1 災害復旧事業の範囲

要綱	被害箇所状況等	対象工程	復旧工法	原形復旧が不適当であること的主旨	復旧工法の採択限度
第2-1	原形復旧	公共土木施設の被災	全工程	◎被災前の位置に(被災施設と形状、寸法及び材質の等しい施設に復旧する工事)	-
第2-2(一)	原形復旧不可能(原形の判定が可能な場合)	河川、海浜、農用道路、砂防、地すべり、急傾斜地、橋梁、下水道、公園	◎被災前の位置に(形状寸法の変更、材質の改良、根固工、水制工、床止工、突堤工、排水工、消波工、擁壁工、法面保護工等の新設)	技術的に不可能	従前の効用を回復
第3-1(一)	原形復旧とみなす困難	河床変動、海岸でい線の移動、地形地盤の変動、被災施設の除去が困難	◎位置法線の変更、形状寸法の変更、材質の改良、根固工、水制工、床止工、突堤工、排水工、消波工、擁壁工、法面保護工等の新設 ◎道路を橋梁、さん道、トンネルとする。	技術的に困難	従前の効用を回復

(注)全工程:河川、海岸、砂防、地すべり、急傾斜地、道路、橋梁、下水道、公園

出典:平成30年災害手帳³⁾

以上のことから、平成30年災からの復旧にあたっては、河床変動により原形復旧不可能と判断し、帯工を落差工に改築することとした。

また、落差を残したまま復旧することから、上流側根固めブロックの規格を2t型から6t型に変更して対応することとした。

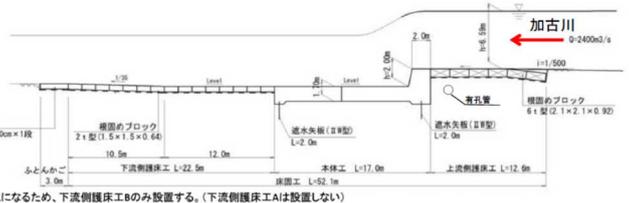


図-8 平成30年災 復旧河川縦断図

(3) 左岸側護岸の背面侵食・欠壊に対する対策

平成29年災では巻止め工の根入れ深さを侵食深より深くすることにより対応したが、平成30年災では前年度以上の侵食が発生し、再度、左岸側低水護岸の背面侵食・欠壊が発生してしまいました。

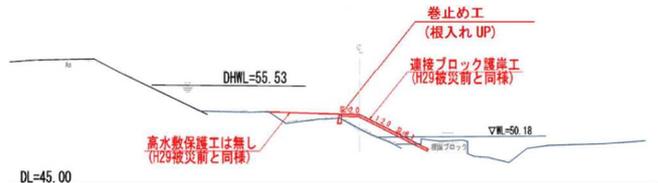


図-9 平成29年災 左岸側護岸復旧横断図

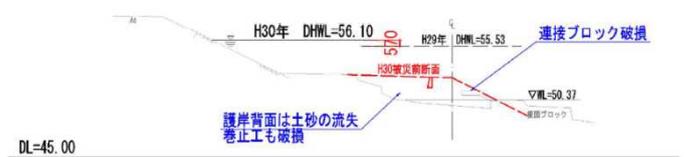


図-10 平成30年災 左岸側護岸被災横断図

復旧にあたっては、落差工に隣接する高水敷全面を張りブロックで覆うことにより、低水護岸の背面侵食、欠壊に対応することとした。

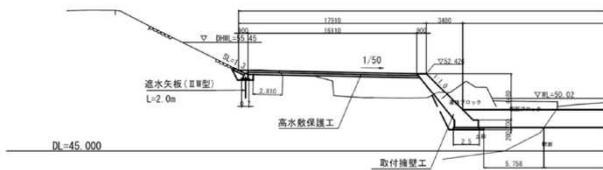


図-11 平成30年災 左岸側護岸復旧横断面図

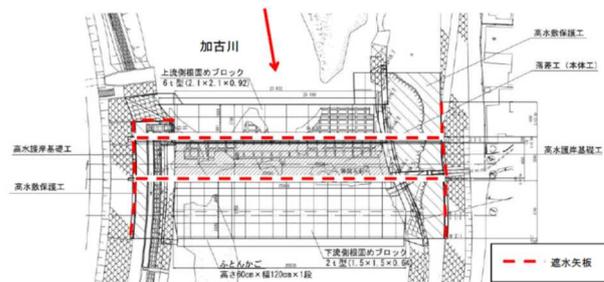


図-15 平成30年災 復旧平面図

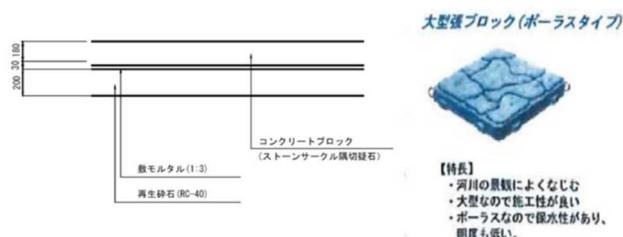


図-12 高水敷保護工断面図

(4) 落差工の中抜け及び堤防保護に対する対策

平成25・26年災では根固めブロックめくれ上がりにより、脆弱である有孔管理設箇所付近の土砂が洗掘を受け、河川中心部の帯工直下で中抜けが発生した。

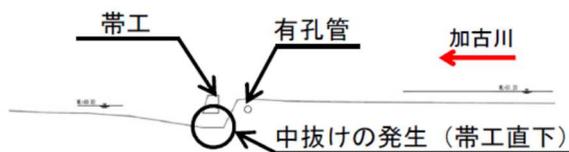


図-13 平成25・26年災 被災後河川縦断面図(河川中心部)

また、平成30年災では、根固めブロック等に隠れて直接は確認できなかったが、帯工根固め工の洗掘、及び上流側ブロックのめくれ上がり状況(上流端よりめくれ上がっている)より、中抜けが発生している疑いがあった。

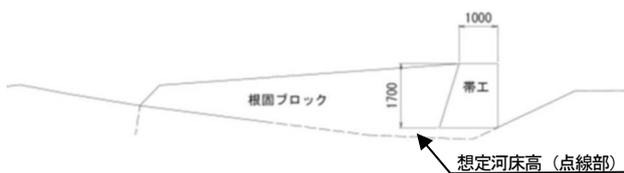


図-14 平成30年災 被災後河川縦断面図

そこで、復旧にあたっては、帯工直下での中抜け防止、及び高水敷上の洪水による堤防破壊を防ぐため、落差工本体直下と高水基礎直下に遮水矢板を設置することにより対応することとした。

5. 災害査定とその結果

前章「4. 被災原因の検証と除去(工法選定)」で検討した被災原因の検証と除去方法(工法選定)について、平成30年8月24日実施の国土交通省との事前打合せで説明し、提案通りの工法で行うことが認められた。

6. おわりに

平成25・26年災及び平成29年災では、あくまで原形復旧しようとした結果、河床低下や護岸の背面侵食・欠壊が再度発生してしまった。

今回も含めた過去4回の被災、復旧工事から得られた教訓として下記のことがあげられる。

- ① 河床は動く(時とともに変化してゆく)ことを前提とした復旧工法の選定
- ② 根本的な被災原因追求と被災原因を除去する復旧工法の選定

また、今回の査定では、本来検討すべき「落差工形式の選定」、「魚道の設定」、「地質調査による遮水工法の選定」が時間の関係でできなかった。

私が担当するのは査定までで、今後の実施設計、工事は事務所の河川担当課が行うことになるが、査定で検討できなかった上記の点を補足して実施設計、工事が進み、同様の災害で再度被災することのない強靱な河川施設が復旧することを祈念して、本論文を終了する。

謝辞: 本論文の作成・とりまとめにあたり、ご指導・ご協力いただいた県庁河川整備課及び県加東土木事務所の方々、設計コンサルタントの方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 近畿地方整備局：設計便覧(案)第2編 河川編 平成24年4月
- 2) (財)国土技術研究センター：床止めの構造設計手引き 平成10年12月
- 3) (一社)全日本建設技術協会：平成30年災害手帳 平成30年7月

水防体制支援システムについて

鈴木 瑛士¹

¹近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 調査課 (〒646-0003和歌山県田辺市中万呂142)

近年、集中豪雨や台風の大規模化による大雨で、河川の水位上昇が急激であり、河川管理において切迫した状況が多くなってきた。紀南河川国道事務所では切迫した状況下における防災業務において、情報を時系列的にとりまとめ、全職員が一目で状況を理解しやすく、また、扱いやすいシステムとした「水防体制支援システム」を導入している。

この水防体制支援システムは、入力がシンプルであるため、情報が錯綜した状況下においても、誰でも、すぐに使えテキストで自由入力出来る。本発表は、このシステムを通じて水防体制時の職員の負担軽減・状況把握に寄与できることからシステム紹介を行うものである。

キーワード 水防体制支援システム、熊野川タイムライン、クロノロ、時系列

1. はじめに

(1)熊野川の概要

熊野川は、その源を奈良県吉野郡天川村の山上ヶ岳に発し、途中で北山川と合流し、熊野灘に注ぐ流域面積2,360km²、幹線流路延長183kmの一級河川である(図-1)。紀南河川国道事務所では、図-2のように熊野川本川は河口から5km、支川市田川は本川合流点より2km、支川相野谷川は本川合流点より5.7kmを国管理区間として管理している。管理区間の殆どが感潮区間であり、河口までの河床勾配は約1/1000と緩やかになっている。



図-1 熊野川流域図



図-2 熊野川管内図

近年、集中豪雨や台風の大規模化による大雨で、河川の水位上昇が急激であり、河川管理における切迫した状況が多くなってきた。熊野川では平成23年台風第12号により、基準地点(相賀)において河川整備基本方針の計画規模1/100 (19,000m³/s) を大きく超える約24,000m³/sの洪水がおり、国管理区間沿川で約3,000戸の家屋浸水が発生した(写真-1)。また、平成29年台風第21号により、市田川流域では観測史上最大となる累積雨量893.5mmを記録し、家屋浸水が1,000戸を超える大規模な内水被害が発生した(写真-2)。このように計画規模を超える流量や観測史上最大の降雨など、出水の規模が大きくなってきており、近年の気候変動から今後も同様の大規模洪水が起きる可能性が高いと考えられる。一方で、河川管理者は、水防体制時には限られた人数での対応を求められており、長時間の待機や各管理施設の操作指示、各種水防関係情報の発令、関係自治体への情報配信など多くの作業量を抱えているのが実状である。この切迫した水防体制時に、限られた人員で効率的に、状況を正しく把握し、リアルタイムで情報共有することを目的に構築した本システムを紹介をする。



写真-1 H23T12号時



写真-2 H29T21号時

(2)近年の出水傾向および発表背景について

2. 水防体制支援システムについて

(1)システム導入の経緯

事前防災行動計画は、あらかじめ各防災担当者が「いつ・誰が・何を行うか」を明確にしておき、台風到達前に確実に実行するものである。紀南河川国道事務所ではシステム導入以前は、事務所職員が事務所共有ファイルに保存されたエクセル様式を用い、事前に作成した水防体制前対応リストに、各担当毎の行動項目を個人チェックで行っていた。この場合、各担当の行動を取りまとめ、共有する作業が発生し、災害対応が逼迫した状況下では進捗状況の共有が難しいこと、作成者の負担が大きく、手間がかかり効率的ではないことから、水防体制支援システムが開発導入された。

(2)旧システムについて

システム自体は平成26年に開発された(図-3)。開発当初のシステムは、タイムラインの定型業務として定義された「行動」を、班ごと・状況レベルごとに明示し、実施した行動を記録するものとして構築された。旧システムは、入力項目が多かったため操作方法が分かりづらく、入力が追いつかない状況であり、河川管理者を支援するシステムとしては成り立っていなかった。



図-3 開発当初画面

(3)現行システムについて

旧システムでは、迅速な対応が行いづらかったため、最小限の作業量で且つ分かりやすい操作方法と表示を念頭に改良がされた。改良された現行システムでは、タイムラインの定型業務として定義された「行動」を記録する点は変わっていないが、入力項目を厳選し、操作を単純化することに主眼を置くものとし、熊野川タイムライン機能とクロノロ機能の2つを有するものとした。熊野川タイムライン(図-4)は、以前事務所職員がエクセル様式で作成していた水防体制前対応リストを、各担当の行動項目を予め作成しておくことで自動作成する機能で

あり、新宮市や紀宝町で行っているタイムラインと連携して管理することができる。クロノロ機能(図-5)は、時系列的に行動項目を記載できる機能であり、イントラ掲示板化したことで事務所職員、出張所職員を問わず複数のユーザーが同時に登録、閲覧が可能である点が特徴である。また、電子化することで追記が容易であることから対応状況の流れが時系列で分かりやすく、入力結果は、システム上で確認できるため、電話等の情報共有面で時間短縮が図られる。入力時はユーザー選択機能があり登録者が自動反映されるため入力する項目は時刻とテキストで自由入力できる内容の2点のみであるなど操作方法が簡略化されている。入力作業を簡略化していることで、他事務所や本局からの応援職員でも作業に迷うことなく、状況が把握しやすい。また、システム内で登録した内容のテキスト形式での出力も可能である。

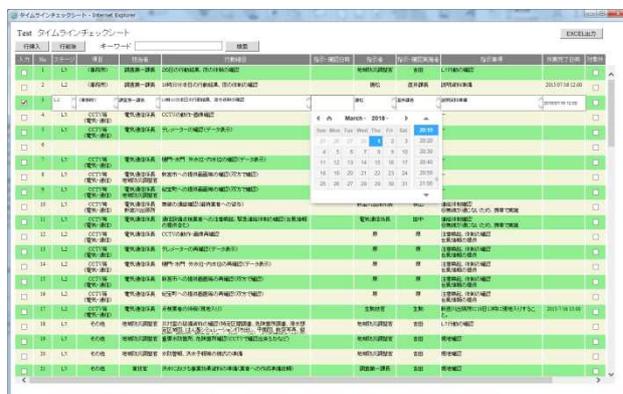


図-4 熊野川タイムライン画面

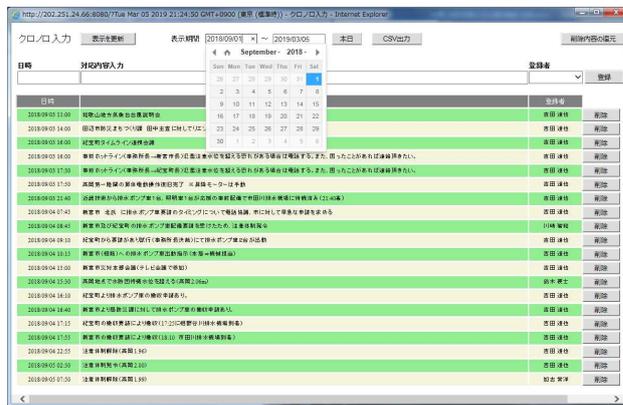


図-5 クロノロ機能入力画面

3. システムの操作方法について

(1) 操作手順

a)熊野川タイムライン

基本的には、あらかじめ設定登録した熊野川タイムラインの行動項目に沿って各担当者が連絡・調整を実施し、確認した日時を入力反映させる。水防対応後に、反省会

を通して、タイムライン行動項目の加除修正を行い、次出水に向けて編集管理していく。データの蓄積を行っていくことで、反省点を次に繋げるものとして残すことができる。

b)クロノロ機能

クロノロ機能についても熊野川タイムラインと同様にあらかじめ登録したユーザー名を選択をすることで入力者が自動反映され、複数名で入力しても時系列で整理される。登録内容は、時刻と自由入力できる内容の2点のみである。

(2) 操作方法

a)熊野川タイムライン

図-6に示すシステムトップ画面の管理用ボタンから、図-7の雛形をダウンロードし、修正後アップロードを行う。雛形は、出水前に各担当が行う行動項目を一覧にしたものである。内容は、項目・担当者・行動細目・指示者・指示事項・確認者を設定登録する。チェックシートを新規作成後、熊野川タイムラインを開くと図-4の画面に飛び、行動項目のチェックを記載していく。チェックする内容は、指示確認日時・作業確認日時である。

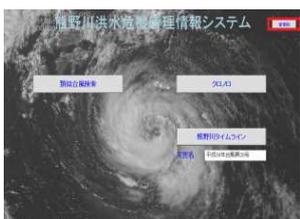


図-6 システムトップ画面



図-7 管理メニュー画面

b)クロノロ機能

クロノロ機能は、入力内容に決まりはなくテキストで自由入力できる(図-5)。削除機能もあるため一時登録も可能である。ユーザーの登録からエクセルファイルを出し、エクセルにユーザーリスト記入する。記入後、アップロードしておく、登録者が自動入力される(図-8)。クロノロ機能はタイムラインとは異なり事後に行動内容を記載するものである。

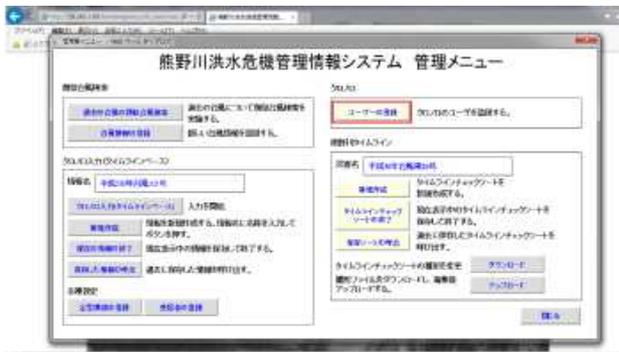


図-8 管理メニュー画面2

4. 自治体タイムラインとの連携について

(1) 三重県紀宝町のタイムラインについて

三重県紀宝町では、過去から度重なる浸水被害に見舞われている。紀南河川国道事務所と連携し、平成26年度より事前防災行動計画(タイムライン)を導入し、地域の防災力向上に努めている。昨年度は紀宝町鮎田地区でコミュニティタイムラインを導入しており、前年度の近畿地方整備局研究発表会¹⁾で発表している。紀宝町で実施しているタイムラインは、地区レベルで詳細に作成されているコミュニティタイムライン(鮎田地区)と多機関連携型のタイムラインを作成している。この多機関連携型タイムラインに紀南河川国道事務所も関わっており、熊野川タイムラインの行動項目として、テレビ会議の準備・テレビ会議による情報提供や樋門や水門の操作員への指示を行っている。

(2)和歌山県新宮市のタイムラインについて

和歌山県新宮市が取り組んでいるタイムラインは避難情報の提供に重点をおいたものである。自治体と気象庁、紀南河川国道事務所等の機関と連携し、どのタイミングにどの機関と連絡を取るのか定めている。

(3)熊野川タイムライン模擬演習について

平成30年7月には、システムの利用促進を図るため熊野川タイムライン模擬演習を行った。これは、出水が予想される場合に下流自治体(紀宝町・新宮市)と紀南河川国道事務所が情報の共有を図る場である熊野川タイムラインの模擬演習である。自治体への情報提供についてフォーカスし、河川管理者として自治体の避難判断に繋がる情報を的確に伝えることを念頭に行った。この演習を通して、熊野川タイムラインにおける情報提供の重要性を理解し、自治体がタイムラインを進めていく上でどのような情報を必要としているか各人が考える機会となった。

5. 現行システム導入後の水防対応について

(1) 熊野川タイムライン

台風などの「進行型災害」では、雨量予測や進路予測等を通して、事前に起こり得る状況を想定し、関係機関との準備が重要である。熊野川タイムラインは、台風など出水が予想される3~4日前を目安に始動する。システム導入後は、この事前準備に関して、熊野川沿川自治体と3~4日前に情報共有を行い、繰り返し最新の情報を提供することで情報が密になり、スムーズな情報提供が

行え、自治体との連携が強化された。また、水防体制前対応リストにより自身の行動項目を把握することで、出水に備える体制が確保されるようになった。また、情報が共有されているため、行動項目の実施漏れ等をカバーすることが可能となった。加えて、出水前に流量観測業者や航空写真撮影業者の体制や緊急連絡先を確認し、事前準備や情報共有を行うことで洪水に関するデータ収集のタイミングを逃さず、精度向上が図られた。その実績として平成30年度熊野川流量観測業務では高水流量観測において実測水位がテレメータ値と遜色ないピーク水位を観測することができた。本システムを導入してからは、行動項目の確認を少ない作業量で把握できることで、余裕を持って水防対応に臨むことができるようになり、水防体制時の効率が上がる結果となった。

(2) クロノロ機能

クロノロ機能の導入後は、内部での電話等による状況確認の時間が減り、関係機関との連絡や情報の収集にあてる時間が確保された。体制始動時からいない場合でもシステムを確認すれば、状況が把握できるようになり、人員の交代もスムーズに行える。また、応援要員でも状況把握が可能であり、外部機関とのやり取りの中でも状況の詳細を説明することが可能である。写真-3、写真-4は、クロノロ機能に記載した内容を書き出している。書き出し時にその場にいる職員への周知を図り、システムにも登録を行う。また、現時点でシステムを閲覧できない道路関係の職員等にも状況の周知を図っている。

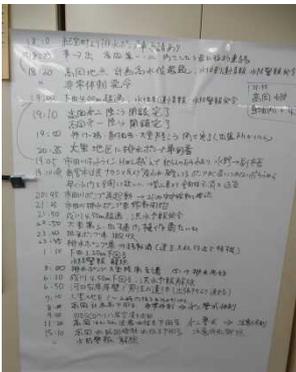


写真-3 クロノロ書き出し1

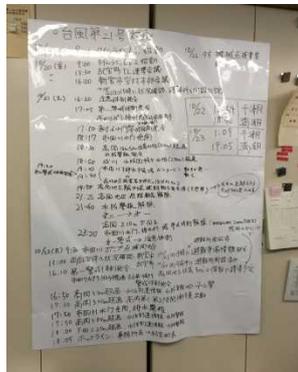


写真-4クロノロ書き出し2

6. 今後について

(1)自治体への情報提供に関する課題の解決方法

自治体へ台風等に関する危険性や事務所体制等の説明をスムーズに実施できるように、解説マニュアルを整理し分かりやすい自治体向け説明資料の出力機能を水防体制支援システムに付加する。

(2)水防体制支援システムの発展

水防体制支援システムの各種機能について、河川管理者がより使い易くなるように、実洪水を通じて操作実態を検証し、継続的に改良を実施する。今後の対応にあたっては、単純に機能を付加することは容易であるが、システムを肥大化させることを避け、対応に熟練した職員が真に必要な情報を厳選し、如何に操作を簡略化させるかが重要である。そのため、日常から自治体や气象台、地区住民などとのコミュニケーションを通じて、河川管理者が確認し、発信すべき情報について意識した上で、改善を継続することが肝要である。また、所内での道路職員を含めた共有者を広げ、紀南地方・熊野川での水防体制状況について、事務所全体で効率的に状況把握していけるようにする。

参考文献

- 1) 川嶋：三重県紀宝町におけるコミュニティタイムライン策定に向けた取り組みについて、平成30年度近畿地方整備局管内技術論文、一般部門（安全・安心）Ⅱ：No. 37

紀伊山地における深層崩壊発生規模の 推定に関する調査

田中 健貴¹

¹大規模土砂災害対策技術センター (〒649-5332 和歌山県東牟婁郡那智勝浦町市野々3027-6)

深層崩壊は発生頻度は小さいが、発生した場合には甚大な被害をもたらす。深層崩壊による被害を防ぐあるいは軽減するためには、ハード対策とソフト対策が必要であるが、いずれの場合も対象とする深層崩壊の発生規模の推定が重要である。しかし、深層崩壊の崩壊規模を事前に推定する手法は確立されていない。そこで本研究では、近年活用事例が多く報告されている空中電磁探査ならびに弾性波探査を活用し、深層崩壊の崩壊深度を推定した。その結果、空中電磁探査ならびに弾性波探査から推定される岩盤内部の情報は実際のボーリング調査の結果と整合的であり、深層崩壊の崩壊深度を推定する手法として有効であることが示唆された。

キーワード 深層崩壊、重力変形斜面、空中電磁探査、弾性波探査

1. はじめに

2011年台風12号によって紀伊山地では深層崩壊と呼ばれる大規模な斜面崩壊が多発した¹⁾。深層崩壊は、発生頻度は小さいが、崩壊した土砂の直撃、崩壊土砂の土石流化、崩壊土砂による河道閉塞(天然ダム)の形成および決壊、といった甚大な被害を流域に与える。さらに深層崩壊は一度に大量の土砂を生産するため、生産された土砂は長期間流域内に滞留し、再移動を続ける。このことは深層崩壊によって生産された土砂が長期間にわたって河床上昇といった影響を与えることを示唆する。

深層崩壊による被害を軽減または防止、そして生産される大量の土砂の影響を可能な限り低減するためには砂防堰堤等のハード対策ならびに警戒避難情報の発令や早期避難の促進といったソフト対策の両方が必要である²⁾。また生産される大量の土砂の影響を可能な限り低減するためにはハード対策が必要である。ここで特にハード対策を行うにあたっては、事前に深層崩壊の規模を推定する必要がある。これは、建設する砂防堰堤の規模や基数を検討するためである。

これまで深層崩壊の規模の推定は、対象とする地域で過去に発生した深層崩壊跡地の規模を参考とする方法が提案されている³⁾。この方法では崩壊土砂量はGuzzettiの式³⁾(式(1))で算出されることが多い。

$$V=0.074 A_L^{1.45} \dots (1)$$

ここで、 V は崩壊土砂量[m³]、 A_L は崩壊面積[m²]である。しかし、深層崩壊は崩壊深度が大きいため、式(1)に



図-1 2011年台風12号による深層崩壊(赤谷地区)
幅:460m 高さ:600m 長さ:850m
崩壊土砂量:約11378000m³

よる近似から外れる場合があることも指摘されている⁴⁾。また深層崩壊が発生するおそれのある斜面を抽出するにあたっては、深層崩壊の前兆とされる重力変形斜面を抽出する機会が多いが、このような斜面では、実際に崩壊が発生しているわけでは無いため、従来の崩壊面積から崩壊土砂量を推定する方法では崩壊規模が推定できない。

近年、空中電磁探査による広域での地下の岩盤風化状況の調査が行われている。また弾性波探査ではある程度限定的な範囲において崩壊が発生するおそれのあるゆるみ域を抽出することが可能と考えられる⁵⁾⁶⁾。そこで、

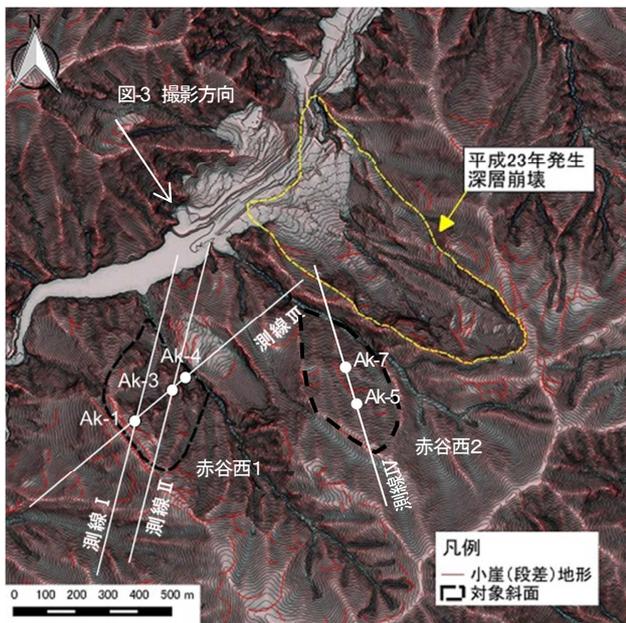


図2 ボーリング箇所と比抵抗断面の測線



図3 調査地周辺の概況

本稿では、これらの方法から重力変形斜面で深層崩壊が発生した場合の崩壊規模、つまり崩壊深度を推定する方法について考察する。

2. 調査地

調査地は、2011年台風12号によって深層崩壊が発生した地区の1つである赤谷地区近傍に位置する重力変形斜面である(図2, 図3)。斜面上方には、重力変形によると考えられる幅約10mの線状凹地が見られる(図4)。当該斜面を含む調査地は、主に付加体である四万十帯から構成され、頁岩や砂岩、泥岩等の互層構造が発達している。

当該斜面では、これまでボーリング調査によって地質調査を実施している。

3. 調査方法

深層崩壊の崩壊規模の推定にあたっては、重力変形地形が認められる2斜面(赤谷西1, 赤谷西2)について空

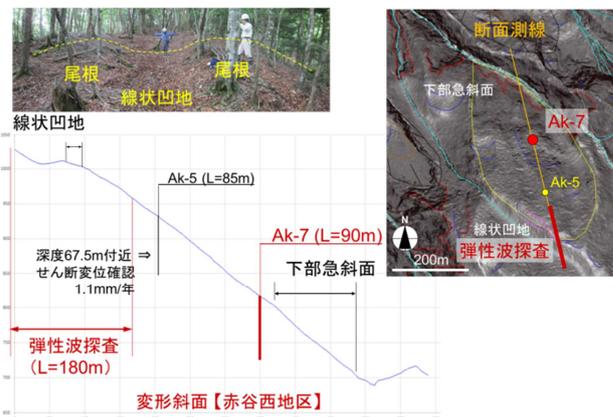


図4 弾性波探査場所

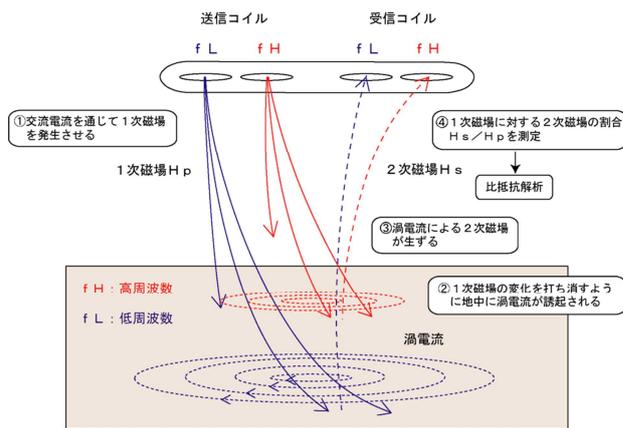


図5 空中電磁探査の観測原理

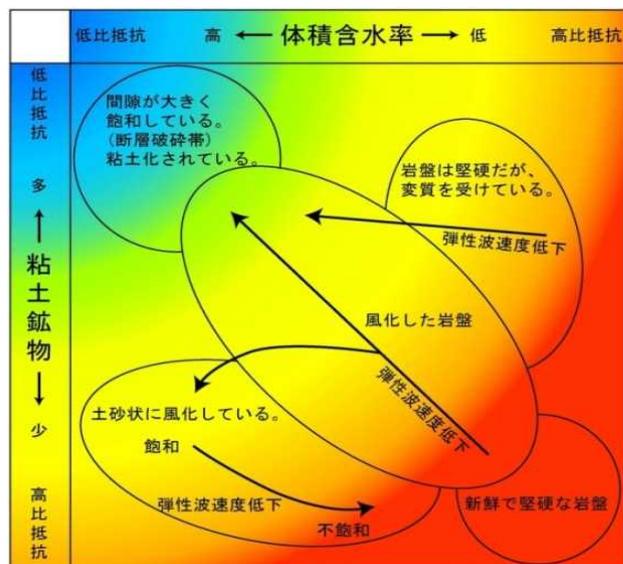


図6 体積含水率・粘土鉱物と比抵抗の関係

中電磁探査を、赤谷西2について弾性波探査で実施し、崩壊深度の推定を試みた。

空中電磁探査は電磁誘導を利用することによって、地質分布や構造の状況を調べる方法の一種である⁷⁾(図5)。実際には電磁センサーによって地中の電磁場応答を測定して、比抵抗3次元構造を把握する。比抵抗は、主に単位体積当たりの含水量と粘土の含有量によって決まる物性値であり⁸⁾、空隙率が大きく地下水で飽和した

地質ほど、あるいは粘土を多く含む地質ほど比抵抗は低い。一方、新鮮で間隙が少なく、また間隙率が大きくても地下水が不飽和な地質ほど高比抵抗となる(図-6)。これらのことから、比抵抗の分布から、深層崩壊発生に関連する基岩の風化の度合いや地下水の分布を把握できると考えられる。比抵抗の分析は平面的あるいは縦断的な比抵抗の変化について行うことが一般的であり、本稿では見掛け比抵抗による方法を用いる。ここで、見掛け比抵抗の断面図では、比抵抗の相対的な変化に着目することが一般的である⁹⁾。

弾性波探査は実際に地盤を伝搬する弾性波の速度を測定することで、地盤構造を調べる手法である。本稿では、地表に配置した起震点から地下で屈折し受信点まで弾性波が到達する速度を測定し、地下の速度構造モデルを求める屈折法とトモグラフィ解析で算出された結果と、孔内速度検層の結果を用いた。地盤の速度構造は、岩種と固結度、間隙や亀裂の状態に左右される物性値で、密実な岩盤ほど弾性波速度は速く、ゆるみが生じた岩盤ほど速度は遅い。そのため、弾性波速度からも深層崩壊発生に関連する基岩の風化やゆるみの度合いが把握できる。

4. 結果

(1) 空中電磁探査による岩盤風化状況の推定

赤谷西1斜面における比抵抗分布とボーリング調査結果の対比を図-7に示す。

赤谷西1斜面は地表より深度30m付近まで高比抵抗、深度30m~60m付近で低比抵抗、深度60m以深では相対的に高比抵抗を示す3層構造が見られた。一方、ボーリング調査の結果からは、Ak-1では浅部は比較的風化が進み、亀裂が確認された。深度51m周辺に泥質岩が見られ、スメクタイトの形成が確認された。さらにほぼ同じ深度に地下水の流入が見られた。Ak-3では低比抵抗

帯に位置する深度42m周辺に開口亀裂やせん断破壊が生じている泥質岩とスメクタイトの形成が、深度75m周辺で地下水帯が見られた。Ak-4では深度33m周辺から砂岩優勢層から泥質岩への変化および地下水帯が見られ、深度33mよりも深い部分では、破碎が進んでいない棒状コアが得られた。

赤谷西2斜面は地表より深度35m付近まで高比抵抗、深度35~60m付近まで低比抵抗、深度60m以深では相対的に高比抵抗を示す3層構造が見られた。ボーリング調査の結果からは、Ak-5では地表から深度62m付近までは亀裂の開口と風化が認められ、深度62~68m付近に砂岩中の破碎帯と地下水の流入が認められた。特に、深度67.75mまでは特徴的な破碎と開口亀裂が分布しており、別途行っている孔内傾斜計による観測では、1.1mm/年程度のせん断性の地中変位が確認される。Ak-7孔では地表から深度47m付近まで亀裂の開口と風化、局所的な破碎が見られ、深度47~54m付近に破碎帯と地下水の流入が認められた。また破碎度区分による評価の結果、深度54.3mまでは、斜面の重力変形を示唆するCr2からCr4が認められた。破碎帯には粘土が含まれ、コアも相対的に低比抵抗であった。それぞれ破碎帯より深い深度では、概ね亀裂が少ない新鮮な地盤状況が確認された(図-8)。

(2) 弾性波探査によるゆるみ域の推定

赤谷西2での弾性波探査では、重力変形地形を境に、P波速度1.0km/sの層が厚さ10mから30mまで深くなる変化が確認された。また、Ak-7孔では、地表から深度54m付近までは1.7~2.1km/s、それ以深は3.2~3.8km/sと明瞭なP波速度の変化が確認され、線状凹地を挟んだ弾性波探査の結果から考えられるゆるみ域が、斜面の中腹から末端にかけて深くなる傾向があることが分かった。

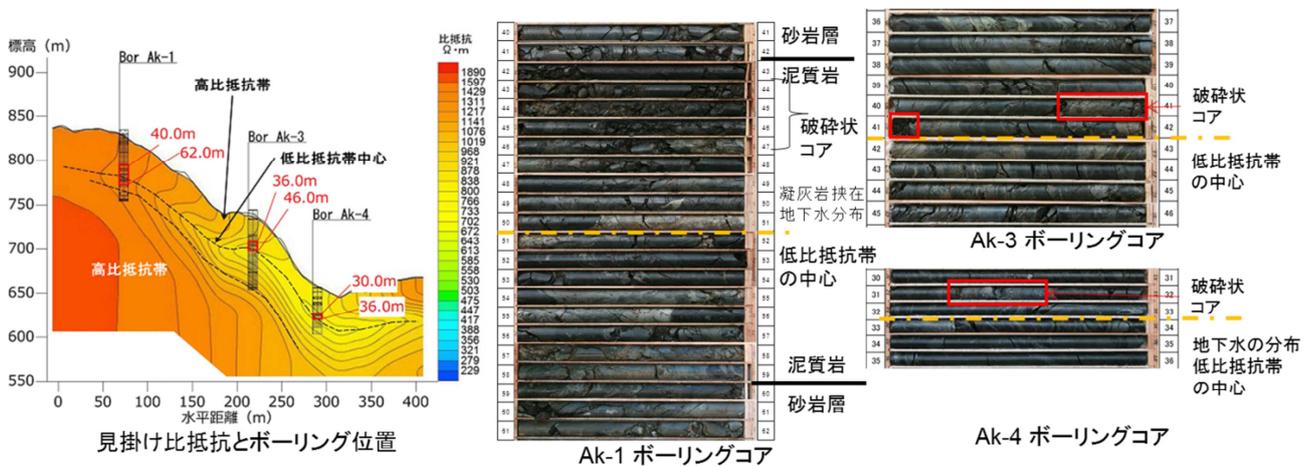


図-7 見掛けの比抵抗とボーリング調査結果の対比

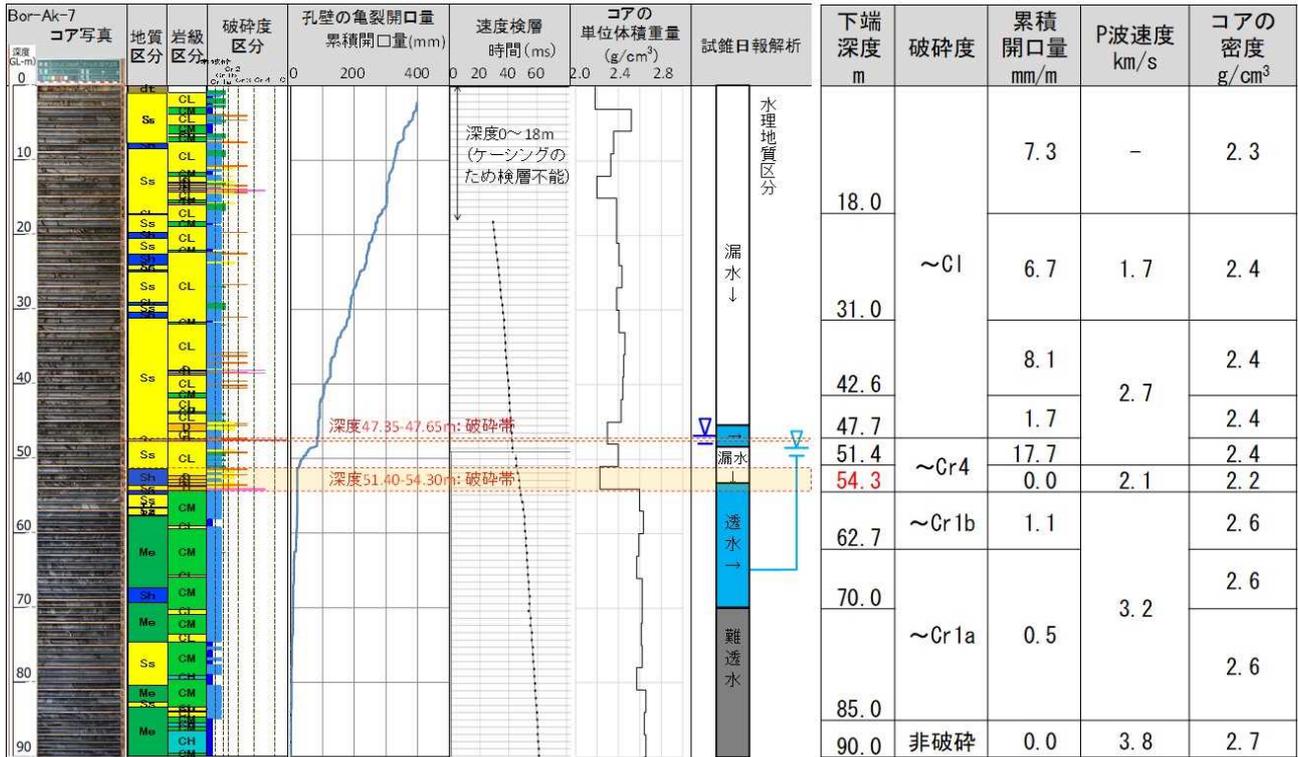
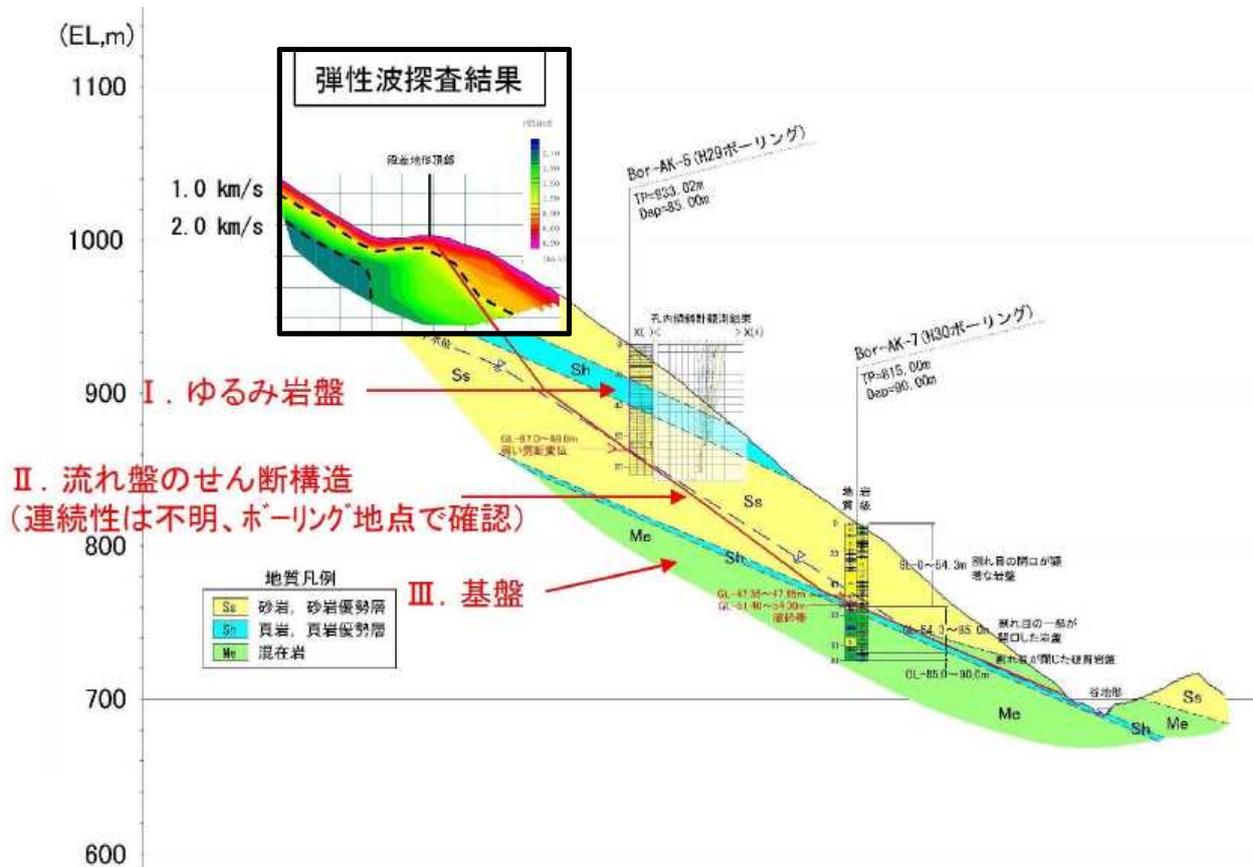


図8 Ak-7におけるボーリング調査結果

深度54.3mを境界に、破碎度区分ではそれよりも上部で~Cr4、下部で~Cr1bと評価した。また1mあたりの開口量は上部で1.7~17.7m, 下部で0.0~1.1mmを、P波速度では上部で1.7~2.7km/s, 下部で3.2~3.8km/sを示した。



赤谷西2 想定地質断面図

図9 弾性波探査調査結果 四角で囲われた範囲を図10に示す

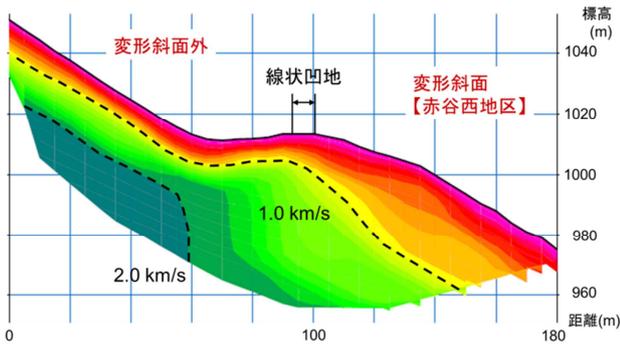


図-10 弾性波探査結果

重力変形による微地形（線状凹地）を境界にP波速度の構造が変化している

5. 考察

空中電磁探査による結果とボーリング調査による結果の対比から、高比抵抗に挟まれた低比抵抗領域には風化の進んだ泥岩や破碎帯、地下水帯が存在する場合があった。泥岩は水分を含んで風化する特徴がある。このことから、高比抵抗に挟まれた低比抵抗領域は水分を含み風化が進んだ泥岩や破碎帯を表現し、地下水が存在することから、この部分をすべり面とした崩壊が発生する可能性を示唆していると考えられる。また斜面の浅部に見られた高比抵抗は風化が進み、亀裂の開口が発達した岩盤を、対照的に深部に位置する高比抵抗は風化、亀裂の開口が少ない新鮮な岩盤であることを示唆すると考えられる。

以上から、高比抵抗に挟まれた低比抵抗領域をすべり面として、浅部の高比抵抗領域が崩壊する可能性が比抵抗分布の分析から推定される。

弾性波探査からは、重力変形地形が認められる領域では、P波速度の遅い風化帯もしくはゆるみ域が周辺に比べ深くまで分布していることが確認されている。このことは、地形から推察される重力変形領域内のゆるみ域とそれ以外の部分の境界を、弾性波探査で捉えていることを示唆する。また速度検層でも、亀裂の開口や破碎が認められる部分とそれ以深の密実な岩盤との境界を、弾性波速度の境界として捉えている。

以上から、弾性波探査により、重力変形斜面に形成されている崩壊が発生するおそれのあるゆるみ域の平面的な分布と鉛直分布の境界を捉えていると考えられる。

なお、空中電磁探査および弾性波探査が両方実施された赤谷西2斜面Ak-7において結果を比較すると、空中電磁探査によって推定される崩壊深度は高比抵抗領域に挟まれる低比抵抗に位置し、破碎帯と地下水が認められる深度47~53mである。弾性波探査によって推定される崩

壊深度はP波速度が明瞭に変化する深度54m付近である。両調査方法による崩壊深度の推定はおおむね一致しており、調和的であることから、赤谷西2斜面において、現時点の調査で推定される崩壊深度はおおよそ深度50m付近と考えられる。

6. まとめ

空中電磁探査から岩盤の風化状況を推定した結果、比抵抗分布に着目することで、良好に風化領域を推定できることが分かった。一方で、比抵抗は地下水の影響も受けることから、他の方法も組み合わせ、岩盤の風化状況を推定することが望ましい。また弾性波探査については、速度構造の明瞭な変化や分布から、ゆるみ域の境界を推定できることが分かった。一方、弾性波速度は工学的指標として使用されている実績があるものの、元々の岩石の種類などにも影響されることから、評価は密実な岩盤と相対的に行うことが望ましい。以上のことから、空中電磁探査や弾性波探査、またはその他の方法を組み合わせた手法を検討することで、より詳細な調査が可能となるものと考えられる。

参考文献

- 1) 松村和樹ほか：2011年台風12号による紀伊半島で発生した土砂災害、砂防学会誌, Vol.64, No.5, pp.43~53, 2012
- 2) 蒲原潤一・内田太郎：深層崩壊対策技術に関する基本的事項、国土技術政策総合研究所資料 807号
- 3) Guzzetti F, Ardizzone F, Cardinali M, Rossi M, and Valigi D, Landslide volumes and landslide mobilization rates in Umbria, central Italy. Earth Planet. Sci. Lett., Vol. 279, pp. 222-229, 2011
- 4) 磯貝尚弘・森田耕司・石塚忠範・木下篤彦・高原晃宙：2011年台風12号により紀伊山地において発生した深層崩壊の面積と土塊量、平成26年度砂防学会研究発表会概要集, pp.B-276-277, 2011
- 5) 木下篤彦・石塚忠範・高原晃宙・瀬戸秀治・野池耕平・森加代子・水野秀明：深層崩壊の発生する恐れのある斜面抽出技術手法及びリスク評価手法に関する研究、土木研究所資料第4333号, 2016
- 6) 林幸一郎・窪田安打・小松慎二・橋本裕司・菅原寛明・田中健貴・木下篤彦：奈良県赤谷西地区の重力変形斜面におけるゆるみ域の性状と、変形機構の推定, 2019年度砂防学会研究発表会概要集, pp.371-372, 2019
- 7) Sengpiel, K.P. and Siemon, B.: Advanced inversion methods for airborne electromagnetic exploration, Geophysics, Vol.65, No.6, pp.1983-1992, 2000
- 8) 土木学会関西支部 比抵抗高密度探査に基づく地盤評価に関する調査・研究委員会：比抵抗高密度探査に基づく地盤評価, 平成9年度講習・研究検討会テキスト, p.107, 1997

特定天井の耐震改修について

酒井 翔平¹

¹奈良県県土マネジメント部まちづくり推進局県有施設営繕課 (〒630-8501 奈良県奈良市登大路町30)

非構造部材である天井の耐震性能が注目され、近年になって国土交通省告示第771号によりその構造が規定された。特定天井を有するホールの耐震改修は、全国でもまだ例が少ない。奈良県内においても事例は少なく、県有施設においてはまだ例がない。このような中で特定天井改修設計を行う上で、調査職員としてどのように業務を進め、業務を完了させたのかについて論じる。

キーワード 特定天井, 耐震, 工法選定

1. はじめに

奈良県では、平成 19 年に「奈良県耐震改修促進計画」を策定し、新耐震基準適用以前の構造基準で設計・建築された既存建築物に対して整備目標を掲げ、耐震化を促進してきた。このような中、平成 23 年に発生した東北地方太平洋沖地震では、震源から離れた首都圏の音楽ホールで天井の大部分が脱落し（図 1）、講堂や体育館などでは多数の死傷者を発生させる被害があった。天井に関する被害では、新耐震基準が適用された建築物であっても多くの建物で被害があった²。

国ではこのような状況を受け、天井脱落による被害を防止するため「天井脱落対策に係る一連の技術基準告示」（告示第 771 号）が公布された。この中で、脱落によって重大な被害を生じる可能性のある天井として「特定天井」が定義され、新築建築物で「特定天井」に該当する場合には、これらの技術基準に従って脱落防止対策を行うことが義務づけられた（表 1）。そこで本県では、平成 28 年の「奈良県公共施設等総合管理計画」の中で県有建築物において吊り天井などの安全対策を進めることが記載され、天井脱落に対する対策を取り始めている。

特定天井の改修については、まだ県内では事例が少なく、参考にできる資料も少ない。そのような中で昨年度設計を行ったのが橿原市にある社会福祉総合センター本館大ホールの天井改修であり、この天井は表1の各要件に該当する特定天井である。本論文では、先行事例の少ない中、特定天井の改修設計業務の基本設計段階において、調査職員としてどのように業務プロセスを細分化して方針を決定し、工法選定に至ったのかについて述べる。



図1 東北地方太平洋地震時の音楽ホール被害¹⁾

表1 平成25年国交省告示771号による技術基準

特定天井の条件	特定天井の構造的要求
<ul style="list-style-type: none"> 吊り天井である 人が日常的に立ち入る場所である 天井の水平投影面積が200㎡以上 天井部材の単位面積質量が2kgを超える 	<ul style="list-style-type: none"> 吊り材間に斜材を挿入 吊り材は1㎡あたり1本 吊り長さは3m以下とする 天井面に段差を設けない 壁との間にクリアを設ける 天井部材の単位面積質量が20kg以下である

2. 設計対象建築物

本論文の対象とする建築物は奈良県橿原市に存する社会福祉総合センターである。本施設は鉄骨鉄筋コンクリート造地上7階地下1階建ての福祉施設付事務所で、福祉に関わる団体がテナントとして入居しており、障害



図2 センター外観



図3 大ホール内観

者・高齢者の方が多数利用される。図2に本建築物の外観を示す。6階・7階に最大で550人が収容される大ホールがあり、ここでは講演会などが催され、多くの人の利用に供される。大ホールの内観を図3に示しており、天井面の形状は中央部分を平面で、周囲を曲面で構成されている。このような既存天井面の特徴を表した概略断面図を図4に示す。

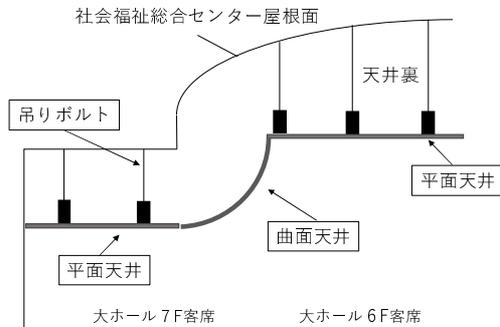


図4 大ホール既存天井概略断面図

図5は大ホールの天井裏の状況である。天井裏の空間は設備ダクトが多数配置されている。さらにキャットウォークが、ホール天井の長手方向を貫いており、天井裏にはあまりスペースがない。この大ホールについて特定天井の構造的な要求に照らすと、吊り材の間に水平変位に抵抗する斜材が配置されていない。よって告示771号を満たしておらず、耐震対策が必要となる。



図5 大ホールの天井裏の状況

3. 工法選定に至るプロセス

奈良県では改修事例の少ない特定天井の耐震改修設計にあたって、調査職員として以下の段階(図6)に分けて業務の進捗状況の管理、工法選定までのプロセスの整理を行った。

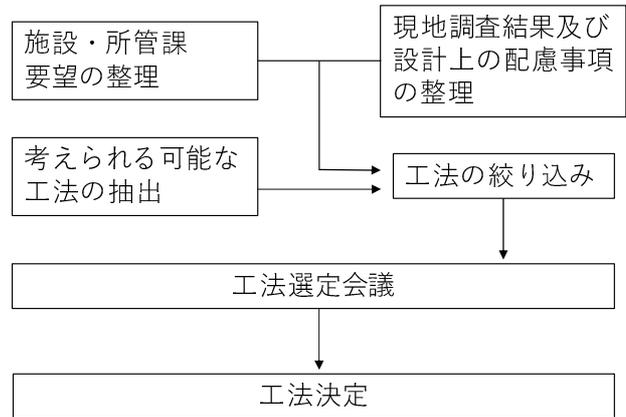


図6 進捗状況管理・工法決定までのプロセス

(1) 施設・所管課要望の整理

社会福祉総合センター及び所管課に対して聞き取った施設利用や運営の観点からの要望を整理する。確認された要望は以下のとおり。

- ・大ホールは普段から多くの方が利用しており、特定天井改修工事に伴うホールの利用停止期間をなるべく短くしてほしい。
- ・今回行う工事によってホールの機能が現在より低下することがないようにしてほしい。
- ・身体の不自由な方が多数利用する施設のため、工事に伴って発生する騒音をなるべく抑えてほしい。

(2) 現地調査結果及び設計上の配慮事項の整理

本段階では、現地調査及び発注者要望をふまえ、設計上の配慮事項を整理する。

- ・天井裏の空間には設備(ダクト)が張り巡らされている。天井改修に連動して設備の改修をする必要がある場合、設備の改修範囲は工期及び工事費に影響するという事。
- ・大ホールの主な利用形態は講演である。天井の改修により既存の天井形態を大きく変更すると、室内の音環境に影響するという事。
- ・天井改修にあたって新規に鉄骨などの構造材を使用すると、使用しない工事に比べて騒音が大きくなるという事。

③考えられる可能な工法の抽出

現場の条件に最も適合するものを選ぶために、改修工法の漏れがないように工法を選択肢を列挙する。ここでは、国交省住宅局監修・一般社団法人建築性能基準推進協会発行の「天井の耐震改修事例集」³⁾の中で挙げられている主な工法を網羅するよう、できるだけ多くの方針を立案した。抽出された案は以下のとおり。

- ①既存の天井を撤去し、新たに通した鉄骨下地にルーバーを設置する。
- ②既存の天井を撤去し、新たに通した鉄骨下地に付属させる膜によって天井面を形成する。
- ③既存の天井を撤去し、平成25年国土交通省告示第771号による耐震天井を新設する。
- ④既存の天井を撤去し、平成28年に上記告示に追加された仕様による隙間無し天井を新設する。
- ⑤既存の天井を撤去し、曲面部は新たに通した鉄骨下地と天井を一体化させて直天井化し、平面部は平成25年国土交通省告示第771号による耐震天井を新設する。
- ⑥既存の天井を撤去し、軽量な天井を新設する。
- ⑦既存の天井を撤去し、新たに通した鉄骨下地と天井を一体化させて全面直天井化する。
- ⑧既存の天井を存置、補強する。

④工法の絞り込み

本段階では、③で列挙した工法を、実現可能性とともに整理する。④平成28年の告示による案は既存の屋根面が曲面であるため、適用できない。また、⑥軽量な

表2 各工法案のメリット・デメリット整理

改修工法案	本現場への適用	設備改修範囲(工期・工事費)	天井形態の維持(音環境の影響)	構造体の使用(騒音)
①ルーバー	○	×	×	×
②膜天井	○	×	×	×
③告示(H25)	○	×	△	△
④告示(H28)	×	○	△	△
⑤告示(H25)と直天井の併用	○	△	○	×
⑥軽量天井	×	×	△	△
⑦直天井	○	○	○	×
⑧既存補強	×	○	○	△

天井を設置する案は、天井懐が深く吊り材が長くなり、吊り材を含めた天井の単位面積質量が2kgを超えるため、適用できない。⑧既存の天井を存置、補強する案は許認可を取得するのに十分に期間が必要であり、現実的でない。このように実現性の整理(本現場への適用の可否)を行ったあと、それぞれの工法について②で整理した配慮事項と突き合わせ、各工法案のメリット・デメリットを整理する。表2は上記内容について整理した表である。この表により本現場に適合する案として、③平成25年の告示による案(図7)、⑤告示による部分と直天井を併用する案(図8)、⑦天井全面を直天井化する案(図9)の3案を抽出した。

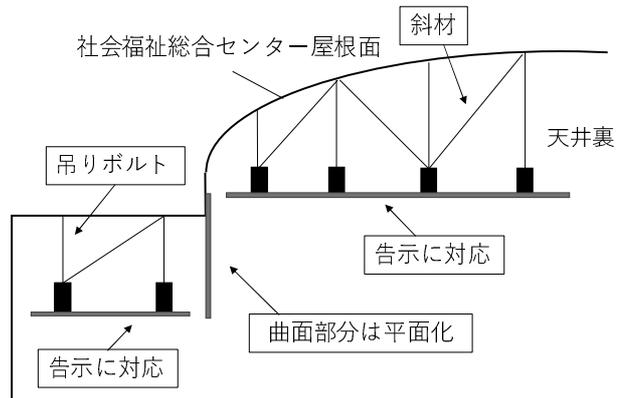


図7 ③平成25年の告示による案

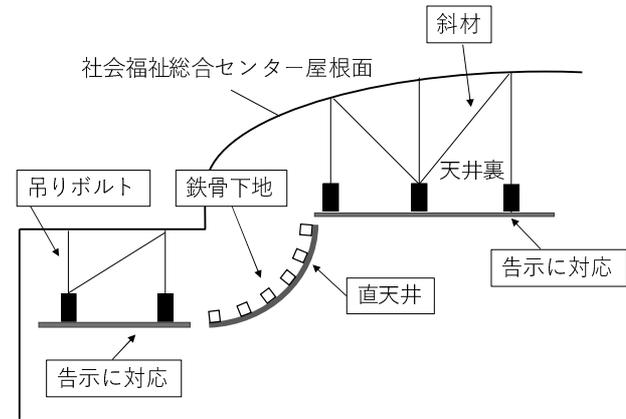


図8 ⑤告示による部分と直天井を併用する案

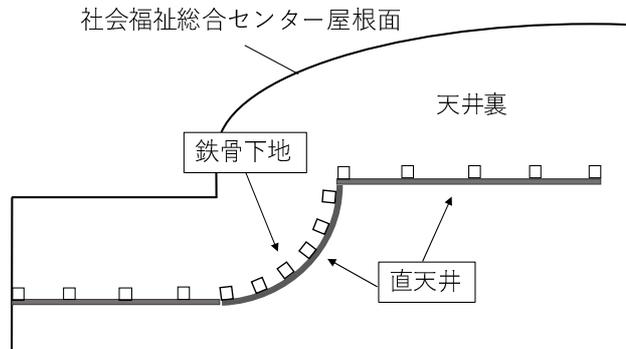


図9 ⑦天井全面を直天井とする案

以下に3案の概要を示す。

③平成25年の告示による案

吊り材の間に斜材を入れる必要がある。既存設備の設置場所を変更する必要があるため、その改修範囲は広くなり、工期は長く、工事費は大きくなる。また、既存の天井形状を維持できないため室内音環境への影響が懸念される。しかし、構造体（鉄骨下地）を使用しないため、他の工法に比べると騒音は小さい。

⑤平成25年の告示による部分と直天井を併用する案

既存の天井形状を維持できるよう、曲面部分に鉄骨下地を配置して直天井化し、平面部分は告示に適合させる案であり、室内音環境への影響は少ない。直天井部分は設備の改修範囲は少なく、その分工期が短縮され、工事費は小さくなる。しかし、発生する騒音は鉄骨下地を使用しない案より大きい。

⑦天井全面を直天井とする案

既存天井形状に沿って通した鉄骨下地と、天井材を一体化する。設備ダクトの直下で鉄骨を組むのでダクトの改修を行う必要がなく、工期は短く、工事費は小さくなる。また、既存の天井形態が変わらないため、室内音環境への影響は少ない。しかし、全面に鉄骨材を使用することから、騒音は大きく、工事中の騒音発生期間も他の2案より長い。

(5) 工法選定会議

3案から1案を選定するため、工法選定会議に諮った。工法選定会議は、建築関係課長3名、施設所管課長1名、施設長1名の5名で構成される。本会議では各工法について建築技術面だけでなく、工事コスト面、施設運営面、工期中の施工条件面などから議論がなされる。会議の冒頭では、これまでの設計業務の概要と、(4)で整理したメリットとデメリットの説明を詳細に行った。その後、騒音の大きさ・騒音の発生期間・ホール内の音環境への

影響程度などに関して質問、議論が交わされたのち、本案件に係る特定天井に係る工法は⑦天井全面を直天井とする案に決定された。

工法の選定要素としては、施工条件面においては一時的に大きな音が発生するものの、騒音の発生期間は2週間程度であり、工期全体に比べて短いこと、工事コスト面においては設備の改修が限定的であるため費用が抑えられること、施設運営面においては工事終了後の室内音環境への影響が少ないこと等が評価されたものと考えられる。

4. 結論

奈良県では近い将来に南海トラフ沿いの巨大地震をはじめとする大地震の発生が危惧されており、順次特定天井の耐震改修を行っていくことは重要である。しかし非構造部材である天井の耐震対策については、まだ全国的にも事例が少ない。今回の特定天井の改修設計業務にあたっては、調査職員としてできる限り論理的な視点に立ってプロセスを整理し、

- ・施設・所管課要望の整理
- ・現地調査結果及び設計上の配慮事項の整理
- ・考えられる可能な工法の抽出
- ・工法の絞り込み
- ・工法選定会議

といった段階に分けて検討を進めた。その結果、県有施設では先行事例のない設計業務ではあったが、業務を遂行することができた。

参考文献

- 1) 財団法人日本建築防災協会：川崎シンフォニーホール震災被害調査 報告書, pp5-2, 2012
- 2) 国立研究開発法人建築研究所：建築研究資料 No.193 号, 東日本大震災における地震被害を踏まえた吊り天井の基準の整備に資する検討, pp2-2, 2019
- 3) 国土省住宅局監修・一般社団法人建築性能基準推進協会：～安全・安心な天井を目指して～天井の耐震改修事例集

ICTを用いた緊急放流時における ダム制御処理設備の遠隔操作について

杉田 雅幸

九頭竜川ダム統合管理事務所 真名川ダム管理支所 (〒912-0423福井県大野市下若生子25字水谷1-36)

本検証は、国土交通省i-Construction推進におけるICT活用に向けた取り組みの一環である、ダム・維持管理へのICT導入拡大を図るため、IoTによる施工管理の迅速化「遠隔での管理の実現による受発注者間のコミュニケーションの迅速化」に活用できる提案として活用に必要な項目などを検証したので報告する。

キーワード 危機管理, 情報通信技術, 安全対策

1. はじめに

活用検証は、平成30年12月12日(水)・13日(木)に九頭竜川ダム統合管理事務所よりの指示で、所管する真名川ダム管理支所のダム制御処理設備(以下、ダムコン)を遠隔操作支援できるか検証した。

検証で用いられたICT技術は、ウェアブルカメラとタブレットPC(以下、ウェアブルカメラ装置)で構成され、Web会議用クラウドサーバを利用して映像と音声を通信できるシステムで、ウェアブルカメラユニットをヘッドフォンのように頭部に取り付けて視覚を共有して会話もできるため、手ぶらで機械操作を行えることを期待して活用検証の対象とした。(図-1)

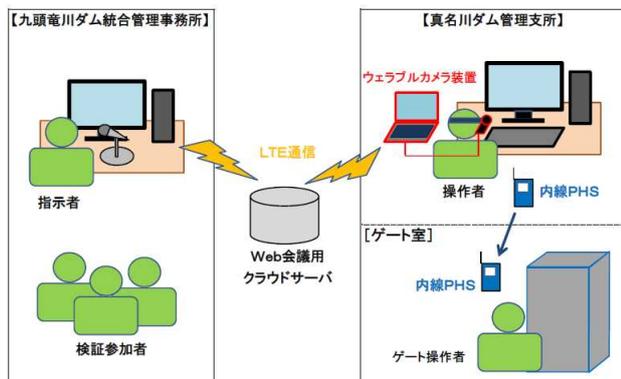


図-1 検証構成図

(1) 検証の意図

活用検証を行うICT技術を利用した装置として、国土交通省のi-ConstructionにおけるICT施工など、近年社会

の様々な物に用いられているIoT(Internet of Things)技術を用いた遠隔操作の検証ではなく、ウェアブルカメラ装置を用いた遠隔操作支援であるのは、ダムコンが外部からの遠隔操作を行えないことに起因する。

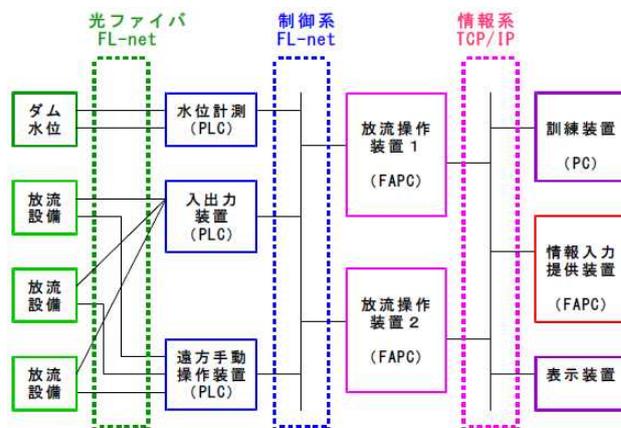


図-2 ダムコン(ゲート調節ダム)系統図

近年においてICT技術は様々な領域に普及しているが、インターネットなど外部ネットワークに接続することでセキュリティ上の脅威にさらされる危険がある。このことは、ダム管理を行っている国の行政機関、地方公共団体、独立行政法人などにおいても例外では無く、また行政機関などの管理者が自身で悪意のあるマルウェアなどへの感染に対処することは困難であるため、ダムコンの構成は、図-2のとおり内部ネットワークも分割され外部ネットワークに接続しないことで、セキュリティ上の脅威にさらされる危険を回避して運用の健全性を確保する構成になっている。

この外部ネットワークに接続しないことの利点も緊急放流が必要な事態に判断指示できる者が、ダムコンを操作できる場所に居ない状況に陥る可能性があるため、当該状況下にICT技術を用いて指示者としてダム側に居る操作者に的確な指示を送り遠隔操作させるための検証とした。

(2) 検証構成の想定

活用検証は、大雨でダムの緊急放流をする必要があるが河川の氾濫や土砂崩れなどで道路が寸断されているために、操作を指示する職員がダムにたどり着けないという想定で行われた。

図-1の構成で、九頭竜川ダム統管理事務所の指示者役に真名川ダム管理支所長、真名川ダム管理支所にて操作する操作役(想定では、管理支援業務・ダム管理技士)に管理係長が担当して行い検証を行った。

2. ウェラブルカメラ装置の検証

活用検証後に指示者・操作者と検証参加者からウェアブルカメラ装置を用いた操作などについて、次のような意見が出された。

(1) 検証への意見

- (a) タイムラグが生じて通話が錯綜する。
- (b) ダムコンPC操作時にウェアブルカメラと操作者の見る目線が異なるため映像を共有できない。
- (c) タブレットPCを持ちながらの操作対応は困難であるため接続はワイヤレスが望まれる。
- (d) 機材設営の設定が複雑で説明書が必要であるため不慣れな者には難しい。
- (e) 映像品質が回線に影響を受けるため回線品質によりコマ送りになるときがある。
- (f) 指示者より操作者タブレットPCへの操作マニュアル提示が上手く表示できない。
- (g) ゲート室では、携帯電話回線やWi-Fi接続の電波が届かないため使用できなかった。

(2) 意見の考察

意見を考察するにあたり、装置への意見であるため物理的な原因別に(a)～(c)に分類して考察を行うこととする。

(a) 「ネット通信環境」

- (1) (a)項と(1) (e)項への意見は両方ともにネットワークへの通信速度が主な原因と想定され、(1) (g)項においては、ネットワーク回線接続の環境がない状態であるためウェアブルカメラ装置が利用できない状態であった。

(b) 「機材の選定」

- (1) (b)項は機材の選定が原因で、ウェアブルカメラはアクションカメラとも言われ広い画角で場感

のある映像を撮影できるためゲート室など周辺機械の状況を把握するには適したカメラ機材であるが、ダムコン操作画面の文字などを撮影するには適していなかった、また(1) (c)項は移動しながらの利用にはケーブル付きの機材では邪魔であることが分かる。

(c) 「機材運用の設定」

- (1) (d)項と(1) (f)項の機材設営やマニュアル資料の提示設定は、指示者・操作者双方ともに検証で使用したウェアブルカメラ装置の複雑な運用になれていないため、後日資料の表示方法は操作できることが分かった。

(3) 考察への対応

(2)節の意見を俯瞰してみると考察結果の課題解決には、民間事業者(通信業者、IT企業等)の民間技術を活用することが最も望ましいと考える。

その理由として、(2) (a)項課題「ネット通信環境」については、ICT技術のうち通信(Communication)が無い場合ICT導入には通信環境の整備が必要となるが、この通信環境を行政で整備すると行政系ネットワークのサイバー空間におけるセキュリティ対策のため通信接続制限が必要となり、(2) (b)項課題「機材の選定」での場所に合わせた機材の自由な選定が行えないなどのデメリットが生じる、逆に民間事業者を利用するメリットとして、(2) (c)項課題「機材運用の設定」では、民間事業者は通信環境の整備や利用するソフトウェア開発含めて操作性向上を逐次行っており利用実態に適したサービスを選択すれば、複雑な操作に慣れなくても運用しやすいサービスの選択も可能となる。

作業場所からICT装置をインターネットへ接続する場合

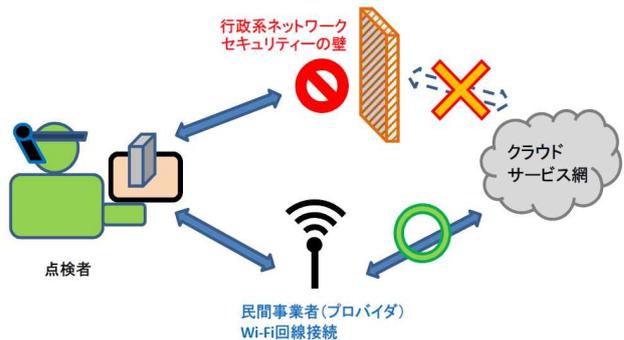


図-3 通信環境整備の比較

また、民間事業者の技術を利用することは、図-3のように利用することもできる、これは表-1や図-4に進められているように維持管理へのICT導入拡大を図る上でも重要で、各種業務の受注者も最近ICT技術を用いて維持管理の技術力・生産性向上を図っているが、整備される通信環境が行政が整備するネットワークでは、各種工事や業務の受注者が利用の制限などで維持管理におけるICT導入の妨げとなる、受注者の自由な活動と技術力の

活用推進を図るためにも民間事業者のサービスを積極的に利用する必要がある。

①モニタリング	1: 施工履歴データの蓄積とモニタリング初期値での活用による管理の高度化
②点検	2: 先進的なインフラ点検支援技術等の利用
③補修工事	3: 3次元設計による意思決定の迅速化
	4-1: IoTによる施工管理の迅速化
	4-2: ICT施工による自動制御
	4-3: ITモニタリングによる補修・補強効果の確認

ICT導入協議会－維持管理でのICT導入を図る当面の分野(素案)より編集

表-1 維持管理でのICT導入表

① モニタリング 利用の一例

1: 履歴データの蓄積とモニタリング初期値による管理の高度化

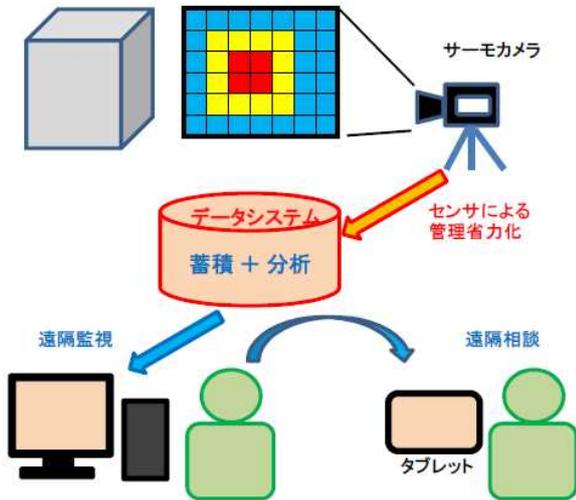


図-4 温度測定の利用想定

3. 遠隔操作指示伝達の検証

遠隔操作指示の実用性については、次のような意見が出された。

(1) 検証への意見

- (a) 指示者も全ての操作ボタン位置など覚えていないため、指示するには操作マニュアルが必要。
- (b) ウェラブルカメラ装置以外にも操作者の状況を確認できるカメラやマイクがあると指示がスムーズになる。
- (c) 操作者より状況を読み上げて、指示者が指示する場合は時間が掛かる。
- (d) 遠隔操作の指示には、臨場感が必要で周囲の音などを伝える仕組みがあると良い。
- (e) 操作マニュアルによりスムーズに検証できた。

(f) ゲート室では、内線電話の音声のみで操作したが有識者でないと操作が難しい。

(2) 意見の考察

意見を考察するにあたり、前章の考察では物理的な原因で分類したのに対して、対人的なコミュニケーションとして分類を行う。

(a) 「マニュアルの整備」

(1) (a) 項と (1) (e) 項では、操作マニュアルが指示者の記憶を補い操作者との情報共有にも必要な資料となって役立つ材料であったことが分かる。ただし、検証では双方の役者が支所職員で操作マニュアルを作成した本人であるため、容易に情報共有と操作指示が行えた可能性も有る。

(b) 「操作状況の共有」

(1) (b) 項は操作者の状況、(1) (c) 項は操作状況、(1) (d) 項は周辺機械の動作状況などを知ること、指示者は操作者の状況を共有して、よりの確な操作を行いたいと考えていることが分かる、操作者目線のカメラ以外にも状況を把握できるがあれば状況共有が進み操作指示が向上する。(図-5)

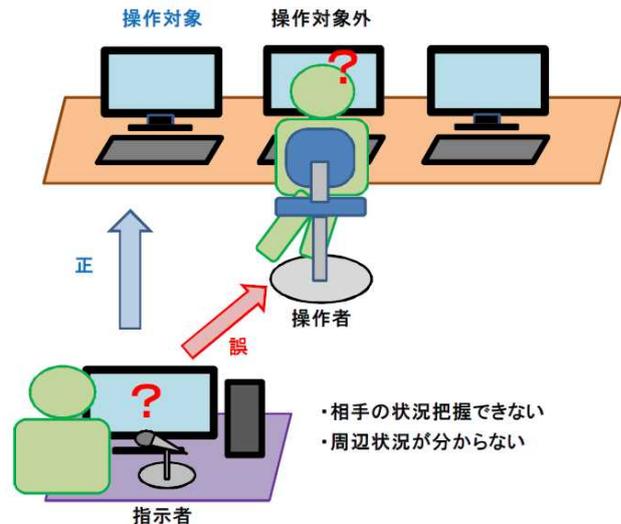


図-5 指示における状況把握の必要性

(c) 「操作者目線の共有」

前項では、操作状況の共有で操作指示が向上すると整理したが、操作者目線の映像を共有することは音声のみより状況の共有と意思疎通に寄与することは間違いない。

(3) 考察への対応

前節で、操作指示伝達への意見を指示者から操作者への対人なコミュニケーションとしたが、このコミュニケーション (Communication) の語源はラテン語で、分かち合い・共有するという意味のコミュニス (communis) と言われている、つまり指示者から指示が伝達される以上に、いかにして指示者と操作者が状況を意思疎通して

共有するかであると考える。

(2) (a)項課題「マニュアルの整備」は、検証時の様にマニュアルを習熟した者が、指示者や操作者である場合は無いため分かりやすく整備する必要があるが、操作の手順などを文字だけの文書が多いと要点が理解しづらくなるため動画イラストや操作映像などの視覚化された資料が必要となる、そのためにICT技術を役立てて手順を映像説明できるマニュアルを指示者が選んで操作者へ配信するなどの環境整備、さらには必要な資料を用意するには手順を理解している指示者が的確に状況を把握するには、(2) (b)項課題の「操作状況の共有」が重要であり(2) (c)項「操作者目線の共有」をできるウェアラブルカメラ装置を含め、IoT技術を用いた空間カメラや機器へのセンサ類による状況共有が役立つ、つまり対人的なコミュニケーションのためにも前章と同じくICT技術活用できる通信環境の整備が必要であると整理する。

4. まとめ

本検証では、ICT技術を活用したウェアラブルカメラ装置を用いた検証を行い、ダムコンの遠隔操作支援を行うにあたりICT技術は有効なツールであり国土交通省i-Construction推進に向けたICT導入拡大による効果を期待できる検証結果となった。

しかし、導入に向けては通信 (Communication) の整備が必要であることが分かった、元々の言葉の意味でもICT技術 (Information and Communication Technology) は、IT技術 (Information Technology) にコミュニケーション (Communication) という言葉が含まれてICT技術として成立しているので不可欠な要素であるが、誤解を恐れず言ってしまうならば、通信環境については何でも良い。

つまりは、図-6のように情報さえ送信できれば良いと考えれば、民間事業者のインターネットプロバイダでも携帯・スマホのLTE・4G・5Gなどの通信サービス、行政自営通信網の例として国土交通省の多重無線通信・光回線、各種移動無線・Ku帯を用いた衛星通信設備 (Ku-SAT) でも各種の通信ツールが選択可能である。

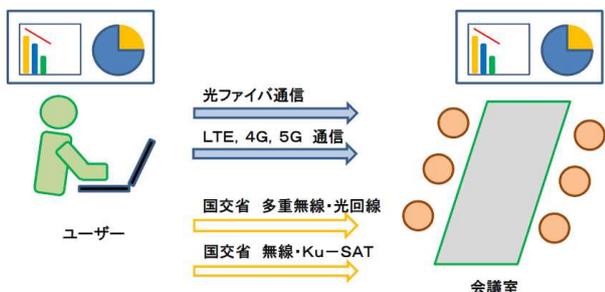


図-6 情報通信の選択肢

国土交通省の自営通信網は、災害時に民間事業者回線が不通となる状況でも災害対策業務に従事するために重

要な通信ツールではあるが、他のi-Construction推進に活用できる民間技術の事例を提案してまとめる。

(1) 災害対応への利用

ICT技術は、迅速な災害対応にも利用できることからその利用を提案する。i-Constructionの工事効率化などに用いられるICT技術のTLS (地上レーザスキャナ) 測量を用いて人が立ち入れない急傾斜地を三次元測量してクラウドサービスに初期データとして蓄積しておく、土砂崩れなどが発生した後に、比較するアプリケーションなどを用いて比較した結果を即座に共有できる。

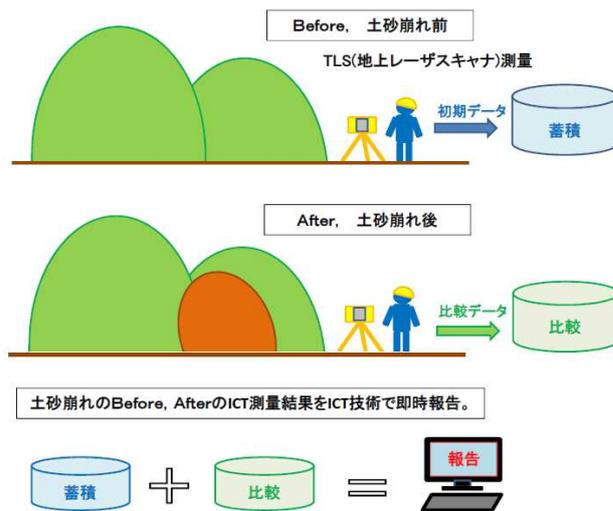


図-7 i-Constructionの災害利用提案

(2) 日常管理・監督業務への利用

優れたICT技術も日常に利用されなければ廃れ、必要なとき操作できないなどトラブルが発生するので、日常の道路・河川パトロールや工事の段階確認などの機会を捉えて利用する必要がある。

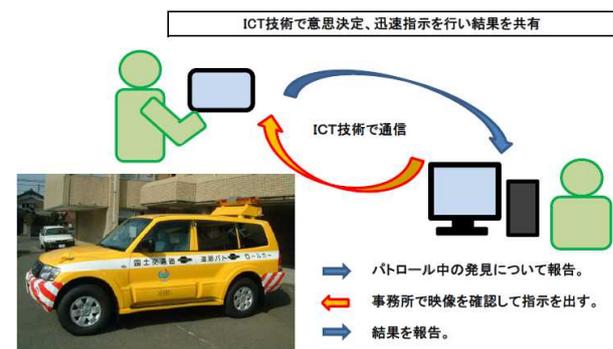


図-8 日常管理への利用提案

参考文献

- 1) ICT導入協議会 第1回～第6回 会議配布資料
- 2) 石黒 格[編著], 変わりゆく日本人のネットワーク, 勁草書房, 2018
- 3) 太田信夫[監修]/都築誉史[編集], ICT・情報行動心理学, 北大路書房, 2017

まるごとまちごとハザードマップを 発展させた取組み

～水害を我が事として備える仕組みづくり～

富岡 祥平

近畿地方整備局 福井河川国道事務所 河川管理第一課 (〒918-8015福井県福井市花堂南2-14-7)

甚大な自然災害を契機に、今後の防災や減災について様々な議論が展開されている。平成27年9月関東・東北豪雨災害を踏まえ「施設の能力には限界があり、施設では防ぎきれない大洪水は必ず発生するもの」へと意識を変革し社会全体で洪水に備える必要があるとして、平成27年12月に「水防災意識社会 再構築ビジョン」が策定されたが、以降も毎年のように大規模氾濫が生じ逃げ遅れゼロとはならない実態が浮き彫りになっている。本稿は、住民目線の水災害に関するソフト施策として、自助力の向上のため平常時において浸水想定を効果的に認識する方策を提案し、共助力への発展を見据えた地域づくりに寄与する有効な地区防災の方策を検討する。地域住民が水害を「他人事」ではなく「我が事」として意識することで水防災意識社会が実現する持続可能な方策について考察した。

Key Words : *disaster risk reduction, flood disaster, hazard map, community development*

1. はじめに

我々は東日本大震災を経験し、ハード整備により自然の猛威を封じ込めることの限界と、避難行動における一刻の差で生死が分かれることを痛感した。津波発生と比べ洪水発生の頻度は高いが、平成27年9月関東・東北豪雨でも大規模な氾濫が生じ大勢の「逃げ遅れ」により多数の孤立救助者数が確認される記録的な水災害となった。この水災害を契機に国土交通省は「施設の能力には限界があり、施設では防ぎきれない大洪水は必ず発生するもの」へと意識を変革し社会全体で洪水に備える必要があるとして、平成27年12月に「水防災意識社会 再構築ビジョン」を策定した。同ビジョンに基づき全国の河川で地域特性や治水特性を踏まえて地域の取組方針が作成され、関係機関が連携し各市町における減災の取組みが推進されている。

これらの取組みは、ハード対策の他、今般の災害を後世に伝承することや、防災教育のあり方など、ソフト対策が概ね五箇年で重点的に実践されることが特徴である。東日本大震災において、地震発生直後に中学生が小学生の手を引き率先して避難したことで尊い命が守られた自助と共助の好事例があったように、日頃の防災教育の取組みの成果が顕著に表れたことを踏まえ、今後はソフト対策をより成熟させる必要があるとされている。

2. 背景 —自助に関する課題—

自助力向上のために、平時における「住民が気付くための施策」と、「住民が動くための施策」について、現状の課題を整理した。

(1) 平時における防災基礎情報の共有に関する課題 (住民が気付くために)

全国各地に津波襲来や河川氾濫による災害記録が石碑として残されている。これらは、人々が災害を風化(忘却)することのないよう石碑として現地に記録することで、貴重な被災情報を後世に共有化する先達の知恵である。これらの中には、災害の記録を刻むだけではなく、実績浸水位を明示し「この高さより下には家を建てるな」と、具体的な戒めも見られる。また、大阪市大正区の大震災両川口津浪記石碑には、地震の生々しい被災状況が克明に記されている他、その地震以前の大災害が後世に伝えられていなかったことで、同じ過ちを繰り返し多くの犠牲者が出た反省として教訓をしっかりと残す旨も記されている。さらに、碑文の最後には「ここに記録しておくので、心ある人は時々碑文が読みやすいよう墨を入れ伝え続けてほしい」と記され、現在でも地域の方々が定期的に墨を入れ日々手入れされている。

現代の科学的知見に基づく災害に備えるための情報共有は、主要洪水の貴重な浸水記録を「浸水実績区域図」

として地域へ配布することや、今後予想される洪水についても浸水を想定し「浸水想定区域図」へ発展させ、さらに避難を促す「洪水ハザードマップ」へと進化している。つまり、情報の伝え方は、過去の実績(記録)を情報共有する段階から、今後の予測として想定されるリスク情報共有や、避難行動を促す段階へ進んでいる。

しかし、既往の調査では自治体がハザードマップを各戸に配布しても十分に活用されず、災害への備えとして効果発現は期待できそうにない実情が伺える¹⁾。

以上より、自助力向上のため、防災上重要な基礎情報を住民が如何に認識するか(住民に気付かせるか)、情報共有施策の拡充が喫緊の課題となっている。

(2) 平時における防災訓練の運用に関する課題 (住民が動くために)

平時において自分の置かれたリスクを正しく認識できても、有事における避難行動のとり方によっては生死が分かれることもあるため、実践的な訓練が必要となる。しかし、地域における訓練の必要性が分かっているにもかかわらず、発災はいつかになるか分からないため、訓練が形骸化しがちになり、訓練を運営する側の苦慮が問題となっている。大規模な自然災害が生じる度に、防災訓練の重要性が再認識されても、地域では当事者意識を持って積極的に訓練に参加する住民と、そうでない住民に二極分化する。災害時に犠牲者を最小限にするため、如何に工夫して訓練参加者を増やし実践を継続するかが防災教育面において重要な課題となっている。

以上より、自助力向上のため、有事の際に避難行動を適切に実行できるよう、先ずは如何に多くの住民が訓練に参加し災害に備える力を会得するか(住民を動かせるか)、防災活動の運用施策の拡充も喫緊の課題である。

3. 既往研究実績等の調査

住民の自助力向上のための施策事例について、文献調査等の結果を報告する。一般的に、地域における防災ワークショップ等のスタイルによる「手作りハザードマップ」の取組みが代表的であるが、以下に防災教育の先進事例を紹介する。

(1) 新しい防災基礎情報ツールの開発

AR(Augmented Reality)技術を用いた防災情報ツールとして、例えば株式会社キャドセンターによる「防災情報可視化アプリ」が一部の自治体で運用されている。特定地域の防災基礎情報(避難場所等)の他、津波・洪水による浸水想定、地震による建物倒壊危険度、火山危険度、火災危険度がスマートフォン等の携帯情報端末で分かり

やすくAR表示できるパッケージとして商品化されている。これまでの運用は、東京都葛飾区、神奈川県茅ヶ崎市等で実績²⁾がある(図-1)。



図-1 浸水想定ARの画面表示イメージ(iPad利用)

(2) 災害リスクを認識し自ら考える防災教育の取組み

平成27年9月関東・東北豪雨災害における鬼怒川の大規模氾濫を踏まえ、関東地方整備局下館河川事務所が「みんなでタイムラインプロジェクト」を地域の自主防災会と連携し実践している。住民が自宅周辺の水害リスクや、洪水発生時に得られる情報などを「知る」ことから始め、そこから「気づく」ことや自分自身に置き換えて「考える」ことを様式に記入していくことで、洪水発生時自分自身がとるべき防災行動の時系列整理がマイ・タイムラインとして仕上がる仕組みとなっている。取組みは全国へ広がり、近畿地方整備局管内でも福井河川国道事務所で河川協力団体と連携した実績³⁾がある(図-2)。



図-2 マイタイムラインのイメージ(逃げキッド)

以上のとおり、最新のAR技術を活用した分かりやすい防災基礎情報ツールが運用段階にあることや、住民参加型による水防災意識社会再構築に寄与するパッケージ化されたツールを用いたワークショップの実践が展開されている。しかし、地域住民が水災害を「他人事」から「我が事」として備える持続可能な減災方策としての好事例は現時点で稀である。

4. 目的 – 自助力向上のための試行を検証–

大規模氾濫により浸水が生じて、逃げ遅れなく一命はとりとめるよう、地域で自助や共助の強力な向上が必要である。このため、本稿では地域のリスクを正しく理解したうえで、リスクが他人事ではなく我が事として認識する仕組みづくりを提案し、住宅街が広がる淀川沿川で社会実験のうえ有効性を検証する（自助）。また、地域における防災・減災の対応力向上には、地域での連携が必須であり、そのための有効な持続可能な仕組みづくりについて検討する（共助）。以上を踏まえ、地域の水防災意識社会の再構築を加速させるために必要なアクションについて試行の取組みを報告する。

5. 方策の検討 – 自助力向上に向けて–

洪水ハザードマップを補完する方策である「まるごとまちごとハザードマップ」について、より効果的に自助力向上に寄与するよう発展させる方策を検討する。

まるごとまちごとハザードマップは、想定される浸水深等の情報を水害関連標識として生活空間である街中に

掲示することにより、日常時から水防災への意識を高め、想定される浸水深や最寄りの避難所等の知識の普及・浸透等を図り、発災時には命を守るための住民の主体的な避難行動を促し、被害を最小限にとどめることを目的して平成18年より展開された。

(1) まるごとまちごとハザードマップの弱点①

これまでに全国各地で水害関連標識が設置されているが、必ずしも全てが効果的な箇所に設置されておらず、人目に付きづらい箇所に設置された事例が散見される。掲示物が効果的に認識される必要がある。

(2) まるごとまちごとハザードマップの弱点②

想定浸水位を示す掲示物を認識しても、設置された箇所想定されるリスク情報でしかなく、その箇所が居住地でなければ我が事のリスクとして捉えられず、リスク情報の蓋然性が低く見積もられ他人事としての認識から脱却できない。当事者意識を高める必要がある。

(3) まるごとまちごとハザードマップを発展型へ

まるごとまちごとハザードマップの弱点を踏まえ、想定される浸水位を地域住民がより実感できるよう改善方策を検討した。従前の看板設置方式による点状に浸水位を掲示する手法を発展させ、各戸で連続してテープ貼付方式による線状に浸水位を明示する手法を発展型として採用した。これにより、見えない想定浸水位を大幅に見える化し、住民が浸水位をリアルに実感することで減災意識の向上を図る（図-3）。更に、想定される浸水位は行政が掲示せず、住民が居住地に自ら明示する住民参加型の防災イベントとすることで、よりリスクに対して当事者意識が高まる工夫を凝らした方策として検討した。

**これまでの「まるごとまちごとハザードマップ」から
掲示方法を点から線へ発展させます!!**

想定浸水位を示す「**浸水想定テープ**」を、自宅や周辺の建物(対象は予め許可済のもの)に、地域の皆さまと一緒に線状に貼るフィールドワークを試行として実施します。

浸水想定テープ

- ※テープ素材は貼って剥がせるマスキングテープ
- ※テープ貼付は一週間は存置した後に撤去

○ご自身で自宅の外壁や塀に連続して**浸水想定テープ**を貼ることで、見えない想定浸水位を見える化し、想定される浸水位(水害)を我ごととして実感して頂きます。

○**浸水想定テープ**を皆さまがご近所さんと共同作業により貼ることで、**地域の絆が高まります**。

⇒**減災意識が向上し、地域防災力が高まることを目指します。**

図-3 まるごとまちごとハザードマップを発展させた取組みイメージ

6. 社会実験の実施

まるごとまちごとハザードマップを発展させ、テープ貼付方式により線状に浸水位を明示する手法について、住民参加型の防災イベントとして社会実験を実施し、自助力向上の有効性を実証した。

(1) 実施地区の選定

まるごとまちごとハザードマップの取組みは、著者が平成30年度に携わった淀川河川事務所管内においては平成19年より実施しており、平成30年度末までに228箇所(京都府域：207箇所、大阪府域：21箇所)で水害関連標識として看板を設置している。

淀川の治水特性は、下流の淀川本川(大阪府域)は治水安全度が高く、中上流域の宇治川・木津川・桂川(京都府域)では治水安全度が低いことから、地元の協力がが必要な街中での水害関連標識の設置については、京都府域の市町からの設置希望が多く、大阪府域の市町からの希望は少ない傾向となる。この特性から、大阪府域は水防災意識社会を再構築する必要性が京都府域と比べ高い地域であると同える。

住民参加型の防災イベントとして、住民が自ら居住地で想定される浸水位にテープ状の掲示物を貼り付けるためには、浸水位が人の手の届く範囲にある地域を抽出する必要がある。このため、淀川の浸水想定区域において浸水深が1.0m～2.0mの区域を抽出し、この区域が多い門真市域を実施エリアの候補とした(図-4)。

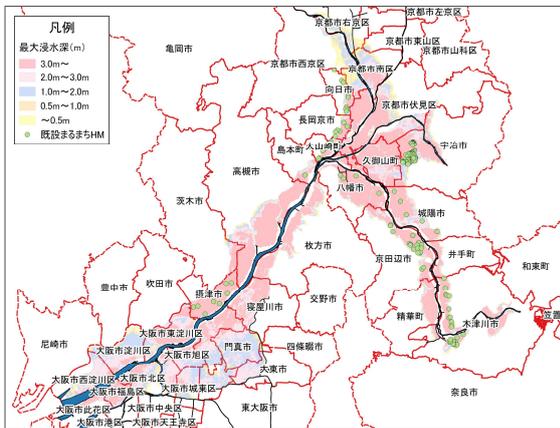


図-4 淀川管内沿川の浸水想定区域から対象地区を抽出

門真市域は、近代まで湿地帯を活かしたレンコン畑が広がる地域で、寝屋川の氾濫が度々発生した土地柄であるが、高度経済成長期には住宅地が急速に広がったことで、寝屋川の改修は地下河川を整備するなど治水安全度が飛躍的に向上した。しかし、淀川の想定最大規模の浸

水想定区域となれば、市域は淀川に接しなくても低平地であることから全域が浸水する特徴を有している。

(2) 実施方法

門真市域で想定される浸水深の変化に富んだ数地区を選定し、このうち地元自治会の協力が得られた門真市城垣町において実施することとした。城垣町内の主要な道路を対象とし、沿道の民家や店舗へ想定される浸水位の高さに周辺地域の住民と協力して一時的にテープを貼り付けることに予め了承を得た(図-5)。浸水想定テープはイベント用にオリジナルデザインのマスキングテープを作成し(図-6)、イベント実施後の一週間は継続して掲示した。

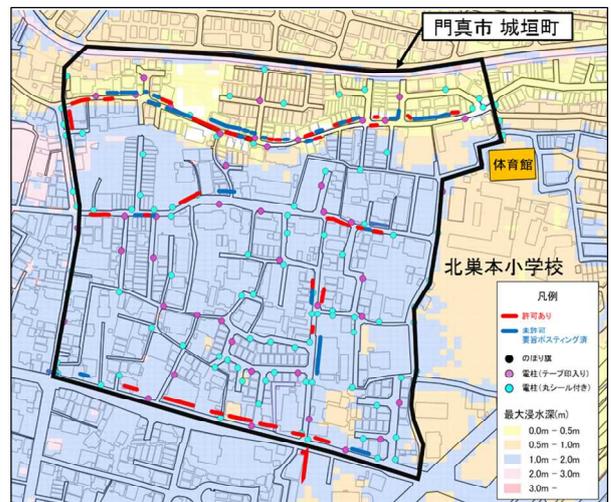


図-5 城垣町における浸水想定テープの貼付け計画

防災イベントは事前告知のうえ実施した。実施について主な諸元は以下のとおりである。

- ・日時：平成30年9月23日(日)10時から12時に実施
浸水想定テープの存置期間は一週間
- ・場所：大阪府門真市城垣町内(北巢本小学校区)
- ・対象：城垣町を含む北巢本小学校区の住民
- ・構成：10:00 地域の浸水リスクに関する講演
10:30 フィールドワーク(テープ貼り)
11:30 フィールドワーク(テープ確認)
11:45 振り返り・まとめ
- ・掲示：浸水想定テープの貼付け総延長は約800m
- ・参加：約140名(報道実績はテレビ三番組)

(3) 実施状況

域城垣町内に設定した沿道で、住民がフィールドワークとして自宅の外塀などに周辺住民と協力し、浸水想定テープを短時間で貼り付け作業を実施した(写真-1)。

淀川が氾濫すればこの高さまで浸水すると想定されます(約 m浸水)

淀川河川事務所

図-6 オリジナルデザインの浸水想定テープ(幅50mmのマスキングテープ仕様)



写真-1 浸水想定テープの貼り付け作業状況

7. アンケート調査

域城垣町を含む北巣本小学校区の全世帯となる2,427世帯を対象に、社会実験に関して平成30年10月にポスティングによるアンケート調査を実施した。アンケートの回答数は421通（有効回答：421、回収率：17.3%）となり、以下に得られた調査結果を整理した。

(1) 防災イベントや想定浸水テープの認知

住民参加型の防災イベントに関して認知を伺ったところ、図-7に示すように、「イベントのことは知らなかったし、貼られたテープも見なかった」という回答が42.3%で最も多いが、「イベントに参加した」や「イベントには参加しなかったが貼られたテープは見た」など、貼られた浸水想定テープの認知は56.1%となり半数以上の方が認知していたことが確認できた。

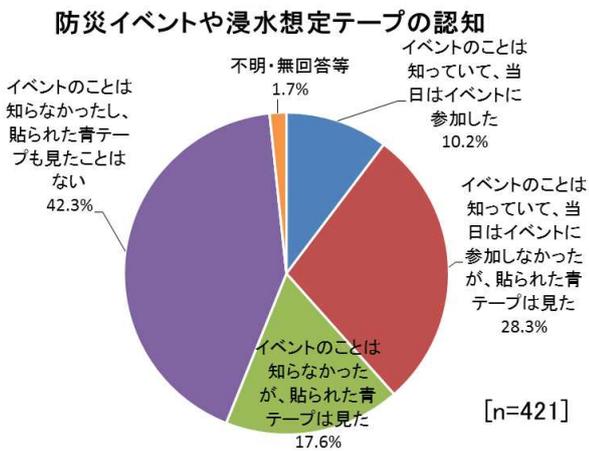


図-7 イベント認知度 (N=421)

(2) 浸水想定テープを貼ることの防災意識への影響

貼られたテープを認知した方に対し、浸水想定テープを貼ることの防災意識への影響を伺った。図-8に示す通り、「防災意識は大きく向上した」が37.7%で最も多く、「防災意識は多少向上した」が34.3%、「防災意識はやや向上した」が17.4%など、浸水想定テープを貼ることで防災意識が向上した影響は89.4%となり概ね9割の方が防災意識の向上と評価したことが確認できた。

浸水想定テープを貼ることの防災意識への影響 (認知者)

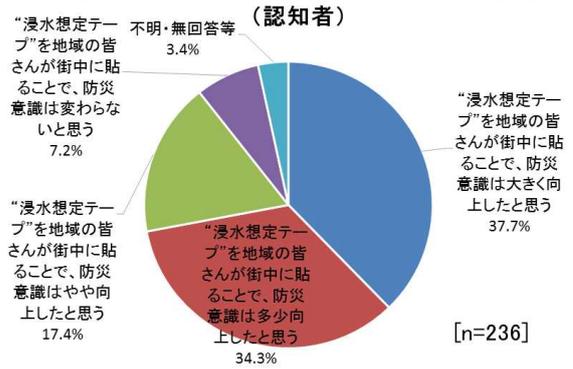


図-8 認知者による浸水想定テープの有効性評価 (N=236)

更に、防災イベントに参加した方を抽出し、浸水想定テープを貼ることの防災意識への影響を確認した。図-9に示す通り、「防災意識は大きく向上した」が55.8%で最も多く、「防災意識は多少向上した」が32.6%など、浸水想定テープを実際に自ら貼ることで防災意識は大きく向上すると半数以上の方が評価したことが確認できた。

浸水想定テープを貼ることの防災意識への影響 (参加者)

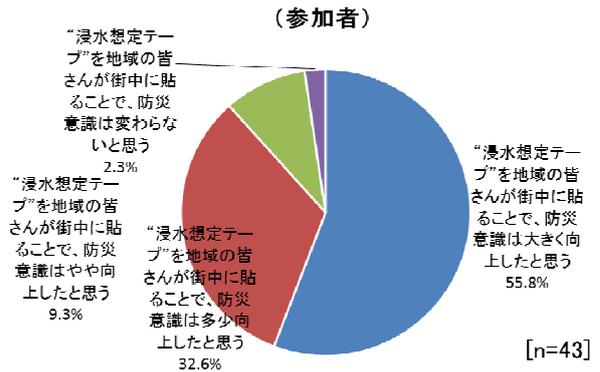


図-9 参加者による浸水想定テープの有効性評価 (N=43)

8. 考察

従前のまるとまちごとハザードマップを発展させた試行の取組みを社会実験として実証した。実験では「想定浸水位の見える化」と「住民が自ら浸水位を明示」により、他人事から我が事へリアルに水害リスクを実感できる施策であることが確認できた。これを踏まえ、持続可能な仕組みづくりについて考察した。

(1) 浸水想定テープの波及

住民により浸水想定テープを街中に貼るフィールドワークが報道されたこともあり、外部からの問い合わせが幾つか寄せられた。特に大阪市長が関心を寄せ、大阪市でも西成区の北津守小学校にて同様の手法で市長参加のもと想定される浸水位をテープで明示する防災イベントが実施された。門真市域では浸水への関心が高まった影

響か、病院において避難確保計画作成の相談を受け門真市とともに淀川河川事務所が計画策定を支援し門真市で第一号となる計画の作成が実現した。更に城垣町自治会では地震災害に関する講演会が開催されたが、自治会の予想を大幅に上回る参加者が集まり盛況となった。

以上より、浸水想定テープのフィールドワークの実施により内外での波及が確認され、地域における防災意識の向上に少なからず寄与したことが伺える。

(2) 浸水想定テープの恒久化への対応

貼り付けた浸水想定テープは一週間の期間限定として現地に貼り付け存置としたが、撤去の際には住民から惜しむ声が聞かれた。これは、取組みの企画時点から一過性のイベントとして記憶されるだけでなく、恒久的な設置により記録できないかと検討しており渡りに船であった。要望した店舗や民家には別途屋内用の浸水想定テープを提供し、北巢本小学校を囲むフェンスに明示した浸水想定テープについては自動車用シートベルト状の素材を採用し再設置することで恒久的に想定浸水位を明示することとした(写真-2)。持続可能な効果が期待できる。



写真-2 浸水想定テープの恒久化対応

(3) まるごとまちごとハザードマップの更なる発展

フィールドワークが縁となり北巢本小学校から水災害に関する出前講座の要請があったことがきっかけで、小学五年生の手作りによるまるごとまちごとハザードマップを地域に掲示した(写真-3)。小学校で低学年へ向けたメッセージとなることと、これまでの行政による掲示と異なり地域の宝である子どもによる地域への防災意識啓発のメッセージとなり、全国で報道されるなど反響があった。学校教育現場における防災教育を毎年恒例行事としてルーティン化することが望まれる。



写真-3 小学生が作成した標識(左は行政による標識)

(4) 共助力への発展を見据えた持続可能な仕組み

社会実験にあたり、平成30年7月豪雨で被災した岡山県倉敷市真備町の箭田地区まちづくり推進協議会の守屋美雪氏から、フィールドワーク参加者に向けてメッセージを頂戴し当日の会場で披露した。守屋らは、被災前より行政に頼らず地域の手で実績浸水位を街中にペイントする活動を実践していた矢先に被災したことで、「もっと早くから活動をしていれば犠牲者は少なかったかもしれない」と悔やみつつ城垣町の活動を激励し、会場の参加者が共感した。特筆すべき点は、箭田地区まちづくり推進協議会は防災に限らず様々な地域づくり活動を実践し、防災に特化した活動より地域の総合的な地域づくり活動の一環であることで防災活動も長続きする効果があるものと思料される。

9. まとめ

平成30年7月豪雨では、倉敷市真備町にて公表されていた浸水想定区域(洪水ハザードマップ)と同様に浸水したが、洪水ハザードマップのとおり避難行動がとれず依然として「逃げ遅れゼロ」の難しさが露呈した。自助力向上のために防災上重要な基礎情報を如何に認識するか。従前のまるごとまちごとハザードマップの発展型の取組みを提案し、洪水ハザードマップ補完の有効性等について社会実験により確認した。今後このような手法に改良を加え地域づくり活動の一環として防災訓練等に活用できれば持続可能な方策となり、水防災意識社会の実現が加速する。更に地域づくり活動による「向こう三軒両隣」の再興が地域の絆として有事の際の共助となり安寧な地域となることが期待できる。

謝辞: 実証実験に関してご指導頂きました京都大学防災研究所の矢守克也教授に心より深謝致します。またフィールドワークとして地元でお力添え頂いた門真市城垣町自治会の小森正寛会長と、倉敷市真備町箭田地区まちづくり推進協議会の守屋美雪事務局長に感謝致します。

参考文献

- 1) 中央防災会議 防災対策推進検討会議 津波避難対策検討ワーキンググループ第5回会合：資料4, pp.19, 2012.
- 2) 富岡祥平、小山真紀：AR技術を用いた防災教育ツールの活用に向けた社会実験について、平成25年度近畿地方整備局研究発表会 論文集, 2013.
- 3) 近畿地方整備局福井河川国道事務所 記者発表資料：福井市舞屋町でマイ・タイムラインを開催します, 2018.4.12

(2019.6.14 受付)

補強土壁における 排水施設設置状況の調査について

中筋 一希¹・松岡 里奈²

¹和歌山県 県土整備部 道路局 道路建設課 (〒640-8585 和歌山県和歌山市小松原通 1-1)

²国土交通省 大臣官房 技術調査課 (〒100-8918 東京都千代田区霞が関 2-1-3)

2017年10月和歌山県紀の川市西脇地区で発生した斜面崩落災害では、原因究明のための調査検討会において農道盛土によるバランスの低下と、補強土壁内部の地下水位の上昇が誘因となったとの指摘がなされた。同様の災害が起こる可能性を懸念し、県内の補強土壁について排水施設の設置状況調査を行った。その結果、西脇地区同様に排水施設が十分ではないと懸念される箇所が複数確認され、変状をきたしている箇所も存在することがわかった。変状が確認された箇所については地域条件等詳細に整理し、排水対策工の必要性について検討を行った。また、今後補強土壁における排水対策を検討していくための一般的なフローを作成した。

キーワード 補強土壁, 斜面崩落, 調査検討会, 排水対策工

1. 研究概要

2017年10月に上陸した台風21号の豪雨により、和歌山県は各地で甚大な被害を受けた。中でも県北部の紀の川市西脇地区においては、農道を含む斜面が崩落し、人的被害が発生した。

県では被災後速やかに第三者委員による調査検討会を立ち上げ、原因究明に取り組んだ。この調査検討会の中で、崩落した斜面に含まれる補強土壁について、排水施設として水平排水層のみ設置し、地下水が観測されなかったことから基盤および背面の排水工を省略していたことが確認され、課題の一つであると指摘された。

この指摘を受け、浸透流解析等により、排水工の一部を省略したことが斜面崩落に与えた影響の有無について検討したところ、標準的な排水工の設置だけでは今回の崩落は防ぐことができなかったとの結論を得た。しかしながら、県では排水施設の設置が十分でなかったことを重く受け止め、県内全域で補強土壁における排水施設設置状況の調査を行った。

本研究では、県内の過去10年間で施工された補強土壁を対象に各補強土壁の排水施設の設置状況を把握し、斜面崩落の発生した補強土壁と他所の補強土

壁を様々な観点から比較することで、同様の災害が発生しないために必要な排水施設の検討及び既存の補強土壁で行う排水対策検討の一助となることを目的とする。

本研究に関連する既存研究として、補強土壁に関する調査の報告は多く存在する。

橋本ら¹⁾は、北海道開発局で施工された補強土壁について、冬期施工による雪や凍結土の混入、締固め不良による変状が指摘されたことから、設計・施工条件と壁面変位量を調査し補強土壁の状態を整理している。中村ら²⁾は、ジオシンセティックス補強土壁の降雨作用による変状分析が不十分であることから降雨作用による変状事例を対象に補強土壁と変状の概要を整理している。

これらは、補強土壁に関する調査を行っているが、調査内容は施工条件と変状の関係性が重視されていたり、変状が確認された事例のみを対象としていたり、調査項目や調査対象が全く異なっている。排水施設の設置状況を調査した研究はなく、また、和歌山県内の補強土壁が対象の研究もない。

一方、本研究は、和歌山県内の過去10年に施工された補強土壁全てを対象として整理し、排水施設の設置状況に焦点を当てた調査であるとともに、今後

の補強土壁設計において適切な排水施設設置を促すという点で大変重要であると言える。

2. 紀の川市西脇地区の斜面崩落の概要

(1) 災害の概要

2017年10月22日20時30分頃、台風21号の豪雨に伴い、和歌山県紀の川市西脇地区において斜面崩落が発生した。

斜面崩落の規模は、崩落土砂の最大幅が約80m、最大長さが約120m、農道被災延長は50mにも及んだ(図2)。人的被害は死者1名、負傷者1名、避難指示7世帯17人、住家被害は全壊1棟、一部破損1棟と大きな被害をもたらした。

当日の日降雨量は近傍のアメダス観測所(かつらぎ)において219mm/日と観測史上第1位(統計期間昭和54年1月～平成29年11月)を記録、超過確率雨量50年規模であった。また、連続雨量は300mmに達し、過去20年間では平成23年の紀伊半島大水害時に次ぐ雨量となり、記録的な豪雨であったことがうかがえる(図3)。

紀の川市ハザードマップによると、当該地域は土砂災害危険区域には該当しないものの、周辺には多数の危険箇所が存在する地形となっている。

被災直後に設立された調査検討会では、農道との因果関係も含め、斜面崩落の原因を究明するとともに、農地・農道の復旧についても検討が進められた。

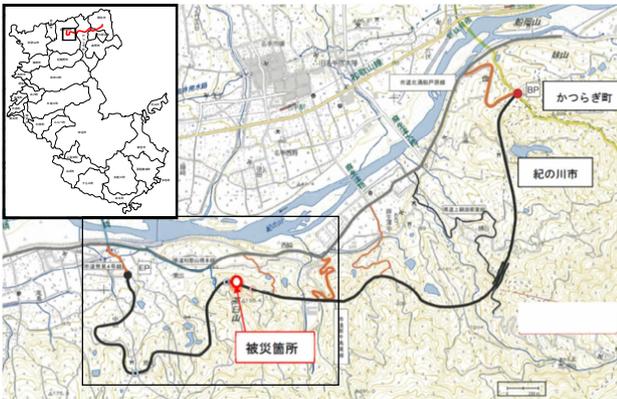


図1 位置図



図2 斜面崩落写真

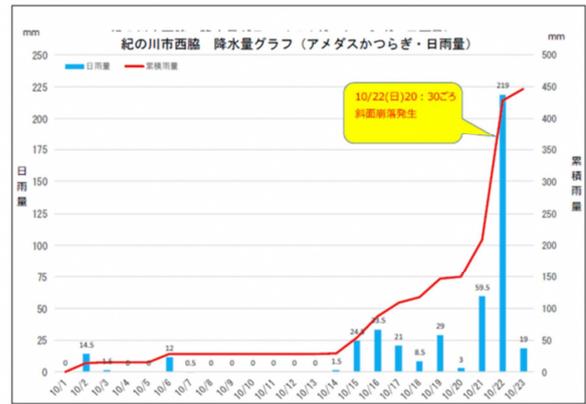


図3 降水量グラフ

(2) 調査検討会での指摘事項について

4回に及ぶ調査検討会では主に「当該斜面がどのように崩れ、土が動いたのか」「地下水位変動が斜面崩落に及ぼした影響について」「道路盛土の基盤となる地山の強度の影響について」に焦点が当てられ調査・解析がなされ、議論が進められた。そして、これらの検討を踏まえ斜面崩落発生メカニズムとしては「農道盛土による斜面バランスの低下、台風21号豪雨による地下水位の上昇が誘因となり、補強土壁基盤層の潜在的な弱層をすべり面として発生したと考えられる」と結論付けるとともに、再度災害防止および農地・農道の復旧について意見がまとめられた。調査検討会の結果を表1に示す。

調査検討会での具体的な検討の一つに「排水工の配置が斜面崩落へ与えた影響」がある。道路土工盛土工指針¹⁾では、「盛土内へ水を浸透させないように適切な地下排水工の配置を行わなければならない」とあるが、今回の被災構造物の設計では事前の地質調査において地下水が観測されていなかったことから背面と底面の排水層が省略されていた。今回の豪雨規模に対しても補強土壁の背面と底面に標準的な排水施設を設置した条件で浸透流解析を行った結果、今回の現場で台風21号ほどの豪雨が襲った場合、仮に標準的な排水施設が設置されていたとしても斜面崩落を防ぐことはできなかったとわかった。

表1 調査検討会指摘事項

	(素因)	(誘因)
斜面崩落発生メカニズム	<ul style="list-style-type: none"> 補強土壁盛土背後斜面は集水地形を呈し、表流水、地下水が補強土壁盛土に流入しやすい地形を呈していたこと 斜面崩落後の調査から補強土壁基礎部の地盤は、構造物の基礎として必要な支持力を有していたが、外的安定に必要なせん断強度は当初設計時に想定した強度よりも著しく低かったこと 	<ul style="list-style-type: none"> 補強土壁盛土が上載荷重として作用し、斜面バランスが低下したこと 台風21号による記録的な豪雨により多量の地下水が供給され、盛土部まで地下水位が大幅に上昇し斜面が不安定化したこと
再度災害防止策	<ul style="list-style-type: none"> 補強土壁の計画・設計時) <ul style="list-style-type: none"> 地形判読 十分な地質調査の実施 出水期を含めた地下水位分布の把握 地下水の上昇を考慮した底面及び背面の排水層の設置 住民への十分な聞き取り 	<ul style="list-style-type: none"> 既設の補強土壁) <ul style="list-style-type: none"> 点検 周辺地形判読 既往地質調査資料の見直し 一カルテとして整理し維持管理に役立てる 当該斜面と同様な地形、地質、地下水条件を有する場合、地下水対策・補強対策を検討すること
農地・農道の復旧	<ul style="list-style-type: none"> 周辺からの浸透水も考慮した十分な排水施設を設けるとともに、基礎地盤への負荷を軽減できる復旧工法の選定を行うこと ※応急対策として、斜面崩落土砂撤去工、地下水排除工(横ポーリング)を行った復旧として、切り下げを行い法面をアンカーで支える工法とした 	

一方で再発防止のために「当該斜面と同様な地形、地質、地下水条件を有する場合は、地下水対策・補強対策を検討する」との指摘があり、本県では、上記の指摘事項を踏まえ、既存の補強土壁について西脇地区と同様な地形、地質、地下水条件、排水施設設置条件を有するか把握すべく、調査を行った。

3. 排水施設設置状況の調査

(1) 補強土壁工の分類

補強土壁は補強材の種類により、帯鋼補強土壁とアンカー補強土壁とジオテキスタイル補強土壁の3種類に分けられる。それぞれ設計・施工のマニュアルとして、①補強土（テールアルメ）壁工法設計・施工マニュアル^{3) 4)} ②多数アンカー式補強土壁工法設計・施工マニュアル^{5) 6)} ③ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル^{7) 8)}の3つの書籍が販売されており、これに基づき設計・施工している。

なお、これらのマニュアルの上位基準として、指針が存在しており、直壁～1:0.6までの構造（補強土壁）は道路土工－擁壁工指針^{9) 10)}を、1:0.6よりも勾配が緩い構造（補強盛土）の場合は道路土工－盛土工指針¹¹⁾を基準としている。これら5つの書籍についてそれぞれその中で排水施設の設置について言及されている。また、2012年に道路土工－擁壁工指針⁹⁾が一度改訂されており、それに伴い各補強土壁マニュアルも改訂されている。

なお、本調査においては、補強土壁・補強盛土すべてを対象としており、調査内容のみでは補強土壁、補強盛土の区別が困難であったため総称として補強土壁としている。

(2) 調査概要

平成19年度から平成29年度に発注された補強土壁を含む工事（全231件）をピックアップし各補強土壁について調査を行った。

調査1として現時点で、補強土壁に変状をきたしている箇所がないか、目視により補強土壁自体・路面上の変状を確認した。

続いて、調査2として各補強土壁の排水施設設置状況を把握するため、設計図書等により各補強土壁に①基盤排水層 ②水平排水層 ③壁面背面排水層④縦排水溝 ⑤縦断排水溝 ⑥基盤排水溝の排水施設

（図4）が設置されているかどうか確認し、補強土壁工の形態別に分類して整理した。

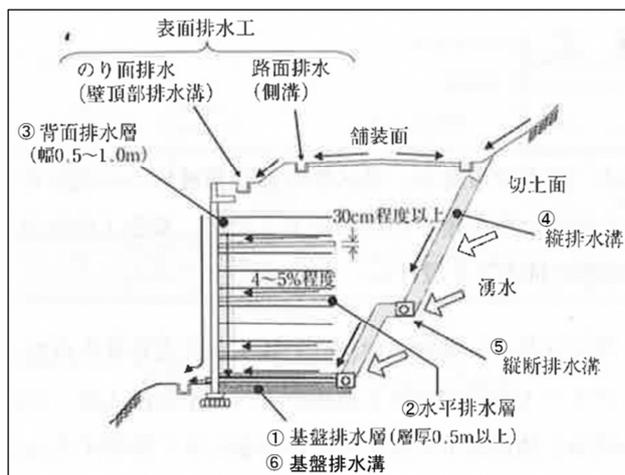


図4 各排水施設⁹⁾

(3) 調査結果

a) 調査1（変状箇所の確認）について

変状箇所が確認されたのは7件であった。補強土壁と路面両方に変状が確認された箇所が2件、補強土壁のみに変状が確認された箇所が1件、路面上のみに変状が確認された箇所が4件である。補強土壁の変状としては、壁面材の損傷や、壁面材の間に開きが生じているもの（図5）路面上の変状としては、主にクラックや変状を修復した形跡であるオーバーレイ（図6）が確認された。



図5 補強土壁の変状（左：損傷 右：開き）



図6 路面の変状（左：クラック 右：オーバーレイ）

b) 調査 2 (排水施設設置状況) について

排水施設の設置状況結果について、テールアルメ、ジオテキスタイル、多数アンカーに分類し整理を行った(図7-9)。

テールアルメについては、対象が全115件であった。「基盤排水層・背面排水層」の設置が最も多く4分の1を占めている。次いで、「基盤排水層・背面排水層・縦排水溝・基盤排水溝」の設置が多く、この2パターンで全体の半数近くを占めている。基盤排水溝と背面排水層が含まれているパターンが多く、両方を含むパターンは87%となっており、どちらも含まないパターンはわずか2件であった。

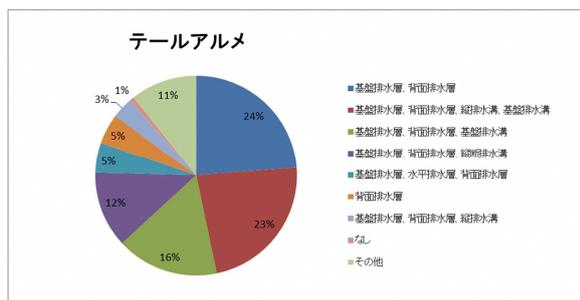


図7 テールアルメの排水施設設置状況

ジオテキスタイルについては、対象が全82件であった。西脇地区で見られたような、「水平排水層のみ」が最も多く35%と3分の1以上を占めている。次いで、「水平排水層・背面排水層」、「基盤排水層・水平排水層・縦排水溝・基盤排水溝」「基盤排水層・縦排水溝・基盤排水溝」と続くが、その次に多いのが排水施設を設置してないパターン6件で8%を占めている。

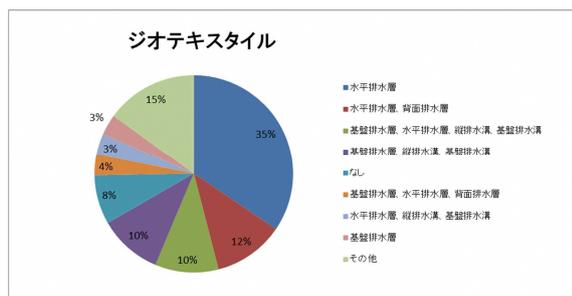


図8 ジオテキスタイルの排水施設設置状況

複数の排水施設を設置しているパターンが多く8割近くが3種類以上の排水施設を設置している。基盤排水層と背面排水層を設置している場合が多くそれぞれ8割近く、どちらも設置していないパターンはわずか1件であった。また、ジオテキスタイルとテールアルメには、排水施設を設置していないパターンが確認されたが、多数アンカーでは確認されなかった。

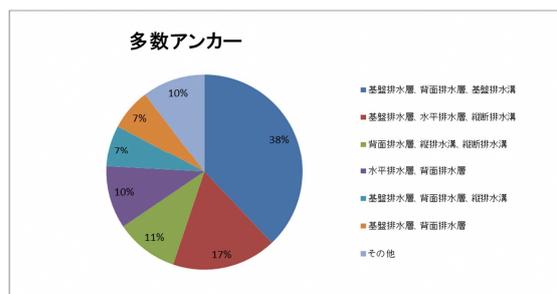


図9 多数アンカー排水施設設置状況

(4) 各種マニュアルの適用

各種マニュアル^{3)~11)}において、新旧の基準で排水施設についてどのように定められているかを表2に整理した。

確実に設置しなければならない排水施設は現地条件によって異なるが、マニュアルで読み取れる範囲で必須と思われる排水施設は、新基準においては各補強土壁の種類において基盤排水層、旧基準においては、テールアルメで基盤排水層と背面排水層、ジオテキスタイルで基盤排水層、多数アンカーでは特に記載がない。マニュアルの上位基準である指針では旧基準においては記載がなく、新基準においては基盤排水層のみ必須であると読み取れる。

表2 補強土壁に関する基準まとめ (○は必須)

		旧基準	新基準
		(平成11年3月版 補壁工指針)	(平成24年7月版 補壁工指針) (平成22年4月版 補壁工指針)
補壁工指針	縦排水溝・縦排水溝		自然斜面を切土して補強土壁を設置 ○
	基盤排水層・排水溝		規模が大きい補強土壁や掘上げ盛土を有する・細粒分を多く含む材料を盛土材として用いる場合
	水平排水層	記載なし	コンクリート製の壁面材を設ける場合 山地部の沢部を埋め立てた盛土
盛土工指針	壁面背面排水層		
	縦排水溝		
	基盤排水層・排水溝		-長大のり面を有する高盛土 -片切り片盛り -切り盛り境 -沢を埋めた盛土や傾斜地盤上の盛土
補強土(テールアルメ)工法設計・施工マニュアル	水平排水層		-長大のり面を有する高盛土 -片切り片盛り -切り盛り境 -沢を埋めた盛土や傾斜地盤上の盛土
	縦排水溝	盛土体の背面に掘削部が発生する場合	記載なし
	基盤排水層・排水溝	○	○
ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル	水平排水溝	のり面に湧水のおそれあるとき	細粒分が多く透水性の低い盛土材料を適用した場合
	壁面背面排水層	○	記載なし
	※備考		①盛土材料が(GW)、(GP)、硬岩等、粗砂である ②基礎地盤の透水性が盛土材料より大きく、かつ地下水が基礎地盤から5m以下にある ③かつ②の場合は省略可能
多数アンカー式補強土工法設計・施工マニュアル	縦排水溝	地山に接して片盛りとなる補強土壁など	掘削時に切土面からの湧水が認められる場合
	縦排水溝		自然斜面を切土して補強土壁を設置する場合 ○
	基盤排水層・排水溝	○	○
多数アンカー式補強土工法設計・施工マニュアル	水平排水層	適用土質により必須	礫材等著しく透水性の良い盛土材を使用する場合を除く
	壁面背面排水層	コンクリートパネル、ブロック形式の壁面工を用いた補強土壁	コンクリートパネル、ブロック形式の壁面工を用いた補強土壁
	※備考		盛土材料として岩すりや砕石等のドレーン材に相当する透水性の高い材料を使用する場合、掘削から掘入する水を適切に排水できる排水経路を定め、地下排水工を設置しなくてもよい
多数アンカー式補強土工法設計・施工マニュアル	縦排水溝・縦排水溝	記載なし	自然斜面を切土して補強土壁を設置する場合 ○
	基盤排水層・排水溝		
	水平排水層	必要に応じて検討	-規模が大きい -掘上げ盛土を有する -細粒分を多く含む材料やスレーキング性を有する岩材を盛土材料として用いる場合
多数アンカー式補強土工法設計・施工マニュアル	壁面背面排水層	必要に応じて検討	コンクリート製の壁面材を設ける場合
	※備考		細粒分の多い盛土材やスレーキング性を有する盛土材を用いる場合には、水の影響が大きいため十分な地下排水工の検討が必要。 盛土材料に砕石や岩すり等の透水性の高い材料を使用し、盛土の排水が確保できる場合、基盤部分からの排水を行えば、地下排水工の設置については省くことができる

(5) 考察

調査1,2の結果、現地で変状が確認された箇所について表3にまとめた。

表3 調査1,2まとめ

番号	場所	路線	補強土壁の変状	路面の変状	工法	排水施設
①	海南	花園美里線(長谷宮)		打換	ジオグリッド	基盤排水層
②	有田	国道424号(西ヶ峯)	壁面材の損傷	クラック	ジオテキスタイル	なし
③	有田	国道424号(瀬井)	壁面材のはらみ		多数アンカー	水平排水層 背面排水層 基盤排水層
④	有田	国道424号(瀬井)	壁面材の開き	クラック・打換	多数アンカー	水平排水層 背面排水層 基盤排水層
⑤	有田	楠本小川線(小川)		クラック	テールアルメ	水平排水層 背面排水層 基盤排水層
⑥	串本	国道371号(蔵土)		段差	テールアルメ	水平排水層 背面排水層 基盤排水層
⑦	串本	上富田すさみ線(江住)		オーバーレイ	スリットウォール	縦排水溝 基盤排水層

a) 調査1に関する考察

補強土壁自体に変状が確認された箇所は3か所と少なかったがそのうち2か所では路面にも変状が確認されており、路面の変状箇所が今後補強土壁自体にも変状をきたす可能性は否定できないと言える。

調査2と関連し、補強土壁や路面に変状が確認されている箇所について排水施設設置状況の共通点を考察したが、母数も少なく確認できなかった。

b) 調査2に関する考察

3.(3)に記載のとおり、新旧によらずマニュアルから読み取れる確実に設置しなければならない排水施設は、基盤排水層であるが、テールアルメで9件(8%)、ジオテキスタイルで50件(67%)、多数アンカーで6件(24%)と省略されている箇所が多数見受けられた。

これには西脇地区で問題視された、水平排水層のみ設置しているパターン、排水施設自体が省略されているパターンも含み、西脇地区と同じジオテキスタイルで多く確認された。

一方で、地下水位が全く観測されない場合、必ずしも排水施設を設置する必要はないと考えられる。設計時、地下水位の調査や周辺地形の特徴等から、排水施設の設置を検討している場合は問題があるとは言えない。そこで、排水施設が省略されていた箇所について詳細に調査を行う。

4. 排水施設省略箇所の詳細調査

3.の調査結果のうち排水施設が省略されていた箇所8件のうち変状も確認された西ヶ峯と水平排水層のみ設置で設計時の報告書が確認できた一例として大又について詳細に調査を行った。

(1) 有田郡有田川町西ヶ峯

設計報告書は保存期間が過ぎており確認できず、設計時の地下水の有無等排水施設を設置しないとした理由は不明であった。図面から読み取れる表面流水の処理については、上方斜面・道路面からは水路工で行う設計となっており、特段補強土壁内へ浸入を促すものとはなっていない。

図10は、和歌山県が作成している土砂災害マップ¹²⁾である。補強土壁箇所自体は土砂災害警戒区域には指定されていないが、周囲は地すべり警戒区域に囲われ、補強土壁のすぐそばには急傾斜地崩壊特別警戒区域が存在しており、地すべり地帯であると想定される。

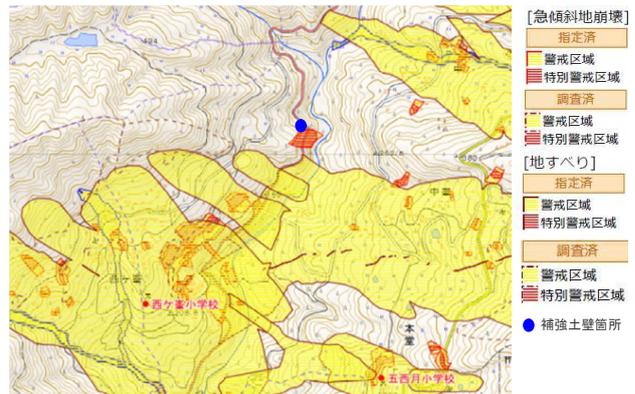


図10 土砂災害マップ(西ヶ峯)

(2) 日高郡日高川町大又

設計報告書内「設計フロー」において排水施設の検討の項目があるが報告書自体には省略されており、排水施設設置の考え方は確認できなかった。図面から読み取れる表面流水の処理については、上方斜面・道路面からは水路工で行う設計となっている。補強土壁上に路体盛土を行う設計となっており、路体盛土法面の表面流水については処理する水路がないため補強土壁内へ浸入する可能性がある。

図11の土砂災害マップ¹²⁾より、周囲に急傾斜地崩壊区域は存在するが地すべりの警戒区域等は存在していない。

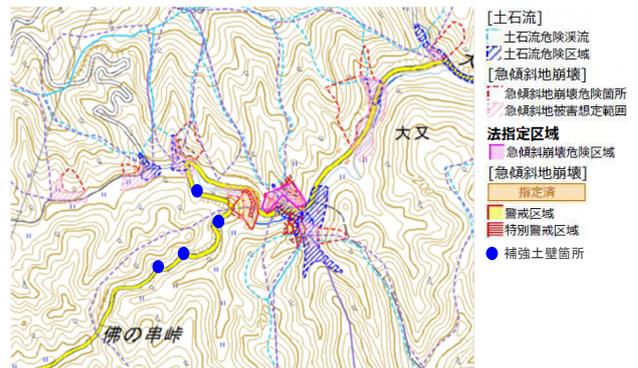


図11 土砂災害マップ(大又)

(3) 排水対策の検討

詳細調査を行った2件についてどちらも設計時に排水施設を省略した理由は確認することができず、対策が必要な箇所判断は難しいが、西ヶ峯は、周辺に土砂災害危険区域がない大又と比較して周辺全体が地すべり地形となっている。そこで検討した排水対策のフローを図12に記す。なお、検討に当たっては国立研究開発法人農研機構の堀土構造物ユニット長にご教授いただいた。

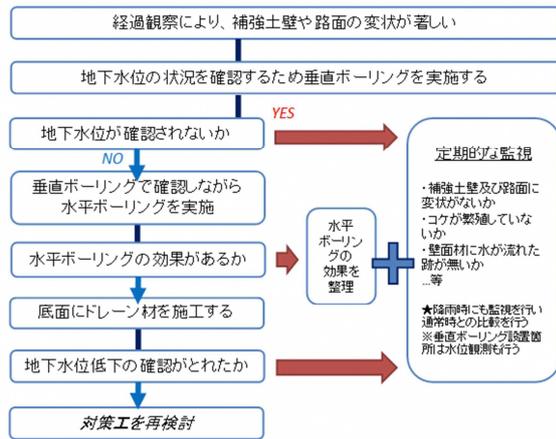


図12 排水対策工フロー

現段階で変状が生じている箇所について、経過観察をし、変状の進行具合が著しい場合は、調査ボーリングを実施する。地下水位が確認されない場合や水平ボーリングによって効果が確認できた場合は定期的な監視を行うことで対応する。水平ボーリングで効果が確認できない場合、底面にドレーン材を施工し再度効果を確認するがなお効果がなかった場合は再度対策工を検討する。定期的な監視は、降雨時のみではなく平常時でも行うことで比較が可能となりより効果的である。

その他、排水施設省略箇所及び水平排水層のみ設置箇所については、フローに記載の定期的な監視を行うこととし、変状等が確認された場合は別途排水対策を検討する。

5. まとめと今後の課題

3章及び4章より下記4点の知見が得られた。

- ①県施工の補強土壁では3件の変状が確認されたが、全体数(231件)から考えるとおおむね施工状況は良い。
- ②排水施設省略箇所や水平排水層のみ設置箇所は

15%ほど確認され特にジオテキスタイルでは40%を超える結果となった。

- ③マニュアルから読み取れる必須の基盤排水層が30%以上の箇所で省略されていた。
- ④変状が確認された箇所については、経過観察をし、変状が著しく進行すれば排水対策として地下水位の観測を行い、地下水位が観測された場合は水平ボーリングや底面にドレーン材を施工することで対応する。

今回詳細な調査を行った箇所は2件(第4章参照)だが、今後の課題として変状箇所及び排水施設省略箇所、水平排水層のみ設置箇所については、定期的な監視を行う必要がある。

また、定期的な監視についてより効果を発揮するためには、図12のフローにも記載のとおり、通常時と降雨時での比較や、監視項目の充実によってより確実に効果的な監視が可能となる。県内全域で有効な監視を定期的に行うことができれば、再度災害の防止に大きく寄与するだろう。

<参考文献>

- 1) 橋本聖、西本聡、林宏親、梶取真一「一般国道における既設補強土壁の実態調査結果」：寒地土木研究所月報 No. 70, 2012年7月
- 2) 中村洋丈、宮田喜壽、篠田昌弘、弘中淳市、竜田尚希「ジオグリッド補強土壁の降雨に伴う変状事例分析」：ジオシンセティックス論文集第28巻 p295-302, 2013. 12
- 3) 一般財団法人 土木研究センター「補強土（テールアルメ）壁工法 設計・施工マニュアル」：第3回改訂版, 平成15年11月
- 4) 一般財団法人 土木研究センター「補強土（テールアルメ）壁工法 設計・施工マニュアル」：第4回改訂版, 平成26年8月
- 5) 一般財団法人 土木研究センター「多数アンカー式補強土壁工法 設計・施工マニュアル」：第3版, 平成14年10月
- 6) 一般財団法人 土木研究センター「多数アンカー式補強土壁工法 設計・施工マニュアル」：第4版, 平成26年8月
- 7) 一般財団法人 土木研究センター「ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル」：改訂版, 平成12年4月
- 8) 一般財団法人 土木研究センター「ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル」：第二回改訂版, 平成25年12月
- 9) 公益社団法人 日本道路協会「道路土工 擁壁工指針」：平成24年度版, 平成24年7月
- 10) 公益社団法人 日本道路協会「道路土工 擁壁工指針」：改訂版, 平成11年3月
- 11) 公益社団法人 日本道路協会「道路土工 盛土工指針」：平成22年度版, 平成22年4月
- 12) わかやま土砂災害マップ
([http://sabomap.pref.wakayama.jp/\(S\(ozfr3gnk0dv m3do0kuaxcpkx\)\)/Top.aspx](http://sabomap.pref.wakayama.jp/(S(ozfr3gnk0dv m3do0kuaxcpkx))/Top.aspx))

松岡 里奈

2019年4月1日付人事異動により現職へ異動.

異動前官職：和歌山県 県土整備部 道路局 道路建設課

本研究は従前の所属である道路建設課における所掌内容をもとに行った.

加古川背割堤事業に関する考察

瀧 敏之

兵庫県県土整備部土木局道路街路課 (〒650-8567神戸市中央区下山手通5-10-1)

2018年(平成30年)7月の西日本豪雨で、岡山県倉敷市真備町に甚大な浸水被害をもたらした原因が、高梁川から小田川への背水(バックウォーター現象)とされるなど、背水対策としての合流点付替の重要性が認識されるようになった。兵庫県では、2004年(平成16年)台風23号の出水時、加古川からの背水の影響により支川の高谷川流域で甚大な被害が出たことから、背割堤による合流点付替を行い、完成後、何度も浸水被害を防いできたことが出水後の検証により確認されている。本論では、事業を通じて得られた背割堤事業の知見や整備効果について論じる。

キーワード 背水, 合流点付替, 加古川

1. はじめに

高谷川は、兵庫県のほぼ中央を南下し瀬戸内海に注ぐ一級河川加古川の上流域である丹波圏域に位置し、加古川の一次支川である柏原川の二次支川である。加古川の概要と高谷川の位置を図-1に示す。



図-1 加古川流域図

高谷川の流域面積は約8km²と小さいが、流域には市街化した平地が分布しており、その平地部の標高と加古川の水位との差が小さいことから、出水時には加古川の水位の影響を強く受けることとなる。実際、高谷川最下流端の計画高水位は、直近の加古川計画高水位より約2.4m低いため、当該流域は加古川の背水の影響により流下が阻害され、過去から何度も浸水被害を出してきた。

2004年(平成16年)10月の台風23号の出水では、加古川からの背水の影響が柏原川を經由して高谷川にまで及び、流域内で甚大な被害を出した。これを契機に、床上浸水対策特別緊急事業で加古川・柏原川間の合流点付替として背割堤を整備することとなった。各河川の位置と被害実績を図-2に示す。背割堤については、2013年(平成25年)の完成以来、すでに何度も浸水被害を防いできたことが出水後の検証により確認されている。本論では、事業を通じて得られた背割堤事業の知見や整備効果について、シミュレーション結果を交えて論じる。

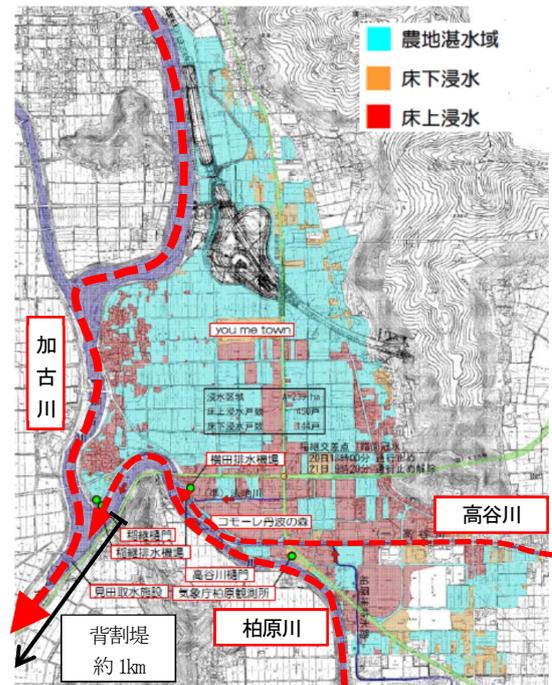


図-2 高谷川被害実績図(2004. 10. 20出水)

2. 高谷川床上浸水対策特別緊急事業

(1) 平成16年台風23号の被害

日本全国に多大な被害をもたらした2004年(平成16年)10月の台風23号は、丹波地域でも猛威をふるい、柏原観測所では1時間最大35mm、24時間雨量230mmを記録した。高谷川では、加古川からの背水の影響により河川が流下できなくなり流域であふれ、湛水面積239ha、床上浸水450戸、床下浸水144戸、浸水深は1m以上となるなど大きな被害となった。

(2) 背水対策

一般的に背水対策としては、本川河道切下げ、合流点付替(河道付替、または背割堤)、背水堤(バック堤)による外水対策、排水ポンプによる内水対策、調整池や地下貯留施設による支川対策等があり、各河川の状況によりこれらを適切に組み合わせることで対策することとなるが、合流点付替には、排水ポンプのような大きな維持管理費が発生しないこと、本川河道切下げのように下流へ負荷をかけないこと等の利点がある。

高谷川で平成16年災害を契機に採択された床上浸水対策特別緊急事業では、上記の利点から加古川・柏原川間における合流点付替案が採用され、河道付替より事業費で有利となる背割堤が選定された。事業完了後の全景を写真-1に示す。加古川河道内に背割堤を造ることで加古川と柏原川を分断して合流点を下流に移動している。両河川の河道断面を確保するためには旧加古川の幅では不足するため、加古川右岸の堤防を堤内地側に引いている。



写真-1 加古川・柏原川背割堤

(3) 合流点付替事業実施の課題

a) 上下流の調整

一般的な河川改修では、受益者(治水安全効果を受ける地域住民)と事業協力者(用地提供や工事協力者)は、ほぼ一致する。しかし合流点付替では、受益者が背水影響軽減効果を受ける上流住民であるのに対し、事業協力者は下流住民となる。本事業においても、下流住民との

調整は困難なものとなった。協議の結果、下流の河川整備を上流の背割堤整備と同時に進めることで、理解を得ることができた。

b) 下流への負荷

合流点付替は合流点を下流に移動させるだけなので、基本的に合流後の流量は事業前後で変化しない。しかし、大きな出水時に事業が効果を発揮し、上流で浸水を防いだ場合、上流で浸水しなくなった分の水量は下流へ流下するようになる。下流住民へは、シミュレーションで影響が軽微であることを説明し理解を求めた。事業実施は、前述の河川改修の同時実施により下流の治水安全度も全体として向上するという理解を得られたが、事業後も下流住民からは「背割堤で川の流れが良くなり加古川の水位上昇が早くなった。それにより樋門を閉めるのが早くなり、閉鎖時間が長くなることで内水位が上がり浸水する。」といった意見が出るなど、不安は払拭されていない。

c) 上流の仮設水防柵

上流域では工事は無いが、事業完了までの安全確保(平成16年災害見合)のために暫定的に設置した高谷川の仮設水防柵(写真-2)を、事業後に撤去しようとしたところ、住民に反対される事態が生じた。上流住民は、工事が無いため安全となった実感を感じにくいものと思われる。しかし、背割堤完成後に仮設水防柵が残るということは、下流へ過度の負担をかけることとなるため、撤去は必要である。粘り強い説得により最終的には撤去に同意をいただけたが、こういった暫定施設については、設置時に丁寧に説明するとともに、どの段階で撤去するかを文書等で明確にしておく必要がある。



写真-2 高谷川仮設水防柵

3. 背割堤の整備効果

(1) 実降雨における事業効果の検証

背割堤の整備効果を検証するのに用いる指標は、図-4のように背割堤をはさんで流下する加古川と柏原川の水位差である。出水時に加古川からの背水の影響を軽減し、事業前より柏原川の水位を下げることであれば、柏原川へ流入する高谷川の流下を阻害しなくなり、浸水被害から高谷川流域を守ることができる。加古川と柏原川は合流した地点で同水位となるため、背割堤により分断さ

れた柏原川の水位が隣の加古川の水位より低ければ、それは背割堤による水位低下効果と評価できる。評価地点は背割堤の最上流端、旧合流点となる。

堤の効果は絶大で、高谷川は最高水位となっても背水の影響を受けずに流下していることを巡視で確認しており、流域で浸水被害も発生しなかった。

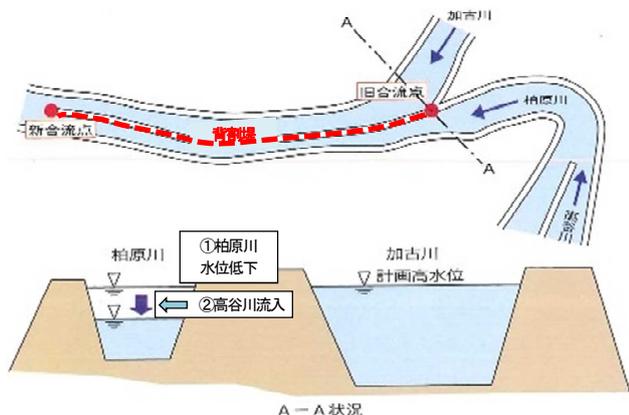


図4 効果検証における概念図

加古川と柏原川の水位差は、水位痕跡を基に推定する。背割堤上流端の評価地点において、レベルで加古川と柏原川の水位差を計測するのだが、本手法については以下の注意が必要である。まず、写真-3のように水位痕跡の境界は明確でなく、うねり等の影響もあるため、近傍数カ所で測量し平均をとり、下流の測量結果も考慮する場合は、位置的な補正も必要となる。また、加古川と柏原川では最高水位となる時間に差もあるため、近傍の水位局の水位データによる補正も必要となる。こうして得られる水位差の精度は0.1m程度のオーダーと考えられる。



写真-3 柏原川水位痕跡(2018. 7. 7出水)

背割堤完成後に検証した柏原川水位低下効果をまとめると表-1となる。また、柏原川の水位は支川の高谷川水位に直接影響するため、高谷川への効果を評価した事例が図-5である。2018年(平成30年)7月豪雨では、高谷川は氾濫危険水位を上回り越水寸前となったことから、下流の柏原川水位が背割堤の事業効果により1.5m下がっていなければ浸水被害が出ていたことは間違いない。背割

表-1 柏原川水位低下効果の検証結果

出水	水位低下効果
2013(H25).9	0.3m
2014(H26).8	0.8m
2015(H27).7	0.2m
2016(H28).9	0.7m
2017(H29).9	0.9m
2018(H30).7	1.5m

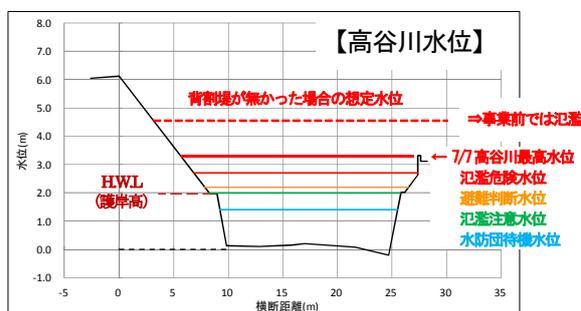


図-5 高谷川における整備効果 (2018. 7. 7出水)

また、翌朝に背割堤を巡視したときの様子が写真-4で、加古川と柏原川に明確に水位差があることが確認できた。さらに、現場でも「高谷川の水位低下が早くなった」という話をよく聞くが、これも合流点付替の効果をよく表すものである。



写真-4 背割堤部の状況(2018. 7. 8早朝)

(2) シミュレーションによる検証

背割堤の整備効果と下流への影響を評価するため、整備前後の河道モデルで平面2次元解析をした。降雨は2004年(平成16年)の台風23号のデータとし、上流域氾濫による流量低減は考慮しないこととした。

加古川ピーク流量時における、整備前後の水位コンターを図-6・図-7、流速コンターを図-8・図-9に示す。計算では、柏原川では約1.0mの水位低下効果がある一方、下流域へは影響がほとんど無い結果となった。また、旧合流点付近では、事業前より流れがよくなることで、加古川の水位も低下することがわかった。

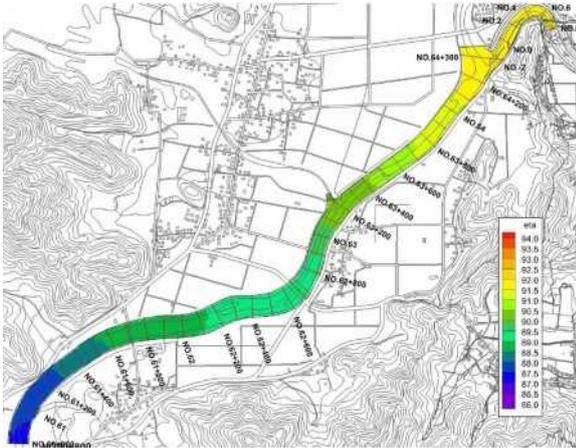


図-6 水位コンター (整備前)

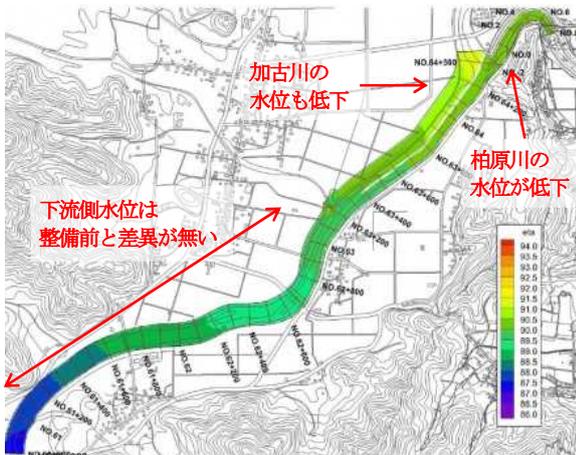


図-7 水位コンター (整備後)

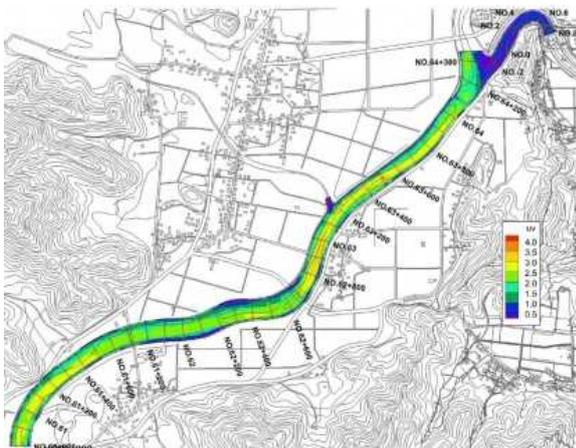


図-8 流速コンター (整備前)

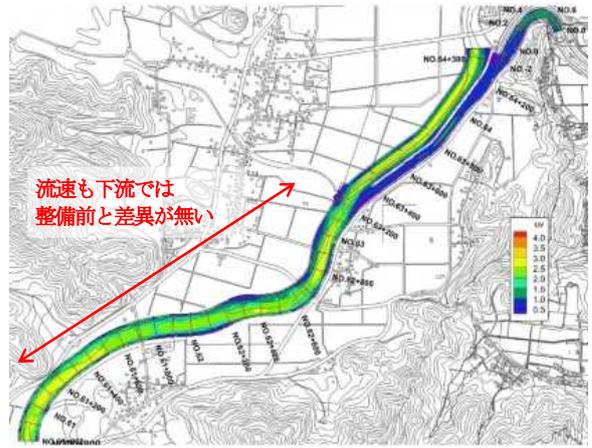


図-9 流速コンター (整備後)

つぎに、背割堤下流域での水位の時間変化を整備前後で比較した。背割堤下流端から900m下流の位置の水位の時間変化を整備前後でグラフ化したものが図-10である。シミュレーション上では、背割堤による下流への流況の変化はほとんど無い結果となった。

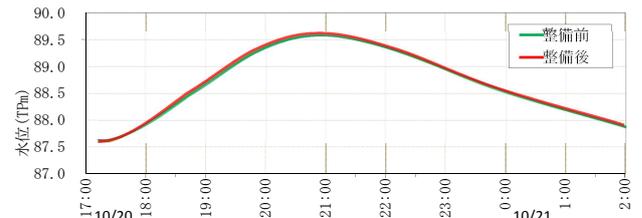


図-10 背割堤下流900mにおける整備前後の水位変動

4. まとめ

出水後の現地調査に基づく検証とシミュレーションの両面から、加古川・柏原川背割堤による水位低下効果が約1mあると確認された。これにより高谷川流域の浸水被害を防ぐことができ、万が一浸水被害が発生したとしても、河川水位が1m低下することにより、浸水被害が大幅に軽減されることが期待できる。本事例は、合流点付替に大きな整備効果があることを示す事例である。しかし、合流点付替には下流住民の協力が不可欠である。事業前は上流域で浸水があったものが、事業後には下流域で浸水するということが無いよう、下流域に対しては河川整備や維持管理等、十分な対応が必要である。

※本論文の内容は、前所属である丹波土木事務所河川課における業務に基づくものである。

越波被害をくいとめろ！ ～平成30年度台風の対応と今後の課題～

佐野 友音¹・田中 達也²

¹近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 田辺国道維持出張所 (〒646-0003和歌山県田辺市学園24-17)

²近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 工務第三課 (〒646-0003和歌山県田辺市中万呂142)

紀南河川国道事務所管内では、台風等による越波被害に見舞われている。特に2018年（平成30年）度の台風では、例年に比べて勢力が強い台風が多く、例年の越波規制区間よりも広範囲で越波が発生した。その結果、紀南河川国道事務所管内では、倒れた木々が国道に侵入したり、船舶が国道に打ち上がった等、様々な被害がもたらされた。本論文では、2018年度の台風による越波被害と対応を報告すると共に今後の課題について考察する。

キーワード 台風，越波，越波防止柵，SNS

1. はじめに

(1) 紀伊半島への台風の上陸頻度

過去約70年間で紀伊半島に台風が上陸した数は、24回で全国では3番目に多い。また、上位10位の都道府県のうち、近畿地方でランクインした府県は和歌山県のみで、台風の上陸が多いことが分かる。この結果から、台風に向けて何かしらの対策を立てる必要がある。

表-1 上陸数が多い都道府県¹⁾

順位	都道府県	上陸数
1	鹿児島県	41
2	高知県	26
3	和歌山県	24
4	静岡県	20
5	長崎県	17
6	宮崎県	13
7	愛知県	12
8	千葉県	8
	熊本県	8
10	徳島県	7

(2) 越波とは

越波とは、暴風時に海岸に打ち寄せられた波により海水が海岸施設を超えて堤内に流入する現象のことである²⁾。和歌山県の南部地域である紀南河川国道事務所管内は、海岸沿いで毎年のように台風による越波被害に見舞われている。また、海岸に接する道路では、越波により運転者の視界障害が生じたり、越波に乗って石や砂利が打ち上がることによって歩行者や通行中の車に直接的な被害が生じたりする可能性がある。そのため、大部分が海岸に接している国道42号では、越波発生による通行規制を行う必要がある。

2. 管内の越波対策の現状

紀南河川国道事務所管内には、さまざまな越波対策がされている。ここでは、管内における越波防止対策の位置図(図-1)を示すと共に、対策工の種類と特徴を述べる。

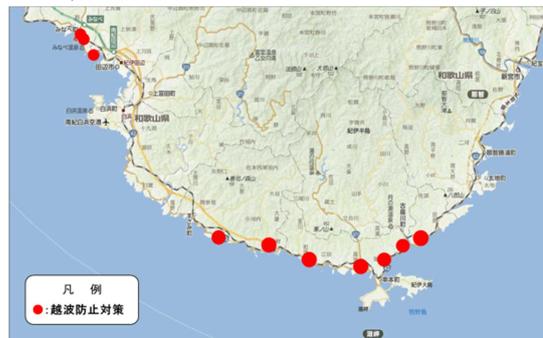


図-1 越波防止対策の位置図

(1) 消波ブロック

景観や眺望の阻害がないが、設置から時間が経過すると消波ブロックの隙間に砂や砂利が詰まり、消波機能が低下する懸念がある。



写真-1 消波ブロック

(2) 波返しパネル

擁壁の天端に設置することができるので、景観・眺望の阻害にならないがパネルを越える場合も見られる。



写真-2 波返しパネル

(3) 越波防止柵

擁壁の上部に設置するメタル製の直立柵であり、必要な天端高に応じた設計が可能であるが、景観・眺望は阻害される場合には、ポリカーボネート越波防止柵もある。



写真-3 越波防止柵 (メタル)



写真-4 越波防止柵 (ポリカーボネート)

3. 災害時の運営計画の概要

紀南河川国道事務所では、近畿地方整備局防災業務計画に基づき、紀南河川国道事務所道路関係災害対策部運営計画を定めている。本計画は、風水害、地震災害、道路災害と分けており、必要な対策と組織を構築し、防災行政の円滑な運営を図ることを目的としている。本論文は風水害(越波)について述べる。

(1) 災害対応の流れ

本計画に基づき、災害対応が行われる。以下に災害対応の流れを示す。

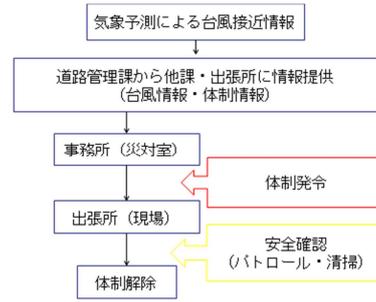


図-2 災害対応の流れ

(2) 台風の情報と体制情報の提供

台風接近の2~3日前より気象情報(台風の動き等)を道路管理課から他課へ周知する。また、台風接近の1~2日前より注意体制、警戒体制、非常体制に備えた要員の確認と確保をする。

(3) 体制の発令

体制は、発令基準に基づき、対策部長(災害対策室)が発令する。また、以下に体制の定義を示す。

- ・注意体制：専従の職員を配置し、雨量の監視を開始する。
- ・警戒体制：片側交互通行規制を行い、通行止めに向けて準備をする。
- ・非常体制：通行止めを行う。

体制区分	発令基準
注意体制	1) 和歌山県南部(場合により三重県南部)に高潮注意報・警報や波浪警報が発令され、対策部長が必要と判断した場合 2) 波高4~6mで対策部長が必要と判断した場合 3) 台風や低気圧が接近した場合で対策部長が必要と判断した場合 4) 対策部長が必要と判断した場合
警戒体制	1) 越波が発生し、片側交互通行を行う必要がある場合 2) 対策部長が必要と判断した場合
非常体制 B	1) 越波が発生し、通行を禁止した場合 2) 対策部長が必要と判断した場合
非常体制 A	1) 越波により重大かつ大規模な被害が発生し、交通が途絶した場合 2) 対策部長が必要と判断した場合

図-3 発令基準

(4) 体制の解除

清掃が完了し、現場パトロールの結果、通行の安全が確認できた上で、通行規制の解除を行う。

4. 2018年(平成30年)度台風について

(1) 台風の特徴

台風が紀伊半島付近(和歌山県・徳島県・大阪府・兵庫県)に上陸や通過した個数とそのうち勢力の強い台風の目安として上陸時の気圧が970hPa以下のものを過去10年分として表-2に示す。過去10年間で紀伊半島付近に上陸した勢力の強い台風は6個あるが、その半数が2018年度の1年間で襲来しているため、2018年度は例年に比べて勢力の強い台風が多く、広範囲に越波が発生したことが分かる。

表-2 過去10年間の紀伊半島付近に上陸した勢力が強い台風

年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
上陸数	0個	0個	2個	2個	0個	3個	0個	0個	1個	3個
970hPa以下	なし	なし	6号*	4号* 17号*	なし	なし	なし	なし	なし	20号* 21号* 24号*

*越波あり

(2) 越波の発生状況

越波の発生は、地形や気象状況の条件によるものであり、過去の越波発生箇所を基に対策必要箇所の検討をする必要がある。過去5年(2013年~2017年)の管内での越波による交通規制は27回であった。本論文では、同一地区で同日に複数回規制を行った場合は、1回として計上している。これを地区ごとに集計すると主に9ヶ所の越波多発地区(串本町西向, 串本町姫, 串本町田子, すさみ町江住, すさみ町口和深(天鳥地区), すさみ町口和深, 田辺市芳養, みなべ町埴田・南道)が存在する。しかし、2018年度は、新たに5ヶ所の越波発生地区(串本町古座, 串本町高富~有田, 串本町和深, 田辺市明洋交差点~紀洋石油前交差点, みなべ町南道)が発生した。



図-4 越波規制区間

(3) 人員配置

気象予測業務による越波予測から越波の危険性のある箇所等に人員を配置した。また、各班の役割は以下の通りである。

- ・情報連絡班: 各警戒体制以上時における各班の組織・編成を考える。
- ・工作班: 現地における被災状況等の確認・巡回を行う。
- ・対策班: 災害における機械設備の管理を行う。
- ・渉外班: 災害に関しての外部の対応をする。
- ・物資支援班: 災害における物資支援を行う。

(4) 台風(越波)の被害

台風20号, 21号, 24号の被害状況をそれぞれ写真-5から写真-8に示す。



写真-5 すさみ町江住(台風20号)



写真-6 田辺市芳養(台風21号)



写真-7 田辺市明洋交差点(台風24号)



写真-8 みなべ町南道(台風24号)

(5) 越波による通行規制

台風20号, 21号, 24号の越波によって以下の区間で片側交互通行規制, 全面通行止めがなされた。

- ・串本町古座: 片側交互通行規制
- ・串本町西向: 片側交互通行規制
- ・串本町高富地区～有田地区: 片側交互通行規制・全面通行止め
- ・串本町田子: 片側交互通行規制・全面通行止め
- ・串本町和深: 片側交互通行規制
- ・すさみ町江住: 片側交互通行規制・全面通行止め
- ・田辺市明洋交差点～紀洋石油交差点: 全面通行止め
- ・芳養交差点～みなべ交差点: 全面通行止め
- ・みなべ町南道: 片側交互通行規制

(6) 災害対策室と現場の役割

災害対策室では, 越波箇所と予測時間の更新, 越波区間への人員配置の決定, 規制区間を決定した。また, 越波収束後の交通解放を見据えた路面清掃車等へ応援要請を行うと共にSNS (Twitter等) による規制区間等の情報発信も行った。

現場では, 通行規制区間での道路利用者 (主にドライバー) への説明, 越波状況の確認, 維持作業業者への路面清掃等の指示・監督を行った。

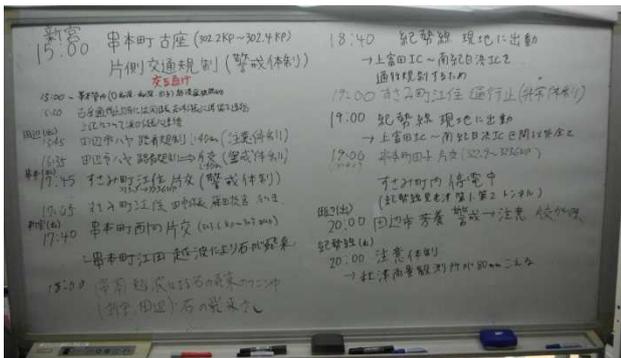


写真-9 災害対策室



写真-10 越波時の通行規制の様子

5. SNS (Twitter) の情報発信効果

紀南河川国道事務所では, 2017年1月から公式Twitterを開設している。ここでは, 事務所が管理する和歌山県南部の国道42号・紀勢自動車道および新宮川水系下流域に関する防災情報、行政情報等を発信している。また, 災害時の規制区間等の情報発信も行っている。

2018年 (平成30年) 度の台風では, 道路関係56回, 河川関係99回の情報発信を行った。そのうち, 道路関係で特に効果のあったツイート (2019年2月28日時点) を以下に示す。

<台風第21号 越波に関するツイート>

・1位: 9月4日 12:15

(インプレッション: 7078回, エンゲージメント: 54回)

本日, 9月4日12時10分より, 国道42号田辺市芳養交差点～みなべ町 みなべ交差点の延長約5.2kmを越波のため通行止めを行いました。

#国道42号 #道路情報 #台風第21号 #越波

<台風第24号 越波に関するツイート>

・2位: 9月30日 16:41 (台風第24号)

(インプレッション: 5162回, エンゲージメント: 31回)

本日, 9月30日16時40分より, 国道42号みなべ町みなべ交差点地先の延長約20mを越波のため片側交互通行規制を行っております。

#国道42号 #道路情報 #台風第24号

インプレッションとは, 見られた回数 (閲覧数) のこと, エンゲージメントとは, そのツイートに“反応” (リツイート・返信・フォロー等) した合計回数のことである。



図-5 紀南河川国道事務所公式Twitter

6. 2018年(平成30年)度の課題と今後の対応

(1) 課題

2018年(平成30年)度の災害対応の課題を以下に示す。

- ・想定外の区間(気象予測業務の越波予測では問題ない区間)でも越波が発生したことによって通行規制を行うのに時間を要した。
- ・規制箇所に対し道路清掃車の数が足りなかったにも関わらず、機械を保有する業者や近隣事務所への応援要請を事前にできなかったため、道路パトロールによる安全の確認が遅くなり、台風が過ぎ去っても朝まで体制を解除できなかった。
- ・台風前の事前パトロール時に越波で打ち上げられる可能性がある障害物(船舶等)を見落としていたため、打ち上げられた障害物(船舶等)の所有者の把握及び移動に時間を要した。

(2) 今後の対応

今後の対応として、ソフト対策とハード対策に分けて述べる。

a) ソフト対策

- ・台風前の事前パトロール時に越波で打ち上げられる可能性のある障害物(船舶等)の移動・固定を所有者に指導する。
- ・道路清掃車等の事前確保及び要請を行う。
- ・SNS(Twitter・Instagram等)を使って災害についての情報発信を続ける際、越波や通行止めの写真を付けて発信したり、他の行政機関(地方自治体等)とSNSをフォローし合い、災害時に発信したツイートをリツイートしてもらう。さらに、災害時以外でも、越波による通行規制区間や最新の雨量情報を周知することで、閲覧者に対してSNSが災害時に役に立つ意識を高める。
- ・越波防止対策を検討する。
- ・越波に関する啓発ポスターを道の駅等に掲示する。

b) ハード対策

- ・気象予測業務において、2018年度の状態を踏まえて更に詳細な越波予測を構築する。

(3) 越波予測の改善

越波危険度を判定するための予測モデルを適切に構築するためには、沖波の波高予測の精度向上に加え、海底勾配を適切にモデル化し、実際の状況に近い打上げ高を算出することが重要である。しかし、実際の海岸には護岸構造物や岩礁が分布していること等からこれらを忠実に予測モデルで再現することは困難であると考えられる。

このような背景から、2019年度では海底勾配を単純に一定勾配とした複数パターンのモデルを用意し、それぞ

れのモデルにおいて実際に越波が発生した事例を用いて予測再現計算を行い、その中で実際の越波状況に近いものを海底勾配モデルのベースとし、さらに今後発生する越波の状況と比較することでチューニングする。

a) 打上げ高

打上げ高とは、沖合いから波が入射・砕波した際、波が駆け上がった高さのことである。

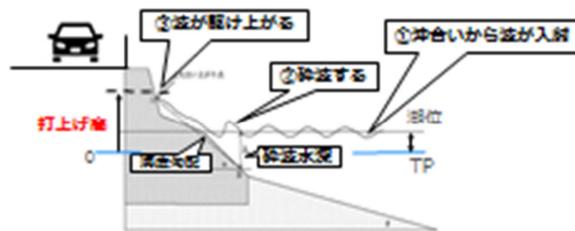


図-6 打上げ高

b) 打上げ高の再現計算

打上げ高は、波高・波長(周期)・海底勾配の様々な組み合わせにより、下記の数式で求められる。

$$\frac{R_{1/3}}{H_0} = 2.17 - 2.18e^{-0.70/cota/\sqrt{(H_0/L_0)}}$$

$\frac{R_{1/3}}{H_0}$: 砕波直前の波の波高に対する打上げ高の比

cota : 海底勾配

H_0/L_0 : 波形勾配(波高/波長)

海底勾配は、海上保安庁発行の水深データに基づく地形(topo_0とする)および、6パターンの海底勾配(1/50、1/30、1/20、1/15、1/10、1/8)とした。図-10の橙色の部分片側交互通行の時間帯、赤色の部分が全面通行止めの時間帯を示している。図から海底勾配が急なほど打上げ高は高くなりやすいことが分かる。

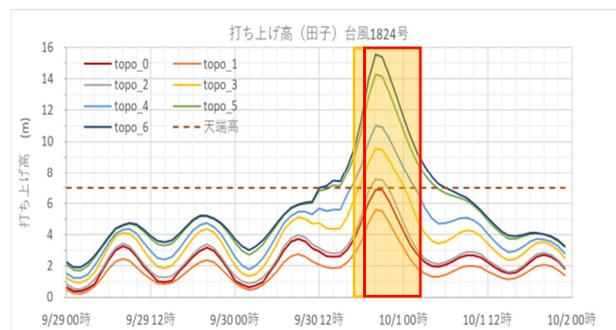


図-7 串本町田子を対象とした再現計算まとめと通行規制時間帯(2018年台風24号)

2018（平成30年）度の越波予測は、打上げ高のピークと全面通行止となる時間帯のイメージは概ね一致していたと考えられるが、越波発生時間帯は、実際より長時間かつ過大に予測する傾向が見られ、改善が必要と考えられた。今回の予測モデルの計算結果と現地の通行規制の実態を照合し、天端高を超えた高さと期間を摺り合わせ、適切なパラメータ（海底勾配）を決定すれば、各地点における越波の発生について予測出来る可能性が高まる。

7. おわりに

2018年（平成30年）度の台風は、例年に比べて勢力の強い台風が多く、紀南河川国道事務所では、例年の越波規制区間よりも広範囲で越波が発生し、様々な被害に見舞われた。災害対応においては台風が過ぎ去っても道路に打ち上げられた砂や小石等の清掃や安全確認等で通行規制の解除が翌朝となった。このような反省を生かして、気象予測による越波の予測精度を高め、規制解除を見据えた体制を確保する必要がある。また、新たな越波区間が確認されたことから、規制区間や現地応援班の配置の見直し等、運営計画の見直しの検討も必要である。さらに、災害対応ではSNSによる災害等の情報発信も有効である。紀南河川国道事務所では、2019年（令和元年）5月にInstagramを開設したことからTwitterだけではなくInstagramも活用し、幅広く情報提供していく。

参考文献

1)気象庁HP

(<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/statistics/ranking/landing.html>)

2)山下：紀南地域の越波多発箇所における対策と課題について、平成26年度近畿地方整備局管内技術論文，調査・設計部門：No.11

津波浸水被害を軽減する沖側防護ラインの 中枢を担う琴ノ浦水門について

藤田 涼平¹

¹近畿地方整備局 和歌山港湾事務所 海岸課 (〒640-8404和歌山県和歌山市湊葉種畑の坪1334)

和歌山下津港海岸（海南地区）において津波浸水被害を軽減するため海岸保全施設整備事業を進めている。2019年3月末には、本事業により沖側防護ラインの整備が完了した。沖側防護ラインを構成する護岸、水門及び津波防波堤の中でも中枢的な役割を担う琴ノ浦水門は、国内でも最大級の規模を誇り、その施工に際しては、大規模であるが故の様々な工夫・対応を行ってきた。また、同水門を安全かつ迅速・確実に動作させるための遠隔操作システムを導入しており、これらの水門整備の取り組みについて報告するものである。

キーワード 津波対策、水門、ひび割れ対策、被圧水対策、遠隔操作システム

1. はじめに

紀伊半島に位置する和歌山県では、今後30年以内に70%～80%程度の確率で発生するとされている南海トラフで発生する地震に伴う津波により、広範囲にわたり甚大な被害を受けることが危惧されている。和歌山下津港海岸は紀伊水道に面したリアス式海岸の湾奥部に位置し、その地形的特性からこれまで昭和南海地震やチリ地震等による被害を受けてきた。¹⁾²⁾

(図-1)

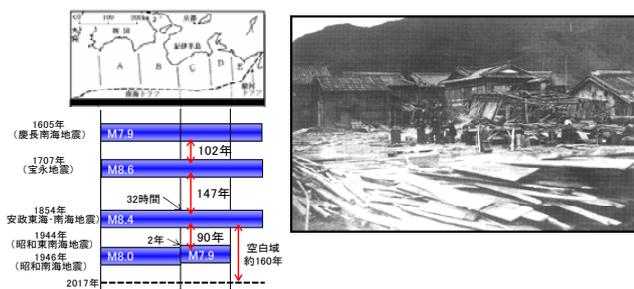


図-1.昭和南海地震の被害状況

和歌山下津港海岸（海南地区）背後地においては、行政・防災中枢機能や主要交通施設に加え、世界的シェアを誇る高付加価値製品の製造企業群が集積しており、海南市における東海・東南海・南海3連動地震の津波による被害額は約5,000億円に上ると試算している。このため、近畿地方整備局和歌山港湾事務所では、当地区の人命、財産を守るため、護岸、水門、津波防波堤の新設・改良により、津波浸水被害の軽減を目的とした海岸保全施設の整備を推進中で

ある。(図-2)

このうち本稿では、沖側防護ラインの整備が完了し、その一端を担う国内最大級の琴ノ浦水門について報告するものである。

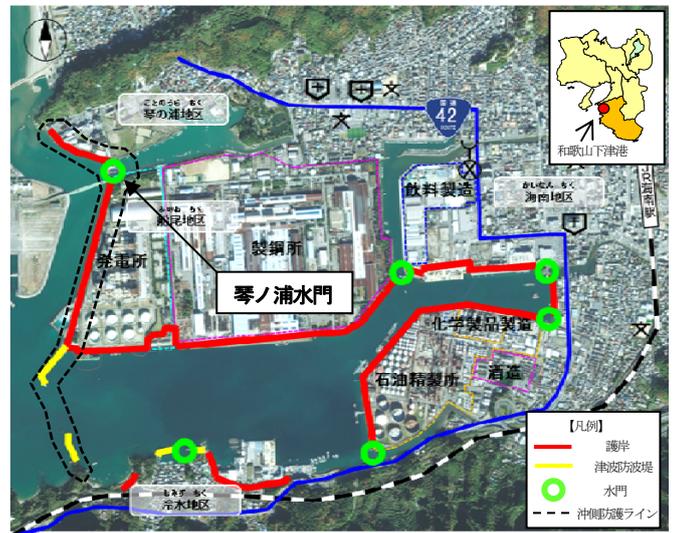


図-2.海岸保全施設整備事業の概要

2. 水門の構造

琴ノ浦水門は日本最大級のステンレス鋼製シェル構造ローラーゲート式の水門である。水門本体が底版、堰柱、門柱及び操作台で構成され、躯体高さ36.4m、径間長30m、扉体高さ9.5mとなっている。底版は厚み4mの広がりのあるスラブ、堰柱・門柱は最大

幅5mの壁または柱状であり、いずれも大断面のコンクリート部材であることから、マスコンクリート構造物に位置づけられる。また、本体基礎となる鋼管杭については杭径900mm、杭長68.0mの超長尺杭を使用しており、最大長10.0mものとして分割搬入し、現場溶接継ぎ手を6箇所設けた継ぎ杭構造としている。

(図-3、図-4)

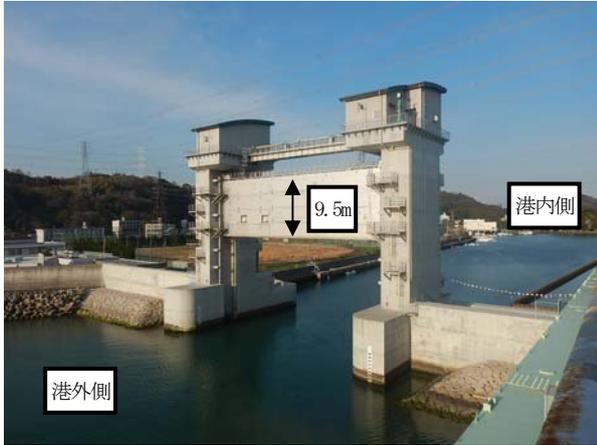


図-3.水門完成写真

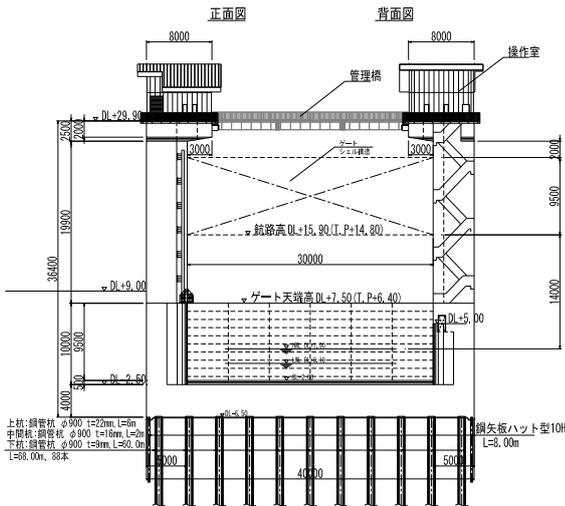


図-4.水門一般図

本構造を施工するにあたり、課題とその対応について紹介する。

3. 大断面のマスコンクリートひび割れ対策

コンクリート標準示方書およびマスコンクリートのひび割れ制御指針に準じて、3次元温度応力解析を行った結果、本施工で打設するマスコンクリートにおいて、温度応力によるひび割れ指数が安全レベルを下回ったため、対策工法として以下2点を実施した。

3)

(1) パイプクーリング工法の実施

施工時期が9月頃の比較的外気温が高い時期に施工したものについては、コンクリート打設時の内部温度を下げる目的として、パイプクーリング工法を実施した。鉄筋・型枠組立時にコンクリート断面内に配管を行い、打ち込み完了直後から5日間20℃の水を継続的に通水した。通水には、貯水タンク内の水を通水温度が常に20℃に保たれるよう、冷却装置を使用しながら施工を行った。(図-5)

その結果、コンクリートのひび割れ防止につながり、施工後に実施した表面点検では、約0.2mm未満のひび割れがごく一部に発生したのみで品質向上につながった。



図-5.クーリングパイプ配管状況

(2) 保温型枠・湿潤養生マットの設置

施工時期が12月頃の寒冷期にあたる時期に施工を行ったものについては、鋼製型枠の放熱性の高さから、内部と表面部との温度差が大きくなるため、型枠の裏側に熱伝導率が小さい発泡ポリエチレン製の断熱材を取り付け、保温効果を高めた型枠を使用した。その結果、コンクリート保温性に優れ、品質の良いコンクリートに仕上がった。(図-6)

また、保温効果も兼ね備えた湿潤養生マットを型枠脱型後の断面に敷設することで、湿潤効果に加え、コンクリート表面の急冷によるひび割れ防止につながった。(図-7)

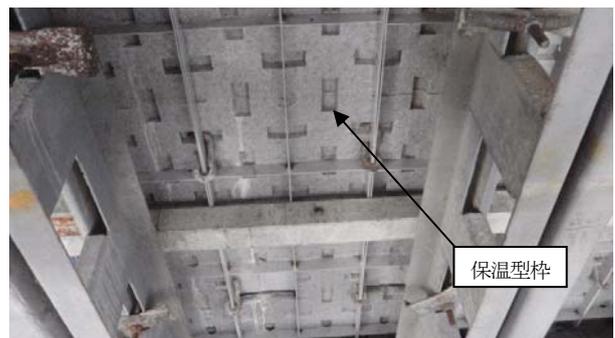


図-6.保温型枠設置状況



図7.湿润養生マット設置状況

4. 深度が深い基礎杭の被圧水対策について

本体基礎杭の打設にあたり、中掘工法を採用し、所定の高さまで打設を行っていた。しかし、打設中に大量の泥水が噴き出す現象が発生した。これは、互層状態となる砂礫層から想定以上に被圧された地下水が杭中空部に流入し、排土作業と共に吹き出してきたものと考えられた。被圧地下水の噴出により泥水・泥土が鋼管杭周辺一帯に拡がってしまうため、杭打ち機等の重機足場が軟弱状態となり、作業を行うことが出来なくなった。また、継ぎ溶接時において、鋼管杭下端部が被圧帯水層に位置すると、管内中空部より被圧地下水が上昇して杭頭部より溢れてくる状況となり、継ぎ杭溶接が不可能となった。

この事象を解消するため、次の2つの対策を実施した。⁴⁾

(1) 土堤および仮設排水処理施設の設置

大量に発生する被圧地下水から健全な施工基盤を維持するため、泥水・泥土の拡散防止と排水処理を目的として、セメント安定処理を行った杭掘削残土を土堤として構築し、巨大な泥水ピットを設置した。鋼管杭施工中に発生する大量の泥水は、土堤で囲んだ泥水ピット内に一旦溜め、排水処理については仮締切間に設置する場所がないことから、既設護岸と仮締切間に仮設の排水処理施設を別途設け、サンドポンプで徐々に送水した。送水された泥水は、シルト分が沈降した上澄み水のみを海上排水し、沈降シルトはベッセル車で搬出した。なお、排水箇所には汚濁防止膜を設置し、濁度・PHによる水質監視を実施した。(図-8)

その結果、被圧地下水が発生したが、土堤および仮設排水処理施設の設置により迅速かつ適切に泥水

を処理することで、施工基盤上のドライワークを確保し、施工効率の低下を防いだ。

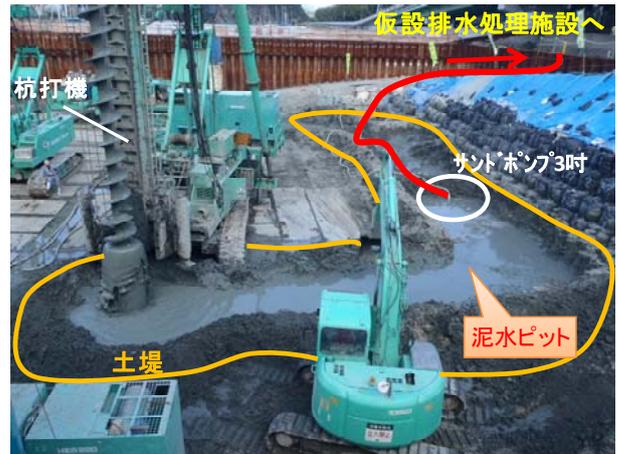


図-8.泥水ピット設置状況

(2) 中掘掘削の深度調整

通常の中掘掘削ではオーガーヘッドを鋼管杭下端より1D先行して掘削を行い、先行掘削した箇所までを圧入し、このサイクルを繰り返すことで鋼管杭を徐々に沈設させていく。しかし、今回の施工では、継ぎ杭溶接時において被圧地下水上昇を抑える必要があったことから、被圧地下水の発生が予想される砂礫層の手前(砂混じり粘土・シルト層)からオーガー掘削を止めて排土を中断させ、鋼管杭のみを先行圧入させて継ぎ杭溶接位置まで下げていく方法をとった。(図-9)

その結果、鋼管杭下端部に粘土・シルトの蓋が形成され、被圧水が杭中空部に流入してくるのを抑制することで、被圧地下水が継ぎ杭から溢れ出すことはなかった。

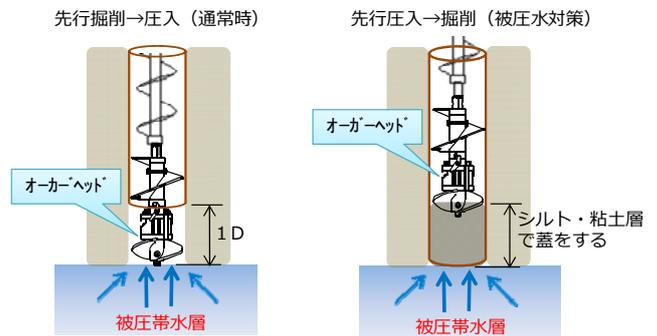


図-9.中掘掘削調整イメージ図

5. 施工上の工夫

本施工エリアは、琴ノ浦地区の港口に挟まれた水域に位置している。港内にはプレジャーボート等約

200隻が係留しており、狭隘な現場の中で船舶の航行を確保しながら施工を行う必要が生じた。そのため、ドライ施工を行う上での仮締切の形状を工夫し、仮航路を確保しながら、施工を行った。(図-10)

また、施工位置の近隣には火力発電所が立地しており、施工位置の上空には発電所からの高圧送電線(275,000V)が架空していることから、施工にあたってはレーザーバリアシステムを活用し、大型船舶・陸上クレーンのブームがレーザースキャナーが感知する危険エリア内に被らないよう、保安距離の確保を行いながらの施工を行った。(図-11)

その結果、周辺環境への影響を抑え、事故等なく工事完了まで終えることができた。



図-10.周辺環境状況図

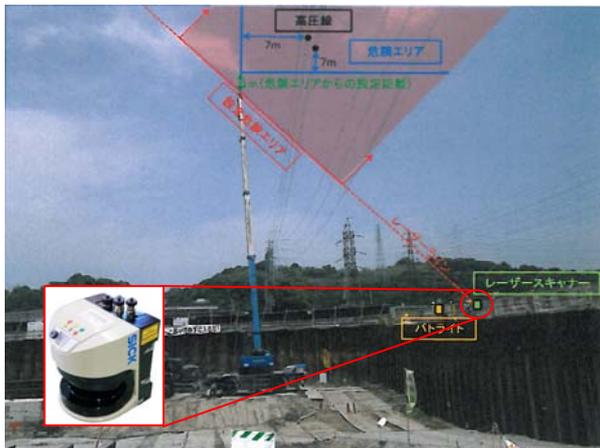


図-11.レーザーバリアシステムの概要

6. 遠隔操作システムの運用

3連動地震が発生した場合、海南地区には約1時間以内で津波が襲来する。また、2011年3月に発生した東日本大震災において、宮城県石巻市の河口付近では、地震発生後約40分で津波が到達し水門閉鎖に携わった

多くの操作員が被災した。

そこで、琴ノ浦水門では、津波襲来時における操作員の安全性と水門操作の迅速性・確実性を考慮し、大津波・津波警報発令時の津波対応操作は、原則、現場にて機械操作は行わない遠隔操作システムを導入した。

遠隔操作システムの運用状況として、操作・制御する機器は、制御局である海南市役所・和歌山市消防局・海南市消防本部の3箇所に設置している。

水門の閉鎖完了までには、制御局で気象庁の津波警報をもとにしたJアラート信号を受信した後、約3分で水門側へ信号を送信し、扉体の閉鎖までに約5分間の注意喚起を行い、約10分かけてゲート降下を行い、扉体閉鎖が完了する。なお、停電等により遠隔操作システムが作動しない場合の操作を考慮し、UPSや発電機などによるシステムの二重化を図っている。また、地震時に有線による通信環境が途絶えた場合にも、無線による通信ができる環境を整えている。

(図-12)

操作員の安全確保、水門の迅速・確実な操作に加え、閉操作時のヒューマンエラーによる操作ミスを防ぐことに加え、夜間や閉庁時など水門操作施設に操作員が不在の際にも早急な閉操作を可能にしている。

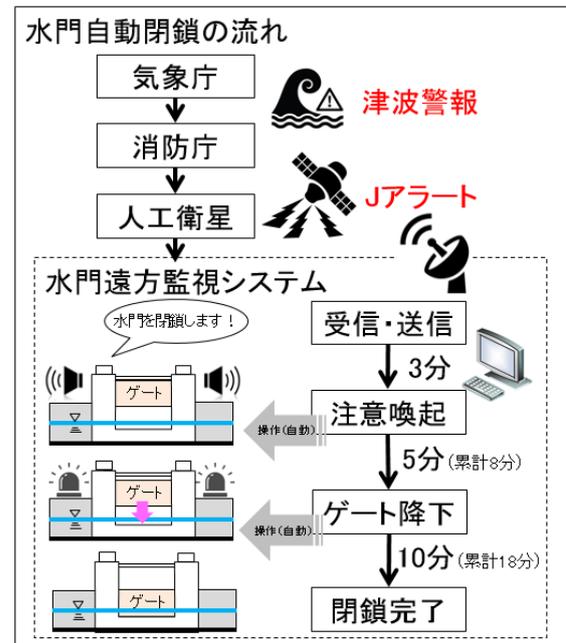


図-12.緊急時のシステム動作

7. おわりに

沖側防護ラインについては、2019年3月末に完成し、

琴ノ浦水門の運用を開始した。これにより、津波対策に一定の効果が期待される。リアス式海岸の湾奥に位置し、背後地に行政機関を含む市街地や企業群、重要交通網を有する本地区では、引き続き、地域の安全・安心に寄与すべく、和歌山下津港海岸の津波対策事業を進めていきたい。

参考文献

- 1) 南海道地震から50年 和歌山県総務部消防防災課編 1996年12月
- 2) 東海地震、東南海・南海地震対策 内閣府HP (<http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/index.html>)
- 3) 「パイプクーリングにおけるコンクリート温度管理について」 あおみ建設株式会社
- 4) 「長尺中掘鋼管杭の被圧対策について」 あおみ建設株式会社

引原ダム再生の取り組み ～平成30年7月豪雨を踏まえ～

足立 和士¹・橋爪 男²

¹兵庫県 県土整備部 土木局 河川整備課 (〒650-8567兵庫県神戸市中央区下山手通5-10-1)

²兵庫県 西播磨県民局 光都土木事務所 ダム管理課 (〒678-1205赤穂郡上郡町光都2-25)

引原ダムは洪水調節、工業用水、発電を目的とする多目的ダムで、全国的にも事例が少ないバケットカット操作による洪水調節方式を採用している。

平成30年7月豪雨では、異常洪水時防災操作(ただし書き操作)を実施したが、事前放流により、下流河川の水位を低下させる等の効果があった。一方、異常洪水時防災操作は、平成23年台風12号に引き続き2回目であり、近年の降雨規模に見合うダム操作や容量等の見直しが必要となっている。

本論文では、異常洪水時防災操作における事前放流の効果を通し、ダム再生の取り組みについて、解決すべき課題整理と、計画の実現可能性を検討する。

キーワード 異常洪水時防災操作, 事前放流, ダム再生

1. 引原ダムの概要

引原ダムは一級河川揖保川水系引原川に位置する。(図-1)昭和16年揖保川河水統政事業として計画決定され、昭和17年2月ダム建設工事に着手し、太平洋戦争の勃発とともに一時中断後、昭和28年度に揖保川総合開発事業として建設が再開され、昭和33年3月に完成した。

ダムの形式は重力式コンクリートダムであり、高さ66.0m、集水面積57.5km²(間接流域9.3km²含む)、総貯水容量21,950,000m³である。発電事業は2010年(平成22年)4月に関西電力へ譲渡された。引原ダムの貯水池容量を以下に示す。(図-2)



図-1 位置図

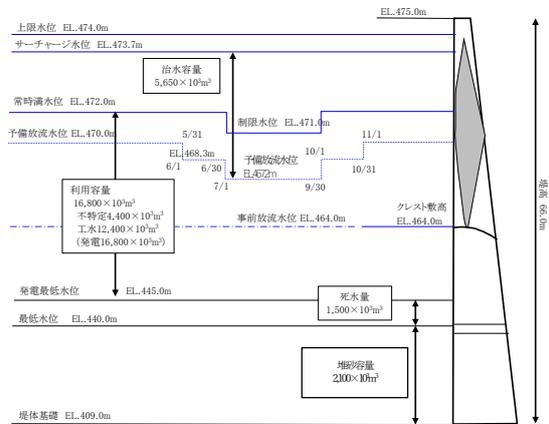


図-2 引原ダムの貯水池容量

2. 引原ダムの洪水調節方式

引原ダムの洪水調節方式は「予備放流+バケットカット操作方式(100~0m³/s)」である。洪水前に予備放流を行ない、所定の空容量を確保する。ダムへの流入量が洪水調節開始流量100m³/sを越えるまでは流入量=放流量とし、100m³/sを越えた時点でゲートを全閉し、ピーク流入時まで発電放流量5.5m³/sを除くすべての流入量を洪水調節する。流入量がピークを越えた後、放流量を100m³/sまで戻す操作方式である。(図-3, 4)

このバケットカット方式は、最大流入量をほぼ全量カットするため下流河川への効果は大きいですが、ダムの貯水

容量を大量に使用するという特徴をもつ。

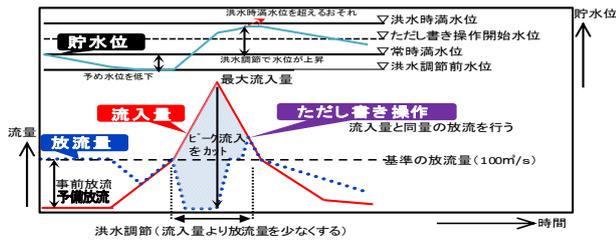


図-3 引原ダムの洪水調節方式

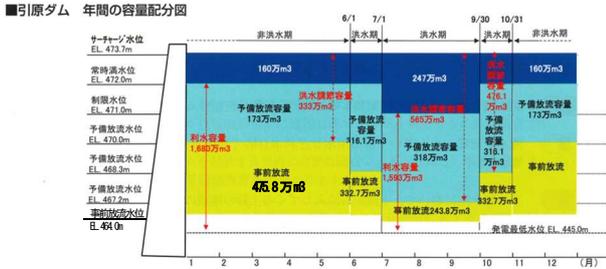


図-4 引原ダムの年間容量配分図

3. 事前放流

引原ダムは、平成23年9月の台風12号による異常洪水時防災操作を契機として、事前放流を導入している。事前放流とは、洪水が予測される場合に、利水容量を洪水調節容量として一時的に活用し、事前に貯水水位を低下させるものである。

本県では、気象庁が運用するMSM予測をベースとした(一財)日本気象協会の降雨予測モデルを用いて、貯水位回復の見込みがある際に事前放流を実施している。実施の判断については、予測雨量と併せて累計雨量も考慮し、計画雨量255mm/24時間を超過する場合を基準値としている。

4. 平成30年7月豪雨

引原ダムでは、総雨量545mm、最大時間雨量36mmとなり、特にダム流入量は毎秒285m³と既往最大を記録し、異常洪水時防災操作を実施した。(図-5)

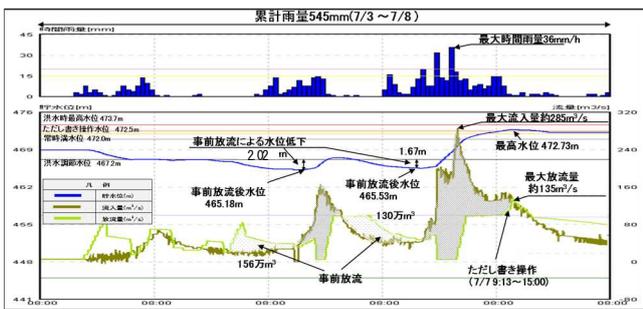


図-5 平成30年7月豪雨における引原ダムの洪水調節

(1) 事前放流の実施

上記の雨量予測基準に基づき、下流河川の水位を見ながら洪水期間中に2回の事前放流を行い、洪水調節容量を拡大した。(1回目: 156万m³ 2.02m低下, 2回目: 130万m³ 1.67m低下)



写真-1 異常洪水時防災操作状況

(2) 事前放流の効果

事前放流により、洪水調節水位から1.67m低下させたことで、異常洪水防災操作の開始時刻を約7時間遅らせ、7日午前9時13分の開始とした。これより、最大放流量を29m³/s低減し、揖保川三軒家地点で氾濫危険水位を超過した時間帯(6日23時40分~7日5時00分)を外し、河川水位が低下してから、異常洪水時防災操作による放流を実施することができた。

以下に事前放流の効果を示す。(表-1, 図-6)

表-1 事前放流の効果

指標	通常(標準)時	事前放流した場合	備考
最大放流量	138(m³/s)	104(m³/s)	最大放流量を29(m³/s)低減
異常洪水時防災操作時間	7/7 9:13~18:00 (約9時間操作)	7/7 2:00~18:00 (約13時間操作)	異常洪水時防災操作開始時刻を7時間遅らせた
下流河川への影響(三軒家地点 堤防高4.27m)	最大水位 4.24m 氾濫危険水位超過時間 8時間20分	最大水位 4.24m 氾濫危険水位超過時間 8時間30分	三軒家地点の氾濫危険水位超過時間を70分短縮

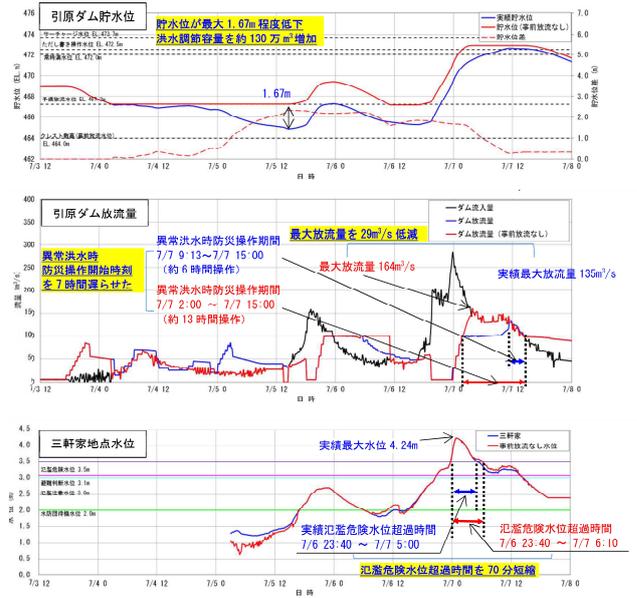


図-6 事前放流の効果

5. 引原ダムの再生計画

引原ダムでは7月豪雨のように、近年の降雨現象の頻発化・激甚化で、今後も計画規模を超える洪水発生が増加が予測され、異常洪水時防災操作による下流河川の危険性が増している。

一方で、国ではダム再生ビジョンを策定し、既存ダムをソフト・ハード対策の両面から有効活用することの重要性は高まっている。

これらを踏まえ、引原ダムにおける洪水調節機能を改善するため、ダム嵩上げによる容量拡大など、経済的かつ効率的な治水対策について検討する。(図-7)

(1) ダム再生の方法検討

a) 治水容量拡大

引原ダム計画は揖保川総合開発事業に伴う総体計画(昭和28年)によるもので、ダム計画規模は1/100(計画降雨255.2mm/日)であるが、近年の実績降雨で評価すると、ダムの計画規模は1/30程度に低下している。

治水容量の拡大は、既存の利水容量を洪水調節容量(予備放流量)へ転用する方法と、堤体嵩上げによる容量拡大が挙げられるが、利水容量の洪水調節容量への転用は、利水事業者である企業庁や関西電力との協議が必要となり、利水容量に余裕がない状況を考慮すると、同意を得ることは困難であるため、堤体嵩上げが有力な候補となる。

b) 事前放流拡大

現在は、事前放流運用開始当時(H25)のMSMの33時間予測を基にした予測システムで運用しているが、今後は現在のMSMの39時間予測を使用し、予測時間を延伸し、事前放流開始時刻の前倒しを行う。

また、現在の事前放流はクレストゲートで行っているため、下限値はゲート数高EL. 464.0mとしており、その容量は244万 m^3 であるが、事前放流にジェットフローゲートも活用することで、事前放流容量を294万 m^3 に拡大する。

c) ゲート操作変更

引原ダムの治水容量は流域面積48 km^2 (直接流域)に対して565万 m^3 と小さく、バケットカット操作による洪水調節のため、過去2回の異常洪水時防災操作の他、操作の手前となった洪水も多い(60年間で4回:S47.7, S51.9, H2.9, H16.10)。また、バケットカット操作は、経験に基づく操作であり、ダム操作員の定年退職により、技術の継承が困難となっている。

これらを踏まえ、洪水調節方法としては一般的な一定量放流等へ変更し、操作を軽減することが必要となっている。

d) 河川ネック箇所改修

ゲート操作方法の変更に伴い、将来的に放流量が増えるため、ダム再生と併せて河川改修が必要となるが、当面は現行運用で、安全に流下させることを目標とし、順次ネック地点の改修を進める。(図-8)

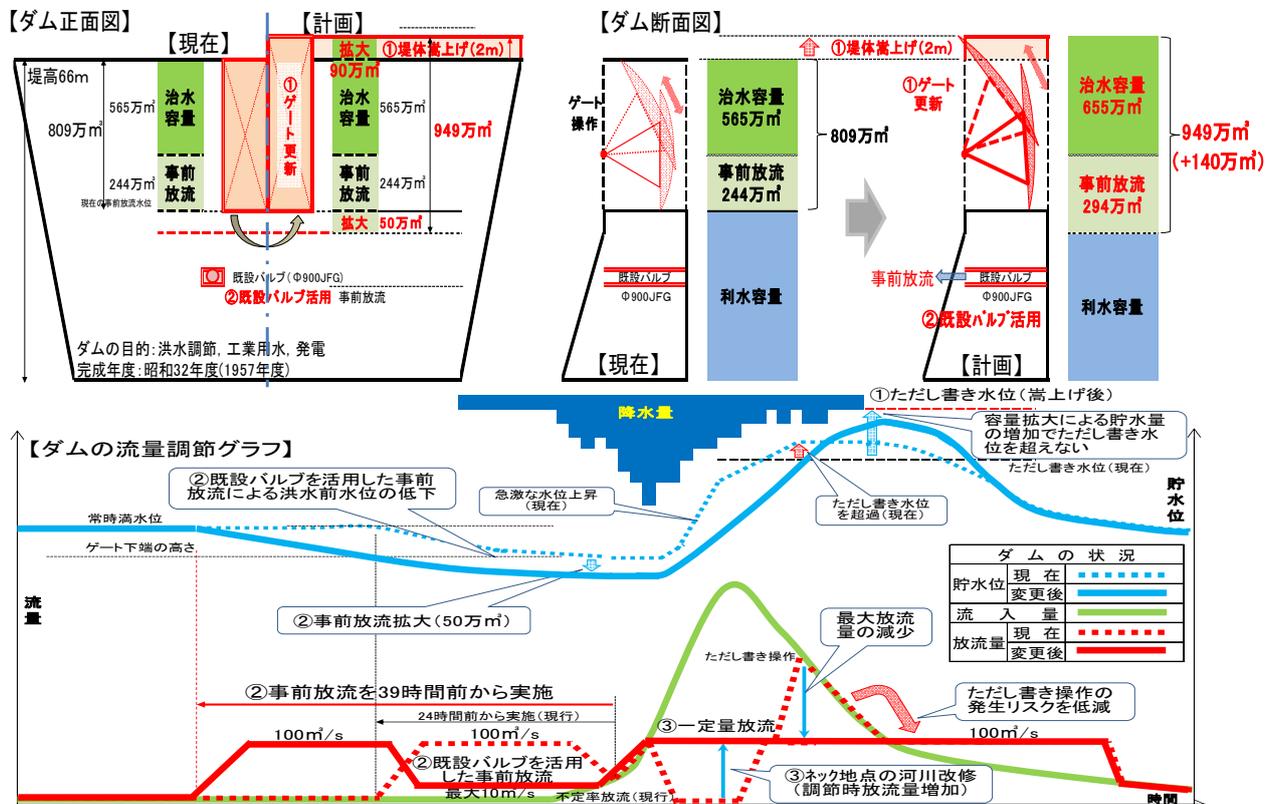


図-7 引原ダム再生検討のモデル図

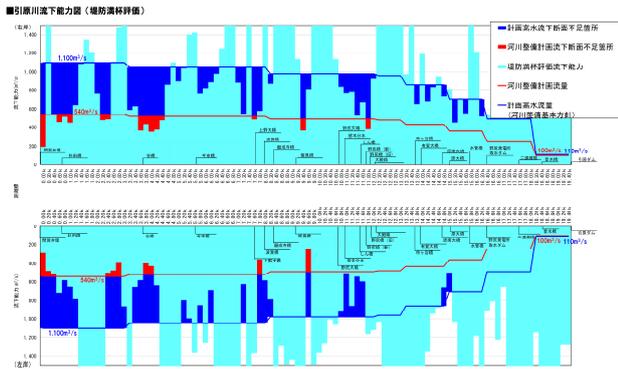


図-8 引原川現況流下能力図

(2) 引原ダム再生の課題

ダム再生の検討を進めるにあたり、以下の課題を踏まえ、計画を具体化する。

- ①引原ダムの構造が既存不適格である
- ②河川整備計画においてダム再生の位置付けがない
 - ・揖保川本川の河川整備が途上であり、引き渡し流量の変更が困難。
 - ・洪水調節方法であるバケットカット操作を一定量放流操作とすると揖保川本川への引き渡し流量が変わる。
- ③事業にかかるB/C算出
 - ・ダム再生を河川総合開発事業で実施することについて妥当性の説明が必要。

a) ダムの嵩上げについて

ダムの嵩上げは周辺道路や橋梁等の構造物への影響を極力抑えなければいけないことから、約2mの嵩上げが可能。

一方で、引原ダムは、河川管理施設等構造令が制定された昭和51年7月以前の昭和33年に完成したダムであり、河川管理施設等構造令に準拠できていない。(図-9)

- ・上限水位からの放流能力ではダム設計洪水流量(クリーガー曲線)に対して不足
- ・非越流部高さが不足(SWL+2.0mに対して0.70mの不足)
- ・放流水脈とのクリアランスが不足

以上より、河川管理施設等構造令適合に1.5mが必要となり、洪水調節容量の拡大にかかる必要な嵩上げ高さは0.5mで、90万m³の洪水調節容量増となる。

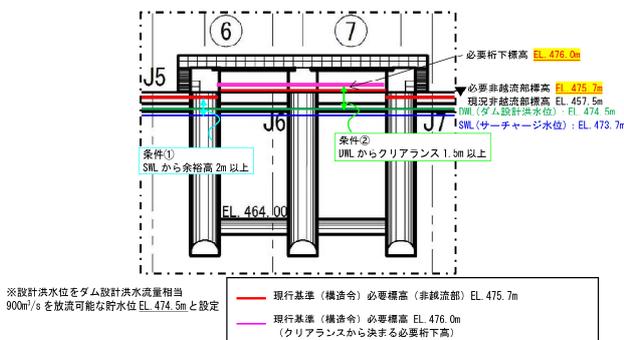


図-9 河川管理施設等構造令への適合

b) 河川整備計画の変更

ダム再生事業の事業化に向けては、河川整備計画に位置づけることが基本である。通常、河川整備計画で「洪水による災害の発生防止又は軽減に関する目標」を定め、その目標を達成するための治水メニューを検討し、その中で最も妥当なメニューを河川整備計画に位置づけることになる。

上記に対し、揖保川水系河川整備基本方針に基づく揖保川水系揖保川圏域河川整備計画(県管理区間)には、引原ダムおよび引原川の整備は位置づけられていないことから、ダム再生事業にあたっては、河川整備計画を改定する必要がある。

また、現行の揖保川水系河川整備計画(国管理区間)、揖保川水系揖保川圏域河川整備計画(県管理区間)ともに昭和51年9月洪水が目標洪水になっており、新たにダム再生を位置づけるための計画変更(目標規模の引き上げ)は上下流バランスの関係から、国との調整が必要となる。(図-10, 11)

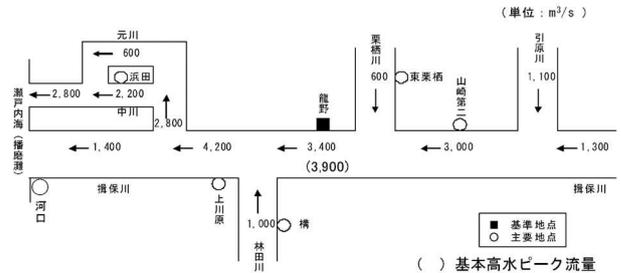


図-10 揖保川水系河川整備基本方針

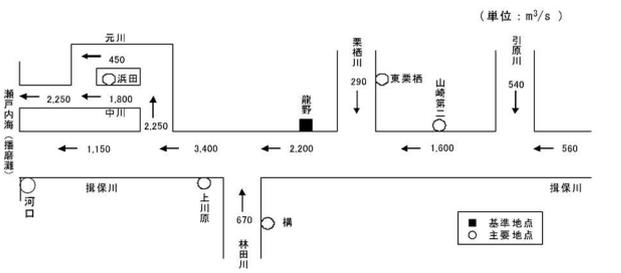


図-11 揖保川水系河川整備計画

c) B/Cの検討

引原ダムの再生は、国庫補助事業としての事業化を想定しており、そのためには事業の妥当性を評価する必要がある。事業の妥当性評価にはB/Cを算出する必要があり、引原川流域における資産の分布状況を勘案すると、引原ダム再生事業の事業費は大きく、B/C>1.0の条件を満たすよう検討する必要がある。

そのため、考えられる便益を計上するとともにダム再生全体事業費のCから河川構造令適合に必要な嵩上げ費用相当分を控除して求める方法や、ダム改造後の調節量の増分についての河道改修費用、河川整備基本方針の揖保川本川における洪水調節施設(直轄施行)として想定されるダムの建設費用の節減額とを比較するC/C'の考

え方などを検討する。

6. 計画の実現可能性

これまでの課題整理や方向性検討を踏まえ、今後、以下の項目について国土交通省等と協議を進め、ダム再生計画策定業務による具体的な計画検討を急ぐ。

- ①引原ダム再生事業における国庫補助採択について
- ②河川整備計画へのダム再生事業の位置付けについて
- ③事業採択にかかる費用対効果の考え方について

兵庫県では、既設ダムを有効活用するダム再生による治水対策の強化に注力し、その第一歩として、県営ダムで最も古く、建設から60年を迎えた引原ダムの再生に着目したものである。

今回検討している事業は、国のダム再生ビジョンに記載のある取り組みの一つであると考えている。事業の実現に向け、その手法が補助ダム事業、または堰堤改良事業となるかについては国土交通省等と協議を行い進めていく。

7. おわりに

今回の7月豪雨における異常洪水時防災操作では、下流河川の水位が低下したこともあり、ダム放流による河川氾濫等の被害はなかった。しかし全国的には、同時期に引原ダムを含め8ダムにおいて異常洪水時防災操作が行われた。

近年の地球温暖化等による降雨現象の頻発化・激甚化により、計画規模以上の降雨となった場合、バケットカット操作による洪水調節を行う引原ダムでは、流入量が最大を迎える前に容量を使い切る事態が起こる可能性がある。

ダムの洪水調節効果拡大について既存ダムの最大活用を目指すダム再生の観点からハード・ソフト面で検討を行い、引原ダムの再生事業が早期に実現できるよう、安心安全な社会基盤整備につなげていきたい。

UAV（無人航空機）による災害初期の 被災状況調査について

尾無 雅実¹、高田 貴子²

¹近畿地方整備局 国営飛鳥歴史公園事務所 工務第一課 (〒634-0144奈良県高市郡明日香村平田538)

²近畿地方整備局 近畿技術事務所 防災・技術課 (〒573-0166大阪府枚方市山田池北町11-1)

近畿技術事務所保有の小型無人航空機（以下、「UAV」という。）の活用により、災害初期（災害発生時の初動段階）に必要となる被災状況調査で効率的・効果的な情報（映像）提供をするための調査手順、撮影方法等について検討を行った。

本検討では、災害種類別に被災状況調査員等の行動や撮影諸元、安全管理等を取りまとめた運用手引き（案）についてその内容を報告する。

キーワード 被災状況調査、UAV、運用手引き

1. はじめに

災害初期のUAVを活用した被災状況調査では、共通した調査手法が定まっていないこと、災害発生時は緊急的な対応が求められ、被災状況調査に関する共通認識を図る時間が短いこと等から、被災状況の調査員等個人の主観的な考え方による調査となることが想定される。この結果、同じ被災事象でも調査員等毎に得られる情報が異なるとともに、最低限必要な情報（映像）が撮影されていないことも想定される。

このようなことから、UAVを活用して災害初期段階の情報（画像）収集を、安全・迅速かつ確実に行うことができる共通的な手引き（基準）の作成が必要となる。

本検討では、UAVを活用した被災状況調査を実施していくにあたり、災害初期の被災状況調査における行動計画、被災種別毎の撮影手法（撮影手順、撮影アングル、撮影諸元等）及び安全性に留意したUAVの活用方法についてとりまとめ、「手引き（案）」を作成した。

2. 調査（撮影）手順

災害発生直後は、具体的な被災場所、被災状況やその周辺の状況は、平常時と大きく変化し、情報の混乱により不確実な情報しかないことが想定される。

このため、災害初期のUAVによる撮影は、まず、被災場所の全体像や周辺状況の概要を把握し、調査の安全を確認する必要がある。その後、段階的に被災状況の調査を実施していくことになる。

災害初期の撮影は、表-1に示すとおり、撮影画像の利用目的に応じて概括撮影、概要撮影、詳細撮影に分けて順次、実施することを基本とした。

撮影区分	調査目的
ステップ1 概括撮影	【状況把握, 具体撮影計画の検討】 被災種別や被災場所の特定 周辺の土地利用, 関連被害の有無の判読 周辺の安全確認
ステップ2 概要撮影	【詳細撮影の必要性, 撮影箇所の検討】 被災場所の概略規模, 損傷・崩壊等状態 被災場所周辺の状況, 関連被害の状況
ステップ3 詳細撮影	【二次災害発生, 要注意箇所等の検討】 要注意箇所（危険箇所等）の状態やその境界部（断面等）の状態を細かく判読

表-1 撮影区分と撮影手順

3. 撮影諸元

(1) 地上解像度

本検討では、近畿技術事務所が保有するPhantom4、α-UAV、NEO（全天候型）について、撮影区分の目的を考慮し、地上解像度の目安を表-2に示すとおり設定した。

撮影区分	地上解像度の目安
ステップ1 概括撮影	【地上解像度は規定しない】 画像解像度よりも、1画郭に収まる範囲を広くする（撮影距離100m以上）
ステップ2 概要撮影	【地上解像度1.5cm～3cm】 Phantom4, α-UAV：撮影距離 50～100m NEO：40～70m(広角時), 100～200m(望遠時)
ステップ3 詳細撮影	【地上解像度1cm以下】 Phantom4, α-UAV：撮影距離 30m以内 NEO：30m以内(広角時), 100m以内(望遠時)
注: 撮影カメラとレンズが一定の場合、地上解像度は被写体までの距離（撮影距離）と一定の関係がある。	

表-2 撮影区分と地上解像度の目安

(2) 撮影モード

UAVの搭載カメラでは、利用目的によって動画撮影モードと静止画撮影モードの設定ができる。

一般的に、動画は撮影場面が自動で移動していくため、静止画に比べて被災の連続性、関連性、被災地域の全体像等を把握しやすく静止画に比べて、短時間で状況全体を確認することができる。しかし、動画はデータ容量が大きく、画像自体も加工が困難となる。

静止画は被災形状の計測や他情報の書き込み(メモ)、検討結果の書き込み等が必要となる対策検討資料や解析資料としての利用ができる。また、異常や変状を細部に渡って検討する資料としても活用が可能である。

これらのことから、被災状況調査では、次とおり撮影モードを設定した。

a) 概括撮影及び概要撮影

概括撮影や概要撮影では、被災状況が短時間で把握できることが優先されるとともに、被災箇所やその周辺状況の連続性、関連性が分かりやすいことが重要である。

従って、被災箇所と周辺状況の関連、連続性等、全体像を短時間で把握するため、動画撮影を基本とする。

なお、広報資料作成等、静止画像が必要な場合は、動画の画面キャプチャーを利用する。

b) 詳細撮影

詳細撮影では、異常や変状を細部にわって検討する資料(対策検討資料や解析資料)として必要であるため、静止画を基本とする。

(3) 対象物の位置・規模(大きさ)把握方法

通常、対象物の位置や規模を詳細に把握するためには、地上に標定点の設置が必要となるが、標定点設置時間を要するとともに、災害現場では評定点の設置が困難な場合が考えられる。これらのことから、災害初期の被災状況調査では、画像判読を主体とした迅速な状況把握が主目的であることを考慮し、基本的には「公共座標との整合性を要求しない」こととした。

ただし、対象物と主要な地物との位置関係、概ねの距離・規模を把握するため、可能な限り基準となる地物を画像に写し込み、これらとの相対関係を把握することで対象物の概ねの位置や規模を把握出来るものとする。

なお、調査目的別の位置標定の考え方は、図-1に示すとおりである。

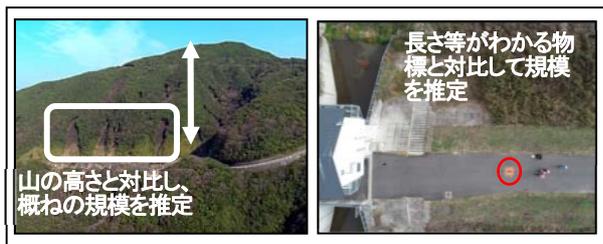


図-1 対象物の規模(大きさ)の推定例

(4) 撮影方向

撮影方向には、図-2に示す垂直撮影と斜め撮影がある。

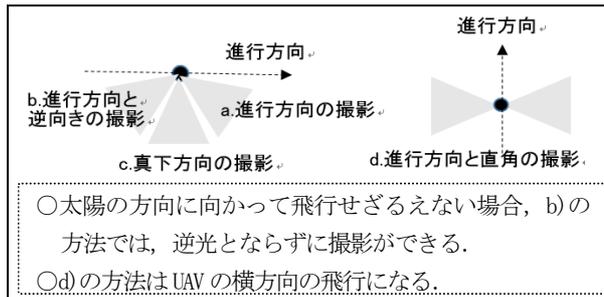


図-2 UAVの撮影方向

一般的に垂直撮影は、平面形状や地物間の相対位置関係の把握に適しており、斜め撮影は、相対的な地形の起伏や構造物の高低の把握に適している。

これらのことから、撮影方向を次のとおり設定した。

a) 概括撮影及び概要撮影

概括撮影では、高高度からの斜め撮影を行い、1画郭に広範囲の状況を撮影することが必要であるとともに、概ねの地形の起伏、構造物の高低等が把握できることが望ましい。これらのことを考慮し、斜め撮影を基本とする。なお、概要撮影の場合、斜面の平面的な被災規模を推定することも重要であるため、極力、対象場所に正対した撮影にこころがけることが望ましい。

b) 詳細撮影

詳細撮影では、要注意箇所(危険箇所等)に正対した撮影が望ましく、要注意箇所の位置によって斜め撮影、垂直撮影を併用することとした。

(5) 撮影機種

災害発生後の初期段階では、被災状況や二次災害の危険性、人の立ち入りの安全性を迅速に確認・判断できる画像(判読精度)を取得することが重要であり、使用機種の条件として次の条件があげられる。

- ①機材準備・撤収時間が短時間であること(作業性)。
- ②UAV離発着地点まで車等が侵入できないことも想定されるため、機材が運搬し易いこと(作業性)。
- ③被災箇所周辺で複雑な飛行をすることも想定されるため、細かな飛行が容易なこと(飛行性能)。
- ④気象条件に影響されにくいこと(飛行性能)。

これらの条件をもとに、近畿技術事務所が保有する機種について適用性を整理した結果を、表-3に整理した。

評価の観点	Phantom4			α-UAV			NEO		
	概括	概要	詳細	概括	概要	詳細	概括	概要	詳細
判読精度	②			②			①		
飛行性能	③		①	②		③	①		③
作業性	①			②			③		
総合評価	②		①	③			①		②

○数字：評価順位

表-3 撮影区分と地上解像度の目安

3. 撮影方法

UAVによる撮影方法は、被災事象や災害の特徴によって異なる。このため、撮影方法の検討にあたっては、被災事象を河川災害、土砂災害、道路災害などに区分して、それぞれについて、UAV撮影で対応する事項と撮影方法を検討した。本報告では、代表例として河川災害と土砂災害に関する撮影方法(イメージ)を示す。

(1) 河川災害の撮影

河川災害は、主な事象として堤防・護岸の損傷、堤防の決壊に伴う河川氾濫があげられる。

a) 堤防・護岸の損傷

堤防・護岸等災害									
災害の特徴	撮影方法								
○堤防の被災は局所的に発生するケースが多いが、複数の被災が連続する場合がある。 ○被災区間及び周辺では車等が通行できない場合がある。 ○被災の程度や状態によっては、破堤・氾濫等の二次災害が想定される。 ○堤内地側で発生した被災では、第三者被害を伴っている場合がある。	○ 概括撮影 初動段階では、被災区間(場所)の特定、周辺の土地利用状況、アクセス可能ルートが把握できる広域撮影を行う。 ○ 概要撮影 被災の程度や被災周辺の状況が判読できる被災場所及びその周辺を対象とした撮影を行う。 ○ 詳細撮影 応急対応の可否を判断する必要があるため、被災個所の要注意箇所の詳細が判読できる撮影を行う。特に、上空から死角となる場所の撮影が重要である。								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>撮影方法</th> <th>概括撮影</th> <th>概要撮影</th> <th>詳細撮影</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td> 高度100m以上からの定点(ホバリング)撮影。 </td> <td> 高度50m~100mからの斜め撮影。 </td> <td> 高度30m以内で正対撮影。 </td> </tr> </tbody> </table>	撮影方法	概括撮影	概要撮影	詳細撮影		高度100m以上からの定点(ホバリング)撮影。 	高度50m~100mからの斜め撮影。 	高度30m以内で正対撮影。 	
撮影方法	概括撮影	概要撮影	詳細撮影						
	高度100m以上からの定点(ホバリング)撮影。 	高度50m~100mからの斜め撮影。 	高度30m以内で正対撮影。 						

【撮影イメージ】



表-4 堤防・護岸の損傷等の特徴と撮影方法

b) 堤防の決壊・氾濫

河川氾濫									
災害の特徴	撮影方法								
○氾濫による浸水範囲は、広範囲となる。 ○地上からは浸水被害の全体像を把握できない。 ○地上からは破堤・越水場所(区間)を特定しづらい。	○ 概括撮影 浸水範囲の概要や破堤・越水場所が特定できる広範囲の撮影を行う。(破堤位置と浸水域の位置関係が重要)。 ○ 概要撮影 破堤・越水区間及び周辺について破堤・越水の規模や背後の被害程度が判読できる程度の撮影を行う。 ○ 詳細撮影 応急対応方法の立案、詳細調査・対応作業を早急に行う必要があるため、破堤・越水部及びその背後被害の詳細が判読できる撮影を行う。(破堤断面の撮影が重要)								
○破堤・越水の応急対応が必要となる。 ○破堤・越水付近の拡大が想定される。 ○第三者被害に対する救護が必要となる。									
○破堤断面の崩壊が進行する恐れがある。(特に、破堤境界部の危険度が高い)。 ○破堤・越水場所背後の具体的救護方法の検討が必要となる。									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>撮影方法</th> <th>概括撮影</th> <th>概要撮影</th> <th>詳細撮影</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td> 高度100m以上からの定点(ホバリング)撮影。 </td> <td> 高度50m~100mからの垂直・斜め撮影。 </td> <td> 高度30m以内で正対撮影。(無理な撮影禁止)。 </td> </tr> </tbody> </table>	撮影方法	概括撮影	概要撮影	詳細撮影		高度100m以上からの定点(ホバリング)撮影。 	高度50m~100mからの垂直・斜め撮影。 	高度30m以内で正対撮影。(無理な撮影禁止)。 	
撮影方法	概括撮影	概要撮影	詳細撮影						
	高度100m以上からの定点(ホバリング)撮影。 	高度50m~100mからの垂直・斜め撮影。 	高度30m以内で正対撮影。(無理な撮影禁止)。 						

【撮影イメージ】



表-5 堤防の決壊・氾濫の特徴と撮影方法

(2) 土砂災害の撮影

土砂災害は、主な事象として土石流、斜面崩壊に伴う災害があげられる。

a) 土石流

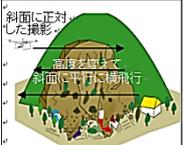
土石流		
災害の特徴		撮影方法
○土石流は、谷筋に沿って延長が長くなる。 ○陸上からは土石流発生場所の特定が難しい。 ○氾濫原は広範囲となることがある。 ○道路等が寸断され、被災場所までのアクセスルートが不明となる場合がある。 ○土石流の流路は樹木等により覆われている場合が多い。 ○発生場所、流路からの二次災害の危険性がある。現地での目視観察が必要となる。 ○第三者被害がある場合は、早急な救援が必要となる。 ○発生場所、流路の要注意箇所での応急対応が必要となる(特に、発生場所、流路斜面)。 ○第三者被害の救援方法を検討する必要がある。		○概要撮影 流路や氾濫原を判読できる程度で広範囲の撮影を行う。 (土石流発生場所の特定が重要)。 ○概要撮影 発生場所や流路の状態、規模が判読できる程度で流路の両側に沿って撮影を行う。 氾濫原の状態や第三者被害の程度を把握できる氾濫原全体の撮影を行う。 ○詳細撮影 発生場所、流路、第三者被害の詳細な状態が判読できる撮影を行う。 (崩壊部の境界、残留倒木・石礫の状態)
撮影方法 高度100m以上からの定点(ホバリング)撮影 	樹木頂部から30m以上の斜め撮影 無理をしない! 樹木頂部から30m以上の上空を飛行。 地上モニターでの監視・双眼鏡による監視が必要。 	高度30m以内で正対撮影。(衛星受信状態注意) 無理をしない! 要注意箇所に対応して自由に飛行。 
UAVの目視確認では、地物(障害物)との位置関係(距離)が、おおよその距離となるため、斜面に對峙する飛行は、注意が必要である。		

【撮影イメージ】



表-6 土石流の特徴と撮影方法

b) 斜面崩壊

斜面崩壊		
災害の特徴		撮影方法
○斜面下からでは斜面や周辺部の全体像が把握しづらい。 ○崩壊斜面の上部の土地利用(道路、家屋等)が把握できない場合がある。 ○道路等が寸断され、被災場所までのアクセスルートが不明となる場合がある。 ○下からは斜面の状態や角度等が把握しづらい。 ○崩壊斜面の拡大、二次災害の危険性がある。現地での目視観察が必要となる。 ○第三者被害がある場合は、救援の可否の判断が必要となる。 ○応急対応が必要となる場合がある。 ○第三者被害の救援方法を検討する必要がある。		○概要撮影 斜面崩壊範囲や周辺部の土地利用が判読できる程度で広範囲の撮影を行う。 (崩壊斜面の上部の状況が重要)。 ○概要撮影 崩壊斜面の状態、形状、規模が判読できる程度で斜面及び周辺の撮影を行う。 崩壊土砂の性状、第三者被害の程度が判読できる撮影を行う。 ○詳細撮影 斜面の土砂状態(残留石礫)、斜面境界部やその周囲の詳細な状態が判読できる撮影を行う。
撮影方法 高度100m以上からの定点(ホバリング)撮影 	概要撮影 斜面から50m~100mで斜面に正対した撮影 	詳細撮影 高度30m以内で正対撮影。(衛星受信状態注意) 
UAV目視確認では、地物(障害物)との位置関係(距離)が、おおよその距離となるため、斜面に對峙する飛行は、注意が必要である。		

【撮影イメージ】



表-7 斜面崩壊の特徴と撮影方法

4. 安全管理

被災現場は、平常時の現場とは異なり、多くの災害対応活動が行われているとともに、二次災害の発生も懸念される。このため、UAVを活用した被災状況調査では、他の災害活動や二次災害の発生も念頭において、安全かつ円滑に実施する必要がある。

本検討では、被災現場特有の事象を考慮して、被災状況時調査における安全対策について検討を行った。

(1) 現地事前準備時の安全対策

a) 被災場所、周辺状況の確認

・災害が発生した場所やその周辺状況（土地利用、地形、道路、鉄道、建物、高圧鉄塔、携帯アンテナ等）を確認する。

b) 飛行エリア上空の確認

・被災場所を撮影する飛行エリアについて、その上空を確認し飛行障害の有無、分布を確認する。特に、災害の場合は、平常時と異なるため、倒壊建物、樹木等にも留意する。

c) 二次災害の可能性

・現場情報等から二次災害の危険性が想定される場合は、作業時の避難方法や避難場所等を想定する。

d) 災害対応活動の確認

・被災現場では、被災状況調査の他、人命救助や捜索、応急対応等の活動が行われている場合が多い。このため、作業の安全を図る必要があり、災害統括者（現地災害対策本部等）との作業調整を行う。

(2) 飛行・撮影時の安全対策

a) 二次災害への対応

・被災場所や周辺の二次災害の危険性等を監視する。危険がある場合は、作業を中止（UAVを帰還させる）し、事前に想定した避難方法で避難場所に避難する。

b) 他の航空機の監視

・UAVの飛行空域と捜索、救助及び報道を目的とした航空機の飛行空域が重複する可能性があるため、他の航空機の接近を監視する。

c) 第三者の監視・注意喚起

・災害時には、TEC-FORCEをはじめ、多くの人が災害活動を行うことが想定されるため、常に、第三者や災害活動の状況を監視するとともに、注意喚起を行う。また、建物の窓、ベランダ、屋上等に人が顔を出すことがあることを意識して慎重な飛行に心がける。

参考文献

- 1) 国土地理院：UAV を用いた公共測量マニュアル（案），2016年3月
- 2) 東北地方整備局：UAVによる河川調査・管理への活用の手引き（案），2016年3月
- 3) 国土地理院：無人航空機（UAV）を活用した国土地理院の災害対応、北海道測量技術講演会資料、2017年1月
- 4) 国土地理院：国土地理院動画チャンネル(HP)

景観に配慮した塔の島地区河川改修事業について

川淵 孝之¹

¹近畿地方整備局 河川部 河川計画課 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

塔の島地区は国の重要文化的景観にも選定された景勝地で、周辺には世界遺産平等院等歴史的文化遺産の点在する京都を代表する観光地である。この塔の島地区は、琵琶湖から淀川につながる治水上重要な区間で、計画流量 $1,500\text{m}^3/\text{s}$ に対して流下能力が $900\text{m}^3/\text{s}$ 程度と不足しており、淀川水系河川整備計画に基づき河道掘削により洪水を安全に流下させる整備を行う必要がある。

本論文は、観光地において治水事業を進めるにあたって、歴史的文化遺産が多くある地域での景観面での配慮や、施工を進めるにあたっての地元観光業関係者との調整・連携、近年のインバウンドを考慮した施工面での配慮などについて報告する。

キーワード 景観対策, 環境整備, 合意形成, 事業管理

1. はじめに

宇治川は琵琶湖から流れ出す唯一の川で、塔の島地区は琵琶湖から淀川につながる重要な区間となっている(図-1)。また、淀川中流部(宇治川)扇状地頂部は山紫水明の地で、豊かな自然と文化がはぐくまれ、世界遺産平等院・宇治上神社等は京都南部の観光名所となっている。そこに位置する宇治川塔の島地区も四季折々の景観や十三重石塔などの文化遺産は多くの市民・国内外の観光客に親しまれている。この塔の島地区は、宇治川の中で特に流下能力が低く、洪水を安全に流下させるために、整備計画では河道掘削が位置づけられている。



図-1 淀川水系流域図

2. 塔の島地区改修事業の整備方針・整備内容

(1) 整備方針

塔の島地区の整備方針は平成17年10月～平成19年3月の計6回開催された「塔の島地区河川整備に関する検討委員会」にて審議し、従来の塔の島は自然な形状の中洲であったが、現在では直線的な印象で人工的な景観(写真-1)であるため、本改修では景観・環境に配慮し、歴史的趣のある整備として基本コンセプトが立案された。

一塔の島地区整備の基本コンセプト

河川がもたらす自然的作用によって形成された「中洲」としての姿を現代的に考え、それをよりどころとして、歴史的に蓄積されてきた人と川、人と自然の親密な関係を文化的環境、文化的景観として再生する。

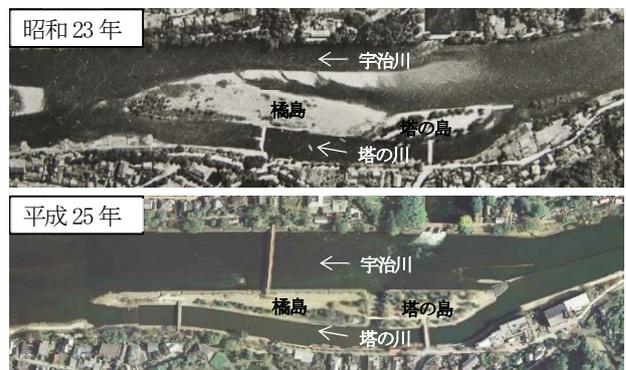


写真-1 塔の島地区の変遷

(2) 治水・景観・環境に配慮した河川整備計画

塔の島地区では流下能力を増大させるために河道掘削を行い、掘削に伴う護岸改修は景観に配慮した自然石の野面石積護岸とした。また、中洲イメージの再生として

島の下流部を切り下げ、宇治川側の護岸勾配を 1:2.5 の緩傾斜型とした。塔の川では鵜飼い・遊船が行われており、河川内の水質改善や落差工からの越流による流れ景観確保のため、島の上流部に流量制御が行える導流堤を設置する計画とした。



写真2 塔の島地区鳥瞰イメージパース

(3) 河道形状

塔の島付近における河道形状は、塔の川を掘削することで宇治川を最小限（掘削深0.4m）の掘削とし、洪水を安全に流下させる河道形状とした。

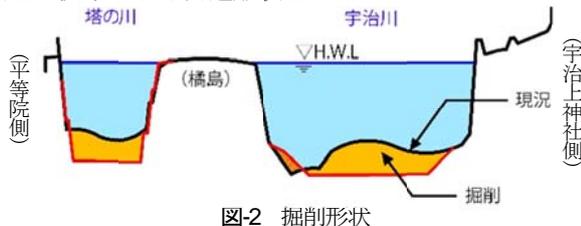


図2 掘削形状

(4) 護岸構造

護岸構造は、改修前の塔の島護岸が石積（写真-3）であったことを踏まえ、歴史・伝統・文化の継承として自然石の野面石積護岸とし、宇治川側は中洲をイメージして護岸をねかせた勾配1:2.5とし、塔の川は遊船環境に配慮し、できるだけ川幅を確保できる勾配1:0.5とした。

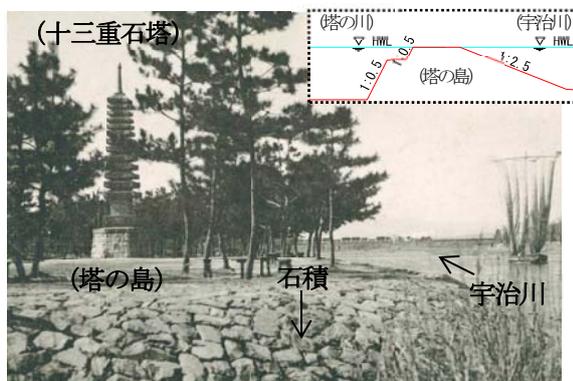


写真3 大正初期の塔の島護岸

また、宇治川側の水際部は絶滅危惧Ⅰ類（環境省）のナカセコカワナナの生息環境に配慮した勾配 1:10 の捨石構造（図-3）とし、護岸の施工は工期短縮に配慮した背面アンカー一体型工法を採用した。（写真-4）

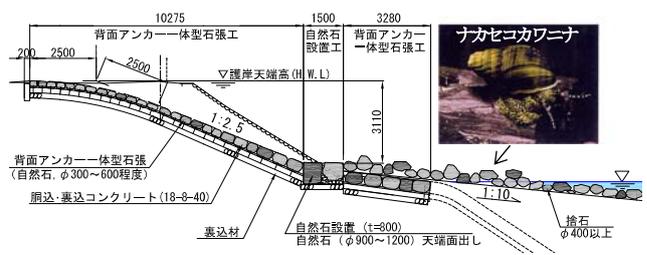


図-3 護岸標準断面図(宇治川)



写真4 背面アンカー一体型護岸施工イメージ

(5) 導流堤構造

改修後の宇治川と塔の川の分流点には、平常時に塔の川の河川景観と水質改善に必要な量を導水し、出水時は塔の川への過度な流入量を制御するという、相反する機能をもつ導流堤を設置した。導流堤は平面二次元流況解析により形状を設定し、その検証として水理模型実験により分派特性を確認して最終形状を決定した。

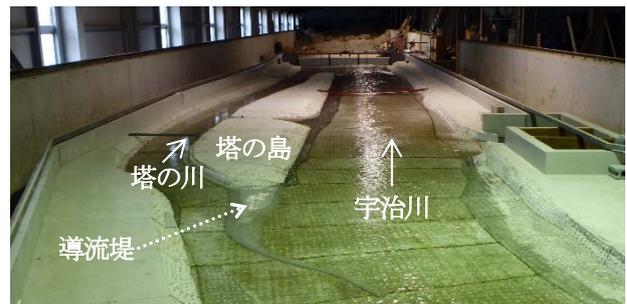


写真5 水理模型実験（模型縮尺1/35）

(6) その他（上面整備：宇治公園の再生）

塔の島の上面は府立宇治公園（京都府）として占用されており、宇治川改修に伴う公園の再生計画として、市民アンケート、塔の島地区景観構造検討会、宇治川サクラプロジェクト市民ワークショップなどの意見を踏まえて、「宇治公園再生計画」が策定され、改修工事に反映した。



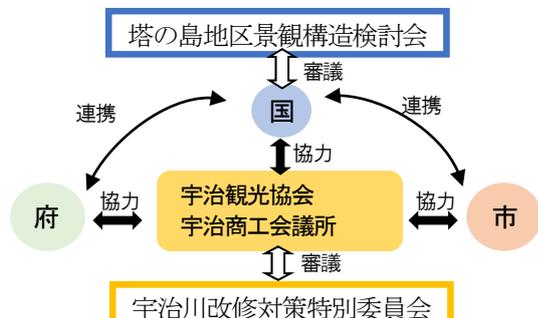
図4 宇治公園再生計画（京都府）

3. 塔の島地区改修事業の進め方

(1) 合意形成

塔の島地区の改修は流下能力の増大が目的であるが、

当地区は重要文化的景観に選定された観光地であることから、豊かな観光資源を後世に渡って継承して行く必要がある。そのため、計画・設計に関わる内容は学識者主体で構成される委員会を設置するとともに、地域住民はもとより、来訪者への広報として国・府・市が連携し、地元観光業関係者と協力して事業を進めるものとした。



国：河川管理(河川区域内における治水・防災・維持管理・環境保全)
 府：公園管理(宇治公園の占用・施設管理・安全管理・立入規制管理)
 市：周辺施設管理(広報、サイン、周辺施設の景観形成・維持管理)
 宇治観光協会：観光(観光案内、観光情報発信、イベント管理)
 宇治商工会議所：利用(観光支援、観光情報発信、イベント管理)

図5 地域連携図

(2) 改修事業の進め方

a) 塔の島地区景観構造検討会

景観・環境に係わる河川構造物の構造は学識者、観光協会、商工会議所、宇治市、京都府で構成される検討会にて審議し、平成21年6月～平成30年10月の計15回を開催した。当検討会では護岸の試験施工や島全体の模型製作(写真-6)、河道の水理模型実験などを行い、河川構造物に関わる詳細構造を決定した。



写真-6 模型製作による委員確認 (第4回)

b) 宇治川改修対策特別委員会

塔の島地区では、地元観光業関係者で構成される委員会が設置されており、工事にあたっては観光シーズンを外した工事期間、工事中の遊船エリアや来訪者の動線などを調整した。また、河川改修工事は年次計画をもとに分割工事としており、実際に完成した現場を地元観光業関係者や関係自治体と現場視察(写真-7)を行い、そ

こで得られた意見は検討会で審議し、必要に応じて構造設計へ反映させている。



写真-7 地元委員会での船上からの護岸視察

4. 観光地で事業を進める上での課題と対策

(1) 課題

塔の島地区では春季：さくらまつり、春の宇治川舟茶席、夏季：鶺鴒、秋季：宇治茶まつり、宇治田楽まつり、秋の宇治川舟茶席など、1年通じて観光行事があり、実際に行える施工期間は年間で概ね12月～3月の4ヶ月間である。そのため工事工種は河道掘削・護岸工事が主体であったが全体工事期間は約10年(H21～H31)要した。この工事期間中も観光客は塔の島地区を訪れるが、近年では外国人の方も多く、施工途中の河川景観や施工重機の存在によりインバウンド客の減少が懸念された。また、施工中の来訪者にリピートしてもらうためには、改修後に河川景観や公園利用が向上することを周知・広報する必要があった。

(2) 対策

a) 工期短縮

観光地で河川改修事業を行う際、施工による環境影響を回避する対策として、工期短縮策が考えられる。計画論としては石積護岸を当初予定していた石工職人による石積工法から、試験施工による景観確認を実施した上で、アンカー工法を採用し工期短縮を図るものとした。また、現地においては、単年度4ヶ月間の中での実施工について「宇治川改修対策特別委員会」や個別に地元観光業関係者と月に数回協議することで、施工中の工事車両の動線ルートの確保や土曜日の作業など、できるだけ施工可能エネルギーを確保し、全体事業計画に沿った工程で施工を行うことができた。

b) 施工中の広報(インバウンド対策)

改修事業を進めて行く上で、観光客より地元観光業関係者への問い合わせ内容として①景観が悪い、②何のために工事をしているのか、③何の工事をしているのか、

などが多くあった。これらの意見に対して、事業を円滑に進めるために、「宇治川改修対策特別委員会」を通じて、上記①～③に対して次の対策を講じることで事業を進めることができた。

①仮締切の景観配慮（大型土のうの景観）

塔の島地区は天ヶ瀬ダムからの放流の影響を大きく受けるため仮締切が高く、大型土のう積みの閉塞的な景観緩和策として、前面に緑色のシートを敷設した。



写真-8 大型土のうの景観対策

②工事案内看板の設置

改修事業の目的を来訪者へ理解してもらうために、幅2.4m×高1.2mの工事用看板を設置した。内容として「事業目的」、「景観や環境に配慮した事業内容」、「宇治公園の再生計画」を記載し、外国人の方にも理解してもらえるように4カ国語（日本語、英語、中国語、ハンゲル語）表記とした。



写真-9 工事案内看板

③5カ国語の工事チラシ配布

観光客に工事内容を理解して頂くために、チラシを地元観光業関係者に配布をおこなった。また、近年は外国人観光客が増加しており、5カ国語対応のチラシを作成する事で、地元の方が外国人の問い合わせ対応に活用できるよう工夫した。



写真-10 工事用チラシ（裏面には工事箇所を記載）

c) 景観・公園利用対策（柵の設置位置）

宇治川の護岸は勾配1:2.5の緩傾斜としたことで島上面の利用面積が改修前より狭くなるが、侵入防止柵をまで前出しすることで護岸天端部も利用でき且つ、島内から宇治川の景観阻害を回避する計画とした。



写真-11 侵入防止柵の配置（宇治川側）

5. おわりに

事業当初は工事の進捗遅れもあったが、関係自治体（京都府・宇治市）と連携し、地元観光業関係者と情報共有を密に実施することで、工事中の円滑な対応が可能となり最終的に無事に工事が完成できたものと思われる。これまでの歴史や文化、景観をしっかりと把握し、地元の方に喜ばれる施工が最も重要であるため、今回の工事の対応が他事業の参考事例として役立てば幸いである。

恋野橋の被災に伴う応急対策（仮設橋設置）の取組みについて

畑口 貴輝¹

¹和歌山県 県土整備部 道路局 道路建設課（〒640-8585 和歌山県和歌山市小松原通1-1）

一般県道山内恋野線恋野橋は和歌山県の北部を流れる一級河川紀の川に架かる車道橋（歩道添架）である。2018年10月30日に定期パトロールで橋面の変状を確認し、その後、橋脚の傾斜を確認したため、11月2日から全面通行止めとした。原因としては、2018年8月下旬から10月上旬にかけて、豪雨に伴う出水により、橋脚基礎が洗掘され、橋が傾いたものと考えられた。

恋野橋の通行止めによる迂回路は約4km下流の橋となり、通勤、通学、通院あるいは緊急車両の出動に支障をきたすこととなるため、早急な道路機能の復旧に向けた取組みが望まれた。

本論文では、応急対策としての代替路確保や仮設橋設置等の取組みについて紹介する。

キーワード 道路パトロール、応急対策、応急組立橋

1. はじめに

一般県道山内恋野線（橋本市隅田町山内～恋野）は、県北部を東西に走る3本の幹線道路（京奈和自動車道、国道24号、紀の川左岸地域をつなぐ重要な県道）を連絡するアクセス道路である。

また、近隣には学校や拠点病院があり、地域の生活道路として重要な路線である。

その路線上で、恋野橋（表1）は、一級河川紀の川を渡河する、南北の地域を連絡する重要な橋梁である（図1）。

架橋は1955年（昭和30年）で、経年の老朽化と幅員狭小のため上流側に新しい恋野橋（表1）の架替え工事（送出し架設）を2020年3月の完成に向け進めている（写真1）。

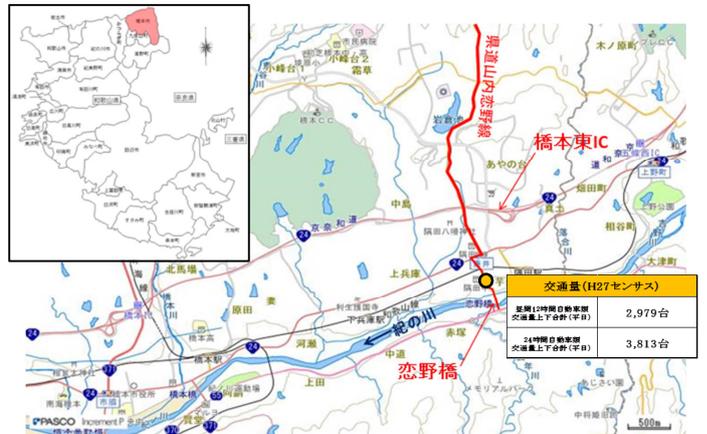


図1 山内恋野線（恋野橋）位置図

表1 旧恋野橋と新しい恋野橋の橋梁形式

	橋長	幅員		橋種
		(車道)	(歩道)	
旧恋野橋	142.1m	4.50m	1.65m	3径間単純鋼下路式トラス
新しい恋野橋	173.7m	7.50m	3.00m	鋼3径間連続非合成箱桁橋



写真1 新しい恋野橋の架設状況（2019年4月末状況）

2. 被災状況

最初の異常は、2018年10月30日に道路維持管理の定期的な道路パトロールを行った際、橋脚 (P2) 上部の伸縮装置部分で、最大約4cmほどの段差を確認した (写真2)。



写真2 道路パトロールで発見した変状

その場で伸縮装置部分に生じた段差部を常温合材により応急的に修復し、経過観測を行うことにした。

経過観測を進めた結果、橋脚 (P2) が上流側に傾斜していることが確認されたため、2018年11月2日に恋野橋の全面通行止めを行った。

その後、さらに橋脚が傾き、橋脚頂部で上流側に約2.7m変位し路面 (P1~A2) が「くの字」形に折れ曲がった (写真3,4)。



写真3 被災状況①



写真4 被災状況②

被災原因については、2018年8月下旬から10月上旬の約1ヵ月間に、立て続けに接近又は上陸した台風 (図2) の豪雨による出水のため、橋脚基礎 (P2) の川底部分が洗掘された結果であると推測される。

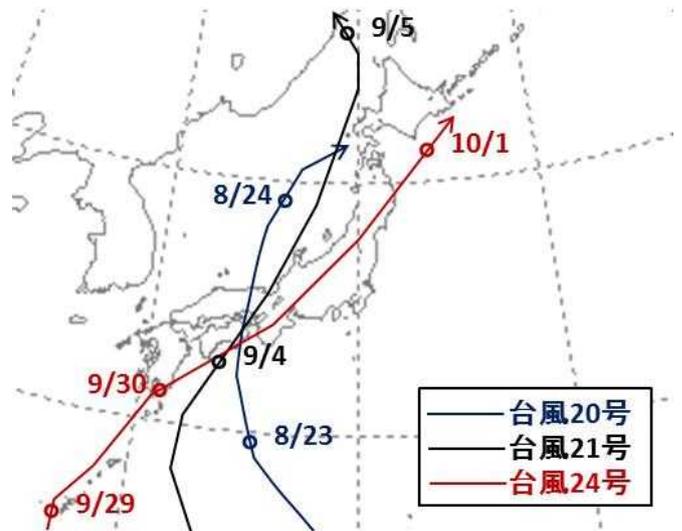


図2 台風の経路

3. 応急対策としての代替手段確保

恋野橋を含む一般県道山内恋野線は地域の生活道路として重要な路線であることから、橋の通行規制に合わせて代替手段の確保を行った。

自動車や自動二輪車については、恋野橋の約4.0km下流側にある橋本橋を迂回路として設定した(図3)。

しかし、あまりに距離が離れすぎているため、当初から歩行者や緊急自動車の出動に支障があると指摘があった。特に橋の右岸側に中学校があり、左岸側の集落から10数人の生徒が恋野橋を利用し通学しており、交通手段の確保が必要となった。このことに関し、市教育委員会では11月2日より朝のコミュニティバスの運行、教師や親による送り迎えなどの対応を決めた。

一般の歩行者の応急対策としては、11月24日より時間帯や乗降場所を決めて無料タクシーを運行するとともに、恋野橋の約0.6km上流側にある水管橋を利用し、安全対策を施した上で11月26日より通行を開始した(図3)(写真5)。



図3 代替路確保箇所図



写真5 水管橋の利用

その他として、緊急車両や自転車等の通行者の問題がある。恋野橋左岸の集落から救急病院へは山内恋野線が最短のコースとなっているため、恋野橋が通行止めとなったことで緊急車両が到着する時間に大きな遅れが生じていた。また、自転車や電動車いす等を利用した通行者の通行確保については課題として残ったままであった。

こうした課題や現在事業中である恋野橋の架替え工事が、2020年3月の完成予定であることなどを踏まえ、仮設橋の設置について追加検討することになった。

4. 変状が発生した恋野橋の撤去

(1) 橋脚(P2)の固定作業

傾いた恋野橋はトラス形式であり、隣接して事業中の新橋の架設に影響する恐れがあった。そのため傾いた恋野橋の上部工を撤去しなければいけない。しかし、その作業にかかるためには、まず最初に、変状が発生した原因となる橋脚(P2)を固定する必要があった。

橋脚(P2)の固定方法としては、さらに変状が大きくなるのを防止するため、基礎のフーチング回りを大型土のうで囲み、橋脚(P2)と大型土のうの間にコンクリート打設を行い、橋脚(P2)を固めることにした。

その際、橋脚(P2)の変状が進行し、橋桁(P1~A2)が落橋する恐れがあり、当現場での作業員への危険が予測された。

これらの危険性を回避するため、国土交通省近畿地方整備局より無人の遠隔操作式バックホウを借用し作業を行った(写真6)。

(2) 変状が発生した恋野橋の撤去

仮設橋を検討する際の問題点は、早急にリリースすることが可能な仮橋の在庫が少ないこと、仮設橋の組立てに必要な高力ボルトの部材が全国的に品薄になっている¹⁾²⁾こと、さらに、橋脚(P2)の固定作業及び橋桁(P1~A2)の撤去作業の施工方法や作業日数が未確定であることなどである。このことから、設置位置を現橋の位置とは別のルートで検討することとし、被災した橋の撤去と仮設橋、新橋の架設作業を並行して進めることとなった。

撤去方法については、被災した橋周辺での作業を少なくするため、大型クレーンにより一括撤去する方法を検討したが、橋脚固定のスケジュールが明らかになってきた頃には変状が発生した橋桁がいつ落橋してもおかしくない状況となっており、橋桁の吊上げ作業の準備を行うことが困難な状況であったため、大型クレーンの一括架設は危険であると判断した。

そこで、橋桁に作業員が近づかないで撤去できる方法として、ハサミ型の大割機を装着した解体用のバックホウを3台利用し、つかみながら小刻みに圧砕し切断する方法で撤去を行った(写真7)。



写真6 橋脚固定作業



写真7 橋桁撤去作業

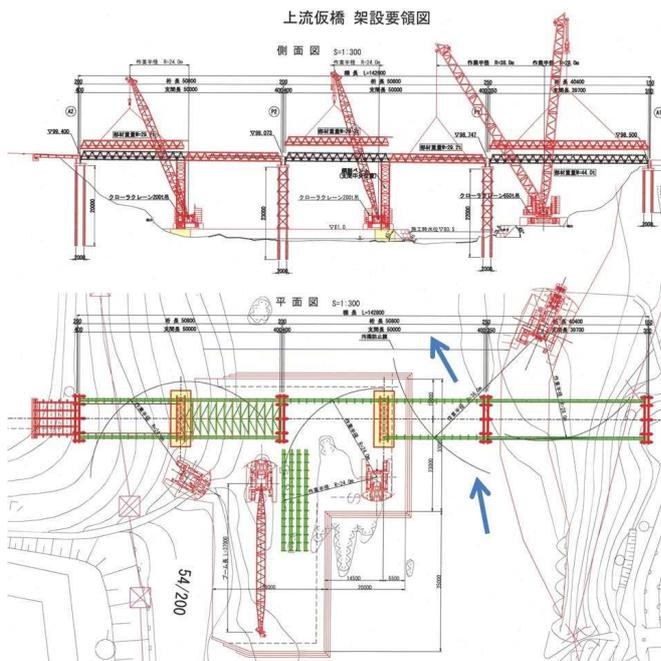


図4 架設計画図

まず最初に、河川内に造成ヤードを設置するにあたり、流れの急流箇所を避ける必要があったため、架設時のクレーンの規格を踏まえ、仮設橋のルートと造成ヤードの形状を決定し12月5日より着手した。

早急に造成ヤードを設置する必要があったため、別の敷地で事前に製作しておいた大型土のうや、他現場の工事発生土を流用した土砂の確保を行った。

造成ヤード設置後の仮設橋下部工の基礎工事については、掘削時、玉石等の影響で基礎部の掘削に想定以上の日数を要したが、杭打ち機を3台使用し、同時作業により工期短縮を図りながら基礎部の掘削を行った。

その後、鋼製橋脚になる鋼材の建込み作業に着手した。当初、高力ボルトの確保が困難であり、鋼材の組立てを溶接で行う施工方法を考えていたが、溶接作業に想定以上の日数が必要になってくるため、別の施工方法として、高力ボルトによる鋼材の組立てに必要な、高力ボルトを確保できないか再検討した。

その結果、国土交通省から借用する応急組立橋の予備で保管している高力ボルトの借用及び、施工業者による高力ボルトの提供により、高力ボルトでの鋼材の組立が可能になった。

その結果、鋼材の組立てを高力ボルトで行い、工期を短縮し橋脚の施工を完了することができた。

その後、仮設橋の架設に着手し、架設に必要な仮設のバントを2基設置し、2019年2月20日よりクローラクレーンにより地組を行った桁の架設に着手し、仮設橋の架設を行った(写真8,9)。

架設の工期短縮として、施工のパーティー数を増やしたり、別の敷地で、事前に小さな部材の地組を完成させ

5. 仮設橋の設置

国土交通省が保管している応急組立橋(近畿地方整備局1橋、中部地方整備局2橋)の借用³⁾が可能となったことから、上流約200m付近で仮設橋の設置を検討した。

現地測量、土質調査及び、仮設橋の設計を行った結果、3径間の仮設橋を計画した。

仮設橋の長さは143m(50m、50m、40m)、幅員は車道幅員5.0m(自歩道2.5m)の構造とした(図4)。

借用する仮設橋については、国土交通省で高力ボルトと併せて保管されており、橋台、橋脚の設置が完成すれば、すぐに、仮設橋の架設に着手できる状態で保管されていた。

また、渇水時期の限られた期間に施工を行う必要があるため、早期の完成を目指し、仮橋の設計を行い、同時に、代替路となるルートについて、地元説明や借地交渉(建物撤去)を進め、地元住民や地権者の了解を得ることができた。

ておき、現地での地組作業を最小限にすることで、架設作業の工期短縮を行いながら架設を行い、仮設橋を3月24日に利用開始⁴⁾することができた(写真10)。



写真8 架設状況①



写真9 架設状況②



写真10 仮設橋の利用開始

6. おわりに

今回、2019年3月24日に無事、仮設橋を完成することができたが、2018年11月2日に通行止めになった被災当時は、架設ヤード設置、橋脚設置、橋桁架設の作業を約2ヵ月で行い、2019年1月中の完成を目標に進めていた。

目標より約2ヵ月の遅れで完成したことについては、当初の想定より紀の川の流力が強かったことによる、造形ヤードの形状の検討や、仮設橋下部工の基礎部の掘削等に、想定以上の日数を要したことであった。

これらの事象により工程に遅れが生じたが、各作業で、工期短縮を行いながら工事を進めていくことにより、3月24日に完成することができた。

現在、架設中の新しい恋野橋についても、工事の推進を行い2020年3月の早期完成を目指すとともに仮設橋の撤去を進めていく予定である。

<参考文献>

- 1) 国土交通省 記者発表「建設現場の高力ボルト需給ひっ迫を受け緊急調査を実施 8割強で工期に影響」：平成30年11月22日
(http://www.mlit.go.jp/report/press/totikensangyo14_hh_000804.html)
- 2) 国土交通省 記者発表「建設現場の高力ボルト需給安定化を業界に要請」：平成30年12月26日
(http://www.mlit.go.jp/report/press/totikensangyo14_hh_000815.html)
- 3) 国土交通省近畿地方整備局 記者発表「通行止め解消に向け和歌山県「恋野橋」の交通路確保を支援!」：平成31年1月23日
(<https://www.kkr.mlit.go.jp/news/top/press/2018/20190123-2.html>)
- 4) 和歌山県HP わかやま県政ニュース「恋野橋の被災に伴う代替路(仮橋)の利用開始について」
(<http://wave.pref.wakayama.lg.jp/news/kensei/shiryo.php?id=29007>)

予期しない被災であったが、応急対策の仮設橋設置に至るまで、ご指導及び、仮橋(応急組立橋)の貸与を頂きました国土交通省近畿地方整備局をはじめ、仮橋の建設に当たり、地権者の皆様、地元関係者の皆様はもとより、建設に関わって頂いた、組織・団体の皆様にも深く感謝申し上げます。