

愛媛大学防災情報研究センター技術開発講演会

防災対応における新技術・新工法の開発と防災人材の育成
(各種受賞案件の紹介)

令和4年7月5日(火)

主催 愛媛大学防災情報研究センター

共催 一般社団法人四国クリエイト協会

序 文

新型コロナウィルスは中国の武漢市で 2 年半前に確認された。凄まじい感染力により、あっという間に世界に広がり、現時点での世界の感染者は 5 億人を超えた。また、犠牲者は 600 万人を超えた。経済への影響も大きく、航空業界や観光業などが致命的なダメージを受けただけでなく、物流の停滞や半導体工場の生産縮小などで、物作りも多大な影響が出ている。しかし、さしものコロナウィルスの猛威からも少しづつ解放されて、日常が取り戻されつつある。

コロナウィルスに苦しめられている最中の 2 月 24 日、突如としてロシアがウクライナに侵攻した。プーチン大統領の蛮行に対して、自由主義を標榜する世界 141 か国がロシアへの経済封鎖に名乗りを上げた。第 2 次大戦後、初めてのことである。ウクライナ国民の尊い犠牲の上に、自由主義圏が団結した。日本でも、北朝鮮、ロシア、中国からの侵攻に対する国防意識が高まってきている。韓国の大統領選では、わずか 20 万票差で保守派の大統領が誕生したこともあり、日韓米の連携が強化されてきている。もし左派の陣営が勝利していれば、日本は大変な事態を迎えていたことであろう。

ロシアの侵攻は、食料とエネルギーの高騰をもたらし、世界経済は今までにない危機的な状況を迎えつつある。この事態を慎重に乗り越えていかないと日本経済は取り返しのつかない状況に陥る。コロナウィルスの感染拡大、ロシアのウクライナ侵攻、そして世界経済の危機と、この 2 年半の間に予想もつかないような事態が進展している。

愛媛大学防災情報研究センターは、寄付講座を中心に防災や建設関連の各種新技術の開発、災害復旧や防災対応に関わる各種建設工事の支援、また、防災やまちづくり等に関わる人材育成などの取り組みで多大な成果を上げてきている。

日本は少子高齢化で国力が弱体化しつつ。そこに追い打ちをかけるように巨大地震の発生が現実味を帯び、また、毎年のように大規模気象災害に見舞われている。その中で、国土強靭化を最前線でリードする防災関連の技術開発、災害復旧、防災対策、防災啓発、防災人材の育成などに取り組む技術者や研究者の使命と役割は極めて大きいものがある。

本講演会では、防災情報研究センターが関わっている各種の新技術開発成果、防災対策工、災害復旧工、また、防災啓発ならびに防災人材の育成、防災まちづくりの展開、それとインフラメンテナンス技術者の育成などの取り組みに対して、高い評価を受けて各種の表彰の栄誉に浴した案件を取り上げている。

開催に際して、一般社団法人四国クリエイト協会と共催させてもらっている。四国クリエイト協会は、四国の建設行政を補完して、四国の未来づくりをサポートしている組織である。コロナ禍の下での開催であり、対面とオンライン併用である。多くの方に会場参加もしくはオンライン視聴を頂ければ幸いである。また、開催に際して、テキスト「防災対応における新技術・新工法の開発と防災人材の育成(各種受賞案件の紹介)」を刊行することとした。本書が、大規模自然災害に対する対応力強化と防災教育を考える一助になれば幸いである。

令和 4 年 7 月 5 日

愛媛大学防災情報研究センター長 ネトラ・バンダリー

目 次

序章

愛媛大学防災情報研究センター寄付講座を中心とした各種表彰案件の概要紹介 1
　　愛媛大学防災情報研究センター 矢田部龍一

第Ⅰ章 防災対策工の施工と新技術の開発

災害復旧工・防災対策工

1-1	大水深下でのトンネル洪水吐施工—運用中の貯水池内に構築した立坑から大断面トンネル接続—	29
	「令和元年度土木学会賞技術賞、2021年日建連表彰第2回土木賞受賞」	
	国土交通省四国地方整備局山鳥坂ダム工事事務所 柴田治信	
	清水建設（株） 長谷川悦男、高畠 研	
1-2	平成30年7月豪雨による高知自動車道の被災及び復旧について	39
	「令和2年度土木学会賞技術賞受賞」	
	西日本高速（株）四国支社副支社長 熊野賢二	
	西日本高速（株）高知高速道路事務所長 宮本 学	
	西日本高速（株）四国支社建設課長 平山浩司	
1-3	清流四万十川のシンボル「岩間沈下橋」の復活	47
	「インフラメンテナンス大賞（メンテナンスを支える活動部門（道路分野））受賞」	
	四万十市副市長 森山 崇、産業建設課長 佐川徳和	
	（株）第一コンサルタンツ取締役 楠本雅博、設計部橋梁構造課 片山直道	
	<パワーポイント資料>	
	清流四万十川のシンボル「岩間沈下橋」の復活	53
	四万十市副市長 森山崇、産業建設課長 佐川徳和、監理土木係長 濱田亮丞	
	岩間沈下橋の復旧計画	65
	（株）第一コンサルタンツ設計部橋梁構造課 片山直道	

調査法・対策工新技術開発

2-1	ロングスパン・ポケット式落石防護網工法	71
	「国土技術開発賞（国土交通大臣賞）受賞」	
	（株）ニップロ代表取締役 加賀山肇	
	（株）第一コンサルタンツ代表取締役 右城 猛	
	田中工業（株） 代表取締役 田中啓輔	
2-2	地下から地上までの三次元情報一元化管理技術の開発	79
	「地盤工学会四国支部特別表彰「技術開発賞」受賞」	
	（株）カナン・ジオリサーチ代表取締役 篠原 潤	
2-3	急速施工長尺橋梁の開発	
	「中小企業研究センター・グッドカンパニー大賞（グランプリ）受賞」	
	「令和3年度第25回四国産業技術大賞最優秀革新技術賞受賞」	
	「令和2年度高知県発明協会会長賞受賞等」	
	（株）高知丸高 会長 高野広茂	

第Ⅱ章 先駆的防災プロジェクト・防災教育・まちづくり研究

防災プロジェクト

3-1 松山逃げ遅れゼロプロジェクトの展開 85

「総務省防災まちづくり大賞（消防庁長官賞）受賞」

松山市役所防災・危機管理課 門田侑子、大原慎二、芝大輔、井上蒔万

愛媛大学防災情報研究センター 矢田部龍一、中尾順子、中島淳子、奥宮啓介

インフラ再生人材育成

3-2 社会基盤メンテナンスエキスパート(ME)養成講座 91

「第1回インフラメンテナンス大賞特別賞（国土交通省など6省）受賞」

愛媛大学防災情報研究センター 山本浩司、矢田部龍一

愛媛大学大学院理工学研究科 森脇 亮、吉井稔雄、河合慶有

防災人材育成

3-3 松山全世代型防災教育への取り組み 97

「ジャパン・レリジエンス・アワード（強靭化大賞）準グランプリ受賞」

「ぼうさい甲子園 ぼうさい大賞（大学生部門）、UR レジリエンス賞受賞」

「総務省防災まちづくり大賞（消防庁長官賞）受賞」

愛媛大学防災情報研究センター 中尾順子、矢田部龍一、中島淳子、奥宮啓介
松山市総合政策部防災・危機管理課 芝大輔、門田侑子、大原慎二、井上蒔万

まちづくり実践研究

3-4 松山アーバンデザインセンターの取り組みについて 103

「2016年度、2018年度グッドデザイン賞受賞、アジア都市景観賞（平成30年）、

全国街路事業コンクール国土交通大臣賞（令和元年）、令和4年度都市景観大賞「景観まちづくり活動・教育部門」優秀等受賞」

愛媛大学松山アーバンデザインセンター 三谷卓磨

愛媛大学防災情報研究センター寄付講座を中心とした各種表彰案件の概要紹介

愛媛大学防災情報研究センター 矢田部龍一

1. まえがき

愛媛大学防災情報研究センターでは、現在、8部門の寄付講座を受け入れ、技術開発や研究に取り組んでいる。以下に8部門の寄付講座を示す。

1. アーバンデザイン研究部門
2. 防災・橋梁メンテナンス技術研究部門
3. インフラ空間情報基盤研究部門
4. 松山全世代型防災教育推進講座
5. 海洋レーダ情報高度化研究部門
6. 防災・減災国土強靭化総合研究部門
7. 防災・インフラメンテナンス総合教育研究部門
9. 中山間地域国土強靭化・創生推進研究部門

これらの教育研究部門では、防災等に関わる技術開発や人材育成などに取り組んでおり、極めて実用的で実践的な成果が出ている。これらの成果の一部は、様々な受賞としても実っている。またセンター教員が、災害からの復興や災害に備えるための対策工の施工に委員長などとして貢献した対策工も多く表彰を受けている。

2. 発表案件の概要紹介

本技術開発講演会では、受賞した成果の一部について紹介している。成果の報告は、以下の要である。

防災対策工の施工と新技術の開発

・鹿野川ダムトンネル洪水吐新設工事～土木学会技術賞・日建連表彰土木賞受賞～
鹿野川ダムトンネル洪水吐新設工事は、地球温暖化で異常豪雨が頻発するようになり、洪水の危険性が高まってきた。そこで、ダムの洪水調節効果を上げるために洪水吐を新設したものである。既設ダムに洪水吐トンネルを掘削するという全国でも初の工事である。本工事は四国地方整備局山鳥坂ダム工事事務所が発注し、清水建設(株)が主体となって施工したものである。極めて困難な工事であったが、大きなトラブルもなく完工した。この成果に対して木学会技術賞や日建連表彰土木賞が授与されている。

なお、本工事の技術検討委員会の委員長や委員を、本センターの教員が担当している。

・平成30年7月豪雨による高知自動車道の被災及び復旧について

平成30年7月豪雨の際に高知高速道路の立川橋梁の上部工が流出した。原因是、立川橋梁横の大規模崩壊によるものである。高知道は高知と岡山や高松、松山、徳島などを繋ぐ大動脈である。幸いにも、下り線の2車線が走っている橋梁は健全であったので僅か一週間で対面通行で開通させた。しかし、対面の2車線では、交通量をさばききれないと。そのため1年内の復旧が求められた。斜面と橋梁の崩壊機構の解明、崩壊した大規模斜面の対策工、流出した上部工の架け替え等、山間地の極めて限定された施工ヤードの

悪条件の中、崩壊の危険性がある大規模斜面の対策工と橋梁の復旧を1年足らずの期間で施工した。

この崩壊機構の解明、対策工の調査設計と施工に対して土木学会技術賞が授与された。なお、発注はNEXCO四国支社で、施工の主体は鹿島建設である。また、検討委員会の委員長を本センターの教員が担当している。

・清流四万十川のシンボル「岩間沈下橋」の復活

本川にダムが無い四万十川は日本最後の清流と言われている。四万十川には、洪水時の落橋を防ぐために、欄干のない沈下橋が多くかけられている。その沈下橋の一つである岩間の沈下橋が損壊した。損傷の機構を解明するとともに、地域を上げた取組みで地域のシンボルとしての岩間の沈下橋を見事に復旧した。その取り組みに対して、国土省よりインフラメンテナンス大賞（メンテナンスを支える活動部門(道路分野)）が授与された。

岩間沈下橋復活への取り組みを全体的に主導したのは四万十市であり、調査・設計を第一コンサルタンツが、施工を高知丸高が担当した。

調査法・対策工新技術開発

・ロングスパン・ポケット式落石防護網工法

国土の7割が山間地である日本では、車の安全な通行のために様々な落石防止工が施工されている。本開発技術は、ポケット式の落石対策ネット工であり、開発は、田中工業の田中社長、第一コンサルタンツの右城社長とニップルの加賀山社長による。

特徴としては、スパン長を長くすることにより、施工性を高め、経済的な対策工となっていることである。本開発技術の信頼性は、数度にわたる現地実験と極めて詳細な数値解析により実証されている。本技術は国土技術開発賞(国土交通大臣賞)を受賞している。

・地下から地上までの三次元情報一元化管理技術の開発

道路路盤の空洞調査、地下埋設管の調査などに、電磁波探査が使われる。本開発技術は、60km/h～80km/hで走行する探査車で、地下の地盤状況を位置情報と併せて精度よく調査する新技術である。南海トラフ巨大地震や首都直下地震の発生が現実味を帯びる中で、地下の埋設物を精度よく調査しておくことは極めて重要である。本技術は、カナン・ジオリサーチの篠原社長の提案によるものである。なお、本技術は、地盤工学会四国支部特別表彰「技術開発賞」を受賞している。

・急速施工長尺橋梁の開発

災害発生時には、救援や復旧のために、早期の橋梁の架設が求められる。本工法では、スパンを20m～30mまで長くすることにより橋脚数を減らし、早期の架設が可能となる。また、腹板の接合構造をピン結合とすることにより、最短1日程度で架設できる。そのため、工期の短縮と経済性に優れている。本技術の開発は、高知丸高の高野会長による。また東京大学の全先生(当時、愛媛大学)、第一コンサルタンツの楠本取締役などの支援も得ている。

なお、本技術等は、中小企業研究センター・グッドカンパニーワン大賞(グランプリ)、令和3年度第25回四国産業技術大賞最優秀革新技術賞、令和2年度高知県発明協会会长賞などを受賞している。

・松山逃げ遅れゼロプロジェクト

一級河川の鬼怒川堤防の決壊で多くの人が逃げ遅れ、5千人もの人が救出される事態となつた。幸いにも日中の水害だったので犠牲者は少なくて済んだ。しかし、地球温暖化で異常豪雨が頻発する中、命を守るためにには事前避難が鉄則である。事前避難を促すために、松山では逃げ遅れゼロプロジェクトを全市的な取組みで行つてゐる。

本取り組みへの評価は高く、総務省防災まちづくり大賞(消防庁長官賞)を受賞してゐる。実施母体は、松山市防災・危機管理課と松山防災リーダー育成センターである。

・社会基盤メンテナンスエキスパート養成講座

高度成長期に建設された多くの橋梁やトンネルなどのインフラが老朽化してきている。これらの施設の維持管理・補修のためにインフラメンテナンスの担当技術者の育成が急務である。愛媛大学では、いち早くインフラメンテナンス技術者の養成に取り組んできている。本講座を修了し、資格試験をパスすればME資格が付与される。ME資格は国交省の民間資格に認定されている。本取り組みは、第1回インフラメンテナンス大賞特別賞(国土交通省など6省)を受賞している。なお、本プログラムは、愛媛大学防災情報研究センターが中心になって取り組んでいるものである。

・松山全世代型防災教育への取り組み

平成30年7月豪雨災害では、松山市でも4名の犠牲者が出るなど、甚大な被害が発生した。この豪雨災害を受けて、愛媛大学防災情報研究センターでは、松山市と連携して、自然災害による犠牲者ゼロをめざして、令和元年10月より松山防災リーダー育成センターを設置し、防災教育の取り組みをスタートした。本取り組みの特徴は、小学生から高齢者に至る全世代型防災教育の実施である。この活動には、防災士7千名、防災士取得教員400名などが主体的に参加しており、小中高の児童生徒や地域住民などにきめ細かな防災教育がなされている。

本取り組みに関して、ジャパン・レジデンス・アワード(強靭化大賞)準グランプリ、ぼうさい甲子園のぼうさい大賞(大学生部門)ならびにURレジデンス賞(小学生部門)、総務省防災まちづくり大賞(消防庁長官賞)などが授与されている。

・松山アーバンデザインセンターの取り組み

松山市は道後温泉や松山城などの文化遺産に恵まれた歴史と文化の香り高い町である。また、中心市街地には銀天街と大街道といった大規模なアーケード街が立地している。しかし、郊外店舗の開店が相次ぎ、中心市街地の賑わいが薄れてきた。そこで、松山市では、愛媛大学並びに東京大学と連携して、中心市街地の活性化を目的に松山アーバンデザインセンターを開設した。センターでは、花園地区、市駅前、道後温泉地区などの再開発に取り組んできた。その取り組みは高く評価されて、公益財団法人日本デザイン振興会:2016年度グッドデザイン賞(平成28年)、一般社団法人国土政策研究会公共空間の「質」研究部会:まちなか広場賞大賞(平成28年)、パブリックスペース特化型ウェブマガジン「ソトノバ」:ソトノバ・アワード2017準大賞(平成29年)、公益財団法人日本デザイン振興会:グッドデザイン賞(平成30年)、国連ハビタット福岡本部、アジアハビタット協会、福岡ア

ジア都市研究所、アジア景観デザイン学会:アジア都市景観賞(平成30年)、全国街路事業促進協議会:全国街路事業コンクール国土交通大臣賞(令和元年)などを受賞している。

3. 寄付研究部門の一部の概要紹介

3.1 防災・橋梁メンテナンス技術研究部門

3.1.1 部門設立の背景と部門の概要

四国は台風災害を始めとする気象災害の常襲地であり、また南海トラフ巨大地震による甚大な被害の発生も予想されている。住民の生命と財産を守るために防災に資するソフト対応ならびにハード対策に関わる技術開発は待ったなしの課題である。また、災害発生時に救援や復旧のための生命線となる橋梁などの道路構造物の健全性調査法の開発も必須の課題である。それとともに災害に強い社会インフラ整備の推進のための生産性向上も求められている。防災やインフラメンテナンス、また生産性向上に資する各種の技術研究開発に向けて本研究部門を設置している。

寄附者

(株)第一コンサルタンツ(平成27年4月～)、(株)高知丸高(平成27年4月～平成28年3月)

寄附の時期及び期間

平成27年4月～令和5年3月

担当教員・職名

特定教授 右城 猛、楠本雅博、松本洋一、森田徹雄

特命教授 矢田部龍一

客員研究員 高野広茂

研究成果の概要

本部門の目的と開発成果

国内インフラのストックは800兆円に達する。これらのインフラの多くは高度成長期以降に集中的に整備されており、今後一斉に高齢化していく。例えば、20年後には建設後50年以上経過する道路橋の割合が65%を超える。今後、高齢化する膨大なインフラの維持管理・更新費が必要となり、10年後には毎年5兆円にもなると予想されている。

2012年に発生した笛子トンネルの天井板落下事故は、高齢化インフラの重大な事故リスクを顕在化させた。また、急速に進むインフラの高齢化に伴い維持管理・更新費の増大が懸念されている。厳しい財政状況の中で、事故を未然に防ぎ、インフラのライフサイクルコストの最小化を図るために、維持管理・更新などに関わる新技術の開発が求められる。また、東日本大震災や熊本地震に見られるように大規模災害が頻発している。また、南海トラフ巨大地震や首都圏直下型地震の発生も現実味を帯びている。老朽化した社会インフラを巨大災害の破壊から守ることは、安全安心社会構築の必須の課題である。

そこで、本研究部門では、高齢化していくインフラの的確な維持管理を通して長寿命化を図るために、ICTを活用したモニタリング技術の開発、新しい維持管理・長寿命化技術の開発、また、それらを総合したアセットマネジメントを活用したインフラ管理手法の開発、そして、災害時の救援や復旧に不可欠となる長径間急速施工橋梁の技術開発などに取

り組む。

本部門では、社会インフラの効率的で経済的な維持管理技術の開発と災害時の救援や復旧に不可欠となる橋梁架設技術の開発等を通して、社会資本の長寿命化と防災対応に取り組む。具体的には、橋梁の健全度調査法の開発や橋梁架設などの防災対策技術の開発に取り組む。それとともに、不足している維持管理の専門技術者の育成を図る。社会インフラの維持管理技術者教育に関しては、文部科学省からの助成を受けて、愛媛大学防災情報研究センターが平成 25

年度より取り組んできている。その成果を発展させることにより、維持管理技術者の育成が恒常的に図られる。

3.1.2 岩間沈下橋の損傷調査と復旧工事

四万十川に架かる岩間沈下橋は、平成 29 年 11 月 11 日に 9 基ある鋼管橋脚のうち、1 基が座屈し、橋面が沈下して通行不能になった。岩間沈下橋は、1966 年建設で長さが 120 m、幅 3.5m である。

岩間沈下橋の損傷メカニズムの調査と補修方法の検討に取り組んだ。橋脚は 50 年の歳月による老朽化と流速に乗った玉石等に打ち当てられ、橋脚となる鋼管杭が摩耗し、また凹凸ができた。摩耗の激しい箇所では大きな孔が空いたことにより強度不足となり、座屈が生



四万十川の岩間沈下橋(高知旅ネット参照)

過去に事例のない岩間沈下橋の損傷原因

洗掘の原理

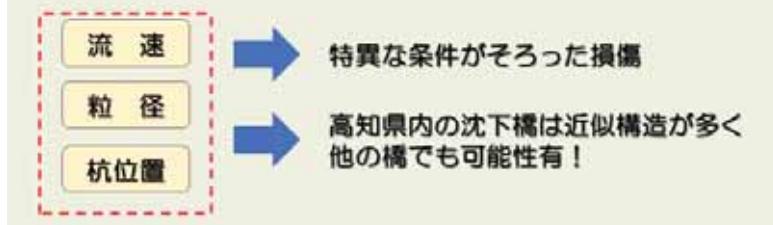
図：河川を横断する橋梁に関する計画的手引き(第1回)より

岩間沈下橋はカルマン渦による損傷と推定！

図 3-1 橋脚に上りあがる水流乱れ

過去に事例のない岩間沈下橋の損傷原因

- ◆ 通常はカルマン渦による損傷はほとんどない
- ◆ 高知県特有の豪雨により川の流れが速い！
- ◆ 周辺河床の石は、発生したカルマン渦の影響を受ける大きさ
- ◆ 杭の配置間隔や高さが乱流にならない絶妙な配置！



じ、部分的に橋桁が沈下し、落橋寸前の状況であった。

岩間沈下橋の崩壊機構の解明と修復計画への取り組みを研究論文にまとめた。それが、2020 年度の英国土木学会のテルフォード・プレミアム賞に選ばれた。テルフォードは英国土木学会初代会長である。寄附研究部門での研究成果が世界的に権威ある学会賞に選ばれたのは名誉なことである。

その補修工事に取組み、橋脚補強による修復を行った。

2021 年 4 月に全面復旧した岩間沈下橋(岩間大橋)の取り組みを、四万十市が第 5 回インフラメンテナンス大賞に応募した。その結果、国土交通大臣賞に選定され、2022 年 1 月 21 日に表彰式が行われた。この賞は、国内の社会資本のメンテナンスにおける優れた取り組みなどを表彰し、広く紹介することで、事業者等の取り組みを促進し、メンテナンス産業の活性化と理念の普及を図ることを目的としている。岩間沈下橋の取り組みは、「メンテナンスを支える活動部門」で受賞したものである。

なお、本調査は、楠本特定教授と全准教授(当時、愛媛大学、現東京大学)を中心になって実施したものである。

3.1.3 南海トラフ巨大地震に対する高知県における事前復興研究

高知県は南海トラフ巨大地震の発生により甚大な被害を受ける。特に巨大津波の被害は凄まじい。津波災害の場合は、国が事前に到達範囲を公表している。そこで、壊滅的被害を受ける恐れがある高知県の被災地のいち早い復興を目的として事前復興研究に取り組んでいる。その研究の一部を紹介しておく。なお、本研究は松本特定教授が取り組みの概要をまとめたものである。

高知県における南海トラフ地震対策は、南海トラフ地震対策行動計画¹⁾により、①揺れや津波から「命を守る」、②助かった「命をつなぐ」③「生活を立ち上げる」対策を 3 本の列車になぞらえて進められてきた。行動計画は、令和 4 年度から第 5 期に移行し生活を立ち上げる復興フェーズの対策、いわゆる事前復興の取組が進められている。

筆者は、これまでに命を守る津波避難対策や命をつなぐ避難所確保、事前復興まちづくり計画策定指針など、ハード・ソフト両面の対策にコンサルタント技術者として従事してきた。本稿では、このような立場から高知県の事前復興の取組について述べる。



事前に復興まちづくり計画に取り組む必要性

南海トラフ地震の発生後は、被害が東海から九州までの広範囲に及ぶことが想定されており、国からの十分な支援が期待できないなど、東日本大震災よりも復興への取組環境が厳しくなるおそれがある。復興に時間要すると、住民や企業は再建する意欲を失ってまちを離れ、地域の存続が危うくなる。

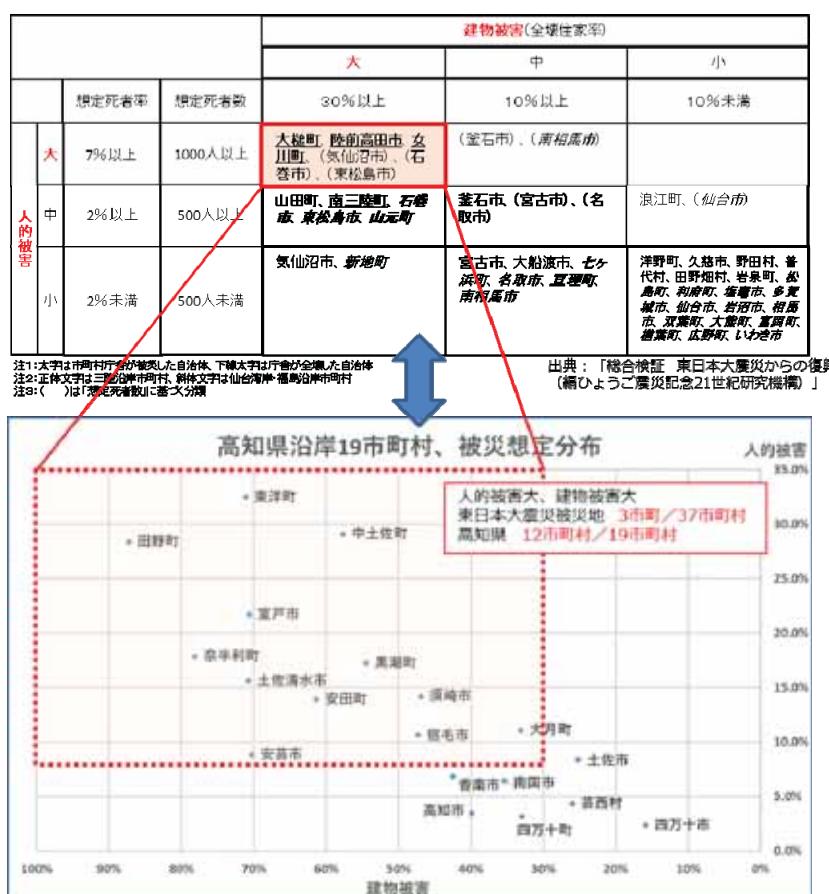
高知県が公表した最大クラスの津波浸水想定（L2）によれば、高知県沿岸19市町村の浸水域内人口は、全人口の約半数を占める。同じく可住地面積に占める浸水想定面積の割合は、リアス式海岸や海岸段丘が発達した県西部・東部などでは4割に迫る市町が多い。現況の土地利用は、森林及び原野が80%を占め、可住地の中で農用地が6%、宅地は2%と非常に少ない。厳しい浸水想定が公表された沿岸市町村では、未だ発災していない段階において、担い手となる子育て世代などが安心して家を建てる住宅地が無いため、まちを離れる震災前過疎と言われる状況を危惧する声が挙がっている。

事前に復興まちづくり計画の検討に着手して将来のまちの姿を描き、暮らしやなりわいを繋いでいくことは、沿岸市町村において待ったなしの課題である。

東日本大震災の復興から学ぶ

図は、東日本大震災被災地の人的被害・建物被害²⁾と高知県の被害想定（L2）を比較したものである³⁾。赤枠内に該当する「人的被害大」「建物被害大」の市町村は、東日本大震災被災地で3市町であるのに対し、高知県では沿岸19市町村のうち12市町村が該当する。東日本大震災以上の被害が想定される高知県では、さらなる復興の長期化や人口減少、にぎわいの喪失が懸念される。教訓として主要な公共施設の集約計画や事前移転による被災の回避、早期のなりわい再生、復興期間の短縮による人口減少の抑制に取り組む必要がある。

津波被災市街地復興手法検討調査⁴⁾では、東日本大震災の想定津波



最大浸水深と採用された復興パターン（地区数）について、整理されている。それによれば津波浸水深6m以上の地区は、全体の約半数を占め、その中では高台移転（新市街地整備）

の占める割合が約8割と高い。高知県では、津波浸水深6m以上の地区が占める割合は全体の約8割を占め、東日本大震災被災地と同様に居住地の津波被災リスクの回避を図った場合、多くの地区で高台移転が選択肢として挙げられることが想定される。

将来にわたり安全なまちづくりを実現するためには、高台移転や嵩上げにより居住地の津波リスクを回避することが基本となるが、東日本大震災からの復興の教訓として、大規模な造成や区画整理による事業の長期化、建物非再建による大量の未利用地発生、事業者の再建断念などにぎわいの喪失に繋がるおそれもある。漁業や農業など暮らしとなりわいが密接に関連する地区では、津波リスクを低減し現位置で市街地や集落を早期復興することも視野に入れて、複数の選択肢について、事前に検討を進めておくことで、速やかな計画策定に繋がるものと考える。

高知県における事前復興まちづくり計画の取組

高知県事前復興まちづくり計画策定指針では、まずは働く場所の早期確保が重要との考え方から、計画策定段階から時間的な概念をもって早期から暮らしとなりわいをつなぐタイムラインを構築することとしている。住まいについてもコミュニティの維持・形成に配慮し慣れ親しんだ地域に住み続けることを目指している。計画策定にあたっては、地区の課題を整理したうえで、復興まちづくりの「たたき台」を作成することとしている。

高知県沿岸市町村では、命をつなぐ対策として応急期に必要となる避難所や応急仮設住宅建設用地、災害廃棄物仮置場等の必要数量の想定と利用可能な土地を洗い出し応急期機能配置計画を策定している。計画では、応急仮設住宅建設用地、災害廃棄物仮置き場の不足が既に明らかとなっている。復興住宅用地等との調整は困難を極めることが想定されるが、それ故に事前に検討を進めることは意義深い。都市計画分野では、行政職員を対象とした震災復興都市計画訓練により、都市計画区域内における復興事業の実施を想定した行政手続きの訓練が行われている。これまでの取組で蓄積された基礎データは、GIS（地理情報システム）を用いて重ね合わせ可視化することで、たたき台の作成が可能となる。

復興まちづくり計画の検討は、住民の参画が基本となる。事前に検討を重ねることが、発災後の円滑な合意形成の下地づくりになると見える。沿岸市町村でこれまでに進めてきた「命を守る」、「命をつなぐ」対策等に携わってきた自主防災組織等のメンバーに加えて、地区の将来にわたるまちづくりを検討する観点から、担い手世代が参画するなど幅広い世代のメンバーによる体制づくりも課題となる。

おわりに

事前復興の取組は、通常の行政組織に横串を通すものである。市の防災担当者からは、取組の重要性は理解できるが、地域を巻きこんだ計画づくりは、現時点でマンパワーとして難しいとの声が挙げられた。私自身もこれまでに沿岸市町村の南海トラフ地震対策に従事して市町村の人的リソース不足を実感している。事前復興まちづくり計画の策定は、現在の地域が抱える課題や災害リスク（弱み）に向き合うものであり、一方で地域に根ざしたなりわいや価値ある歴史文化（強み）をあらためて見つめ直す機会でもある。将来を見据えた前向きな議論を通じて計画策定への一歩が踏み出せるよう沿岸市町村のサポートを続けていかなければならない。

参考文献

- 1) 「高知県南海トラフ地震行動計画」
<https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/010201/koudoukeikaku.html>
- 2) 「総合検証 東日本大震災からの復興」(編ひょうご震災記念 21世紀研究機構)
- 3) 「高知県事前復興まちづくり計画策定指針 第2回高知県事前復興まちづくり計画策定指針検討会資料」(令和3年11月9日)
- 4) 「津波被災市街地復興手法検討調査(とりまとめ)」国土交通省 都市局 H24.4

3.2 インフラ空間情報基盤研究部門

3.2.1 本部門設立の背景と部門の概要

篠子トンネルの天井板崩落事故や銀座での空洞発生などインフラの老朽化が深刻になる中、国民からは引き続き安全で安心なインフラを提供するようインフラ管理の高度化が求められている。一方、厳しい財政状況のもと、より低コストで効率的なインフラの管理手法を常に追求していくことは社会的要請である。こうした中、平成26年3月31日に、国土交通省は、道路法施行規則の一部改正等を行い、道路の維持修繕に関する省令・告示を制定した。具体的には、道路構造物について統一的な基準を示し、これにもとづき5年に1回の頻度で点検を行うことを基本とし、点検、診断の結果等について、記録・保存することや統一的な尺度で健全性の診断結果を分類することを全道路管理者に責務として課した。

しかし、長引く財政の低迷により、地方公共団体や請負企業における現場の土木技術者は減少し、マンパワーが限られている。それに加え、経験者が退職時期を迎えるにも関わらずそれを受け継ぐ世代の層が薄く、如何に技術やノウハウを伝承するかという技術の連続性、そして紙ベースの管理台帳とデジタルデータによって新たに取得されるインフラデータの突合せの必要性、更には膨大なデータの処理と今後進展するAIの親和性に対する期待など現場実務は多くのジレンマを抱えている。

こうした背景から、定期的な点検のデータの体系的な蓄積、過去のデータとの比較などがより簡便かつ効率的に実施でき、インフラ管理に活用できることが喫緊の課題となっている。他方、国土交通省が進めるインフラメンテナンス国民会議においても、路面下やコンクリート床板など直接見ることが出来ない部分の性状を把握したいという市町村の切実な声がしばしば聞かれるなど、インフラ空間の情報基盤に対する道路管理者のニーズは高いと考えられる。こうした課題・ニーズに対応するには、構造物や地形・地物、劣化や損傷の位置を正確に把握し、あるいは、予防保全に資するよう劣化や損傷の予兆を把握し、これらをインフラの空間データとして整理・記録することにより、インフラ情報基盤を整備し、施設の長寿命化などインフラ管理に活用する技術の研究開発が必要となる。

寄附者

(株)カナン・ジオリサーチ

寄付の時期及び期間

平成30年4月から令和6年3月までの6年間

担当教員

特定教授 馬場 務

特定教授	中前茂之
特定教授	片山辰雄
特定准教授	エルヴィス アヌープ シュクラ
特定講師	加藤祐悟
特命教授	矢田部龍一

研究成果の概要

開発課題は、前年に引き続き、主なものは次に示す 3 つである。

その 1：地中レーダ技術を用いた路面下性状調査に関する研究

その 2：大量退職と少子高齢化社会到来を踏まえた社会資本整備にかかる人的資源と技術伝承のあり方等に関する研究

その 3：GNSS を活用した効率的な調査・解析の推進

これらの課題に関しては着実に成果が上がりつつある。

特に地中レーダに関しては、令和 4 年度に愛媛大学構内で試験走行し、構内の地下埋設物の検知精度の検証を行うとともに、地上と地下を一体とした空間情報の精度良い取得と、その活用に関するシンポジウムを開催する予定である。

開発した路面空洞探査車の最大の特徴は、位置情報の正確な把握にある。位置情報の道程には、GPS が活用されるが、本探査車では、搭載した 2 台の全集束カメラによる空間情報の把握と併せることにより数 cm 単位での誤差に収まる。これが最大の特徴である。数 cm の誤差に収まることにより、探査した空洞発掘に際して、ガス管や水道管などの埋設管への損傷リスクを大きく低下できる。

精度良い位置情報の取得が可能となれば、空洞らしき反射波の地点の掘り返しての確認の際に、ジャストポイントでの空洞確認調査の掘削が可能となる。もし、誤差が大きければ、ガス管や上下水道観などの埋設物の調査に際して、より大きめ範囲での掘り起し業務が必要となる。

3.2.2 般社団法人日本インフラ空間情報技術協会の設立

今回の報告では、インフラ空間情報技術の高度化と資格認定制度を主目的として設置している協会について記載しておく。

名 称 一般社団法人日本インフラ空間情報技術協会

設立年 2018 年

会 員 正会員 14 社 特別会員 7 社

協会設立の背景

高度経済成長期に建設された施設が大量に老朽化する時期を迎える中、国は平成 25 年を「インフラメンテナンス元年」と位置づけた。そして、省庁横断で官民が連携するインフラメンテナンス国民会議を立ち上げるなど、インフラの維持管理に対する機運が高まっている。

一方、インフラメンテナンスにかかる技術は日進月歩である。特に路面下空洞探査など電磁波を用いた非破壊検査技術は急速な進歩を遂げている。ただ、様々な技術が乱立し、道路管理者は、どの技術を採用すべきか適切な判断に苦慮している。

また、災害が発生した場合には、インフラの迅速な復旧が求められる。そのため、路面下空洞探査などの業務は専門性が高い限られた企業だけが担うのが必ずしも得策ではない。地域をよく知るホームドクターとも言える地場の建設コンサルタントや地質業者が道路管理者と一体となって業務を遂行することが、より効果的だと考えられる。

こうした状況のもと、今後さらに需要が増大すると思われる当該技術について、広く担い手を育成しつつ、より信頼性が高く、効率性も向上するよう技術開発と技術普及に取り組む必要がある。そこで、各種の講習会の実施、資格制度の創設、新技術開発や产学連携など、一社ではできない様々な取り組みを進めていく。

このため、技術と志のある社の力をまとめる本協会を設立して様々な取り組みを進めたことにした。インフラに関連する各界の理解と協力を賜りつつ、我が国のインフラ管理のため、本会の取り組みが発展するよう会員とともに尽力していく。

協会の目的

地下と地上の空間データの一元化技術（以下、「当該技術」という。）の活用や、当該技術の普及、技術の向上、技術情報の交換を行うことにより、今後さらに需要が増大すると思われる当該技術について、広く担い手を育成しつつ、より信頼性が高く、効率性も向上するよう技術開発と技術普及に取り組み、もって社会と国民生活の向上に寄与することを目的とする。



カナンジオリサーチ社開発の GMS3 は 3 次元地中レーダによる地下情報とモバイルマッピングシステムによる地上情報の全方位連続 3 次元化を時速最大 80km で実現している。

事業内容

- (1) 当該技術に関する技術講習会の開催
- (2) 当該技術に関する技術基準や資格制度の創設及び運用
- (3) 当該技術を補完する新技術及び機器の開発
- (4) 当該技術に関する産学連携による調査研究
- (5) 当該技術に関する国際会議、学会、シンポジウム、研究発表会等への参加・協力
- (6) 優良会員に対する表彰
- (7) その他この法人の目的を達成するために必要な事業

技術マニュアルの作成と技術者資格制度の導入

協会では様々な取り組みを行っているが、技術マニュアルの作成と技術者資格制度の導入もその一つである。路面空洞や埋設管調査に携わる技術者の資格制度は、これまで確立されていない。そこで、本協会では資格制度の導入を図ることとした。のために、まず、テキストの作成を行った。そして、講習会を実施するとともに資格試験を実施し、インフラ空間情報士補に 92 名が合格した。

資格名 インフラ空間情報士、インフラ空間情報士補

講習会・試験実施日 令和 4 年 4 月 23 日

会 場 第 1 ホテル東京シーフォート

これからの課題は、インフラ空間情報士補試験の継続的実施、インフラ空間情報士の試験実施、そして、多くの資格認定技術者を輩出することにより、国土交通省公認の民間資格として認知されることである。

アジア各国の経済は目まぐるしい勢いで成長している。それに合わせて社会インフラ整備もすさまじい勢いで進んでいる。路面下空洞の調査に関して、その延長距離は膨大である。アジア圏における事業展開の主導権をとるためにも。日本で技術者研修のノウハウの確立や技術者資格の認定制度などを早急に取り組む必要がある。

本寄付講座では、アジア圏で広く本技術の普及を図る予定である。

3.3 松山全世代型防災教育推進研究

3.3.1 本部門設立の背景と部門の概要

近年、地球温暖化の進展に伴う異常気象により大規模気象災害が頻発している。また、阪神淡路大震災や東日本大震災の発生など日本は地震の活動期に入っており、南海トラフ巨大地震の発生も懸念されている。

松山市は、昨年 7 月 7 日に記録的な集中豪雨に見舞われた。怒和島で 3 名が犠牲になるなど、島しょ部から高浜地域にかけて甚大な豪雨災害が発生した。このような大規模自然災害

に備えるためには、ハード対策とともに地域防災力強化などのソフト対策が必須である。松山市は、長年に渡って防災まちづくりに力を入れてきており、6000名を超える全国一の防災士を擁するなどの成果を挙げている。ただ、更なる地域防災力の強化を図るためにには、実践力を有する防災リーダーの育成が喫緊の課題である。

ところで、松山市は、令和元年6月27日に公（行政）・民（民間団体）・学（大学）が連携した新たな組織である「松山市防災教育推進協議会（以下、協議会という）」を立ち上げており、本学も構成員として参加している。協議会では、専門家の常駐する執行機関として「松山防災リーダー育成センター」を設置し、防災リーダーの育成に取り組み、松山市の切れ目のない防災教育の推進などに取り組むこととしている。

そして、協議会から愛媛大学社会連携推進機構防災情報研究センターに、「松山防災リーダー育成センター」運営のための寄付研究部門設置の申し込みがなされた。これを受け、防災情報研究センターでは、「松山全世代型防災教育研究部門」を新設し、小学生から高齢者に至る切れ目のない防災教育の方策に関する研究と実践活動を行うこととした。それとともに、南海トラフ巨大地震の発生が懸念される中、安全安心まちづくりに関する研究も進める。

寄附者

松山市防災教育推進協議会

寄付の時期及び期間

令和元年10月～令和5年3月までの4年間

担当教員

特定教授	中尾順子
特命教授	矢田部龍一
特定研究員	中島淳子
地域連携職員	奥宮啓介

研究成果の概要

本部門の目的

本部門では、大規模自然災害に備えるために、小学生から高齢者に至るまでの切れ目のない防災教育実施のためのシステム構築と防災教育プログラムの開発ならびに実践を通して、地域防災力の飛躍的な向上を図ることを目的としている。

具体的には、松山市と東京大学復興デザイン研究体ならびに愛媛大学防災情報研究センターと防災関連の市内の産官学民の組織が連携して、全世代型ならびに全組織対応の防災研修プログラムの作成と防災教育実践に取り組む。そして、50万都市である松山市の全市民を対象として、地域防災教育、学校防災教育、企業BCPなど、継続的、自律的、かつ効率的な防災教育モデルの構築を図る。

研究部門の研究内容

本部門は様々な取り組みを行っている。50万市民に防災教育を実施するためには、多くの防災リーダーが必要である。松山には7000名を超える防災士が誕生している。内訳は、

町内会防災士を始めとして、教員 400 名、学生防災リーダー100 名、企業防災士 1000 名、特定郵便局長(防災士)150 名などである。この各界の防災士を教育すれば、膨大な防災教育をこなしていくことができる。

松山防災リーダー育成センターでは、実に様々な防災教育活動を展開している。現時点での成果の一部を列記すると次のようである。

- ・学生防災リーダー(防災士取得) 毎年 200 名の学生防災士誕生
- ・ジュニア学生防災リーダー(小中高生) 今年度千名が登録し活動中
- ・防災教育サポート動画 10 本作成済み、2 本作成中
- ・学校防災教育指導テキスト作成済み
- ・防災士養成講座開講(松山市と連携開催、毎年 500 名の防災士が誕生)
- ・企業 BCP 講座開催
- ・福祉関係施設との防災連携強化
- ・アジア防災教育ネットワークの強化
- ・外国人防災教育ネットワークの構築
- ・各種防災講演会、研修会、シンポジウムなど多数開催

研究成果に対する表彰

2 年半の活動を通して、ある程度、防災教育の形ができてきた。そのため、令和 3 年度には各種の表彰を受けることになった。表彰を以下に示す。

・ぼうさい甲子園

阪神・淡路大震災 10 周年を機に、平成 16 年度から毎日新聞社と人と防災未来センターが実施した「子どもぼうさい甲子園」と、平成 17 年度から新たに兵庫県が創設した「1.17 防災未来賞」を合わせ、一体的に実施している。募集時期は毎年 9 月末。前年 10 月以降の活動を対象とし、翌年 3 月までの活動予定を含め、活動の実施期間・地域、目的、内容、成果などについて応募書類の枠内に簡潔にまとめ、評価される。

表彰式 令和 4 年 1 月 17 日

ぼうさい大賞 愛媛大学防災リーダークラブ

UR 賞 ジュニア防災リーダークラブ

・防災まちづくり大賞

防災まちづくり大賞は、平成 8 年に阪神・淡路大震災を契機に、地方公共団体や地域のコミュニティ等における防災に関する幅広い取り組みや工夫・アイディアのうち、特に優れたものを表彰し、広く紹介することにより、災害に強いまちづくりの一層の推進に資することを目的として実施している。

主催は消防庁、共催は（一財）日本防火・防災協会（平成 24 年度までは（一財）消防防災科学センター（当時（財）消防科学総合センター）で実施している。

表彰式 令和 4 年 2 月 25 日

まちづくり防災大賞(消防庁長官賞)

「産官学民で育てる！切れ目のない・全世代型防災リーダー育成プログラム」



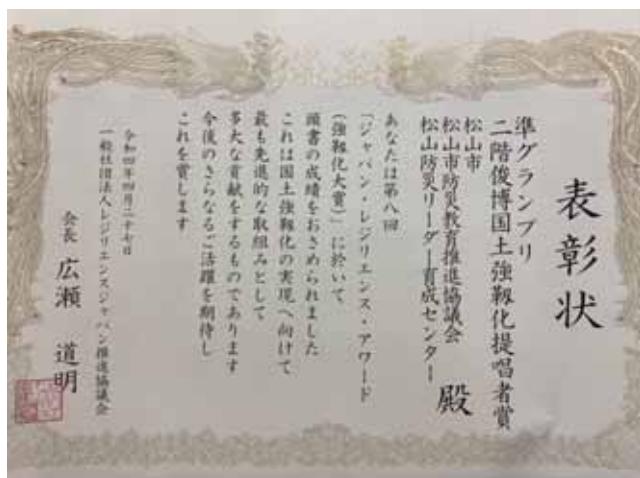
・ジャパンレジエンスアワード強靭化大賞

「ジャパン・レジリエンス・アワード（強靭化大賞）」は、全国で展開されている次世代に向けたレジリエンス社会構築への取り組みを発掘・評価、表彰する制度として、2014年11月に創設された。強靭な国づくり、地域づくり、人づくり、産業づくりに資する活動、技術開発、製品開発等に取り組んでいる企業・団体からエントリーを募り、その中から、一次選考と最終選考を経て、グランプリ以下各賞の発表と表彰を行ってきている。また、地域計画策定に工夫して取組み、地域の国土強靭化を推進している先導的な自治体を表彰するために2017年に新設された部門賞「国土強靭化地域計画賞」に加え、前回より、感染症対策に資する先進的な取り組みを表彰する部門賞「STOP 感染症大賞」を設置している。

表彰式 令和4年4月27日

＜準グランプリ・二階俊博国土強靭化提唱者賞＞

「産官学民が連携した全世代型防災教育による『災害に強い人づくり、まちづくり』」



・令和3年度松山市民活動推進事業表彰

松山市の市民活動の推進に多大な貢献をした方を顕彰することにより、その活動に感謝の意を表すとともに、後進者への励ましとし今後における市民活動のより一層の活性化を目的とし、平成18年11月に「松山市市民活動推進事業表彰」制度が設けられている。

表彰式 令和4年3月23日

NPO法人 防災リーダークラブ

・2022年日本防災士機構功労賞

防災士表彰制度は、防災士としての活動及び社会貢献活動等に関する顕著にして他の模範となる大きな功労があった防災士または防災士のグループ・団体に対し、これを称え顕彰することにより、防災士全体の志気を高め、活動意欲の増進を期待すると共に、防災士制度の更なる進展に寄与することを目的として、2016年に制定された。

表彰式 令和4年6月23日(令和4年3月29日公表)

NPO法人 防災リーダークラブ

3.3.2 命のはがきプロジェクト

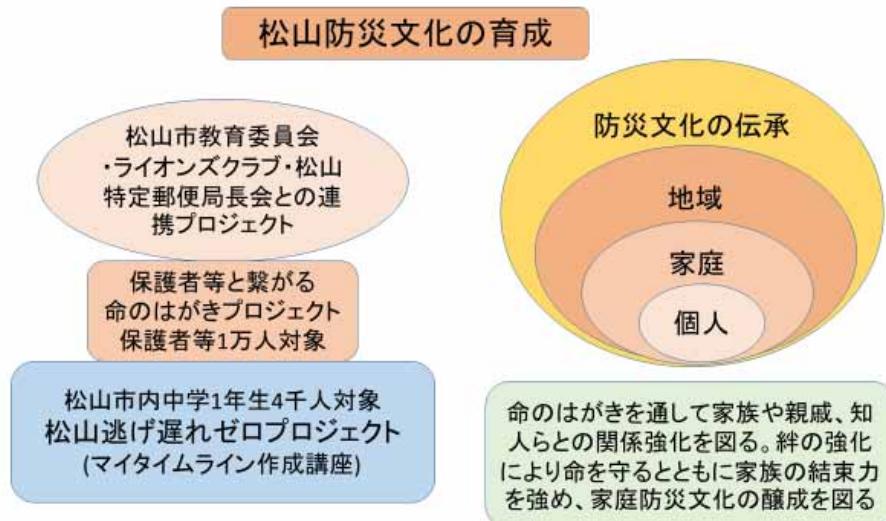
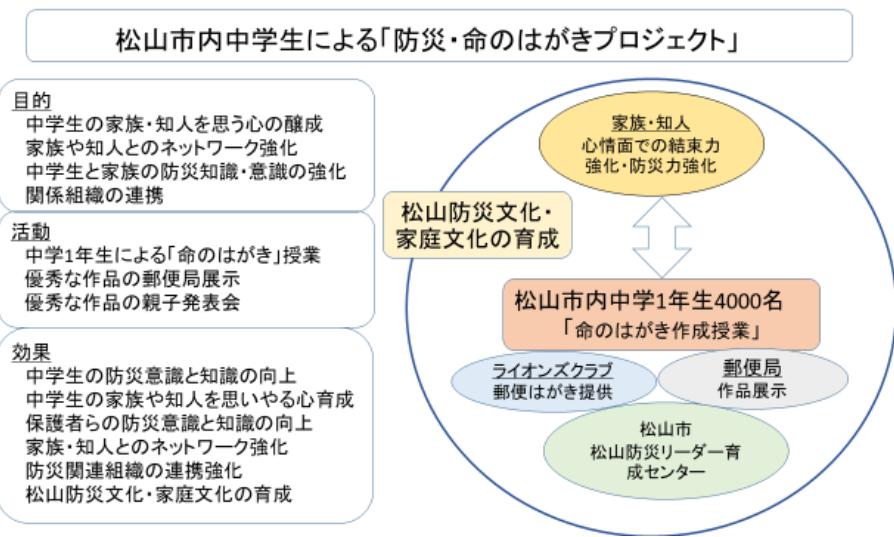
地球温暖化の進展は止まることなく、異常気象に伴う豪雨災害が頻発している。日本は、世界でも最も水資源に恵まれた国の一である。しかし、その反面、豪雨災害に悩まされてきた。一たび、河川が氾濫すれば多くの命と財産が失われる。そのため、日本人は古くから治水に取り組んできた。暴れ川である重信川にも、在来工法の一つであるかすみ堤が残っている。

戦後、日本政府は治水事業に力を注ぎ、大規模な洪水災害を押さえ込んできた。しかし、近年、治水能力を上回る異常な集中豪雨が頻発し、貴い生命や財産が失われている。この事態に対して、国土交通省は、従来のダムや河川堤防の強化などだけに頼る治水ではなく、水田や遊水地での一時的貯水なども含めた流域治水の導入に踏み切った。また、それとともに生命を守るために、早期避難を促すマイタイムラインの導入に取り組んでいる。

松山平野には、一級河川である重信川や石手川が流れている。重信川は本川にダムがなく、また、急流河川であり、治水上、危険な河川の一つである。また多くの支川が流れしており、支川の氾濫がいつ飽きても不思議ではない。

松山平野には、50万人を超える人々が生活しており、豪雨災害の危険に晒されている。そこで、近年の異常豪雨から身を守るために、「松山逃げ遅れゼロプロジェクト」に取り組む。50万人を超える方を対象とした大規模なプロジェクトである。

令和4年度は、松山市内の中学1年生全員の4000名を対象としてマイタイムライン作成講座を実施するなど全国的に例を見ない規模のものである。この4000名の中学生はマイタイムライン作成に取り組むだけでなく、保護者向けに命のはがき(災害発生前にいち早い避難を呼びかける防災促進のためのはがき)を作成し、保護者宛に送る。はがきはライオンズクラブから提供いただき、優れた命のはがきはポスターを作成し、松山市内の郵便局に掲示し、市民に見てもらう。それを通して防災意識の向上をはかる。



3.4 中山間地域国土強靭化・創生推進研究部門

3.4.1 本部門設置の目時と部門の概要

設置目的

日本は、大規模な自然災害の時代を迎えており、また、世界に類を見ないスピードでの少子高齢化・人口減少社会を迎えており、特に地の利の悪い山間地や島しょ部では過疎化の進展が著しく、自然災害への備えも極めて脆弱となっている。こうした過疎地での地域振興や地域防災力の向上策の検討は喫緊の課題であり、地方を支える重要な産業である建設業界では若手技術者の不足や技術継承が深刻な問題となっている。

本研究部門では、予想される巨大災害に備えるため、国土強靭化と地方創生への取り組みを通して、消滅可能性都市の活性化策を検討することを目的に設置する。具体的には、建設業界の活性化を目的とした人材育成の取組を技術伝承の仕組みづくりを研究及び消滅可能性都市をモデルとして地域資源の掘り起こしと地域活性化を展開できる人材の育成を目的として実践的研究を推進する。

寄附者

(株)久保建設

寄付の時期及び期間

令和4年4月～令和7年3月までの3年間

担当教員

特定教授	中尾順子
特命教授	矢田部龍一
特定研究員	中島淳子
地域連携職員	奥宮啓介

寄附研究部門の研究領域の概要

本部門設立の背景

日本は大規模な自然災害の時代を迎えており、また、世界に類を見ないスピードでの少子高齢化・人口減少社会を迎えている。特に、地の利の悪い山間地や島しょ部では、過疎化の進展が著しく、自然災害への備えも極めて脆弱である。このような過疎地での地域振興や地域防災力の向上策の検討は喫緊の課題である。また、地方を支える重要な産業である建設業界では、若手技術者の不足や技術継承が深刻な問題となっている。

日本創成会議は2010年から2040年の間の20～39歳の女性減少率を推計し、896都市が消滅の可能性があると警告している。愛媛県の市町における減少率は、愛南町79.0%、久万高原町76.4%、松野町64.7%、八幡浜市64.4%など、13都市で50%を超え、消滅の可能性が指摘されている。

これらの消滅可能性都市が大規模災害に見舞われると過疎化のスピードが加速する。消滅可能性のある地方都市にとって国土強靭化ならびに地方創生への取り組みは喫緊の課題である。

本部門の目的

本研究部門では、予想される巨大災害に備えるための国土強靭化と地方創生への取り組みを通して、消滅可能性都市の活性化策を検討する。本研究における主な目的は、次のようなである。

一つは地方都市の主要産業であり、大規模災害時に早期復旧の切り札となる建設業界の活性化策の検討である。建設業従事者は高齢化が進んでいる。若年層の新規就業者が少なく、10年もすれば人手不足と技術伝承が致命的なレベルに達すると予想される。建設業界の衰退は、地域の活力衰退を招くとともに、災害時への対応に甚大な影響が出る。そこで、建設業の活性化を目的として、人材育成の取り組みと技術伝承の仕組み作りを図る。

もう一つは、地方創生への取り組みである。産業の衰退が地方都市の消滅を加速させる。そこで、地域創生を目的とした人材育成への取り組みを行う。消滅可能性都市をモデルとして地域資源の掘り起こしと地域活性化を展開できる人材の育成を目的として実践的研究を推進する。そのために、消滅可能性都市のひとつをモデルとしてサテライトオフィスを設置し、地域に密着した研究活動を展開する。

研究部門の研究領域

過疎疎化と高齢化が進展している消滅可能性都市における地域振興策と地域防災力の向上策について研究する。具体的には、以下のような研究を行う。

1) 建設業界の人材育成と技術伝承に関する研究

建設業界は若手技術者の慢性的な不足に悩んでいる。その中でも、消滅可能性都市における若手技術者の不足は致命的なレベルにある。多くの若者が流出していく中で、消滅可能性都市の建設業界の活性化策と若者の雇用策、ならびに技術伝承策について研究を進める。

2) 消滅可能性都市における地域防災力の強化に関する研究

消滅可能性都市の多くでは、高齢化や過疎化に伴い地域住民のネットワークが低下している。それに伴い、地震や豪雨時の集落の孤立等が大きな問題となる。この課題に関して、研究対象であるモデル地域の自然災害の特性を明らかにするとともに集落内及び集落間のネットワーク強化を図る。また、小学生から防災人材の育成に取り組み、全住民で地域を守る意識を涵養し、地域防災力の向上を図る。

3) 過疎化と高齢化が進む中山間地の地方創生策の検討

消滅可能性都市における最大の課題は、人口減少と高齢化進展の阻止と言える。そのためには、産業の振興が必要である。そのために地域資源の掘り起こしと、その活用策について研究を進める。

4) 防災などを通じた他地域との人的交流の活性化策に関する研究

消滅可能性都市の多くには優れた自然環境がある。また、多くの歴史遺産を有している。それとともに、地域の特性を生かした農林水産業なども活発に行われている。また、それぞれの地域において様々な災害の発生も予想される。これらの自然環境や歴史資源、また農林水産業や自然災害などを学習の対象として、他地域の学生との交流を進める。

5) 国土強靭化人材・地方創生人材の育成に関する実践的研究

地方創生に関わる建設関連の人材育成や防災リーダーの人材育成に取り組む。対象は小学校高学年から高校生に至る幅広い年代層の学生で、家族愛ならびに地域愛に溢れた、地域の将来を担う人材の育成を目的とする。これらの活動に関しては、建設関連の各協会や商工会、また農林業関連の組織などとの連携を行う。

3.5 防災・インフラメンテナンス総合教育研究部門

3.5.1 本部門設置の目時と部門の概要

寄附者

松山市都市再生協議会

寄附の時期及び期間

寄附の時期 令和4年度から5年度までの2年間

担当予定教員名及び職名

特定教授（寄附研究部門教授） 山崎祐史

愛媛大学防災情報研究センター特定教授 山本浩司

愛媛大学防災情報研究センター特命教授 矢田部龍一

寄附研究部門の研究領域の概要

(1) 本部門設立の背景

日本は戦後、世界に類を見ない速度で高度成長を遂げてきた。この経済発展を支えてきたのが、道路、鉄道、上下水道、送電網、港湾、ダム、通信網、学校、病院、公園、公共施設などの社会インフラの整備である。これらの膨大な施設が建設後50年を経過して老朽化が進み、メンテナンスの重要性が指摘されている。的確なメンテナンスを施すことにより、これらの施設の長寿命化をはかることが大切である。しかし、社会インフラの健全度の評価やメンテナンスの対応を決定するための調査人材の育成やメンテナンスを実施する技術者が不足している。

また、日本では自然災害の多発期を迎えており、自然災害に対して各種のハード対策が急がれている。しかし、日本では高度成長の陰で地域の繋がりが薄れてきており、地域防災力の低下を招いている。地域防災力強化のための取り組みが急務である。

一方、東日本大震災や最近の大規模気象災害に見られるように、災害の大規模化に伴い、行政が旧来の組織体制の中だけでは対応できない巨大複合災害の様相を呈してきている。このような事態に対応するための行政職員の巨大災害に対する復旧のための人材育成も急がれる。

本寄付研究部門は、上記のような各種の課題に関する研究推進を目的として設立する。

(2) 本部門の目的

先述したように、日本は社会インフラが劣化の時期を迎えるとともに極めて大規模な地震災害と気象災害の多発期に直面している。そのため、平成25年に国土強靭化基本法を施行し、令和2年度まで「防災・減災、国土強靭化のための3か年緊急対策」が、令和3年度から5年間は「防災・減災国土強靭化のための5か年加速化対策」が計画されている。

松山市は、精力的に防災まちづくりに取り組むとともに、四国最大の人口を擁する中核都市として、インフラメンテナンスにも積極的に取り組まなければならない。

今回の寄付講座では、松山市が全国に先駆けて取り組み、養成してきた6700名を超える防災士の更なる防災力の向上のための研修システムの開発、松山市の膨大な社会インフラを点検し、メンテナンスするための技術者の研修システムの開発、更には、大規模自然災害に対する行政と民間が連携して復旧に取り組むための各種研修システムの開発などを目的としている。

何れの課題も極めて喫緊に成果が求められるものである。しかし、従来の研究事例が乏しい。早急な研究成果が望まれる。

(3) 研究部門の研究領域

2012年12月2日にNEXCO中日本の笛子トンネルの天井板が落下し、9名が死亡する事故が起こった。建設後40年が経過し、天井版の吊り金具を固定していた接着剤が経年劣化したことによる事故である。この事故を受けて、高度成長期に建設した橋梁やトンネルなどの土木構造物の一斉点検が行われるようになった。しかし、昨年10月に発生した和歌山市の水管橋の崩壊事例に見られるように、更なる調査・点検技術の改善と技術者の養成が求められる。

防災情報研究センターでは、平成26年度から「社会基盤メンテナンスエキスパー

ト養成講座」を開講してきており、多くのメンテナンスエキスパート人材を養成してきている。本講座は愛媛大学学長修了認定プログラムであり、所定の研修プログラムを受講し、資格認定試験に合格した修了生は、「四国社会基盤メンテナンスエキスパート(四国 ME)」に認定される。四国 ME 資格は、2017 年 2 月に、国土交通省の規程を満たす「公共工事に関する調査及び設計等の品質確保に資する技術者資格」(民間四国)に、四国で初めて認定されている。本寄付講座では、技術者の育成に関して、既に実施している「メンテナンスエキスパート養成講座」の一層の実質化と効率化に取り組む。特に、松山市の行政の技術者の養成と共に県下 20 市町の建設担当の行政技術者の連携を図る。

また、松山市には、本川にダムがなく、極めて急こう配の重信川が流れている。重信川の支川も内水氾濫の危険性が高い。それと共に市の南縁を中央構造線が走るとともに、南海トラフ巨大地震では震度 7 から 6 強の揺れと高さ 4m の津波に見舞われる可能性がある。50 万市民を守るためにには、6700 名を超える防災士の更なる資質向上が求められる。

また、前述したように、大規模災害が発生した時の早期の復旧のために行政の縦割りを超えた関連部局の横断的な災害対応の仕組み作りと、担当者の事前教育が求められる。

そこで、本部門の研究内容としては、以下のような取り組みを行う。

1) インフラメンテナンス技術者養成研修システム研究

松山市では、高度成長期に建設された道路や上下水道また河川構造物などの社会インフラの多くが、建設後 50 年を経過し、メンテナンスの時期を迎えている。そこで、メンテナンスに関わるデータベースの整理や松山市の担当職員の教育プログラムを構築する。それとともに、既に開講されている四国 ME を活用した県内 20 市町の担当行政職員の技術力向上を図る。そのために、行政担当者から見た四国 ME カリキュラムの検討を行う。

2) 自主防災人材養成教育研究

松山市は、防災まちづくりに取り組んでおり、防災士数は全国一位で 6700 名を超える。地域防災力向上のためには、これらの防災士の資質向上が最善の策である。そこで、自主防災組織を担っている防災士の資質向上のための研修プログラムの開発に取り組む。

3) 大規模災害復旧技術者養成研修システム研究

大規模災害発生時には、行政の部局を超えた連携と民間との密な連携が求められる。しかし、大規模自然災害は稀にしか発生しない。そのため、復旧に向けた綿密なマニュアル整備と、それに基づいた各組織が連携した事前訓練や、行政担当者の事前訓練は行われていない。そこで、平成 30 年 7 月災害発生時の取組みを事例として検証し、大規模災害発生時の松山市並びに関連民間業者との連携策を再検討する。それに基づいて、南海トラフ巨大地震のような大規模災害発生時の行政と民間の取り組みを整理しなおし、災害復旧人材育成のための研修講座システムの構築を図る。

3.6 松山アーバンデザインセンター

寄附者

松山市都市再生協議会

寄附の時期及び期間

平成27年4月～令和5年3月

担当教員

特定講師	三谷卓摩
特定研究員	坂東ゆかり
特定研究員	竹内仁美
客員研究員	渡邊浩司
東京大学教授	羽藤英二

松山アーバンデザインセンター (Urban Design Center Matsuyama : 略称 UDCM)は、アーバンデザインセンター (UDC) の理念に基づき、「公・民・学」が連携するまちづくり組織として、中心市街地に拠点施設を構え、将来ビジョンの検討や都市空間のデザインマネジメント等のハード面、まちづくりの担い手育成や地域デザインプログラム等のソフト面、双方のアプローチから、総合的なまちづくりに取り組んでいる。

各種表彰

- 2016年度グッドデザイン賞(平成28年) 主催：公益財団法人日本デザイン振興会
- まちなか広場賞大賞(平成28年) 主催：一般社団法人国土政策研究会 公共空間の「質」研究部会
- ソトノバ・アワード2017準大賞(平成29年) 主催：パブリックスペース特化型ウェブマガジン「ソトノバ」
- グッドデザイン賞(平成30年) 主催：公益財団法人日本デザイン振興会
- アジア都市景観賞(平成30年) 主催：国連ハビタット福岡本部、アジアハビタット協会、福岡アジア都市研究所、アジア景観デザイン学会
- 全国街路事業コンクール国土交通大臣賞(令和元年) 主催：全国街路事業促進協議会

3.7 防災・減災、国土強靭化総合研究部門

3.7.1 本部門の概要

寄附者

(株)芙蓉コンサルタント

寄附の時期及び期間

寄附の時期 令和3年度から5年度までの3年間

担当予定教員名及び職名

特定教授（寄附研究部門教授）	山本浩司
特定教授（寄附研究部門教授）	大野二郎(クロスマーチントメント)
特定教授（寄附研究部門教授）	須賀幸一(クロスマーチントメント)

特定教授（寄附研究部門教授）

田村弘文(クロスマーケティング)

寄附研究部門の研究領域の概要

本部門設立の背景

東日本大震災に見られるように日本は千年に一度とも言われる巨大地震の発生期に遭遇している。南海トラフ巨大地震や首都直下地震の発生も現実味を帯びている。また、熊本地震や北海道東部胆振地震のような直下型地震が頻発している。それとともに地球温暖化の進展に伴い大規模な気象災害が毎年のように発生している。

四国は急峻な地形と脆弱な地質からなっている。また、台風常襲地であり、南海トラフ巨大地震や中央構造線活断層系地震がいつ発生しても不思議ではない。日本でも第一級の自然災害多発地である四国において防災・減災、国土強靭化研究を推進することは極めて重要である。

日本政府は、令和3年度から総額15兆円の予算規模で「防災・減災、国土強靭化のための5か年加速化対策」を実施する計画である。愛媛県でも多くの関連事業が展開されると見込まれる。

そのような背景の中で、これまで全く検討されていない巨大地震による津波災害を念頭に置いた事前復興デザインに関する研究や異常豪雨に対応できる「流域治水」の実践的な研究が求められる。また、想定をはるかに超えた大規模自然災害に対応するため建設系の設計技術者の格段の能力向上が求められる。そこで建設系調査・設計技術者の効率的な技術力向上策に関する研究も必要である。さらに南海トラフ巨大地震のような極めて広域の災害に対して、産官学の広域なネットワーク構築が求められる。本寄付研究部門は、上記のような各種の課題に関する研究推進のために設立する。

本部門の目的

先述したように、日本は極めて大規模な地震災害と気象災害の多発期に直面している。そのため、平成25年に国土強靭化基本法を施行し、令和2年度まで「防災・減災、国土強靭化のための3か年緊急対策」が、令和3年度から5年間は「防災・減災国土強靭化のための5か年加速化対策」が計画されている。

芙蓉コンサルタントは、愛媛県内最大手の建設コンサルタントであり、インフラ整備推進のための調査・設計に関する優れた技術力を有している。今回の寄付講座では、豊富な知見と技術力をベースとして「巨大自然災害に関する事前復興研究」、今後頻発が予想される異常豪雨への対応として国交省が抜本的な施策として打ち出した「流域治水研究」、社会インフラ整備の調査・設計技術者を養成する研修システムの実践的研究、それと防災・減災、国土強靭化に資する四国地域産官学ネットワーク構築の実践的研究などを行う。何れの課題も、従来の研究事例が乏しく、かつ極めて喫緊の課題である。

研究部門の研究領域

東日本大震災は想定外の規模の地震であった。そのため、事前復興計画の取り組みは皆無に近く、結果として、復旧・復興に長期間を要することになった。そのため人口の流出が著しく、被災地を元の賑わいに戻すのは難しい状況である。そこで、事

前復興研究では、政府により被災地が公表されている南海トラフ巨大地震の津波被災域の復旧・復興を事前検討するための実践的研究を実施し、被災後の町のあるべき姿を官民学が一体となって検討しておく。また当然のことながら、命や財産を守るために各種の取り組みも検討し、実践する。

「流域治水」を推進するためには、各省庁ならびに住民の連携が必要である。また詳細な流出解析なども求められる。官民学が一体となって進めなければ絵に描いた餅となってしまう流域治水に関して、モデルサイトを対象に必要な実践的研究を順次進めていく。

技術者の育成に関して、既にセンターで実施している「メンテナンスエキスパート養成講座」の一層の実質化と効率化に取り組む。その他にも、技術者の技術力向上に向けた各種の研修制度を検討する。

巨大自然災害は、広域で発生する。特に南海トラフ巨大地震は、西日本全域に被害を及ぼす。このような広域災害に対しては、広域のネットワーク構築が必要であり、そこで様々な課題を検討し解決しておく必要がある。本センターなどが主導して、四国地域における「防災・減災、国土強靭化四国地域産官学産官学ネットワーク」の構築を図り、各種の課題を具体的に検討する。

本部門の研究内容としては、以下のような取り組みを行う。

4) 巨大災害事前復興研究

南海トラフ巨大地震では、東日本大震災を凌ぐほどの巨大津波が発生する。津波被災域は政府により公表されている。四国の太平洋岸では、巨大津波により多くの市街地が想像を絶するほどの被災を受ける。津波災害から生命・財産を守り、迅速な復旧・復興のためには、事前に被災後の町のあるべき姿を検討し、事前に減災のためのハード整備や被災後の復旧・復興計画を策定しておく必要がある。それらの取り組みに対する研究を実施する。具体的には、復興ビジョンの策定、復興プロセスの検討、計画行動マニュアルの作成などである。特に、復旧・復興に関わる災害リスク情報共通プラットホームの構築、住民の災害に関わる行動と意思を確認する事前復興センサスの調査分析、道路ネットワークの健全性シミュレーションなどを行う。

5) 流域治水研究

地球温暖化により異常豪雨が頻発し、ダムや堤防嵩上げなどの従来の治水対策だけでは限界がある。そこで、国土交通省は水田の貯水機能や遊水地の積極的活用を図る流域治水に舵を切った。流域治水に関する研究は緒に就いたばかりである。そこで、愛媛県下のモデルサイトで先駆的で実用的な研究に取り組む。

6) 社会インフラ整備の調査・設計技術者養成研修システム研究

愛媛大学ではインフラメンテナンス技術者の育成を目的としたME養成講座を開講し、多大な成果をあげている。ただ、現状では、受講生は愛媛県内が主である。今後、ME養成講座を四国に拡大していく必要がある。また、調査・設計技術者の基礎から応用に至るまでの実力を向上するために、各種の研修システムを検討していく。

7) 国土強靭化に資する四国地域産官学ネットワーク構築の実践的研究

上記の各種取り組みを実質化し、より広域に展開していくために、四国レベルでの産官学ネットワークを構築する。具体的には、事前復興に関しては、既存の四国5大学連携防災・減災教育協議会と連携して、四国地方整備局、各地方自治体、民間を一体とした事前復興推進協議会(仮称)を設立し、検討を進める。また流域治水研究推進を目的とした協議会の設置や調査設計技術者能力の向上を目的とした官民学一体の研修制度構築のための協議会の設置に取り組む。それと共に既存のME養成講座の拡充も図る。

3.7.2 えひめ建設技術防災連携研究会の設立

建設界は様々な課題に直面している。例えば、高齢化、技術伝承、事業承継、若手人材の不足、将来の公共事業費の推移、災害対応力の強化などである。

本研究会では、官民学が連携して、地域の建設界の在り方を検討する。具体的には、インフラ整備の重要性に関する情報発信と住民向けの啓発活動、過去の大規模災害時の対応の評価と南海トラフ巨大地震を想定した復旧への対応シミュレーション、インフラメンテナンスに関わる新技術の開発、建設DXに対応した新技術の開発、建設技術者の育成に関わる講習会の開催などである。

以下に、えひめ建設技術防災連携研究会の設立に向けた動きをまとめておく。

えひめ建設技術防災連携研究会の設立と運営計画

目的：愛媛県における建設分野の官民学が連携し、建設分野の次代に寄与するとともに、地域の災害リスク等に強く立ち向かうために建設技術を基盤とする“地域の災害対応力の醸成”に取り組み、以下の役割を果たすことを目的とする。

- ・新技術の活用等の諸環境の大きな変化を踏まえた次代を担う建設技術者の育成
- ・防災・減災、国土強靭化と社会基盤の維持管理等における技術力の向上と知識の共有
- ・事前復興と発災時の復旧・復興におけるより実効的な展開のための官民学の連携と共創

活動：

1. 建設技術と防災に関する研究活動
2. 建設技術と防災に関する教育活動
3. 建設技術と防災に関する広報活動
4. その他、本研究会の目的を達成するために必要な活動

参加機関：

愛媛大学防災情報研究センター、愛媛県土木部、愛媛県建設業協会、愛媛県測量設計業協会（以上、主催者（常任機関））、建設コンサルタント協会四国支部愛媛県部会、全国地質調査業協会連合会四国地質調査業協会愛媛支部、愛媛県土木施工管理技士会、愛媛県建設技術支援センター、愛媛県技術士会、国土交通省四国地方整備局（松山河川国道事務所、大洲河川国道事務所）、市町建設部局等（研究会設立後に参加調整の予定）

運営体制：常任機関が、すべての参加機関と連携して運営に携わる。

役員：会長1名、副会長3名以内（常任機関の各代表、会長は互選） 代表幹事5名以内

(参加機関の幹事から運営会議にて選出)

運 営：運営会議（意思決定）、幹事会（運営協議）、部会（活動組織）を設ける。

事務局： 愛媛大学防災情報研究センター

運営費：本研究会の運営費は、当面、愛媛大学防災情報研究センター（防災・減災、国土強靭化総合研究部門）の経費により充当する。講習会等の個別の事業に関わる費用は、参加者の受講料等により充当する。

活動期間：本研究会の目的が達成されたとき、本会は参加機関の同意をもって活動を終了する。

運営計画

1．運営会議と幹事会、部会、事務局の設置

- ・本研究会の円滑な運営のために、運営会議と幹事会、部会および事務局を設置する。
- ・運営会議は、会長、副会長、代表幹事により構成し、本研究会の運営を決定する。
- ・幹事会は、参加機関の担当幹事により構成し、本研究会の運営を協議する。
- ・部会は、各活動の企画立案と実行を担う。
- ・事務局は、本研究会の企画運営に関わる事務を担う。

2．全体研究会（活動報告、全体学習）の開催

- ・毎年度、建設分野のすべての技術者への研究会活動の開示、意見交換、交流を行う。
- ・愛媛県の建設分野の技術者が知識を共有する全体学習（活動報告、講演）の場ともする。
- ・全体研究会への参加者は、本研究会の参加機関に所属する技術者（以下「技術者」という）を対象とする。開催方法は本会場と Web 配信のハイブリッド開催とする。

3．建設技術と防災に関する研究活動

- ・「研究部会」を設け、次代の建設技術と災害リスクに備えるため、官民学が連携・共創する研究活動を展開する。
- ・取り組みの成果は、定期的に参加機関のすべての技術者へ報告する。
- ・テーマは「南海トラフ地震等災害対応のシミュレーション」、「DX 次世代建設技術の活用」等を候補とする。

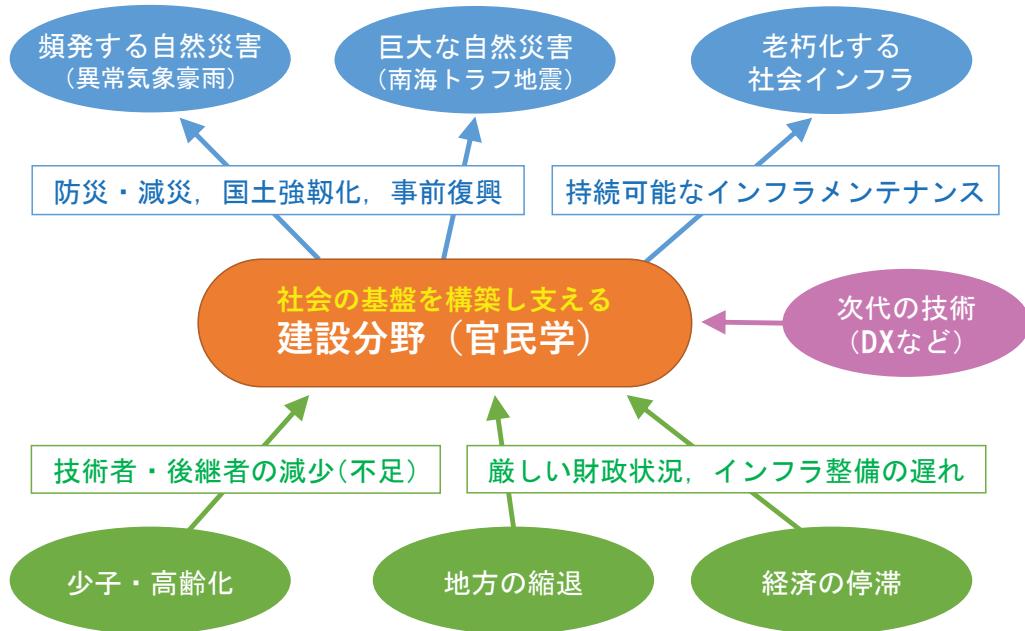
4．建設技術と防災に関する教育活動

- ・「教育部会」を設け、講演会や講習会等を企画・開催して建設分野の技術者が容易に学べる機会を提供する。これにより、技術力の向上と次代の技術者の育成に取り組む。
- ・主なテーマは新技術の知識と活用、災害対応の建設技術、防災への取り組みなどとする。
- ・外部の活動（社会基盤メンテナンスエキスパート（ME）養成講座等）とも連携し活動する。

5．建設技術と防災に関する広報活動

- ・「広報部会」を設け、住民や若者への情報提供に努め、建設分野の理解と協力、次代の人材継続に寄与する。

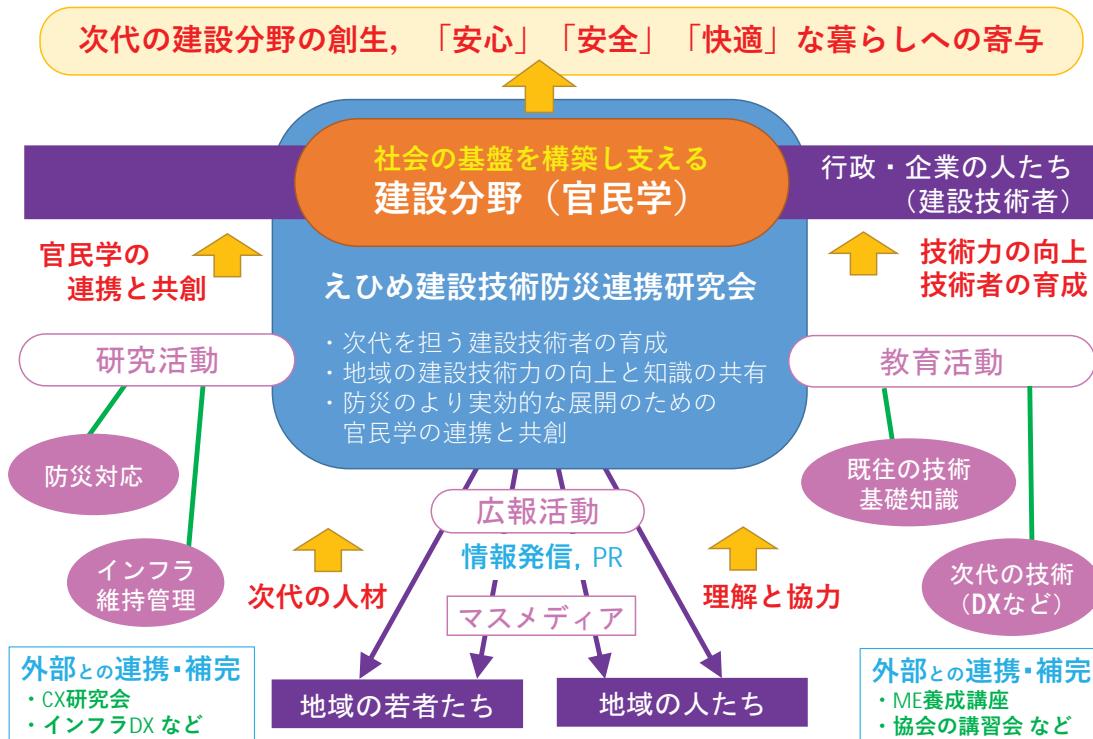
■ 地域の安心と安全（災害リスク等）に立ち向かう建設分野



■ 社会問題の中の建設分野

■ 技術革新の中の建設分野

「えひめ建設技術防災連携研究会」の目的と役割



第Ⅰ章 防災対策工の施工と新技術の開発

大水深下でのトンネル洪水吐施工

—運用中の貯水池内に構築した立坑から大断面トンネル接続—

四国地方整備局 山鳥坂ダム工事事務所 柴田 治信
清水建設株式会社 長谷川 悅央
清水建設株式会社 高畠 研

1. 鹿野川ダムの位置と諸元

鹿野川ダムは、日本の南西部に位置する四国の北西部を流れる肱川（流域面積 1,210km²、流路延長 103km）の河口から上流約 41km に位置し、洪水調節および水力発電を目的として1959 年に建設された（図-1）。



図-1 位置図



写真-1 鹿野川ダム

表-1 ダム諸元

ダム諸元	
型式	重力式コンクリートダム
堤高	61.0m
堤頂長	167.9m
堤頂幅	13.0m
堤体積	161,000m ³
堤頂標高	EL.91.0m
集水面積	513km ²
湛水面積	2.09km ²
総貯水量	48,200,000m ³

2. 新設するトンネル洪水吐の概要

(1) 目的

時代の変遷とともに鹿野川ダムでは洪水調節機能の増大を求められるようになり、貯水池容量の再配分を行うことによる洪水調節容量の増大を図ることとした。鹿野川ダムでは、洪水調節容量を現在の 1.4 倍に増強するために、予備放流水位を EL. 81.0m から EL. 76.3m に H=4.7m 下げることにした。鹿野川ダムのクレストゲートは敷高 EL. 76.0m であり、予備放流量 600 m³/s を確保するため、貯水池内の低い位置（EL. 53.0m）にトンネル洪水吐（最大放流量 1,000 m³/s）を増設するものである。

【現況】



【改修後】

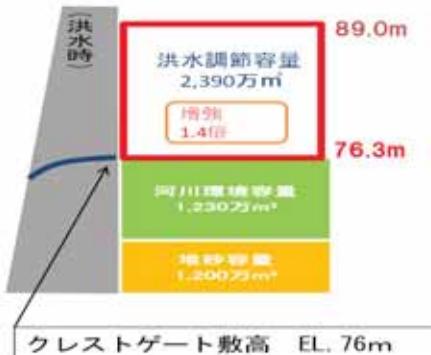


図-2 貯水容量配分図

(2) トンネル洪水吐の構造

トンネル洪水吐はダムサイト右岸側に計画する。その大まかな構造は、上流側から流入水路（延長 47m）、呑口立坑（内径 17m）、トンネル部（全長約 457m・トンネル内径 11.5m）、吐口部および減勢部より構成される（図-3、図-4）。ダム貯水池内に構築する呑口立坑は、平面形状が内径 17m の円形状に鋼管矢板（ $\phi 1,500\text{mm} \cdot L=44.0\text{m}$ ）34 本を配置して締め切る構造であり、その内側を底部 EL. 50m まで支保工を設置しながら掘削して呑口立坑を構築する（図-5）。



図-3 トンネル洪水吐 配置図

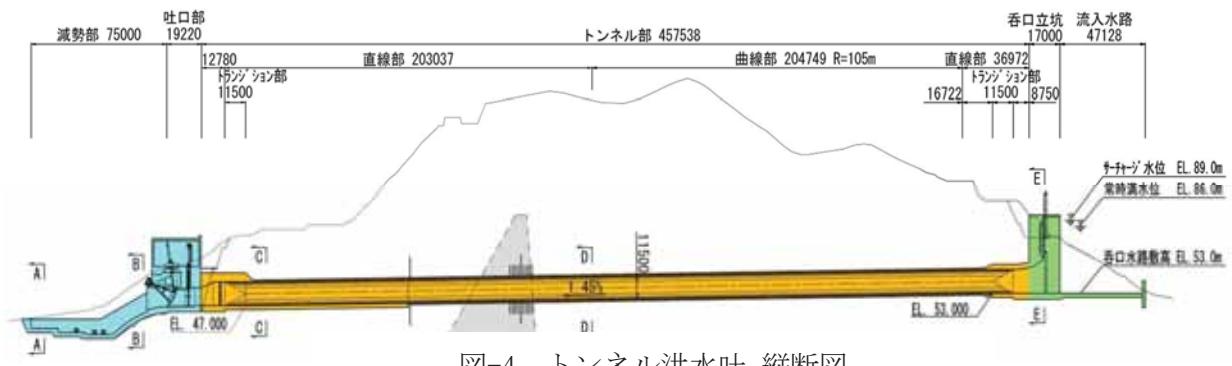


図-4 トンネル洪水吐 縦断図

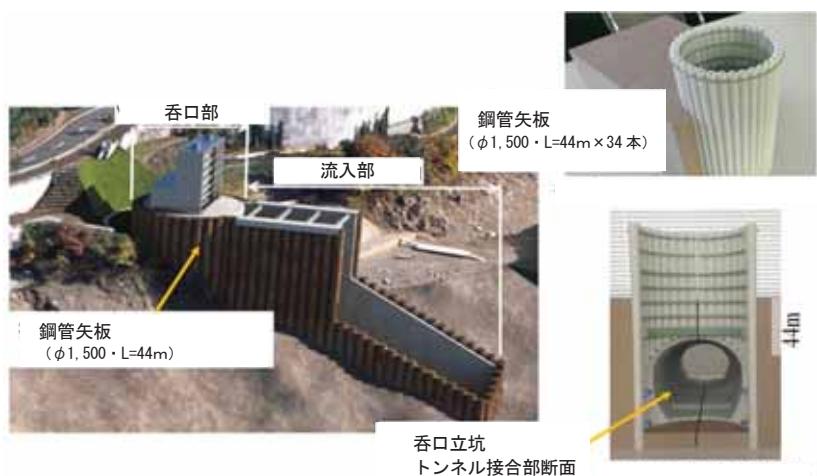


図-5 流入水路および呑口立坑イメージ

(3) 施工順序

トンネル洪水吐貫通までの主要な手順は以下のとおりである。①ダム下流の吐口側からダム貯水池内の呑口立坑に向かってトンネル部を施工し、呑口立坑に接する 14m 区間（以下『トンネル接続部』と称す）を残すところまでコンクリート覆工を終了させる。② ①と並行して呑口立坑を施工し、呑口立坑内部の掘削を行った後、底版コンクリートを施工する。③呑口立坑側からトンネル接続部範囲の鋼管矢板を切断して、残しておいたトンネル接続部 14m 区間を施工する。

3.呑口立坑およびトンネル接続部施工における技術上の課題

①呑口立坑内部掘削中およびトンネル接続部掘削中の漏水抑制

貯水池内に設置する呑口立坑を構成する鋼管矢板は、呑口立坑内部を施工する際の仮締切の役目を期待するものである。常時満水位から掘削底版までの水頭差は 36m である。鋼管矢板継手からの漏水および掘削底版部からの漏水を極力抑える必要がある。

②鋼管矢板建て込み精度の確保

鋼管矢板継手からの漏水を抑えるためには継手がうまくかみ合う必要がある。そのためには、これまでに前例のない岩盤へ打込む大口径 $\phi 1,500\text{mm}$ 、長さ 44m の鋼管矢板の建込み精度を確保する必要がある。

③トンネル接続部鋼管矢板切断時の呑口立坑安定性の確保

呑口立坑の内部掘削に際しては、前出の図-5 の模型に見えるように鋼管矢板仮締切りの内側に円形支保工を設置する。トンネル接続部範囲の鋼管矢板 14 本（最も高い部分の長さ 18 m）および 8, 9 段目の円形支保工を切断撤去しなければならない。この区間は非常に不安定な状態であり、この付近の鋼管矢板仮締切りの安定性を確保する必要がある。

④トンネル接続部掘削時の地山の安定確保

トンネル接続部の地山は、砂岩と粘板岩の互層で CM, CH 級の岩盤が主体である。しかし、土被りは 30m 程度で 34m 被圧されており、安全にトンネルを施工するための施工計画を立てる必要がある。

4.呑口立坑内部掘削中およびトンネル接続部掘削中の漏水抑制

(1)止水対策の方針

①鋼管矢板締め切り部

流入水路と呑口立坑を合せて鋼管矢板の平面配置形状を図-6 に示す。鋼管矢板継手部の構造イメージを図-7 と写真-2 に示す。継手をかみ合わせるだけでは水は自由に通過するので、図中の青く着色した部分にモルタルを充填して水みちを塞ぐこととした。これがうまく機能するためには鋼管矢板の鉛直精度が要求される。鉛直精度を確保するための対策については後に述べる。

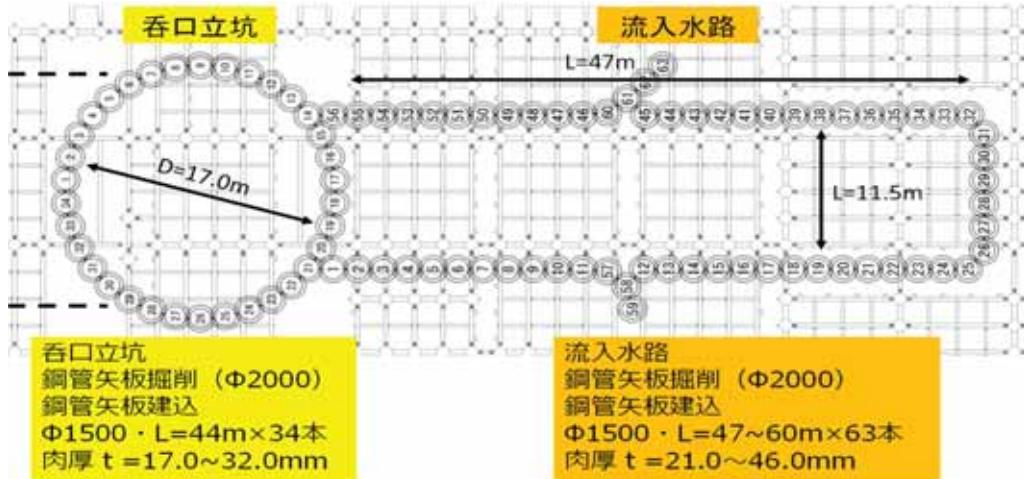


図-6 鋼管矢板平面配置形状

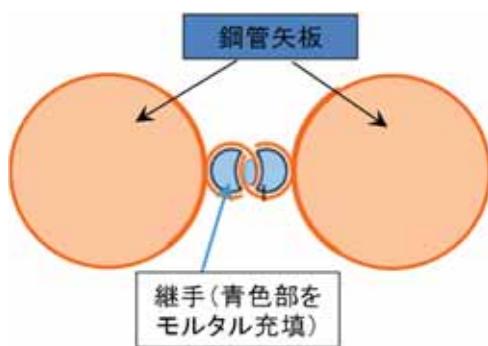


図-7 継手構造イメージ



写真-2 継手構造

② 岩盤部

岩盤部の止水対策としてセメントグラウチングを計画した（図-8）。

- 1) 接続部コンソリデーショングラウチング：目的は、呑口立坑周辺の地山の止水性確保、2列配置するトンネル接続部カーテングラウチングの内側の止水性改良、トンネル接続部への垂直方向（トンネルの天版および底版）からの貯留水の浸入防止。改良目標 5 Lu。
- 2) 接続部カーテングラウチング：目的は、呑口立坑周辺の地山の止水性確保、呑口立坑と接続トンネルの止水性確保、トンネル接続部への水平方向（トンネルの側面方向）からの貯留水の浸入防止。改良目標 2 Lu。
- 3) 岩盤補強グラウチング：目的は、呑口立坑周辺の鋼管矢板建込み範囲の地山補強。
- 4) 補助カーテングラウチング：目的は、呑口立坑周辺の地山の止水性確保。呑口立坑底版側からの貯留水の侵入を防止するために、鋼管内カーテングラウチングの外側に注入孔を配置してカーテンの厚みを持たせる。鋼管内カーテングラウチングに先立ち施工して、このグラウチングの注入効果を高める。改良目標 5 Lu。
- 5) 鋼管内カーテングラウチング：目的は、呑口立坑周辺の地山の止水性確保、呑口立坑底版側からの貯留水の浸入防止。注入孔を鋼管矢板内に配置する。改良目標 2 Lu。
- 6) 鋼管背面ミルク注入：呑口立坑内部を掘削したときに外側からの荷重によって鋼管矢板が微小に変形し、岩盤と鋼管矢板の間に隙間が生じる可能性がある。この隙間にに対する止水対策。改良目標は設定しない。

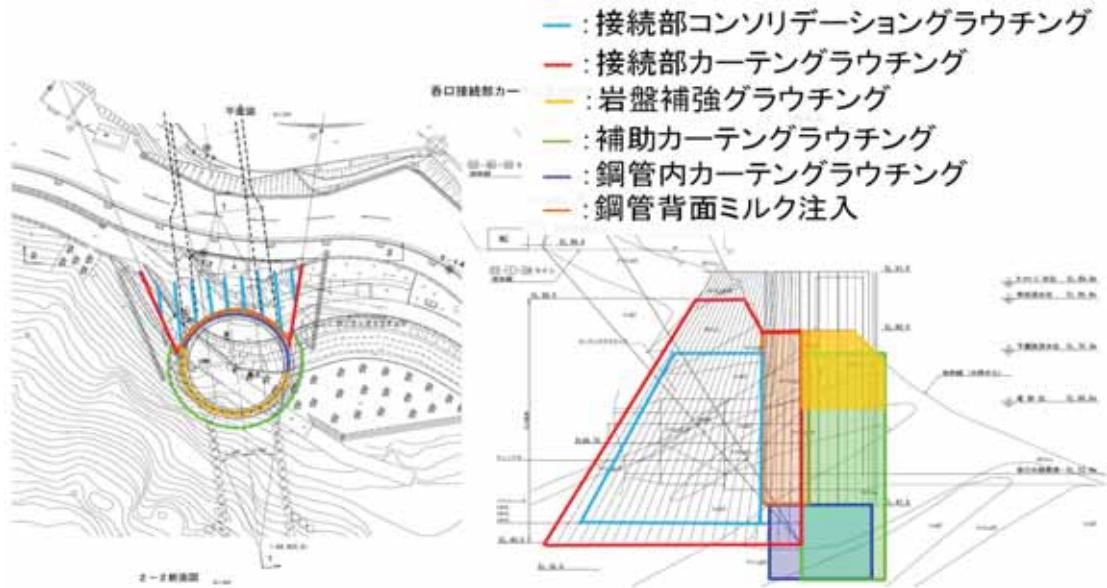


図-8 グラウチング計画

(2) グラウチング実績

接続部コンソリデーショングラウチングについては、部分的に弱部（水みち）を残さないために、改良目標値 5Lu を最終次数孔で 100% 達成するまで改良した。

その他のグラウチングについても、それぞれの改良目標値を超過確率 85% 以上で管理した。

(3) トンネル接続部掘削中の漏水実績

掘削施工中の立坑鋼管矢板継手部からの全体漏水量は 10~20L/min、底版岩盤部からの湧水量は 5L/min で全体量としても 25L/min 程度で立坑周りのグラウチング効果が確認できた。

5. 鋼管矢板建て込み精度の確保

(1) 鋼管矢板の建込みに要求される鉛直精度

前出の図-7 に鋼管矢板継手部の構造を示している。継手として使用した鋼管の内径は $\phi 140$ mm である。継手として上部から下部まで確実にかみ合うためには、概ね $100 \text{ mm} \div 44\text{m}$ すなわち $1/440$ の鉛直精度が求められる。

(2) 建て込み精度を確保するための方策

① $\phi 600\text{mm} \rightarrow \phi 2,000\text{mm}$ 先行岩盤掘削

呑口立坑周辺の地質は、CM 級・CH 級が主体の砂岩と粘板岩の互層である。 $\phi 1,500\text{mm}$ の鋼管矢板を直接岩盤に打込むのではなく、全周回転掘削機により $\phi 2,000\text{mm}$ ・平均掘削長 35m の円筒状に岩盤を穿孔し、その空洞内に $\phi 1,500\text{mm}$ の鋼管矢板を建込んだ（図-9）。また、全周回転掘削機を用いて岩盤を $\phi 2,000\text{mm}$ で深さ 30m 以上掘削した前例は見当たらず、鋼管周面の摩擦による掘削能力の低下のおそれや、掘削途中に掘削機が回転不能となる事態が生じるおそれがあった。そこで、 $\phi 2,000\text{mm}$ 掘削孔の円周上でまだ掘削していない側に相当する位置を、ダウンザホールにより先行して $\phi 600\text{mm}$ の孔を設置した（図-10）。

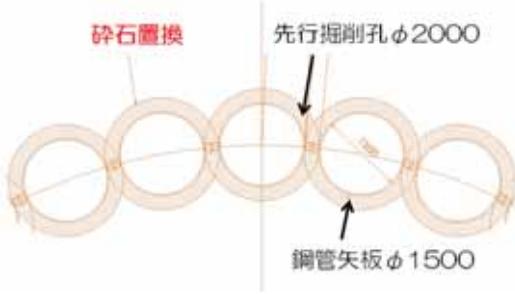


図-9 $\phi 2000$ 先行削孔と鋼管矢板

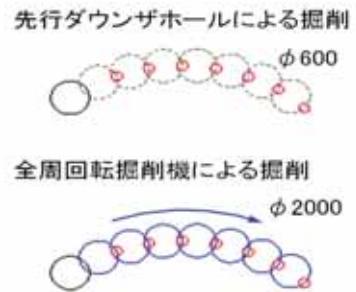


図-10 岩盤掘削手順

② $\phi 2,000\text{mm}$ 掘削空洞部を碎石置き換え

呑口立坑全周の $\phi 2,000\text{mm}$ 先行岩盤掘削終了後に $\phi 1,500\text{mm}$ の鋼管矢板を打ち込むこととしたので、既に掘削を終了した部分の岩盤の緩みによる孔壁崩壊を防ぐため、一つの孔の掘削を終了するごとに掘削部分を碎石で置換した。孔壁を保持しながら締め固まりにくく、根固・中詰工施工時の空隙充填作業のし易さを意図して、粒子間の空隙が大きくなる粒径 $2.5\sim 5.0\text{mm}$ の碎石を使用した(図-9)。根固・中詰工については後述する。

③ 建て込み時にガイド用固定架台使用

鋼管矢板建込の際に、ガイド用固定架台を2段設置して、上下2か所で水平方向のブレをなくすことで鉛直精度を確保した(写真-3)。また、施工中の建込傾斜測量を、中心方向と円周方向について光波測距計2台によりこまめに実施した。これにより、鋼管矢板建込完了時の鉛直度は、平均約 $1/500$ と高い精度を確保することができた。建込み終了後、超音波測定器により精度を確認した。

④ 建て込み順序

鋼管矢板を、トンネル側から右回りで順番に1本づつ建込んでいった。建込み施工途中で隣接する鋼管同士がせって打込み出来なくなるのを防ぐために、最後の9本については、それぞれの下杭を予め建込み円形を閉合させておき、残りの中杭と上杭を下杭を立て込んだのと同じ順番に打ち込んでいく方法で施工した(図-11)。

(3) 立坑内部掘削時の鋼管継ぎ手からの漏水状況

鋼管矢板の継手部は、部分的に湿っている箇所が目視される程度であり、工事施工に支障となる漏水は確認されなかった。

6. トンネル接続部鋼管矢板切断時の呑口立坑安定性の確保

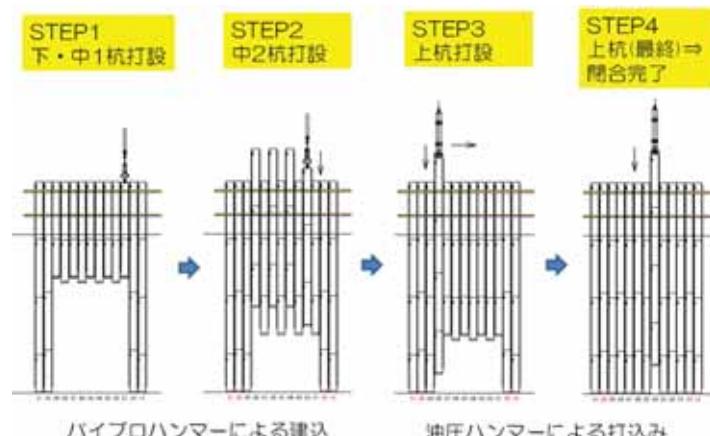


図-11 屏風打ちによる鋼管矢板閉合建

(1) トンネル接続部鋼管矢板切断までの手順

図-12に、呑口立坑内部掘削からトンネル接続部鋼管矢板切断までの施工手順を示す。

STEP①：呑口立坑内部掘削

鋼管矢板の外周すなわち鋼管と地山との隙間は単粒度碎石で充填されており、そのままで水みちとなるので、内部掘削に着手する前に、碎石同士の隙間に水中不分離性セメントミルクを注入した（鋼管下端の3m区間を根固工、それより上部を中詰工と呼ぶ）。鋼管矢板の天端（EL. 91.0m）から底版 EL. 50.0m（深さ 41m）までの間に、鋼製リング支保工を 10 段（H-300 × 2 段、H-400×4 段、H-800×4 段）、掘削面の降下に合わせて設置した。掘削が低部まで到達した時点で行う予定であった『鋼管背面ミルク注入』を、鋼管矢板に大きな変形が発生する施工段階毎に実施した。

STEP②：底版コンクリート施工および土砂による作業足場造成

掘削完了後、底版部の鋼管矢板の支保工の役目を持たせるために底版コンクリート厚さ 3.0m の内の 1.5m 分を打設した。その上に、鋼管撤去およびトンネル接続部施工時の作業足場とするために、12m 土砂で埋め戻した。

STEP③：砥石カッターによる鋼管矢板切断

鋼管矢板外周の碎石充填部分には事前にセメントミルクを注入しているが、部分的に水みちとなる箇所が存在する可能性が懸念されたため、鋼管矢板を切断する前にトンネル側から 5 本の観測ボーリングを実施した。立坑内部からは、鋼管矢板継手部でコア抜き（ $\phi 52\text{mm}$ 、 $L \approx 400\text{mm}$ ）を行い背面碎石部の通水状況を直接確認し、鋼管矢板背面からの湧水がないことを確認した。切断前には、トンネル接続部天端高さまで呑口立坑内に水を満たした後、鋼管矢板の内側に砥石カッターを挿入して、トンネル接続部の鋼管矢板 14 本（最も高い部分の長さ 18m）を切断した。

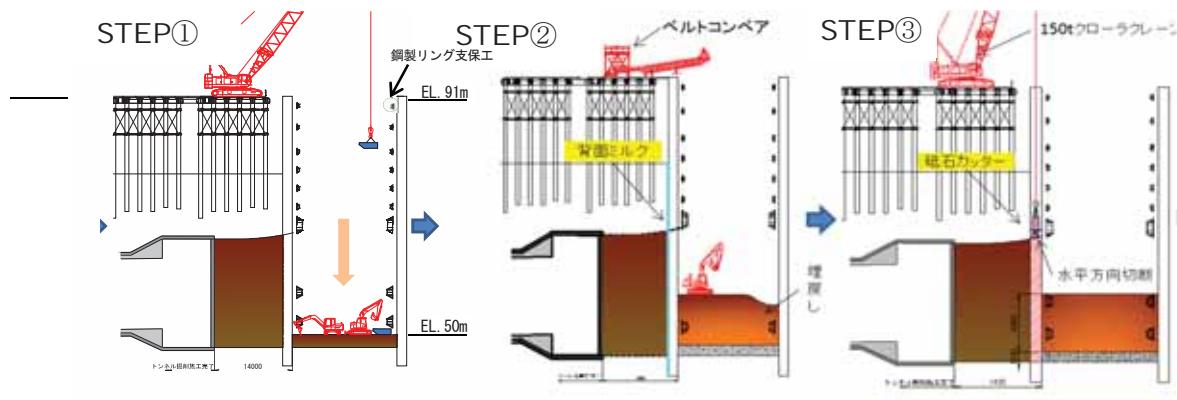


図-12 呑口立坑内部掘削からトンネル接続部貫通掘削までの施工手順

(2) 事前解析による変形量の予測

内部掘削に伴う鋼管矢板の変形により、鋼管矢板外周部に隙間が発生しダム湖と繋がる水みちとなり、掘削中に大規模な出水が発生する懸念があるため、鋼管矢板の変形や挙動を正確に把握しておくことは重要である。そこで、事前に 3 次元 FEM 解析を行った。掘削完了時の最大変位は 8 段目の支保工の上方で約 60mm と予測された（図-13）。

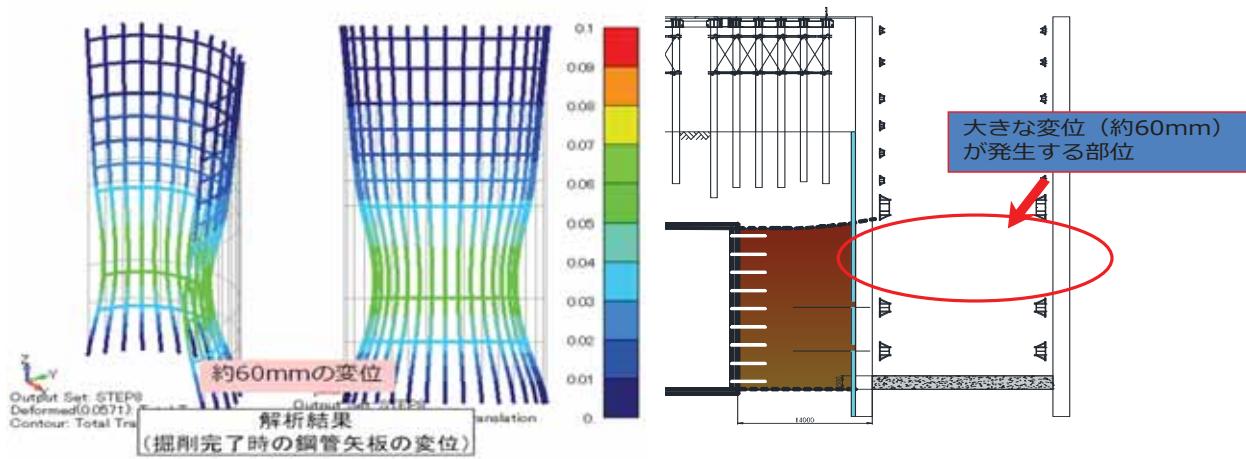


図-13 立坑掘削完了時の解析結果

(3) 変形計測計画

計測器の配置を図-14 に示す。鋼管矢板には、挿入式自動傾斜計とひずみ計、支保工にはひずみ計を設置した。また、立坑底版部からの浸水を防止するために鋼管矢板下端から深度方向に 15m 分カーテングラウチングを実施しており、その効果を確認するために立坑内とグラウチングエリア外に間隙水圧計を設置した。

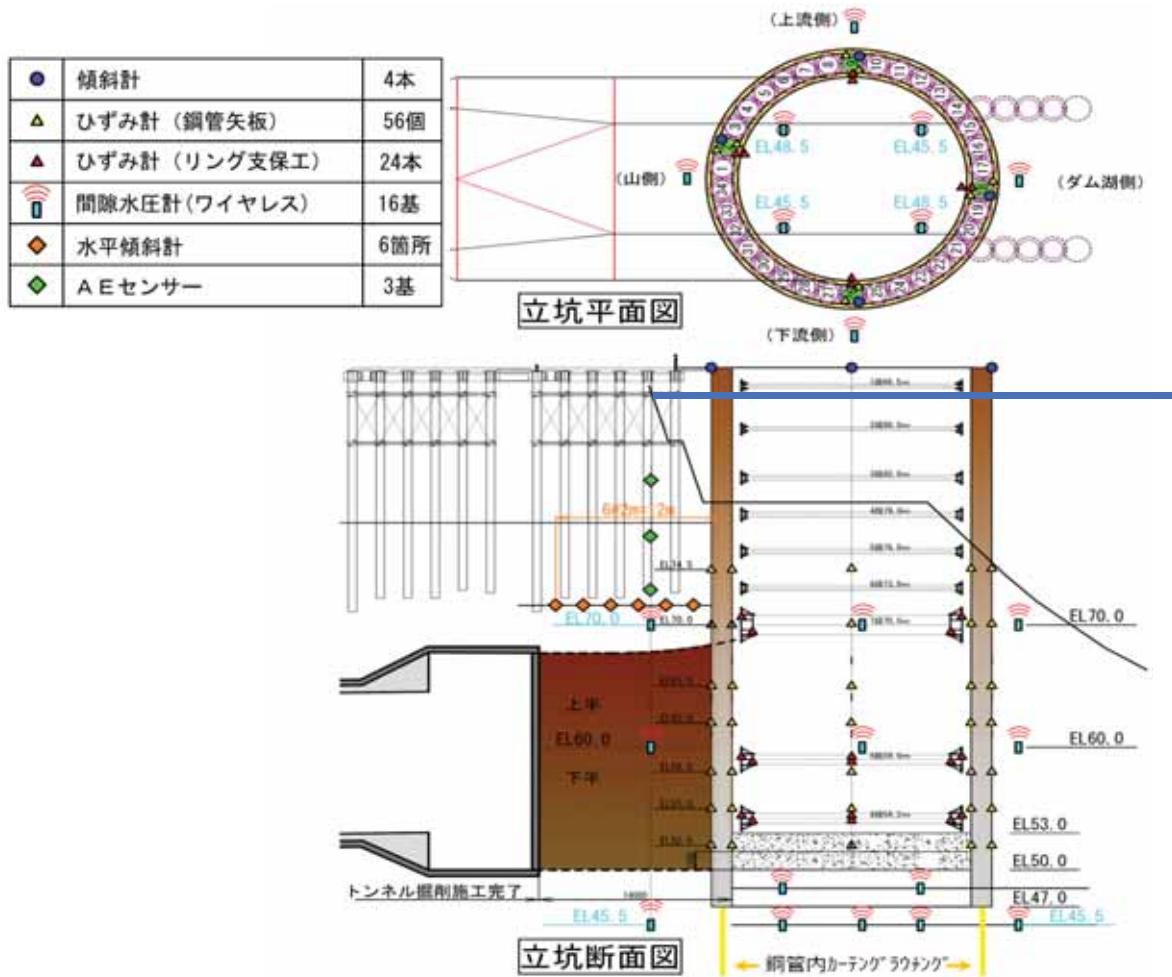


図-14 計測器配置位置図

(4) 変形量の実測値

図-15に鋼管矢板の変形形状実測値を示す。立坑掘削時の変形で約20mm、8,9段目リング支保工撤去時に更に10mm、鋼管矢板切断により5mm、累計で35mm内側への変位を確認した。

事前解析の値と比較して、実際の計測結果では全体の変形量が小さく、鋼管矢板切開による影響も小さい。この違いは、①施工中のダム湖水位がEL75~80m程度で解析時の条件より低く、水圧による外力が想定よりも小さかった。②各支保工撤去後に鋼管矢板背面にミルク注入を行ったことで、地盤の剛性が高まった。③流入水路側の鋼管矢板が呑口立坑と接合されていることにより立坑内側への変形が抑制された。などが考えられる。

7. トンネル接続部掘削時の地山の安定確保

呑口立坑の内径 $\phi 17\text{m}$ に対し、接続するトンネルは幅 $17\text{m} \times$ 高さ 17.9m 、掘削断面積 265m^2 の大断面を有するものであり、トンネル洪水吐の中で最も重要な部分である。トンネル接続部掘削時の地山の安定を確保するためにとった対策を、鋼管矢板切断後の施工手順に沿って、以下に記す。

(1) 坑口付および上半部掘削

トンネル接続部区間の掘削方式は、4段ベンチ方式とした。坑口付では、鋼管背面の碎石の崩壊防止を目的として、トンネル外周の鋼管矢板を1掘進長(1.0m)毎にシャープランスによりトンネル形状に合わせて切断し(写真-4)、鋼管をできるだけ残し、背面の碎石や地山の露出を少なくした。また、背面の鋼管撤去の前に天端部近傍に注入式フォアポーリング($L=3\text{m}$)を鋼管当たり2本ずつ打設した。さらに、鋼管切断後の本掘削前に注入式長尺先受け工($L=12.5\text{m}$ 、 $\phi 114.3\text{mm}$ 、43本)を先行施工した。鋼管撤去後の背面地山状況を写真-5に示す。

(2) 8・9段目支保工撤去

写真-6は上半部が掘削完了した状況である。上半掘削終了後、作業足場用の盛り土を撤去了。並行して、トンネル接続部範囲に位置している8・9段目の仮設支保工(H-800×800)を切断・撤去した。事前の解析で予想された変形量を管理の目安として、24時間体制で管理計測した。接続部の鋼管矢板切断や支保工切断による鋼管矢板の変形により鋼管矢板と背面側の岩盤に新たな隙間(新たな水みち)が発生することが予想されたため、その隙間にに対する追加の止水注入対策を行った。

(3) 下半部～底版部掘削

鋼管切開後の各所鋼管矢板継手部からの湧水の増加や接続部からの異常出水の有無を確

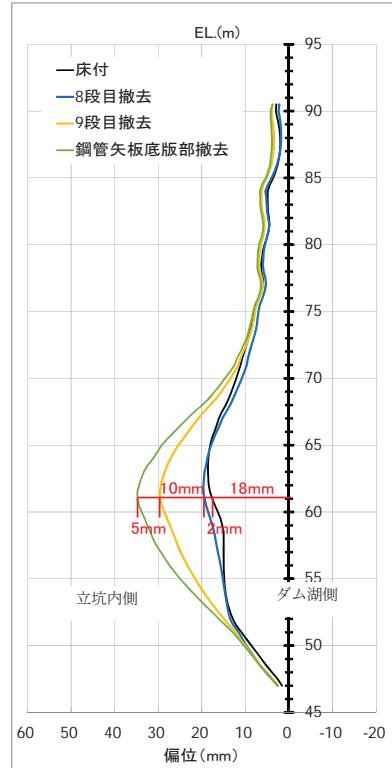


図-15 鋼管矢板の変形実測値



写真-4 シャープランス切断状況

認しながら施工した。写真-7 は、呑口立坑側から見た底版部掘削まで完了した状況である。



写真-5 鋼管矢板撤去後



写真-6 上半部掘削完了



写真-7 底版部掘削完了

8.まとめ

(1)呑口立坑内部掘削中およびトンネル接続部掘削中の漏水

鋼管矢板の建込み鉛直度が目標値よりも精度良く実施できたため、鋼管矢板接続部からの漏水はほとんどなかった。周辺地山からの湧水は 25L/min 程度であった。グラウチング計画と施工が適切であったと評価できる。

(2)鋼管矢板建て込み精度

この工事で採用した方法・手順は、岩盤に大口径の鋼管矢板を建込む工事に適していたと評価できる。ただ、施工途中に岩盤の崩落があった。このような事象に迅速に対処できる管理体制を構築しておく必要があると痛感した。

(3)トンネル接続部鋼管矢板切断による呑口立坑変形

事前に 3 次元 FEM 解析を行い施工段階毎の鋼管矢板変形量を定量的に予測して、施工中の計測管理計画を立て実施工に望んだことは、適切な処置であったと評価できる。予測値と実測値に大きな差はなかった。

(4)トンネル接続部掘削時の地山の安定確保

7 章に示した対策は全て適切であったと評価できる。主に止水効果を狙って計画・実施したグラウチングが地山の安定に大きく寄与している。

9.肱川流域の治水能力向上にむけて

鹿野川ダム改造事業に伴う洪水調節容量の増強および下流河川の整備状況を踏まえて、鹿野川ダム並びに上流に位置する野村ダム（共に直轄ダム）では、2019（令和元）年 6 月に操作規則を変更した。さらに今後山鳥坂ダムの建設や野村ダムの改良のほか、河道整備に対応したダム操作に変更して治水効果を高めることとしている。

また、ハード対策に加え、マイタイムライン作成、防災教育の実施、有効な防災情報の提供などソフト対策も一体で取り組むとともに、河川整備計画を超える洪水に対しても氾濫被害をできるだけ軽減するよう、あらゆる関係者が協働して総合的かつ多層的な治水対策（流域治水）を推進することとしている。

なお、本工事は、「令和元年度土木学会賞 技術賞」ならびに「2021 年日建連表彰 第 2 回土木賞」を受賞したことをお記しておきます。

平成30年7月豪雨による高知自動車道の被災及び復旧について

西日本高速道路（株） 四国支社 副支社長

熊野 賢二

西日本高速道路（株） 四国支社 高知高速道路事務所長 宮本 学

西日本高速道路（株） 四国支社 建設課長

平山 浩司

1. はじめに

平成30年7月、梅雨前線や台風第7号の影響により、西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨となった。高知自動車道 新宮IC～大豊IC間の笠ヶ峰南観測所では、7月3日から7月8日までの総降水量が1,352ミリ、時間最大雨量88.5ミリとなる大雨となった（図-1）。

この豪雨の影響により平成30年7月7日高知県長岡郡大豊町上名の山腹斜面の土砂が崩落し、高知自動車道 新宮IC～大豊IC間上り線の立川橋（橋長 63.5m）の橋梁上部工が流される大規模な灾害となった。

高知自動車道は本州、四国各県を結ぶ輸送、物流における「命の道」である。本区間は平成20年7月31日に4車線化工事を完了していることから、被災を受けなかった下り線を活用し、対面通行規制により交通確保を行いながら上り線の4車線復旧工事を実施することができた。高速道路の復旧は、被災から約1年後の令和元年7月8日6時に4車線復旧が完了した。

本報はその災害から復旧に向けた施工状況について報告するものである。

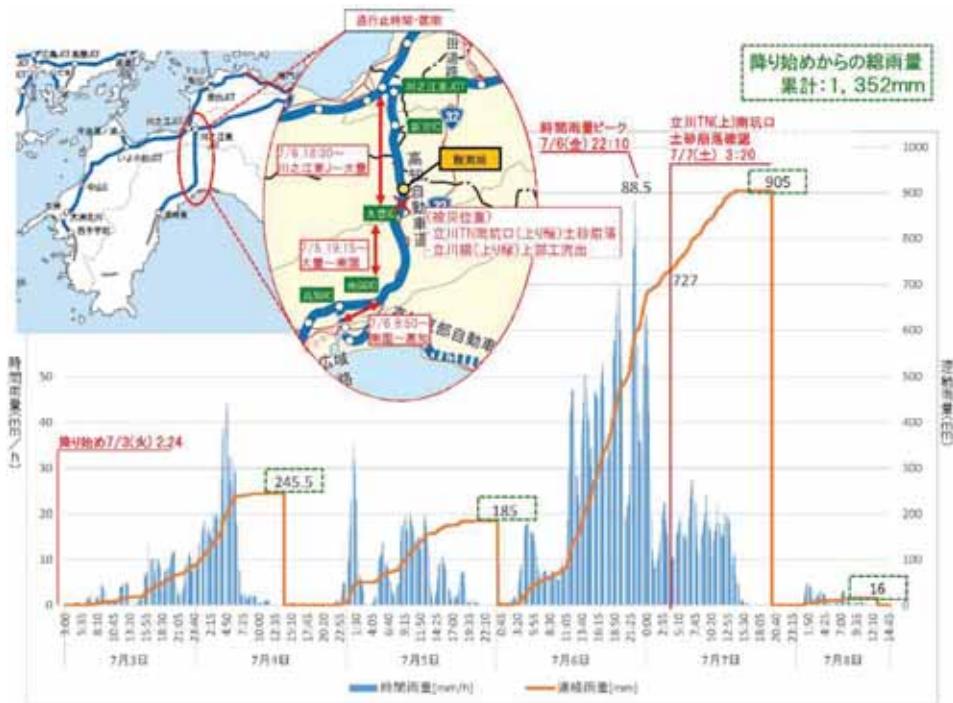


図-1 高知道 笠ヶ峰南観測所降雨

2. 立川橋被災状況

高知自動車道 新宮IC～大豊IC間の上り線において、高速道路区域外からの土砂崩落により橋梁上部工（橋長 63.5m）が流出した。高速道路については、降雨の影響により7月6日18時30分から通行止めを行っていたため、お客様等への被害はなかった。

(1) 土砂崩落状況

山腹斜面の崩落規模は、のり面上部から下流側までの高さ約320m、幅約90mの範囲で崩落し、過去の航空レーザー測量データと崩落後のUAV測量データの差分から求めた崩落土砂量は約45千m³

(堆積土量:約20千m³、下流への流出土量:約25千m³)の規模であった。崩落土砂は橋梁上部工とともに下流側にある一級河川立川川に流出した(写真-1, 2)。



写真-1 立川災害箇所ドローン写真

(撮影: 平成30年7月7日)



写真-2 立川橋 (上り線) 流出写真

(2) 上部工流出状況

土砂崩落により立川橋 (PR C3 径間連続3主版桁橋、桁重量1,200t) が、立川川に分割されて状態で発見された。

A1-P1 径間の端部 (a 部) は下り線 P4 橋脚横で、約8mの倒木を含む土砂に埋もれた状態で発見された。残りの上部工は下り線 P4-P5 間をすり抜け 90° 回転した状態で立川川内に流れ込んだ(図-2, 写真-3)。

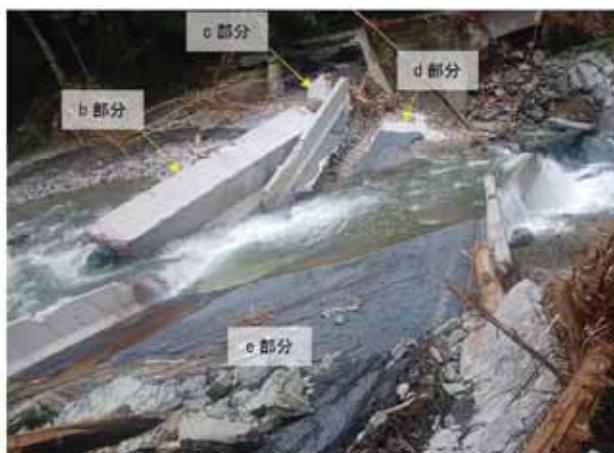


写真-3 立川橋上部工流出写真



図-2 立川橋上部工流出位置図

(3) 下部工損傷状況

上り線の残存した下部工は、目視点検できる範囲で確認した結果、上部工流出時に損傷した谷側の部分的な角落ちが確認されたが構造物の変形が伴うような大きなひび割れは確認されなかった（写真-4）。再利用にあたっては橋台・橋脚の健全性を詳細に確認する必要があり、計測調査、構造解析検討により健全性調査を行うこととした。

下り線橋脚については、本区間が上下線分離区間であり、下り線が被災箇所から離れていたことから、上部工流出による損傷は、P4, P5 橋脚の擦り傷程度であったため、点検等による健全性調査を行うこととした。



写真-4 上り線下部工損傷状況

3. 交通確保に向けた取り組み

(1) 下り線健全度調査の実施

災害発生後すぐに、路面や橋梁下部工の損傷が少なかった下り線について、橋梁の健全度を確認するため、ロープアクセスによる近接目視点検や大型散水車を使用した載荷試験等の点検を行った（写真-5, 6）。これら点検の結果、大きな荷重が作用したような損傷は無く、上部構造の異常たわみ・異常振動も認められず、一般車両の通行に支障が無いことが確認された。



写真-5 ロープアクセスによる近接目視点検



写真-6 散水車を用いた載荷試験

(2) 上り線下部工健全度調査の実施

上り線下部工躯体の健全性については、現地調査（目視点検）により下部工の外観の損傷は確認されたが、躯体に有害なひび割れや過大な変形が生じていないことを確認した。

躯体の健全性調査は、目視調査の他、地上レーザースキャナや躯体間の距離計測などの計測調査を行った。また、基礎の健全性調査は、解析による影響検討、補足的な手法として非破壊調査（弾性波探査）により確認を行った。

主な調査結果を下記に示す。

1) 下部工躯体標高差及び下部工間距離計測

災害後の下部工躯体の標高差、下部工間距離を計測して得た結果と建設時の設計値を比較し、被災

の影響による橋脚の変状の程度を確認した結果、下部工天端高さ、設計上の支承位置に塑性変形が疑われるような変状は確認されなかった（図-3）。

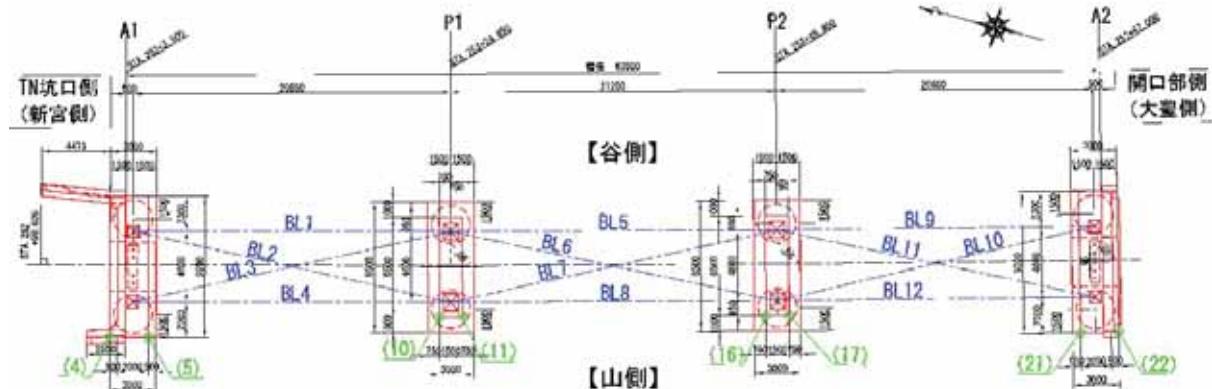


図-3 計測位置図

2) 橋脚鉛直度計測

地上レーザースキャナで橋脚の鉛直度を計測し、傾斜の有無を確認した。図-4の①-①及び②-②で計測を実施したところ、P1 橋脚及び P2 橋脚に傾斜が生じていないことを確認した。

3) 構造解析による健全性の評価

崩落土砂による下部構造への影響を構造解析により評価することとし、検討内容は崩落土砂及び流出上部工に働くと考えられる鉛直荷重・水平荷重を検証することで、下部構造への健全性に問題がないことを確認した。

崩落土砂鉛直荷重による躯体及び基礎杭への影響検討については、崩落土砂により躯体及び基礎杭に働くと考えられる鉛直荷重を想定し、これらが設計計算上破壊につながる鉛直荷重が作用していないことを確認した。また、上部工流出時に働く水平荷重による基礎杭への影響検討についても、基礎杭に働くと考えられる水平荷重を想定し、基礎杭及び躯体には破壊につながる荷重が作用していないことを確認した。

4) 基礎の非破壊調査（弾性波探査）

基礎杭の非破壊調査（弾性波探査）では、崩落土砂の影響を受けた A1 橋台, P1 橋脚の 2 基を実施し、杭先端からの反射波が得られており、杭体に大きな損傷は生じていないことを確認できた。

これらの健全性の調査により、橋台、橋脚の角落ちや付属物の損傷部分の補修や取替は必要であるが、下部工の再利用は可能と判断した。

(3) 交通運用計画の検討

高知自動車道 新宮 IC～大豊 IC 間は急峻な地形を呈していることから、上下線分離構造となっている。よって、健全性の確認された下り線を活用し、対面通行により交通確保を行った。

対面通行を行うための警察協議を行なながら交通運用計画を策定した。上下分離構造でもあり、対面通行の上下線擦り付け箇所の間隔は約8 kmとなった(図-5)。

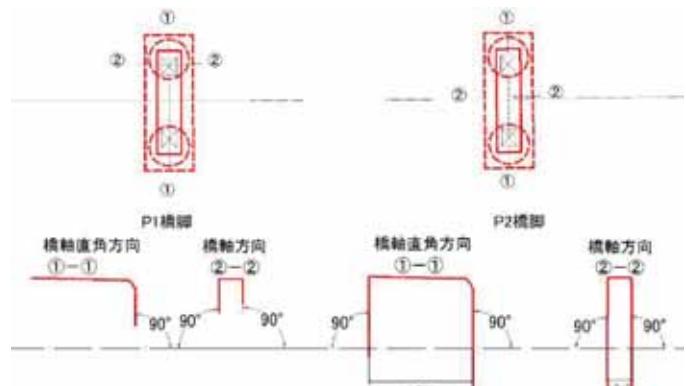


図-4 地上レーザースキャナによる橋脚の傾斜計

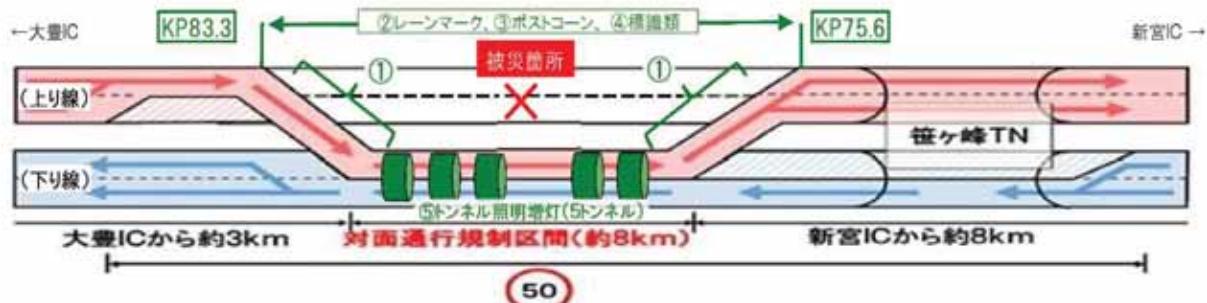


図-5 対面通行区間概略図

(4) 対面通行への切り替え工事

対面通行の実施にあたっては、下り線の追越車線を上り線として使用するため、標識・照明等の設置や当初の下り線の中央破線を簡易中分構造に変更する必要があった。

工事にあたっては、7月9日から24時間作業で「上り線と下り線の擦り付け工事」「標識等の交通安全施設工事」を実施し、被災からわずか6日後の7月13日11時に対面通行を可能とし交通確保を行った。

(5) 応急工事の実施

今回崩落した区域の一部である北沢部の下流には高速道路下り線が位置する状況にあり、仮復旧途中でも交通に影響がないように、モルタル吹付、強靱ワイヤーネットの設置（柵高5.5m、延長20.5m）、転石処理工等を実施した。施工は対面通行区間において、片側交互規制を実施し材料の搬入を行い、設置を行った。

また、のり面監視を行うため、変位計・バラマキ傾斜計・WEBカメラを設置し、監視体制を構築した。本線供用にあたっては、傾斜・変位に対しての暫定通行止め基準を設けて下り線の運用を開始した。

4. 4車線復旧への取り組み

(1) 災害復旧工事への方針決定

本復旧工事の実施にあたり、有識者から構成される「高知自動車道 災害復旧に関する技術検討委員会」（矢田部委員長他、委員8名、アドバイザー3名）を設置し、構造物の健全性評価及び復旧、土砂崩落箇所の安定性、対策工法の審議を行った。審議は平成30年8月10日に第1回委員会を開催し、計3回の審議を行い、復旧方針の決定を行った。

【対策方針】

- ・上り線橋脚の健全性の評価を踏まえた復旧
- ・橋梁上部工は早期復旧が可能な形式を選定
- ・不安定な崩落土砂の撤去及び浸食防止（のり枠等）
- ・のり面の排水機能向上（水抜きボーリング）
- ・高架下空間への導流対策（流向制御工）

(2) 準備工事

被災のあった地域においては、アクセスする町道橋も被災、流出したことから、通行止め区間の高速道路本線から崩落斜面へ向けて仮橋を設置し、資機材搬入の動線を構築した。

復旧作業に当たっては、のり面上部での土工事とのり面下部での橋梁復旧工事を同時に施工するた

めに、高速道路ののり面側にH鋼杭と鋼矢板からなる落石防護工を設置し、上下作業の安全を確保しつつ工程短縮を図った。

また、工事中にも土砂崩落の危険性があることから、孔内傾斜計・水位計・WE Bカメラによる監視等の計測を実施し、斜面の状況をモニタリングしながら作業を実施した。降雨に対しては、現場に設置した雨量計の計測値が5mm/hまたは累積25mmを記録した場合は、のり面での作業を中止とする独自の作業中止基準を設け、二次災害防止に努めた。

(3) のり面工事

のり面復旧工事は、高知県の治山事業で行い、橋梁工事に合わせ西日本高速道路㈱が受託し、崩落土砂・流木の撤去、のり枠等の対策を行った。主な工種は次のとおり。

①崩落土砂の撤去

被災箇所の切土のり面上部は急勾配であり、切土を行う重機の土足場が確保できず、一般的に使用しているバックホウでの作業は困難である。また、崩落などの二次災害の発生の恐れがあるため人力による施工は安全を確保できず、一日あたりの施工量も少ない。迅速かつ安全に施工できる工法として勾配が35°以上の斜面では、無人バックホウによる「セーフティークライマー工法」を採用して安全に作業を行った(写真-7)。

②水抜きボーリング

地すべり発生の誘因となる地下水位の上昇を抑え、地すべり土塊の含水比を低下させることを目的として水抜きボーリングを行った。

③のり枠工

小規模な崩落発生や滑落崖の後背斜面への拡大を防止するために、のり枠工等の対策が進められている。

(4) 橋梁工事

①橋梁形式の選定

今回の災害で流出した立川橋の上部工は、建設時3径間連続のPRC3主版桁橋で、支保工上で現場打ち施工された。同橋梁を復旧するにあたり、下記の橋梁形式を比較検討した結果、早期復旧が可能なプレキャストプレテンホロー桁橋案を採用した。

i) 建設時と同じ支保工施工によるPRC3主版桁橋

ii) プレキャストプレテンホロー桁橋

iii) 鋼多主鉄筋コンクリート橋



写真-7 無人バックホウによる施工状況

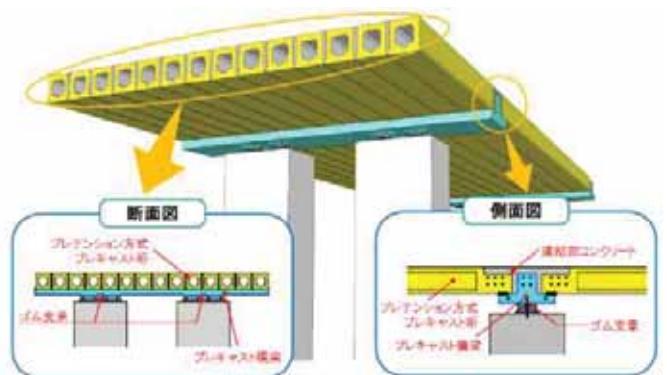


図-6 SCBR工法概要図

当該現場では、中間支点の支承上にプレキャスト横梁を設置し、それを介して単純桁状態で架設したプレキャスト主桁を連結するSCBR工法を採用した。この工法では、支承は架設時および連結後ともに1点支承での支持が可能である。そのため、立川橋の復旧にあたっては下部工の構造を変える

ことなくプレキャスト桁を架設することが可能となった（図-6）。

プレキャスト桁を用いることで、支保工が不要となり、高架下の崩落土砂の撤去、整形をすることなく上部工の架設が可能である。また、桁を工場で製作している間に損傷した下部工の復旧ができる等の利点があり、現場打ち施工と比較して工期短縮が可能となった。

②架設方法

上部工の架設は架設桁を使用して架設したが、最初の径間はクレーンにより架設を行い、さらなる工程短縮を図った（写真-8, 9）。



写真-8 架設桁による上部工架設状況写

写真-9 クレーンによる上部工架設状況

架設桁組立て開始から主桁架設終了後の架設桁解体までの実績は約2ヶ月であった。

（5）安全対策

立川橋の復旧工事とその上部に位置する崩落のり面の工事を同時に施工するため、高速道路の山側にH鋼杭と鋼矢板からなる落石防護柵（H=6000mm）を設置し、上下作業の安全を確保しつつ工程短縮を図った（写真-10）。

また、工事施工中にも土砂崩落の危険性があったことから崩落のり面及び後背地において、動態観測によるモニタリングを行いながら施工を行うことで施工中の安全を確保した。モニタリングは、孔内傾斜計・水位計・WE Bカメラによる観測および監視を行い、斜面の挙動が施工中の安全に大きく影響を及ぼす範囲については常時モニタリングとし、通信機器により現場事務所へ観測データを送信し監視を行った。その他の箇所については、災害後の地質調査結果より不安定化の可能性が比較的低いと考えられることから定期モニタリングとし、月1回の頻度でデータを測定し監視を行った。



写真-10 仮設落石防止柵設置状況

（6）更なる災害への対応

①流向制御工

今回と同様の橋梁上部工の流出を繰り返さないよう高速道路の防衛対策の検討を行った。今回の崩落箇所の後背地からの土砂が流出した際を想定し、高速道路に影響がない箇所へ崩落土砂等を導く流

流向制御工を設置した。設計は土石流の基準を準用し、流れ出た土石流は町道路肩の流向制御工にて流向を変え、町道から高速道路橋梁の高架下へ導くように配置した(図-7)。施工においては、町道を使用しての土運搬等と作業が輻輳し、同時施工が不可能であり夜間にて作業を行った。

流向制御工の高さは土石流の水深及びせり上がり高さを考慮して5.5mとした。親杭L=14.0mを町道の路肩に設置し、土石流の流体力により親杭に発生する応力に対しグランドアンカーによる補強を行い、強靭ワイヤーネットを設置する構造とした(図-8)。また、地形等のデータにより流向シミュレーションを行い、土石流が流向制御工によりP1、P2橋脚方向に流向を変え、町道付近から橋脚の間を流れ、本線への影響がないことを確認した。



図-7 流向制御工配置図

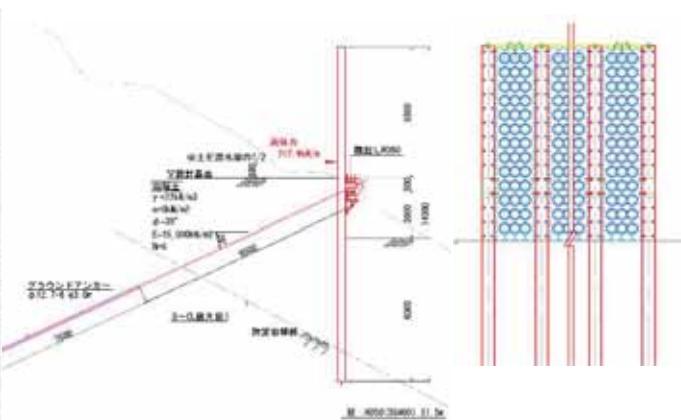


図-8 流向制御工断面図・ワイヤーネット取

5. おわりに

今回の災害では、今までに経験したことがない降雨により大規模な災害につながった。幸いにも高知自動車道は平成20年7月31日に暫定2車線から4車線化工事が実施されており、災害時、被災を受けなかつた下り線を運用し交通確保が可能であった。また、災害時には事前に降雨量による通行止めを行っており、一般車への被害がなかつたことが何より幸運であった。

なお、本工事は、令和2年度 土木学会賞 技術賞を受賞したことを付記しておきます。



写真-1 1 立川橋（上り線）完成写真
(撮影：令和元年6月28日)



写真-1 2 のり面完成写真
(撮影：令和3年8月末)

清流四万十川のシンボル「岩間沈下橋」の復活

四万十市 副市長 森山 崇
四万十市 産業建設課長 佐川徳和
(株) 第一コンサルタンツ 取締役 楠本 雅博
(株) 第一コンサルタンツ設計部橋梁構造課 片山 直道

1. まえがき

四万十川流域には約 50 橋近くの沈下橋が架かっている。その多くは地元住民の主要生活道路となっており、道路橋としての機能確保が必須である。また 2009 年には、沈下橋を含む四万十川流域の景観が「重要文化的景観」として選定され、多くの観光客が訪れる場所となっている。

それらの沈下橋の中でも、最も有名な沈下橋の一つとされる岩間沈下橋（正式名称：岩間大橋）では、平成 29 年 11 月に橋の一部が V 字に折れ曲がり、道路橋としての機能を失う損傷が生じた。

本稿では、岩間沈下橋の通行止めから全面開通に至るまでの橋梁メンテナンスの取り組みについて報告するものである。



写真 1 沈下橋の損傷状況

2. 岩間沈下橋の概要及び損傷状況

岩間沈下橋（以下本橋と記す）は、昭和 41 年に架設された 10 径間単純 PC 床版橋である。本橋の諸元は以下に示す。

【橋梁諸元】

路線名：市道岩間茅生線

橋梁名：岩間大橋（通称：岩間沈下橋）

橋長：120.0m

幅員：3.5m

上部工形式：プレテンション方式 PC 単純床版橋

下部工形式：鋼管パイルベント橋脚（突出式）

架設年：昭和 41 年（1966 年）

設計活荷重：TL-6 相当

上記諸元を有する本橋は、平成 29 年 11 月に近くの道路工事関係者より沈下橋に異常が発生していると報告があり、現地を確認したところ P7 橋脚が鉛直方向に V 字に陥没していることが確認された。道路管理者である、四万十市は直ちに通行止めとし損傷の詳細調査を実施した。

3. 補修方針

3. 1 新技術を活用した詳細調査

本橋では、通行止めを行った後ただちにダイバーによる潜水調査が行われた。潜水調査の結果、V字に折れ曲がったP7橋脚で座屈が生じていることが確認された。これを受け、変状が出ていない橋脚においても板厚計測を行い対策の要否判定を行う必要が生じた。

板厚計測実施においては、計測箇所の下地処理が必要となるが、「流速が速い」「ケレンカスの河川への流出防止」などが課題となった。また、一般的に使用される超音波板厚計では、鋼管表面が弧を描いており計測端子の接触面が不安定となり計測結果の精度確保が課題となる。

これらのことから、本橋では塙田氏（岡山大学大学院自然科学研究科：当時）が開発した「極低周波渦電流探傷検査（ELECT）装置」を用いた板厚計測を行うものとした。本技術は、内閣府のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）で研究開発された新技術である。本技術による計測は、下地処理が不要であり、渦電流による計測のため、計測端子接触角度などによる測定誤差が生じない。そのため、本橋における鋼管杭の対策要否判定には最適な技術と判断した。

本橋では、本技術を採用した結果当初懸念された「河川への影響」も生じることがなく、正確な板厚計測により対策の要否判定を行うことが可能となった。



極低周波渦電流探傷検査(ELECT)装置



測定プローブ



気中での測定



水中での測定

写真 2 極低周波渦電流探傷検査(EJECT)装置及び計測状況

3. 2損傷要因の推定

本橋の鋼管に見られた損傷の特徴をまとめると下記のようになる。

- ① 腐食程度に方向性があり、上流側よりも下流側の損傷が大きい傾向がある
- ② 水深が深くなるに伴い損傷が大きくなる傾向がある
- ③ 鋼管表面にあばた状の凹みが全面に見られる

現地の状況および板厚調査結果より、鋼管の損傷原因は「流体中の物体背後に発生する渦」により流体中の土砂等がぶつかったことにより生じたものと推察される。流体中の物体背後に発生する渦としてはカルマン渦がある。

カルマン渦が発生すると、鋼管にはいろいろな角度から河床堆積物や流下物が衝突する。衝突による物体表面の浸食は「エロージョン」と呼ばれている。浅い角度においては切削による損傷が支配的となり損傷のピークが生じ(W_C)、深い角度では塑性変形による損傷が支配的に生じる(W_D)。全体の損傷度 W はこれらの和($W=W_C+W_D$)と考えられている。

本橋の鋼管表面に見られる”あばた状の凹み”は、深い角度で衝突した場合に発生する塑性変形によるものと推察される。この塑性変形によるエロージョン(浸食)を、さらに浅い角度の衝突による切削が加わり、孔食が生じたことで座屈に至ったものと考えられる。



写真3 鋼管の損傷発生状況(左：あばた状の凹み、中：大規模な孔食、右：座屈)

3. 3補修方針

本橋では、鋼管断面の減少による耐荷力が低下しているため機能回復が必要であった。本橋の対策方針検討においては、四万十川の景観保護の観点からできる限り現形を変えない工法を選定するものとした。これを受け、本橋では色合い・形状等ができる限り現形に近くなる当板工法を採用するものとした。

また、選定した対策工法については『重要文化的景観活用検討会』において専門家による意見を募り、「定着部はできる限り付け根とする」ことで継手部を目立たないよう配慮するものとした。

なお、本調査及び設計についてとりまとめた論文は、2020年度英国土木学会のテルフォード・プレミアム賞を受賞したことを付記しておきます。



写真4 当て板補修後の定着部の状況

4. 岩間沈下橋のメンテナンスへの取り組み

4. 1財源の確保

本橋の修繕工事は、「四万十川の流速が早い」ことや「景観に配慮可能な工法の採用」により想定修繕費が数億円という大規模修繕事業であった。一方で、本橋は主要生活道路であり、重要な観光資源でもあることなどから早期復旧が必須であり、予算確保が最大の課題となつた。

そこで四万十市では、市長自らが広告塔を努め本橋の復旧にかける思いを積極的に発信し、寄付金やふるさと納税を全国に募る活動をモデル的に行った。これにより、全国の四万十川ファンや沈下橋ファンからの支援が集まり早期復旧を後押しする形となつた。また、高知県四万十市の観光大使を務める演歌歌手三山ひろし氏を支援活動の広告塔として、さらなる寄付金やふるさと納税が全国から集まり、財源確保につながつた。



図 1 沈下橋復旧に向け全国に支援を募る広告

地元商工会においても、沈下橋復旧を支援する取り組みが行われた。地元商工会では、早期復旧を祈念したチャリティーTシャツとタオルを販売し、売り上げの一部をメンテナンス事業に活用する取り組みを行つた。

四万十市、地元住民が一体となって沈下橋の復旧における支援を募ることで、本橋の修繕に必要とされていた多額の修繕費を確保することが可能となつた。



写真 5 沈下橋復旧に向けた地元商工会取り組み

4. 2インフラメンテナンスの必要性の発信

本橋の修繕工事においては、漁業関係者や隣接する道路を利用する地元住民等の協力が必要不可欠であった。そこで四万十市では、地域の交流拠点となり本橋を見下ろせる「岩間四万十茶屋」に、撤去した沈下橋を用いたベンチの整備や、高知県を舞台にした楽曲「四万十川」の歌碑及び演奏装置を設置することで沈下橋整備の必要性について積極的な情報発信に取り組んだ。

これにより施工中の交通不便や漁業への制約について理解を得ることができ、円滑な工事遂行が可能となった。



写真 6 歌碑及び演奏装置の設置状況

4. 3地域と連携した管理体制の構築

今回本橋の復旧活動を通して、地元住民と日頃の維持管理の重要性を共有することが出来た。また、地域住民や岩間四万十茶屋の常駐管理人が、日常生活の中で本橋を確認し些細な異常でも道路管理者に報告する体制が構築された。これにより、橋の現状を迅速かつ適正に把握することが可能となった。

今後は、これらの取り組みを継続し本橋以外の管理橋梁への適用や、多様な主体による管理体制野構築など地元住民と協力した維持管理体制の構築に努めていきたい。



写真 7 四万十茶屋から眺める岩間沈下橋の状況

なお、岩間沈下橋復旧に向けた行政の取り組みは、2021 年度『第 5 回インフラメンテナンス大賞 国土交通大臣賞』を受賞したことを付記しておきます。

5. おわりに

今回、損傷発生から全面開通までの間の取り組みを通し、インフラメンテナンスの重要性を再確認することができ、地域住民と共に復旧に取り組むことができたのは貴重な経験であった。

また、地元住民や全国の四万十川・沈下橋ファンの方々との交流により、沈下橋の重要性を再認識する機会となった。今後も、生活道路・重要文化的景観としての財産を守り、後世に残す活動に尽力して行きたい。

最後に、沈下橋の復旧においては過酷な施工環境の中、見事復旧工事を完了させた関係者の皆様、また復旧までの間交通規制等ご協力いただいた地元住民の皆様、そして復旧に際しご支援をいただいた全国のサポーターの皆様にはこの場を借りて厚く御礼申し上げます。



図 2 インフラメンテナンス大賞受賞



写真 8 開通を喜ぶ地元の保育園児

清流四万十川のシンボル

「岩間沈下橋」の復活

第5回インフラメンテナンス大賞 国土交通大臣賞

メンテナンスを支える活動部門【道路分野】

四万十市 副市長 森山 崇
西土佐総合支所 産業建設課長 佐川徳和
管理土木係長 濱田亮丞

自己紹介



森山 崇

(もりやま しゅう)



インド道路交通省 (MoRTH)

○昭和56年5月23日生まれ、長崎県大村市出身

○国土交通省 平成18年入省

平成18年4月～ 関東地方整備局 相武国道事務所 調査第二課

平成22年4月～ 総合政策局 事業総括調整官室 施工環境係長

平成24年4月～ 北海道開発局 函館道路事務所 計画課長

平成28年4月～ 道路局 企画課付

（インド共和国 道路交通省 チーフアドバイザー）

平成31年4月～ 総合政策局 総務課（総合交通体系担当） 専門調査官

令和2年4月～ 四万十市 副市長

○資格： 技術士（総合技術監理部門・建設部門：道路、建設環境）

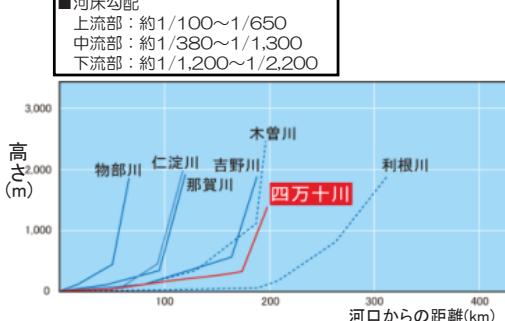
インバウンド実務主任者、初級バーべキューインストラクター

1.四万十川の概要

- ・高知県の西側に位置
- ・流域のある市町村は、高知市から車で1～2時間程度の距離

四万十川流域の諸元

- | | |
|----------|---|
| ・幹川流路延長 | : 196km (うち国管理区間52.9km) |
| ・流域内市町村 | : 四万十市、宿毛市、宇和島市、四万十町、黒潮町、中土佐町、津野町、梼原町、松野町、鬼北町、三原村 |
| ・年平均降雨量 | : 約2,900mm |
| ・流域の主な産業 | : 農業、漁業 |



四万十川流域図

1.四万十川の概要 ~①日本最後の清流~

- ・昭和59年、流域にダムも大工場も造られず、人が飲めるほどの水質と豊かな水量を保っていることから、「日本最後の清流」として紹介するテレビ番組が放送される。
- ・これ以降、四万十川は観光資源の一つとして注目されるようになり、地域外から観光客が多く訪れている。

NHK ARCHIVES アーカイブス

NHK 放送史

番組・ニュース/特集記事を探す 検索

特集記事を探す

ジャンル

- すべてのジャンル
- ニュース
- 特集番組
- 大河ドラマ
- 連続テレビ小説
- ドラマ
- クイズ・バラエティ
- 音楽
- 伝統芸能
- こども・教育
- 人形劇・アニメ
- 報道・ドキュメンタリー
- 紀行
- 教養・情報
- 自然・科学
- 趣味・実用

放送年

- すべての年代
- 1920年代
- 1930年代
- 1940年代
- 1950年代
- 1960年代
- 1970年代
- 1980年代
- 1990年代
- 2000年代
- 2010年代

NHKオンラインストアでご覧いただけます

放送期間：1983年 この動画・静止画の放送年：1983年

放送時の番組表

詳細

四万十川は、高知県の7つの町村を流れ土佐湾に注ぐ、全長約200キロの大河である。流域にはダムも大工場も造られなかったため、人が飲めるほどの水質と豊かな水量を保っており、「日本最後の清流」と呼ばれている。番組では水中カメラで四季折々の川魚の生態を捉えるほか、松明（たいまつ）をかざして網に追い込むアユの火振りや、痛快なウグイ漁など伝統漁法を追いかながら、ほのぼのとした川の暮らしを紹介。

NHKホームページ https://www2.nhk.or.jp/archives/tv60bin/detail/index.cgi?das_id=D0009010280_00000

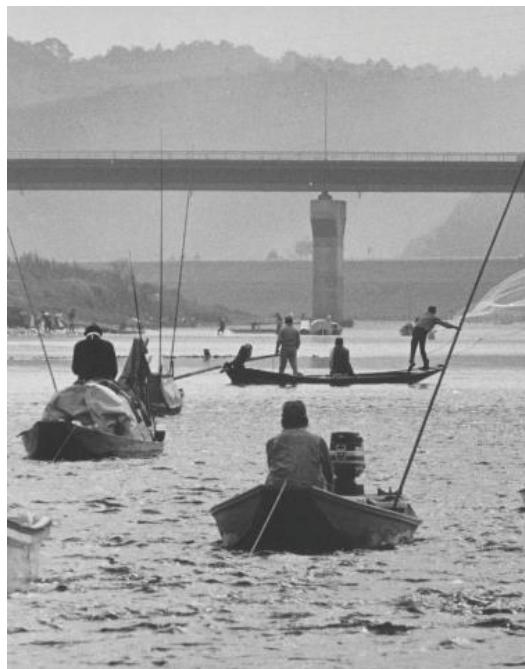
1.四万十川の概要 ~②内水面漁業 伝統的な川漁~

- 従来より四万十川では内水面漁業が主要な産業
- 火振り漁、投網といった伝統的な漁法が行われており、これらは流域の産業を支える重要な役割を持っていた。
- 産業として行われていた伝統的な漁法は、四万十川への注目の高まりとともに、四万十川を象徴する漁法として着目されている



四万十市教育委員会提供資料

火振り漁

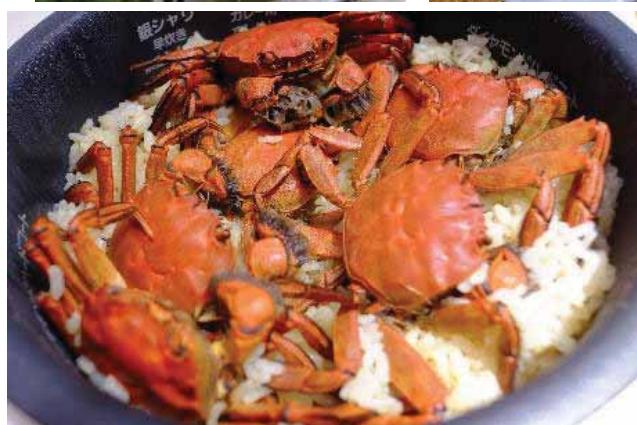
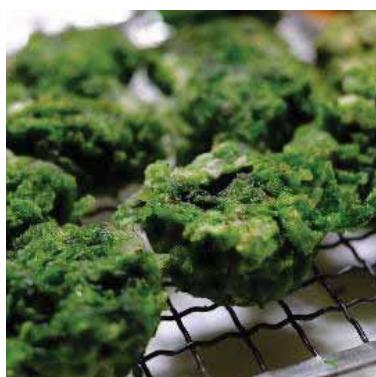


落ちアユ漁

5

1.四万十川の概要 ~③食~

- 四万十川流域でとれる水産資源は、四万十川への注目の高まりとともに、地域の特徴的な観光資源の一つとして紹介されるようになった。

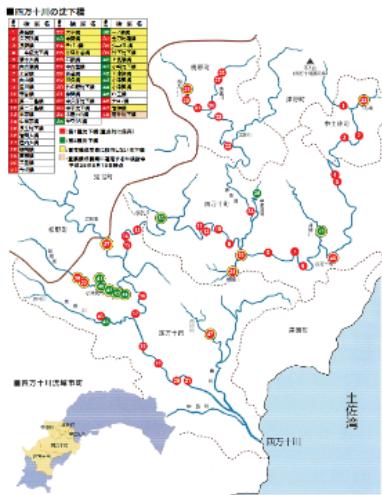


四万十市教育委員会提供資料



1.四万十川の概要～④沈下橋～

四万十川流域沈下橋位置図



昭和21年or22年 渡河の様子



佐田沈下橋



勝間沈下橋

○四万十川流域の沈下橋数は48橋（高知県環境共生課調べ）

○四万十市内の沈下橋は、四万十川 本川 9橋、 支線11橋 合計20橋

内訳 ○市道：14橋（本川 9橋、支川 5橋）

○農道：5橋（支川 5橋）

○林道：1橋（支川 1橋）

- かつては河川の往来、物流は舟が中心であった
- 高度経済成長期を迎え、流域の交通手段が車にシフトしてきた昭和30年代、沈下橋が四万十川流域に建設された

7

1. 四万十川の概要～④沈下橋の役割（1）～

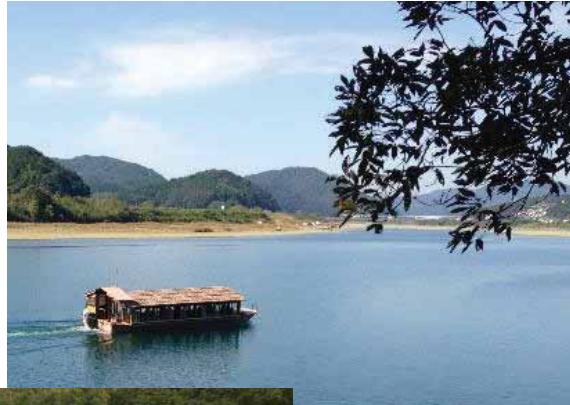
○地域にとって欠かせない生活道



沈下橋（潜水橋、沈み橋）

1. 四万十川の概要 ~④沈下橋の役割 (2) ~

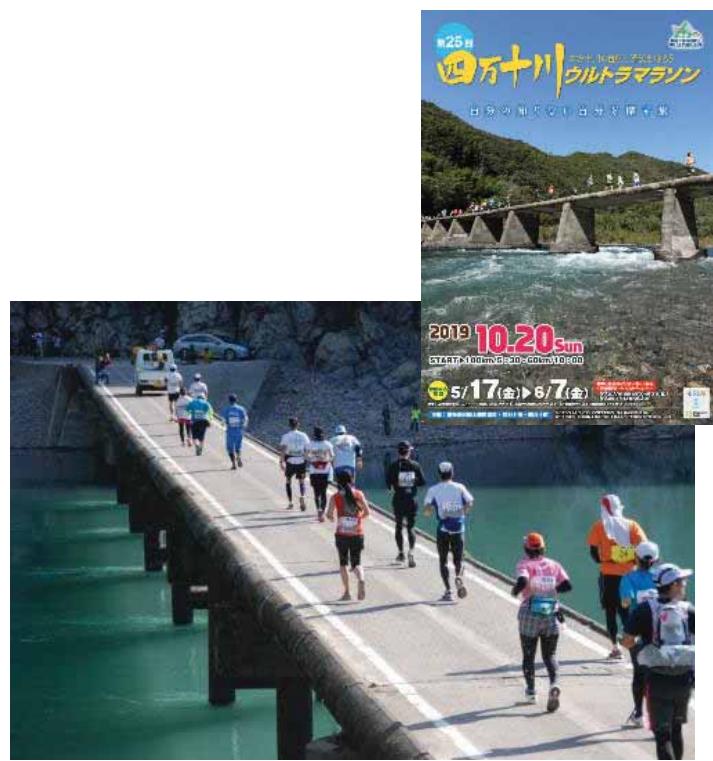
○貴重な観光資源



- ・主要観光ガイドブックや観光協会でも観光資源として紹介され、四万十川観光資源の重要な構成要素の一つ。
- ・欄干がない、水面に近いといった沈下橋の特性が、ありのままの自然を受け入れる人々の生活の象徴であること、水に親しむ場所として周囲と調和し、主要な観光名所であることといった機能も持つようになった。

1. 四万十川の概要 ~④沈下橋の役割 (3) ~

○お祭りやイベントの開催



- ・流域では、秋の例大祭で「神様の結婚式」という祭事が行われる。
- ・この祭事の前には、神様を担ぐ神輿を四万十川で清める行事があり、祭事当日は四万十川で行われる。

1. 四万十川の概要 ~④沈下橋の役割(4)~

○重要文化的景観の構成要素



文化的景観

「地域における人々の生活又は生業及び当該地域の風土により形成された景観地で
我が国民の生活又は生業の理解のため欠くことのできないもの」
(文化財保護法(昭和二十五年五月三十日 法律第二百十四号)第二条第1項第五号より)
文化的景観の中でも特に重要なもの
都道府県又は市町村の申出に基づき、「重要文化的景観」として選定される
2022年10月11日の官報告示時点で、全国で71件の重要文化的景観が選定されている

沈下橋は、重要文化的景観を構成する重要な構成要素の1つである

⇒防災上、維持管理上支障のない沈下橋は保存を基本とし、生活文化遺産として後世に引き継ぐ

2. 岩間大橋（沈下橋）の崩落の概要(1)



身边で貴重な資源の崩壊

2017年11月に岩間沈下橋の一部がV字崩壊。
早期回復に向け、応急対策と恒久対策の検討開始。

『経過』
H29.11月 橋脚の沈下発生【全面通行止め】
水中部の緊急調査
H30.03月～ 緊急応急対策の実施
H30.04月～ 補修設計、関係機関協議
R01.11月～ 撤去および補修工事開始
R02.03月 新たに橋脚の沈下発生
R02.05月 橋脚の応急対策完成
～R03.04月末 すべての補修工事が完了【全面開通】

橋梁名：岩間大橋（通称：岩間沈下橋）

路線名：市道岩間茅生線

架設年次：1966年（昭和41年）

橋長：120m（10径間、桁長12m）、幅員3.5m

上部工構造：PC単純床版橋

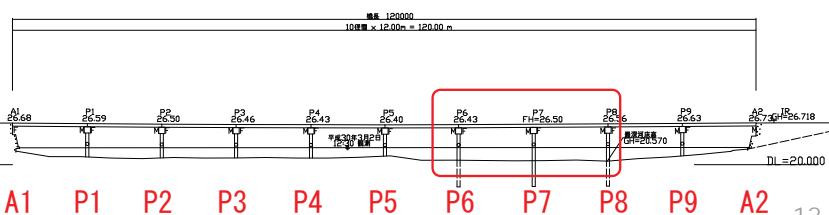
下部工構造：鋼管パイルベント橋脚

設計荷重：TL-6相当

事業期間：2017.11月～2021.4月末

メンテナンス事業費：252百万円

側面図 S=1:250



3. 岩間大橋（沈下橋）の崩落の概要(2)

水中調査の実施

- P7橋脚が座屈沈下、同時に桁・路面も沈下
- P4, P5, P6, P8, P9にも、座屈の危険性が高い大きな腐食や欠損を確認
- 常時の流水や流砂による長期間の摩耗、下流側での渦発生によるものと推測



全ての橋脚を調査

撤去工、応急対策工

- 沈下した橋脚、桁の撤去(P7, 第7~8径間)
- 橋脚鋼管内へのモルタルグラウト(P6, P8)



断面欠損部はグラウトを注入し応急対策

3. 岩間大橋（沈下橋）の崩落の概要(3)



重要文化的景観活用計画検討会における文化や景観を保全する最適工法の検討



極低周波渦電流検査、鋼製当て板工法の採用
景観に配慮した沈下橋メンテナンス事業の実施

2021年4月29日より3年5か月ぶりに全面開通

4. メンテナンスを支える活動（取組みのポイント） ～①財源の確保～



復旧にかける想いよ届け！！
寄付金、ふるさと納税を全国へ募る



チャリティーグッズの販売
地元商工会がデザインを公募しチャリティーTシャツとタオルを製作、販売。売上的一部分をメンテナンス事業に活用

15

4. メンテナンスを支える活動（取組みのポイント） ～②沈下橋の保全の重要性を情報発信～



沈下橋を復旧する際に再利用した「床板ベンチ」、
「四万十川」歌碑、演奏装置を設置
三山ファンをはじめ、全国にインフラメンテナンスの
必要性をPR。

景観を活かしたふるさと継承の拠点づくり
地域住民が主体となり交流・情報発信拠点
の岩間四万十茶屋、駐車場を整備。
イベントを通じ、後世に残すインフラ
の重要性を啓発



河畔の展示室の開催
生涯学習として四万十川や
沈下橋の歴史・文化を学んでもらう

16

4. メンテナンスを支える活動（取組みのポイント） ～③新たな維持管理体制の構築～



交流・情報発信拠点 岩間四十茶屋
物販、イベント開催のほか、異常が発見された際には道路管理者へ知らせてもらう



LINEによる通報システムの導入
定期点検の際に橋脚等の水中調査を義務化

17

4. メンテナンスを支える活動（取組みのポイント） ～④景観地域づくり分野への波及～



全国景観会議全体研修
景観に配慮した工法を現地研修の中で紹介

2020年10月に本市で開催された全国景観会議全体研修会
(国土交通省都市局及び地方整備局ほか都道府県より景
観地域づくり分野の約80名の実務担当者が参加)

18

結びに



地域や全国サポーターの想いを乗せた事業が完了
令和3年4月29日、待ちに待った供用開始

「地域の生活道としての機能を確保すること」、「昔からかわらない、沈下橋が四十川の大自然に溶け込む美しい風景を守ること」、「川とともに生きるまちとして歴史と文化を継承すること」を使命に、今後も貴重な財産、皆さまから愛される沈下橋として、後世に残す活動に取り組んでまいります

岩間沈下橋の復旧計画

株式会社 第一コンサルタンツ
設計部 橋梁構造課
片山 直道

過去に事例のない岩間沈下橋の損傷原因

钢管杭の損傷と言えば**腐食**！

損傷は**水面付近**と想定！



過去に

因

想

大！

P1橋



P5橋



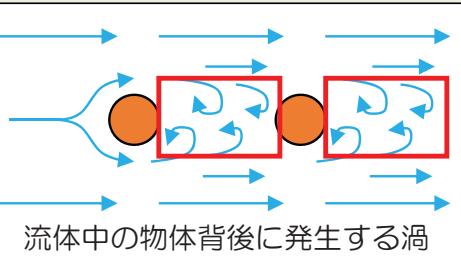
局部座屈 (P7)



過去に事例のない岩間沈下橋の損傷原因

洗掘の原理

岩間沈下橋は
カルマン渦による
損傷と推定！



図：河川を横過する橋梁に関する計画の手引き(案)より

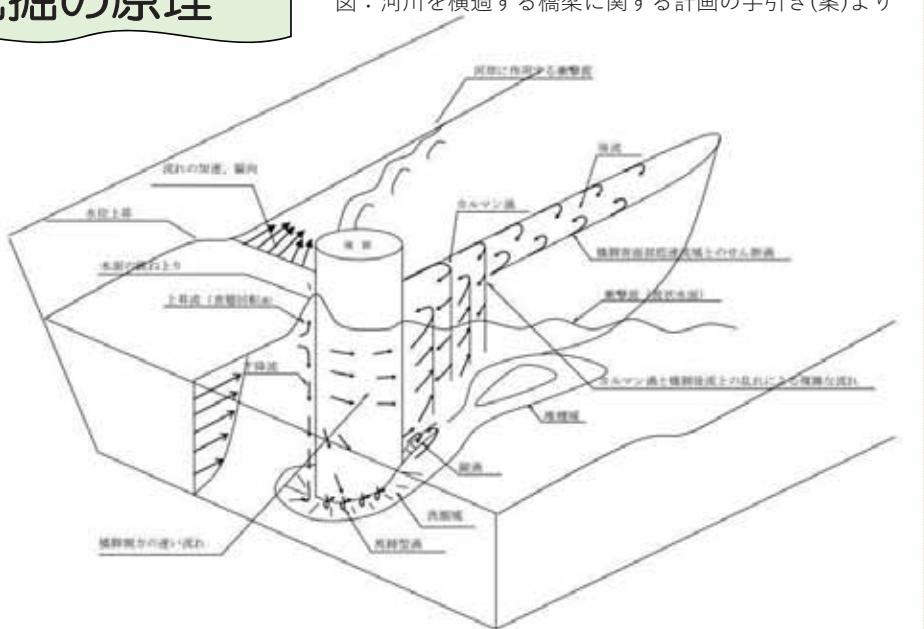
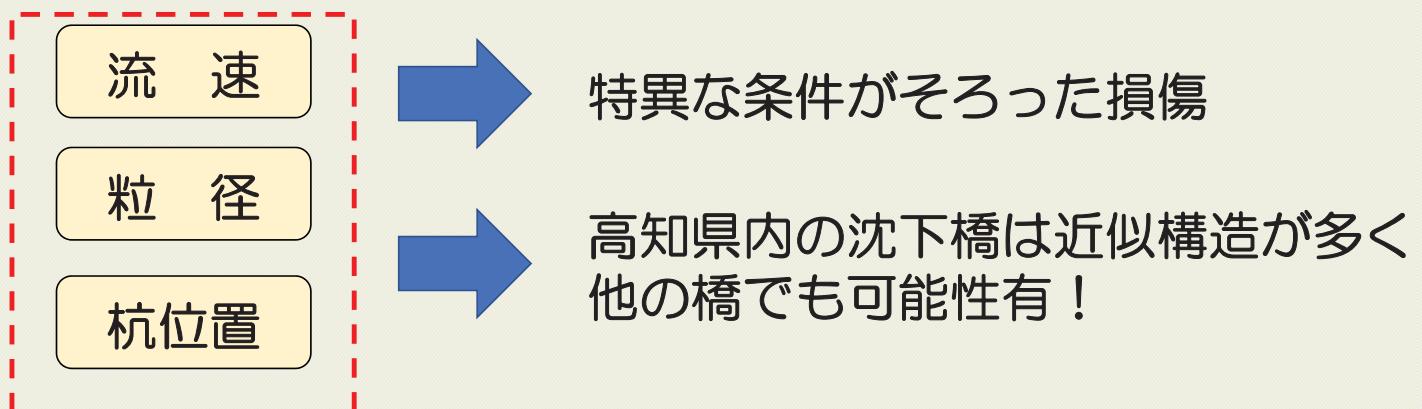


図 3-1 橋脚により生じる水理現象

過去に事例のない岩間沈下橋の損傷原因

- ◆ 通常はカルマン渦による損傷はほとんどない
- ◆ 高知県特有の豪雨により川の流れが速い！
- ◆ 周辺河床の石は、発生したカルマン渦の影響を受ける大きさ
- ◆ 杭の配置間隔や高さが乱流にならない絶妙な配置！



過去に事例のない岩間沈下橋の損傷原因

従来の点検方法

点検方法の見直し

水中部の近接点検

水中部の見透し

腐食懸念

ダイバーによる近接



具体例で周知

- 出水時に流下した土砂などが鋼管に衝突し鋼管表面を削ることがある。
- 防食が施されている鋼部材でも、石や砂の衝突による傷や磨耗、防食の欠陥等が原因で局部的に著しく腐食が進行し、孔食や断面欠損につながる場合がある。

■孔食や断面欠損が進展するとバイルペント橋脚に座屈が生じることがある。



景観に配慮した対策工法の検討

見た目がいまと変わらない**当て板**を採用



定着部は目立たないよう最上部に

継手は少なく

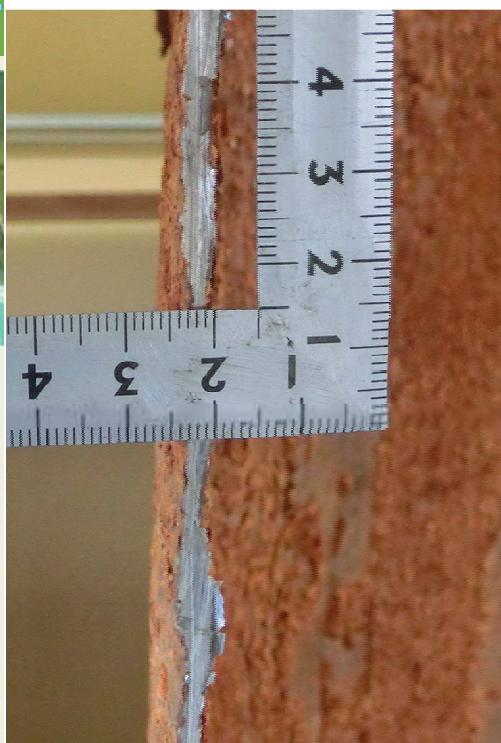
景観に配慮した対策工法の検討



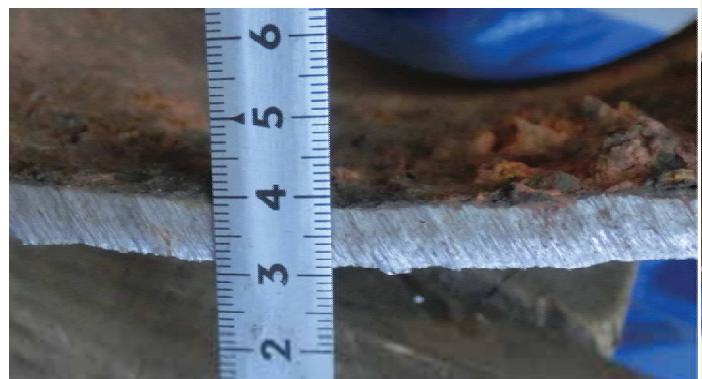
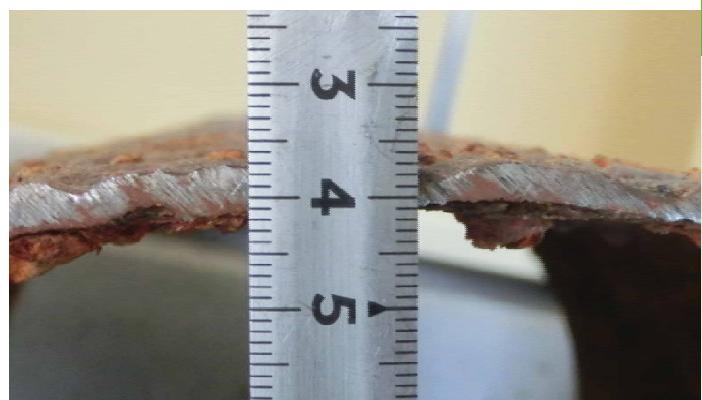
現形を変えず、景観を守り、強く！

新

縦割り (min1.5mm)

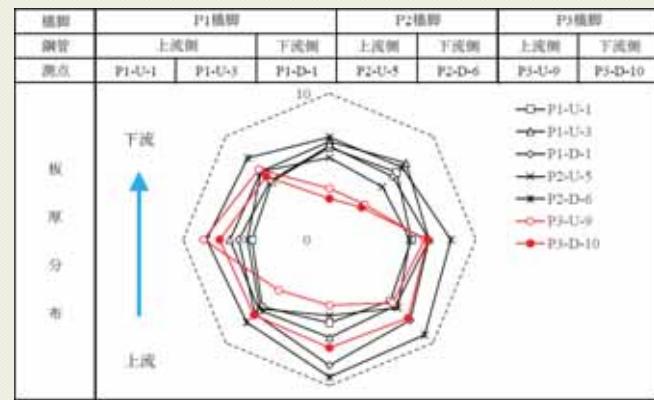


横割り (max8.0mm min2.0mm)



新技術を用いた鋼管杭の板厚計測

最新技術の積極的な導入により、
対策範囲を迅速に決定！



※開発者である岡山大学塙田教授全面協力のもと実施

岩間沈下橋から学ぶ

- 水中部においても、近接目視同等の調査が必須
 - 引き抜いた杭から、土中部にも同様の損傷が見られた。
→河床が大幅に変動している。
→外観上損傷がなくても、変状が出る可能性がある！



岩間沈下橋から学ぶ

テルフォード・プレミアム賞の受賞

英国土木学会初代会長を讃え、その名を冠した論文賞で
世界中にある技術論文賞の中でも特に権威のある賞



ロングスパン・ポケット式落石防護網工法

(株)ニップロ 代表取締役 ○加賀山肇
(株)第一コンサルタント 代表取締役 右城 猛
田中工業(株) 代表取締役 田中啓輔

1. はじめに

ロングスパン・ポケット式落石防護網工法（以降「ロングスパン工法」と称す）は、高エネルギー吸収タイプの落石防護ネットである。

わが国は国土の75%が山地で占められており、地形が急峻で地質が脆弱なことから斜面崩壊や落石などの山地災害が後を絶たない。落石対策としては切土法面だけでなく斜面上部からの落石をキャッチすることができるポケット式落石防護ネットが採用されるケースが多い。当該防護ネットの可能吸収エネルギーは150kJ以下であるが、これよりもさらにエネルギー吸収性能を高め、経済性と安全性に優れたポケット式落石防護ネットの開発が望まれていた。

ロングスパン工法は、このようなニーズに応えるために斜面防災工事会社、建設コンサルタント、地盤工学会四国支部落石対策技術研究委員会、愛媛大学防災情報研究センターが連携して開発した落石防護ネットである。初期の技術開発は、2007年12月から2008年12月の1年間で行われた。合計10回に及ぶ実物大の重錐衝突実験を繰り返し、400kJのエネルギー吸収性能を検証している。

2017年12月に落石対策便覧が改訂され実物実験による性能検証方法が統一された。これをうけ、2018年、2021年と合計4回の実物実験を行った。本稿では、2021年に行った最新の実物実験について報告する。

2. 実験の概要

(1) 実験の日時

- ・第1回目 (CASE-1) 2021年10月12日
- ・第2回目 (CASE-2) 2021年11月26日

(2) 実験の場所

高知県南国市岡豊町小蓮（田中工業株式会社の実験場）

(3) 実験の目的

落石対策便覧の改訂に伴い統一された性能検証方法に即した実物実験を行い、ロングスパン工法の性能を検証することが目的である。

(4) 実験装置と方法

実験は斜面滑走(レール)式で行った。重錐の落下高さは37m、車輪を取り付けた重錐を45°勾配の斜面に設置したモノレール用のレール上に滑走させて阻止面へ衝突させる方法である（図2-1、写真2-1）。重錐の衝突位置は支間の中央、阻止面天端から2.05m下側。阻止面への入射角度は90°である。重錐はコンクリート多面体（密度2840kg/m³）、質量1.35tである（写真2-2、表2-1）。実験に用いた供試体の形状寸法は、図2-2、表2-2に示すとおりである。支柱はH型鋼(H-

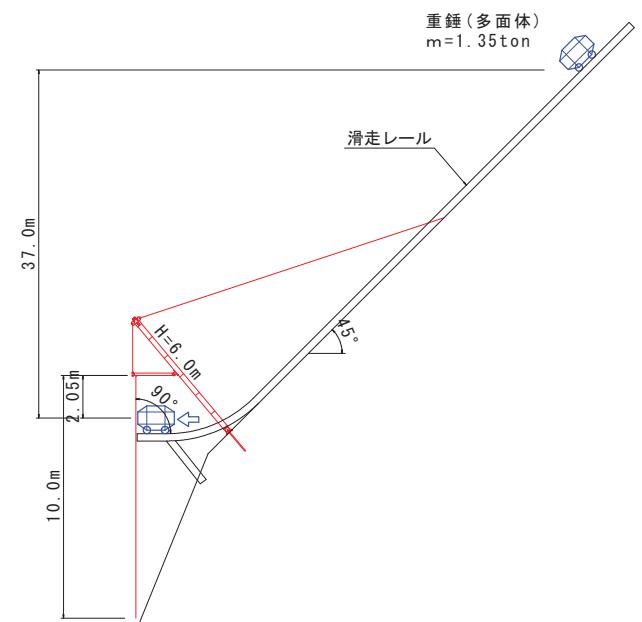


図2-1 実験装置(斜面滑走式)

200×200×8×12-5955)に加工を施したもの、金網は線形 ϕ 5 mm-50×50、横ロープ・吊りロープは 7×7 ϕ 18 mm、縦ロープには 3×7 ϕ 18 mm を使用した。図 2-2 に示す④～⑦、⑫～⑯には緩衝装置(写真 2-3)を取り付けている。ワイヤロープが降伏するまえにスリップさせて衝撃を緩和することでエネルギー吸収性能を高める構造になっている。



写真 2-1 実験装置の概観



写真 2-2 実験に使用した重錘

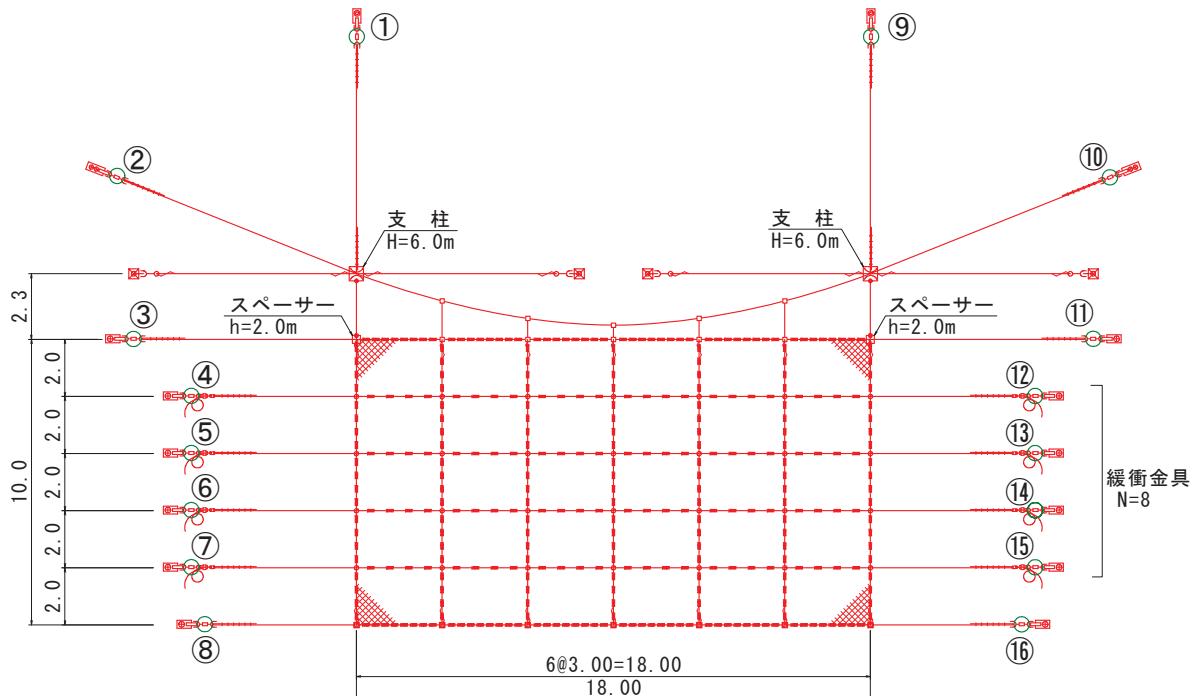


図 2-2 実験供試体の概要図

表 2-1 実験条件

実験方式	斜面滑走(レール)式
重 錘	形 状
	多面体
	質 量
	1.35 t
	寸 法
1.36m×0.62 m×0.93 m	
材 質	
コンクリート + 鋼材	
密 度	
2840 kg/m ³	

表 2-2 実験供試体

型 式	LSP-5.0 型
延 長	18 m
高 さ	10 m
支柱本数	2 本
支柱間隔	18 m
緩衝装置	8 基



写真 2-3 緩衝装置

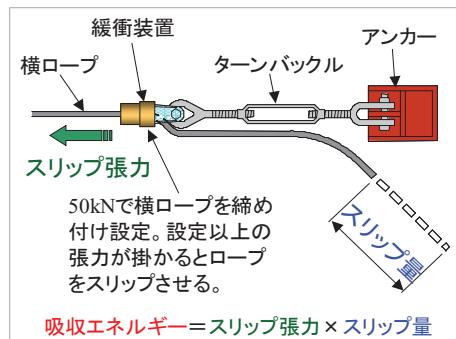


図 2-3 エネルギー吸収機構

(5) 計測方法

1) 重錘の衝突速度

重錘の衝突速度は、赤外線センサーによって阻止面に衝突直前の 1 m 区間における重錘の通過時間を計測することで算出した。

2) 阻止面の水平変位

重錘衝突時の阻止面の水平変位は、側面から撮影した衝突前後のビデオ映像によって解析した。

3) ワイヤロープの張力

ワイヤロープの張力は、図 2-2 の①～⑯に設置したアンカーに接続するターンバックルに貼り付けたひずみゲージ(60Ω)によってサンプリング周期 50 μs で計測した。

4) 阻止面天端・支柱先端高の変位

重錘衝突後の阻止面天端高・支柱先端高の変位は、衝突前後の比高差を光波測距儀によって測定した。

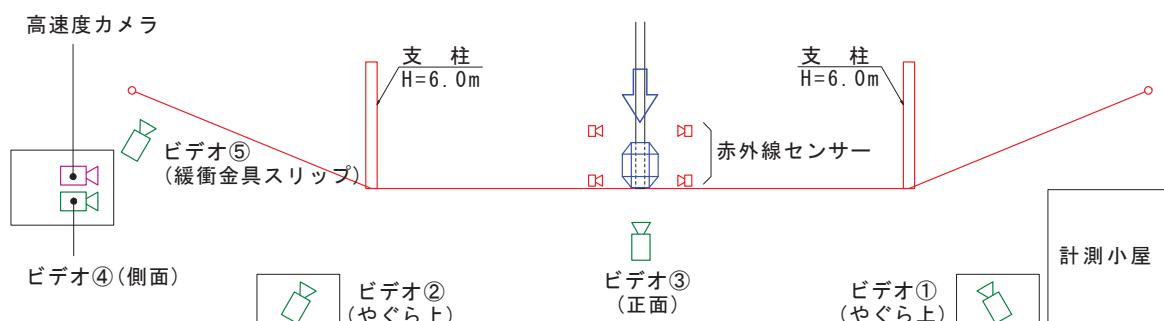


図 2-4 計測器の配置平面図

3. 実験結果

(1) 捕捉状況



写真 3-1 捕捉状況 (正面)



写真 3-2 捕捉状況（側面）

重錐衝突部付近の阻止面と縦ロープに残留変形が確認できるが、全体的に大きな損傷もなく重錐を捕捉している。重錐が衝突すると、阻止面は全体が変形して振動を伴いながらエネルギーを吸収することが確認された。写真 3-1

に正面から、写真 3-2 に側面からの捕捉状況を示す。いずれの画像も②が最大変形時である。また、緩衝装置も適正に作動していることが確認できた（写真 3-3）。



写真 3-3 緩衝装置の作動状況

(2) 重錐の衝突エネルギー

重錐の衝突エネルギーは、赤外線センサーによって計測した衝突速度と重錐質量より式(1)で算定した（表 3-1）。

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{-----式 (1)}$$

ここに、 E ：重錐の衝突エネルギー (kJ), m ：重錐の質量 (t), v ：重錐の衝突速度 (m/s)

表 3-1 重錐の衝突速度とエネルギー

実験 CASE	重錐の質量 : m	衝突速度 : v	衝突エネルギー : E
CASE-1	1.35 t	35.9 m/s	452.8 kJ
CASE-2	1.35 t	35.7 m/s	445.8 kJ

(3) 阻止面の水平変位

阻止面の水平変位は、ビデオ映像ならびに高速度カメラの画像から解析した。その結果、重錐衝突位置での最大水平変位は CASE-1 で 3.2 m（写真 3-4、表 3-2）、CASE-2 で 3.4 m（写真 3-5、表 3-2）であった。

表 3-2 阻止面の最大水平変位

実験 CASE	基準値			観測値	
	重錐実長	画像寸法	倍率	画像寸法	最大水平変位
CASE-1	1.36 m	2.54	0.53543	5.93	3.2 m
CASE-2	1.36 m	3.26	0.41718	8.17	3.4 m



写真 3-4 阻止面の水平変位(CASE-1)

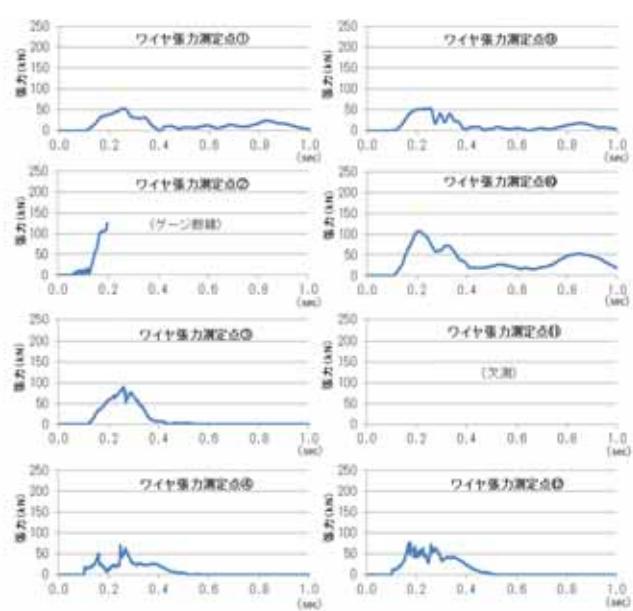
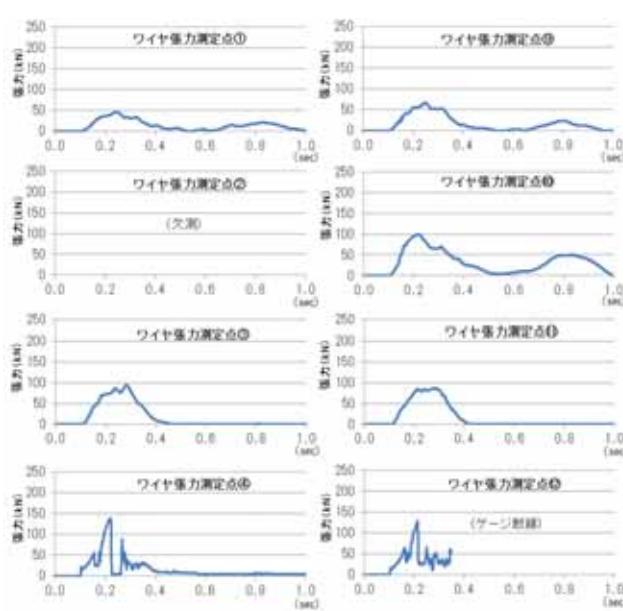


写真 3-5 阻止面の水平変位(CASE-2)

(4) ワイヤロープの張力

ひずみゲージによりワイヤロープの張力を計測した結果を図 3-1, 図 3-2 に示す。緩衝装置を装着していないワイヤロープ (①～③, ⑧～⑪, ⑯) の最大張力は、実験 CASE-1 で 45 kN～141 kN, CASE-2 で 53 kN～145 kN を計測した。ワイヤロープの降伏荷重は 156 kN であり力学特性は弾性域内にある。

また、緩衝装置を装着したワイヤロープ (④～⑦, ⑫～⑮) の最大張力は、実験 CASE-1 で 53 kN～102 kN, CASE-2 で 70 kN～107 kN を計測した。ワイヤロープは降伏荷重の 34～65 %で緩衝装置によってスリップしたことがわかる。緩衝装置の作動によるワイヤロープのスリップ量は図 3-3, 図 3-4 に括弧書きで示す値である。



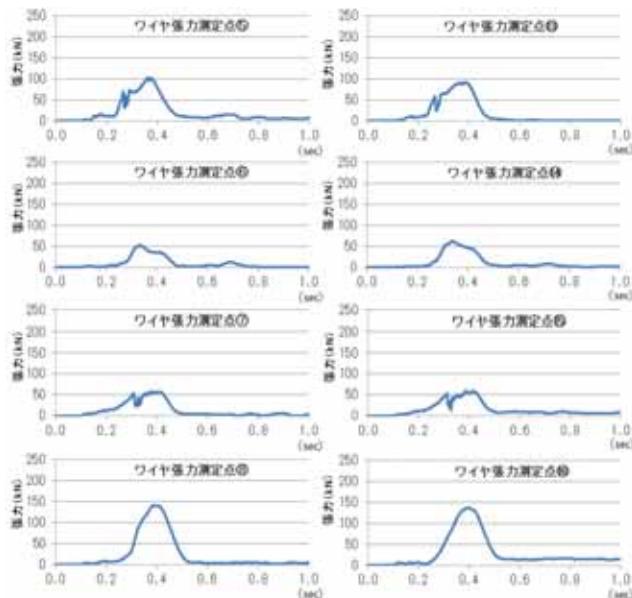


図 3-1 ロープ張力の時刻歴(実験 CASE-1)

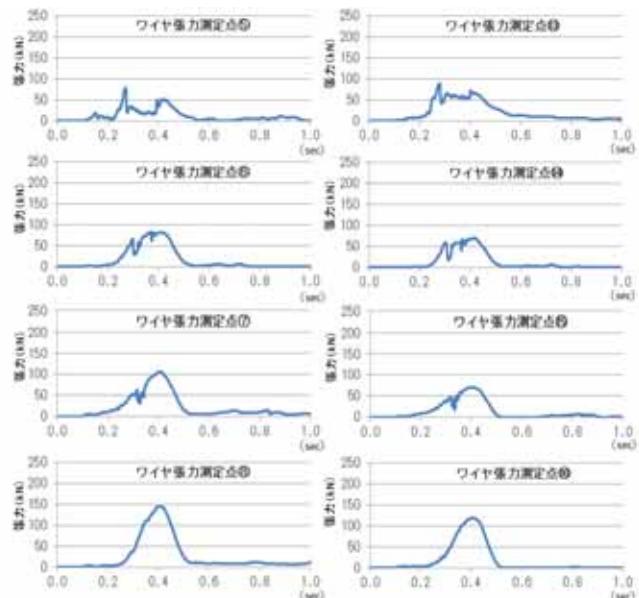


図 3-2 ロープ張力の時刻歴(実験 CASE-2)

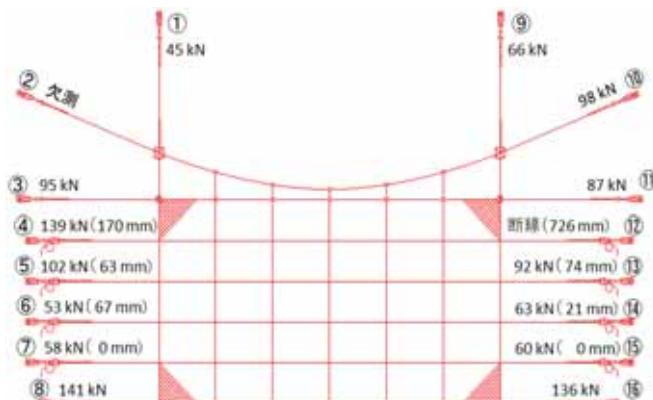


図 3-3 最大張力とスリップ量(実験 CASE-1)

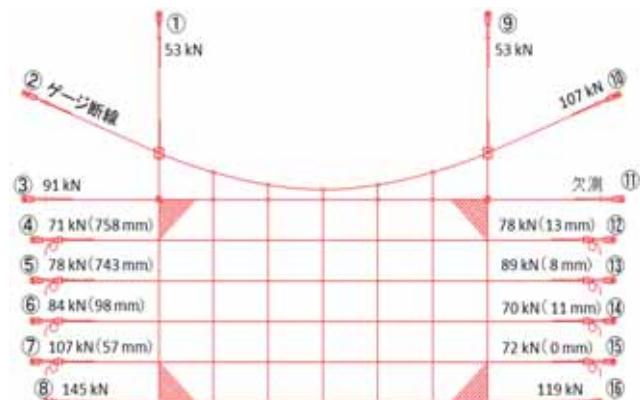


図 3-4 最大張力とスリップ量(実験 CASE-2)

(5) 阻止面天端・支柱先端高の変位

重錐衝突後の阻止面の天端高、ならびに支柱先端高の変位を表 3-3 に示す。

表 3-3 阻止面天端・支柱先端高の変位

実験 CASE	阻止面天端中央部 (δ_c)	支柱先端部	
		左側 (δ_l)	右側 (δ_r)
CASE-1	142 mm	4 mm	17 mm
CASE-2	114 mm	10 mm	12 mm

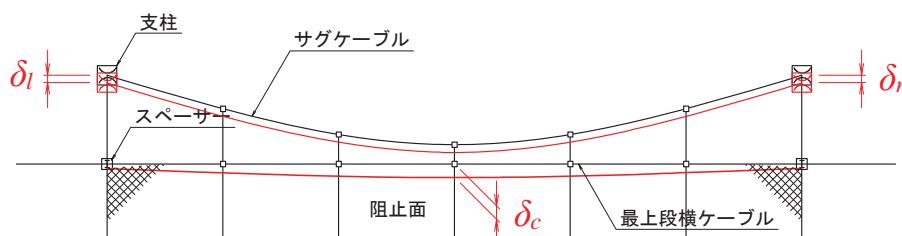


図 3-5 阻止面の天端・支柱先端高の変位

(6) 損傷状況と再使用性

本実験では、損傷状況と再使用性を確認するため CASE-1 の実験後、明らかな損傷が見受けられない部材は再使用して CASE-2 の実験を行った。次に、実験 CASE-1 による損傷状況、修復状況、CASE-2 による損傷状況を示す（表 3-4）。修復に要した時間はアンカーの定着確認を含め 4 日である。

表 3-4 損傷状況と再使用性

構成部材	損傷状況 (CASE-1)	修復状況 (CASE-1→CASE-2)	損傷状況 (CASE-2)
阻止面	衝突部付近が塑性変形	中央部2列分の金網を取り替え、残り4列は再使用	衝突部付近が塑性変形
支柱	損傷なし	再使用	損傷なし
ワイヤロープ	衝突部付近の縦ロープが塑性変形 横ロープは若干の摩耗を確認	中央部3列分の縦ロープ ^{※1} を取り替え、残りは横ロープも含めて全て再使用	右側スペーサー先端部に横ロープを引っ掛けるためのUボルトが破損した
アンカー	横ロープアンカー（計測点③⑪）の支持岩盤が塑性した	明らかに支持岩盤が塑性していた計測点③⑪のアンカーをやり替え、残り14基は再使用	計測点⑪のアンカー設置岩盤（風化蛇紋岩）が塑性してアンカープレートが3cm移動した
緩衝装置	損傷なし	作動していたので全8基と付随するスリップロープを取り替えた	損傷なし

4. 性能照査結果

ロングスパン工法の主要部材の限界状態を表 4-1 に示す。これは、落石対策便覧 p159 に記載された一般的な限界状態の例に基づいて本工法に適用させたものである。

表 4-1 ロングスパン工法主要部材の限界状態

性能水準	阻止面	支柱	ワイヤロープ	アンカー	緩衝装置
性能1	損傷が生じない、もしくは部材交換を要しない限界の状態 ※2	力学特性が弾性域を超えない、もしくは有意な傾斜を生じない限界の状態 ※2	力学特性が弾性域を超えない限界の状態	力学特性が弾性域を超えることなく、支持地盤の力学特性に大きな変化が生じない限界の状態	作動に至らず部材交換を要しない限界の状態
性能2	部材交換、損傷の修復を容易に行いうる限界の状態 ※1	部材交換、損傷の修復を容易に行いうる限界の状態 ※2	部材交換、損傷の修復を容易に行いうる限界の状態 ※3	副次的な塑性化に留まり、部材交換、損傷の修復を容易に行いうる限界の状態 ※4	許容スリップ量以内であり、部材交換を容易に行いうる限界の状態

※1 落石の衝突によって金網の変形が生じるのはやむを得ないが、落石が突き抜けないこと。

※2 落石の直撃によって支柱に損傷や変形が生じるのはやむを得ないが、全体系の崩壊につながらないとともに、落石を捕捉していること。

※3 ワイヤロープの損傷が全体系の崩壊につながらないとともに、落石を捕捉していること。

※4 アンカーの損傷が全体系の崩壊につながらないとともに、落石を捕捉していること。

以上の実験結果を踏まえた性能照査結果を表 4-2 に示す。

表 4-2 性能主査結果

構成部材	修復性・再使用性	性能水準
阻止面	塑性変形部分は容易に修復可能で、再度の衝突にも重錐を捕捉した。	2
支柱	弾性域を超える損傷は確認されなかった。	1
ワイヤロープ	塑性変形した縦ロープは容易に修復可能で、再度の衝突にも重錐を捕捉した。減径・扁平したロープは取り替えが必要。	2
アンカー	横ロープアンカーの支持岩盤が塑性したが容易な修復で再度の重錐衝突に耐えた。アンカーは強固な支持岩盤に設置する。	2
緩衝装置	緩衝装置は作動すれば容易に交換できるので、修復性に優れる。	2
全 体	重錐衝突部付近は塑性変形したが捕捉性能を満足した。 要求を満たす落石エネルギーは、E=445kJである。	2

5. まとめ

ロングスパン工法は、実験 CASE-1 で衝突エネルギー452 kJ、阻止面の張出量 3.2 m、実験 CASE-2 で衝突エネルギー445 kJ、阻止面の張出量 3.4 m、いずれも軽微な損傷で重錐を捕捉できることを確認した。捕捉性能としては満足できる結果である。

実際に落石を捕捉すれば、鋼製部材は大なり小なり損傷する。例えば、衝撃を受けたうえ摩耗などが見られるワイヤロープの残存強度などは試験機関に持ち込まないと判断できない。落石捕捉後の長期的な再使用性は保証できないと考えるのが妥当である。本実験では、明らかな損傷が見受けられない部材は極力再使用して性能を検証した。ロングスパン工法では、再使用性よりも損傷した部材を取り替えられる修復性を重視している。本実験では、再使用性と修復性の両面を確認することができた。

現在は、実験データに基づき大変形非弾性動的解析ソフト LS-DYNA を用いて重錐衝突実験の数値シミュレーション解析を終えたところである。実験と異なる条件で施工する場合でも解析によって安全性を評価できる状態にある。

6. おわりに

ロングスパン工法は、2009 年に販売を開始した。2022 年 6 月現在で、総面積 85,000 m²、全国 108箇所で施工されており、安全性と施工性に優れた工法であることが実証されている。

なお、ロングスパン工法は、平成 22 年に第 12 回国土技術開発賞の地域貢献技術賞（国土交通大臣賞）を受賞している。また、平成 30 年には国土技術開発賞 20 周年記念創意開発技術大賞を受賞し、過去 19 年間に表彰された技術の中から、その後の技術改良や活用実績、今日的視点からみた社会的意義・今後の発展性等を評価され、今後の建設技術開発分野の模範となる技術として表彰されている。

本研究開発を進めるにあたり、田中工業株式会社、株式会社第一コンサルタンツ、愛媛大学、落石対策技術研究会の方々からは様々な知見やご協力をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

地下から地上までの三次元情報一元化管理技術の開発

(株)カナン・ジオリサーチ 代表取締役 篠原 潤

1. 研究背景と目的

国土交通省が公表している「道路の陥没発生件数とその要因」によれば国が管理する国道で発生した平成29年度の道路陥没は121件である。道路施設が要因の陥没が58%、道路占用物件が要因の陥没が16%である。路面下空洞が成長し舗装面のアスファルトが支持地盤を失って陥没が発生する。

路面下空洞は上水道管や下水道管などの地下埋設物の近傍で多く発生する。また年数経過により空洞発生のリスクが増加することが知られている。定期的に道路を検査し、発見した空洞について注入などの補修が必要である。しかし、予算が厳しくまた労働人口が減少しているため効率のよい道路維持手法が求められている。

路面下空洞調査業務は陥没の原因となる路面下空洞を早期に発見するために実施されている。路面下の状況は地中レーダ技術を用いて非破壊で効率的に調査されている。路面下空洞調査において地中レーダ異常信号の四方向カメラ画像による位置特定は誤差が大きく、高精度の位置特定には高価な慣性計測装置やレーザー等の機材を用いる必要があった。この課題を解決するため、これまでにない新たな地下と地上の三次元マッピングシステム技術としてGMS3を開発した。地中レーダ三次元モバイルマッピングシステムの技術、愛媛大学と日本インフラ空間情報技術協会(AISI)との取り組みについて述べる。

2. GMS 3システム

2-1. 地中レーダ探査

電磁波は地中を透過できることから路面下の非破壊検査として地中レーダ探査が用いられる。図-1のように地中レーダとは送信機から電磁波を発信し、電気的な性質(比誘電率)の異なる境界面で反射し、その電磁波を受信機で捉える探査手法である。埋設物や空洞と土の比誘電率が異なる境界からの反射波が測定される。埋設物と空洞は波形の形状と極性の違いから判別できる。空洞まで浅い場合は往復伝搬時間が短く、一方深度が大きな空洞からの往復伝搬時間は長くなる。

図-2のように複数の電磁波を一度に測定するマルチチャンネルの手法がある。これは送受信機を複数持つアンテナで列に沿った方向について一度に測定できる。それにより高速走行しながらアンテナ幅の一括測定が可能となり三次元地中情報が得られる。

周波数符号化パルス圧縮の一種であるステップ周波数連続波方式では、時間で周波数を切替えた連続波を測定に用いる。信号強度と位相を測定するため、単純なインパルス方式と比べるとダイナミックレンジが大きく、ノイズが小さく、また地中へ放射する平均電力が大きい。高周波電磁波は空間分解能が高く減衰しやすい性質があるが、ステップ周波数連続波方式の利点により各深度で最適な空間分解能を持つ反射映像が得られる。

図-3は地中レーダ反射映像の3つの断面画像である。横断面図、縦断面図の縦軸が時間であり、大きい深度からの反射は受信機に遅く伝わるので、より下側に像が出現する。平面断面図は同一時刻(深度)の信号を表示した図である。一般的に空洞は円形状に表示されるため発見が容易となる。埋設管は連続線状の映像となる。

地中レーダは路面下空洞探査以外のインフラ点検にも使用される。桟橋上部工の状態把握について

従来行われてきた下面から船舶または潜水士等による直接目視に代替する手法として、地中レーダーを用いた調査・解析による手法の適応可能性について検討結果を報告した¹⁾。

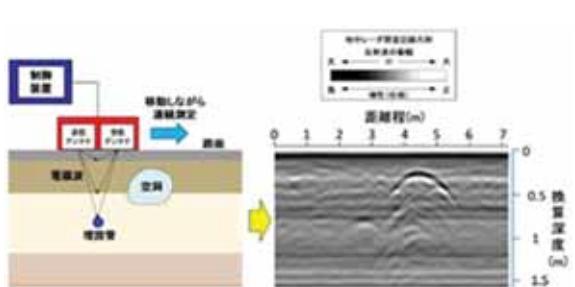


図-1 地中レーダーの測定模式図及び測定記録

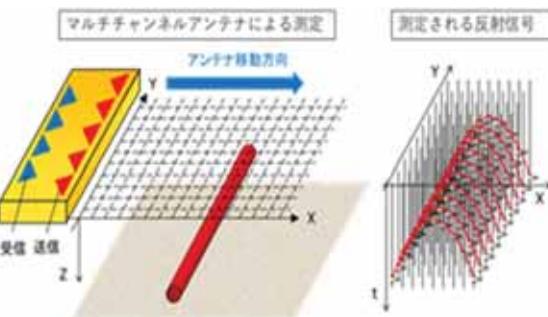


図-2 マルチチャンネルアンテナによる地中レーダー測定

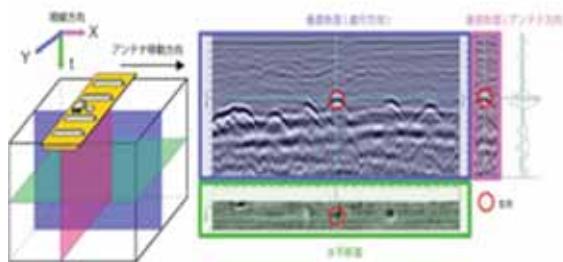


図-3 マルチチャンネル地中レーダー反射信号の断面表示

2-2. マッピングシステム

地中レーダー3次元モバイルマッピングシステム(Ground Penetrating Radar Mobile Mapping System 3D (GMS3))は地下情報と地上情報の全方位連続測定による高精度な三次元マッピングシステムである²⁻⁵⁾。写真-4は探査車である。地中レーダーは車軸下部に取り付けられ路面と近接し安定した測定が可能である。2台の全周囲カメラは周囲と後方を撮影する。取得された全周囲画像から画像の特徴点を抽出し、各映像フレームで特徴点を追跡した解析によりそれぞれの時刻におけるカメラの位置と姿勢(カメラベクトル、CV)を求める。図-5のように各映像フレームにおけるカメラの位置と姿勢を計算する。

地中レーダーは規制をかけずに行えることから、非常に長い距離を探査することができる。しかし、波形解析で空洞と推定される異常信号を検出しても、どの位置に空洞があるか正確に把握できなければ、工事を伴う2次調査を円滑に行うことができない。また過去の空洞との比較で、信号履歴の管理を行う上で位置情報の比重は大きい。すなわち定点の時系列変化を捉えることでこれまで以上に陥没リスクの推定が効果的にできるようになる。従来のラインスキャンカメラでは、地中レーダー位置の基準を決めるため標識またはマンホールなどの構造物が必要である。また周囲の画像と対応させるのは難しい。さらにカーブでは画像に歪みがあるため異常信号箇所の位置を把握が困難である。また図-6(a)のように高架下周囲ではGNSS信号の位置精度が悪くなる問題がある。GMS3ではそれぞれ2回走行した水平断面図が図-6(b)のように重なり埋設物形状を正確に捉えられる。

GMS3 Viewerは地中レーダー信号と位置データを管理するソフトウェアである。図-7のようにGMS3 Viewerはオルソ画像上に異常信号箇所を表示することで地下情報と地上の周辺画像が結びついており周囲の状況を把握しやすく、動画パネルとオルソパネルで周囲の構造物から距離測定ができるため

現地での位置特定の時間が短縮された。また高精度の位置情報をもつたため、交差点等測定が直線でない場合でも位置を把握することができる。オルソ画像は直接 ArcGIS 上で表示および管理が容易である。埋設管情報、過去の調査や陥没情報、補修工事情報などの時系列管理も可能である。また地上情報からマンホール等の埋設管位置情報や吸出を受ける可能性がある水路やひび割れなどの周辺状況を確認し、地下の空洞発生のメカニズムの解明に役立てることが出来る。この手法について特許を取得した（特許 6431573 号⁶⁾、特許 6446005 号⁷⁾）。

埋設管探査について、オルソ画像上に埋設管の位置を表示することで上から見た配置が把握できる（図-8）。また地中レーダの解析結果を統合した埋設管三次元モデルにより任意線上の断面図により埋設管深度の変化を表示できる。



写真-4 路面下空洞探査車両の構成

図-5 全周囲映像とカメラベクトル(CV) 解析

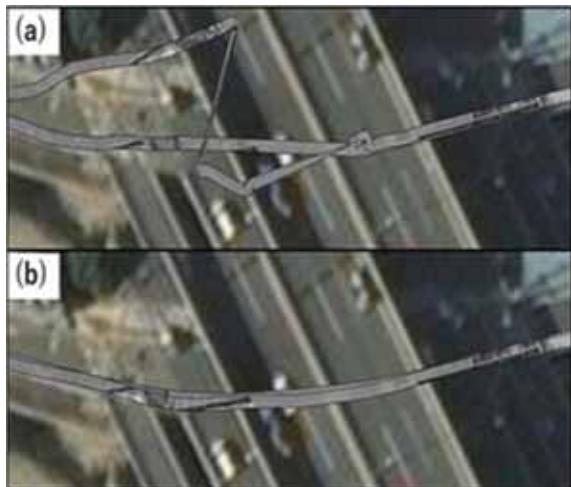
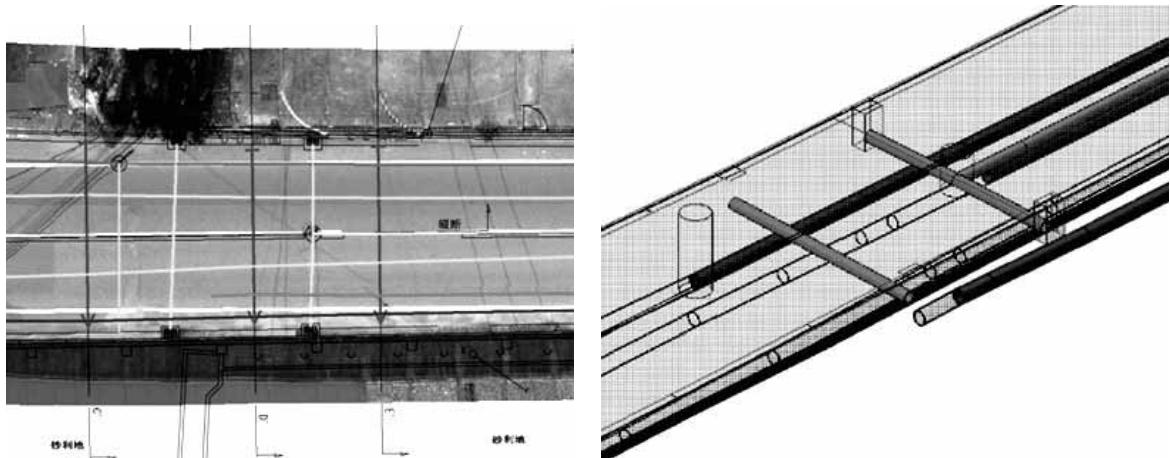


図-6 高架下周辺の探査車の軌道と
地中レーダ反射映像水平断面図
(a) GNSS のみ (b) CV 解析後



図-7 GMS3 Viewer による異常信号の位置管理



※地中レーダ信号が捉えられていない推定箇所は透過色とした。

図-8 (左) オルソ画像に示した埋設管の位置。(右) 埋設管の3次元モデル

3. インフラ空間情報基盤研究部門との共同研究

GMS3 で作成された三次元マッピングの新しい活用方法を探究するため 2017 年度より愛媛大学寄附講座であるインフラ空間情報基盤研究部門と共同研究を実施している。

3-1. 地下を含むシームレスな三次元空間情報

事前防災と発展的復興計画に資する地下空間の計画や占有物の配置などに関する防災的埋設設計画論の必要性を検討するとともに、この検討の基礎となる地下を含むシームレスな三次元空間情報であるベースマップの構築と活動について論じた⁸⁾。

現在は、東京 23 区や政令指定都を対象に、国土交通省所轄法人によって道路の占有物の図面を電子化しアーカイブされているが、元の図面が計画段階の図面で実際の施工位置と必ずしも一致していないことや、平面図は連続的に整備されているものの、縦断図や横断図は離散的にしか整備されていていないことなど実務的な積み残しの課題を抱えている。また、前述の都市異界については包括的にデータベースの整備が進められていない。可視化しにくい地下空間においては三次元空間の収集・整理が必要であるものの、その活用方策を含め取り組みは進んでいない。何れにせよ、事前防災を進めるためには、地下空間を含む三次元空間情報が必要で、これを GIS など地理情報として取り扱えるベースマップの整備が必須と考えられる。

3-2. 地中レーダテストフィールド

中心周波数、帯域幅、測定方式、アンテナの指向性が異なる地中レーダ製品が販売されており。また、解析ソフトウェアについては多数の解析処理方法がある。それぞれの探査目的に対して適切な能力をもつ組み合わせを判断しなければならない。この課題に対し、同一環境における測定により地中レーダの探査能力の評価を実施した。

地中レーダの探査能力を検証するために愛媛大学の協力のもと地中レーダテストフィールドを製作した(図-9、図-10)。模擬空洞として空気とほぼ同じ比誘電率を示す発泡スチロールを利用した。寸法は 50cm×50cm×10cm として図-11 に示すように異なる深度に埋設した。また図-12 に示すように異なる寸法の模擬空洞を埋設した。

このテストフィールドで地中レーダ反射映像図が図-13, 14 である。図-13 の縦断面の赤点は空洞中央の位置であり、強い信号は空洞からの反射を表している。深度が深くなるほど信号強度が弱くなる。

この測定では 1.5m までの空洞を検出する能力があることを検証することができた。また図-14 のように 10cm の空洞を検出できた。この結果により愛媛大学の認証を得た。

本社にある既知埋設物を有する地中レーダテスティールドの一般公開を通して各種レーダの性能評価を行うと共に、GMS3 に装備するレーダ性能の高度化を図り、地中探査のさらなる可能性を追求する。



図-9 地中レーダテスティールド建設状況



図-10 地中レーダテスティールド完成状況



図-11 テスティールド断面図 測線1



図-12 テスティールド断面図 測線2

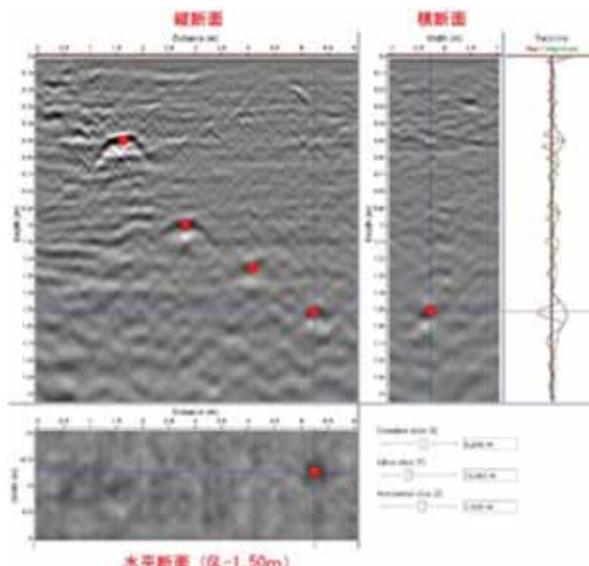


図-13 テスティールド側線1の
反射映像断面図

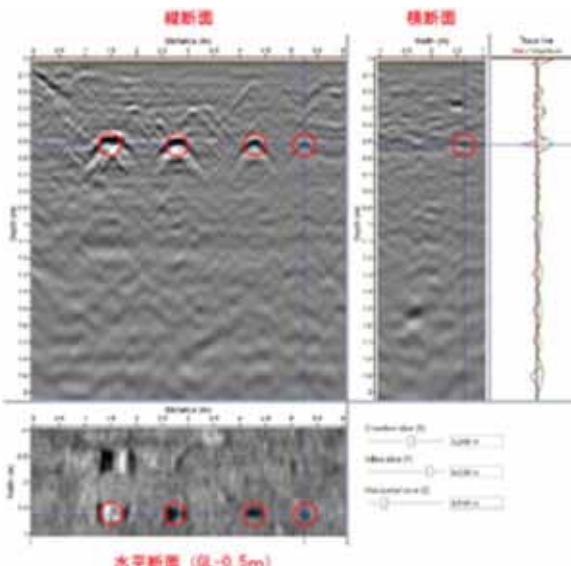


図-14 テスティールド測線2の
反射映像断面図

4. (社)日本インフラ空間情報技術協会

路面下空洞探査を主としたインフラメンテナンスの技術開発と技術普及を目指す目的で、社団法人日本インフラ空間情報技術協会の設立に寄与した。2019年6月に設立された本協会は、矢田部龍一理事長のもと、会員20社が、地下と地上の空間データ一元化技術（以下、「当該技術」）の活用・普及、技術の向上、情報交換を行うことにより、当該技術について広く担い手を育成し、信頼性・効率性が向上するようインフラに関連する各界の協力をお願いしつつ、我が国のインフラ管理のため、本協会の取り組みが発展するよう尽力している。

具体的には、当該技術に関する技術講習会の開催、技術基準や資格制度の創設・運用、産学連携による調査研究、当該技術を補完する新技術及び機器の開発などを活動内容としている。

5. 今後の展望

GMS3は2017年より実用を開始し、路面下空洞調査においては既に国交省発注業務をはじめ全国で13,000km以上の実績がある。愛媛発のGMS3の開発拠点として積極的に情報を公開することを通して地下と地上の一元管理技術を(社)日本インフラ空間情報技術協会を通して世の中に広めていく。その一環として愛媛大学との連帯を更に強め、大学構内を実規模のテストフィールドとさせて頂き探査車で測定する実証実験を行う。その成果は広く一般に公開する方針である。

実証実験の具体的な計画として、構内に散在する埋設物や遺跡などの地下と道路や建物などの地上の空間情報の一元化を図り、広く活用するため愛媛大学をはじめ関係機関の皆様と協力していく。

なお、本技術開発は、2019年、地盤工学会四国支部特別表彰「技術開発賞」を受賞したことを見記する。

参考文献

- 1) 佐々木信和、篠原潤、山本真史、喜多村敦史、中野晋：被災した桟橋上部工の電磁波レーダーを用いた状態把握に関する研究、土木学会論文集F6、72巻、2号、pp. I_171-I_176、2016.
- 2) 篠原潤、中前茂之、馬場務、加藤祐悟：3次元地中レーダ探査車による効果的な路面下空洞調査、地盤工学会四国支部技術研究発表会、pp. 63-64、2016.
- 3) 篠原潤：GMS3（3次元地中レーダ&全周囲カメラ）技術を用いた路面下空洞探査事例、基礎工、12月号、pp. 84-87、2019.
- 4) J. Shinohara, Y. Kato, A. Okino, E. A. Shukla and T. Baba : GMS3 a unified system of ground penetrating radar and camera vector for efficient road infrastructure maintenance, 17th International Conference on Ground Penetrating Radar(GPR)、pp. 144-148、2018.
- 5) 篠原潤、中前茂之：地下と地上の3次元一体診断技術、検査技術、9月号、pp. 24-30、2020.
- 6) 篠原潤、馬場務：地中探査装置及び地中探査車両、特許第6431573号、2018.
- 7) 篠原潤、馬場務、中前茂之、岩根和郎：地中探査装置、特許第6446005号、2018.
- 8) 中前茂之、加藤祐悟、篠原潤、馬場務、沖野敦：大規模災害からの早期復旧に向けた地下を含むシームレス3次元空間情報の活用、令和元年自然災害フォーラム&第14回南海地震四国地域学術シンポジウム、pp. 23-30、2019.

SqC ピア工法の発展と急速施工長尺橋梁の開発

株式会社高知丸高 代表取締役会長 高野 広茂

1. はじめに

近年、地震や風水害など、大規模化、甚大化する自然災害により、老朽化した橋梁の流出破損、道路決壊が多発している。災害による交通路の遮断は、社会・経済活動に影響を及ぼすのみならず、災害復旧や人命救助の支障となる。早急に交通路を確保するため、即対応できる橋梁の応急復旧技術や仮桟橋・仮構台に対するニーズが大きい。

仮桟橋・仮構台・簡易橋架設時に関する施工技術である「SqC ピア工法」や「長尺橋梁」を開発し、これに基づき、施工を行っている。

2. SqC ピア工法とは

「SqC ピア工法」は、国土交通省 新技術情報提供システム準推奨技術として選定された工法です。仮設桟橋や構台の支柱杭に鋼管を採用。従来工法に使用される H 鋼には強軸と弱軸があり、回転による強度不足が懸念される場合もあるが、強軸と弱軸のない鋼管は強度に関する H 鋼の弱点をカバーする。

さらに、従来は現場作業で行っていた橋脚部や上部工の組み立てに代わり、あらかじめ工場で製作した精度の高いパネルを現場に持ち込んでおり、現場での組立工数が減少するとともに、高所作業が減ることで安全性も向上します。施工手順も従来工法とは異なり、まずパネル化した上部工を先行して架設した後に、上部工をガイドにして支持杭を打設する。このため、作業員の経験と勘に頼る従来工法と比較して打設精度の向上も期待できる。また、先行架設した上部工が作業床となるため上下作業が削減され、その分安全性も確保できる。

SqC ピア工法には、パネル化した上部工を先行架設する「上部パネル先行架設工法」と、支持杭を先に打設し、杭頭キャップを介して上部工と連結する「杭頭キャップ工法」がある。前者は急峻な地形や水上での設置に優れ、後者は比較的平坦で長いスパンが必要な場所に向いている。

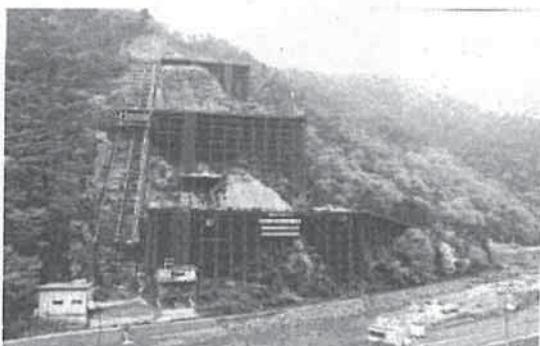


図 1 広島空港大橋 (SqC ピア工法)

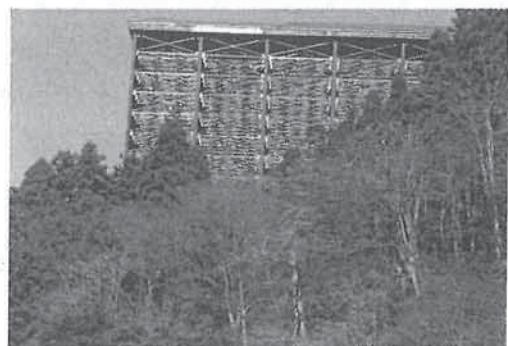


図 2 富山県利賀ダム (SqC ピア工法)

3. SqC ピア工法の代表実績

パキスタン 東西道路改修計画（国道 70 号線）

パキスタン国道 70 号線は、バロチスタン州の州都クエッタとパンジャブ州南部の主要都市ムルタンを結び、石炭等の鉱業生産物や農作物等の輸送を担う国土を東西に接続する基幹ルートである。さらに、アフガニスタンと中央アジア諸国、インドを結ぶ最短幹線道路として、それらの国々の貿易・輸送の強化にも非常に重要である。しかし、山岳部は、道幅が狭く急峻で急カーブであるため、トラックの転倒などの事故、落石災害による道路封鎖が頻繁に起こっており、バロチスタン州とパンジャブ州との間のアクセス向上と地域経済の発展のため、長年にわたって道路改修工事が切望されていた。急峻な山岳地域における道路整備は、技術的な難易度が高く、日本の施工技術による整備が期待されている中、当社の SqC ピア工法（ステップブリッジ）が採用となった。

山岳道路架設工事現場は、オーバーハングがある断崖絶壁（標高約 1500m）である上、チャートを含んだ地質で、日本の岩盤とは土質が異なり、更なる高硬度であった。このような岩盤斜面における掘削は、通常のダウンザホールハンマーによる削孔では、異常な摩擦が発生することで、ノーマルハンマービットの消耗が激しいことから施工が不可能となった。対策方法として、ビットの先端にある 3 個のビットヘッドが正回転で「拡大」、逆回転で「収縮」する“拡大ビット”を併用するダウンザホールハンマーを提案し、施工にかかった。しかし、拡大ビットにより、少し削孔ができるものの、1 か所 36m の掘削はワンセットのビット（3 個）が消耗することで、順調に進めることができない状況であった。土質の研究も行って対策方法を考案し、現場に対応できる拡大ビットの改良開発に取り組んだ。ビットの材質を改良し、10 回以上の実験施工を繰り返し行った。ビットの破壊を防ぐため、通常より硬い材料を加えてタンガロイの硬度を 1 ランク上昇させ、また粘りがある材料も入れることで、衝撃・摩耗に強くすることができた。さらに、ビットにはメインチップ（φ19）とサブチップ（φ12）を複数埋めることにより、耐衝撃性と耐摩耗性を備えた高い強度の特殊拡大ビットを完成させた。改良した拡大ビットを使用することで、貫入不能の岩盤にも貫入でき、順調に掘進を遂行した。

厳しい現場環境の中で 2 年半尽力して工事を完成に導くとともに、道路ネットワークとして、交通の安全性向上の実現や都市と地方の連結、地域の経済発展、さらに、高度な技術によるパキスタンとの良好な関係の構築など国際社会にも貢献した。



図 3 パキスタン N70 号線

4. SqC ピア工法の発展及び長尺橋梁の開発

SqC ピア工法の利点として、上部工は、さらなる長大スパンに対応でき、下部工には SqC ピアキャップ工法にて剛性の高い鋼管杭を組み合わせることで、部材のプレハブ化と杭列・本数の削減、プレス・水平材削減による阻害率削減とともに、簡易かつ迅速な施工を実現し、コスト・工期短縮が可能とする「長尺橋梁」を開発した。

この開発は、愛媛大学と㈱第一コンサルタンツとの共同開発で、产学連携で取り組んでいた。開発にあたり、最初のモデルでは、橋桁を 20mまで長くすることとし、ジョイント部をピン 3 本（角ピン 2 本、丸ピン 1 本）にする設計であった。しかし、ジョイント部のピン構造が複雑すぎたため、応力状態が想定した通りにならなかった。角ピンあるいはその周辺部の一部が不可逆な塑性変形（降伏）てしまっていると想定される。これは、仮橋の複数回利用するというコンセプトに反するものであり、もちろん安全性にも影響する。上述の問題点を解決するため、ジョイント部のピンを丸ピン 1 本に改良した。これで、ジョイント部の応力状態をわかりやすくすることと、安全性の向上にもつながる。

橋梁架設高橋脚における工期・工費の「橋脚」と「橋梁」の比率は、橋脚が約 70%、橋梁（上部工）が約 30%である。工期・工費の削減のためには、橋脚を少なくする事が有効であるが、そのためには上部工のスパン長（橋長）を長くする必要がある。従来技術による通常の橋長は 6m～10m スパンであるが、長尺橋梁の技術により橋長を 20m～30m スパンまで長くする事が可能となり、このことから橋脚を 1 スパンあたり 2 箇所少なくすることができ、大幅な工期・工費の削減につながる。

また、現場の条件によっては、杭打設箇所が限定されることにより橋脚を設置することができず、支間長を伸ばす必要がある場合が生じるが、この場合、必然的に現場継手をする主桁が必要となる。「長尺橋梁」は腹板継手にピン連結を採用することによって、架設作業の単純化を可能にした。従来技術では大量のボルトを使用するが、当該技術では、他の同様の鋼桁工法と比較した場合、施工日数の大幅な短縮、ボルト数量の大幅な削減が可能である。超大スパン支間長の桟橋構造の中でも特にシンプルで最も工期・工費の削減につながることができ、特に緊急性を要する仮桟橋・構台の構造としては最適な技術であるといえる。さらに長尺橋梁の持つ工期面・工費面でのメリットを活かすことにより、仮設橋だけでなく、新設橋梁として活用も期待されている。

一般架設橋は最長 10m程度であるが、長尺橋梁は接合部を簡易化し、桁長 20m～30m とする一方で、かつ現場での施工時間を短いものとすることを目指した。この相反する目的を達成するために、ジョイント部をピン構造とするという非常に特徴的な構造を考案した。そのジョイント部の安全性の確認、および改良点の抽出を目的として、3 回の載荷試

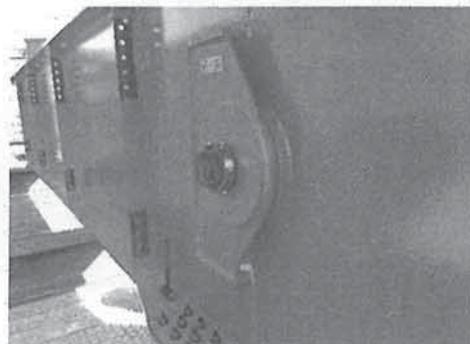


図 4 ジョイント部ピン構造

験および有限要素解析を行った。

完成モデルにおいては、これまでの初期モデル・改良モデルのケースとは異なり、実際に作用し得る荷重の中で最も不利なものを再現した載荷試験を行った。具体的には、120t のクローラークレーンの片側のキャタピラを外桁直上に載せ、22.5t のウエイトを後方に吊る。次いで、中央部にクローラークレーンが移動した後に、ウエイトを前方に回転させる。そして、その上で合計 4m 走行させ、最後に除荷した。実験の結果、安全性については確認できた。また、架設は短期的な設置としては架設構造指針が基準となり、本橋は、道路橋示方書の B 活荷重を設計荷重として上部長尺橋梁の設計を行った。大雨地震災害時に仮道橋、仮設構台が多いが、永久的に使用出来る構造になっている。



図 5 載荷実験

5. 波及効果

「長尺橋梁」の用途は、特に、応急復旧橋としての活用が期待されている。災害時には、直後から避難・救助をはじめ、物資供給等の応急活動のために仮設の橋梁が必要となる。現在、国土交通省は緊急組立橋として、全国で 30 基を保有している¹が圧倒的に足りない状況である。東日本大震災においても、被災地で応急復旧橋が活用されたが、架設作業に 8 日程度を要し、災害時の緊急活動に資するため、更なる迅速に架設できる橋梁が望まれていた。「長尺橋梁」は急速で 1 日で架設することも可能であり、応急復旧工事に効果を発揮する。

台風や豪雨浸水など、数多くの災害に見舞われてきた高知県では、南海トラフ地震への備えと連動した防災関連産業の振興を図るために、県内の防災関連の需要を県内企業の商品で満たすための「地産地消」や、全国の需要を県内企業が取り込んでいく「地産外商」の取り組みを進めている。長尺橋梁は、「メイド・イン高知」の防災関連製品・技術として、高知県防災関連認定製品に登録され、南海トラフ地震による災害に強い地域社会づくりに努めている。

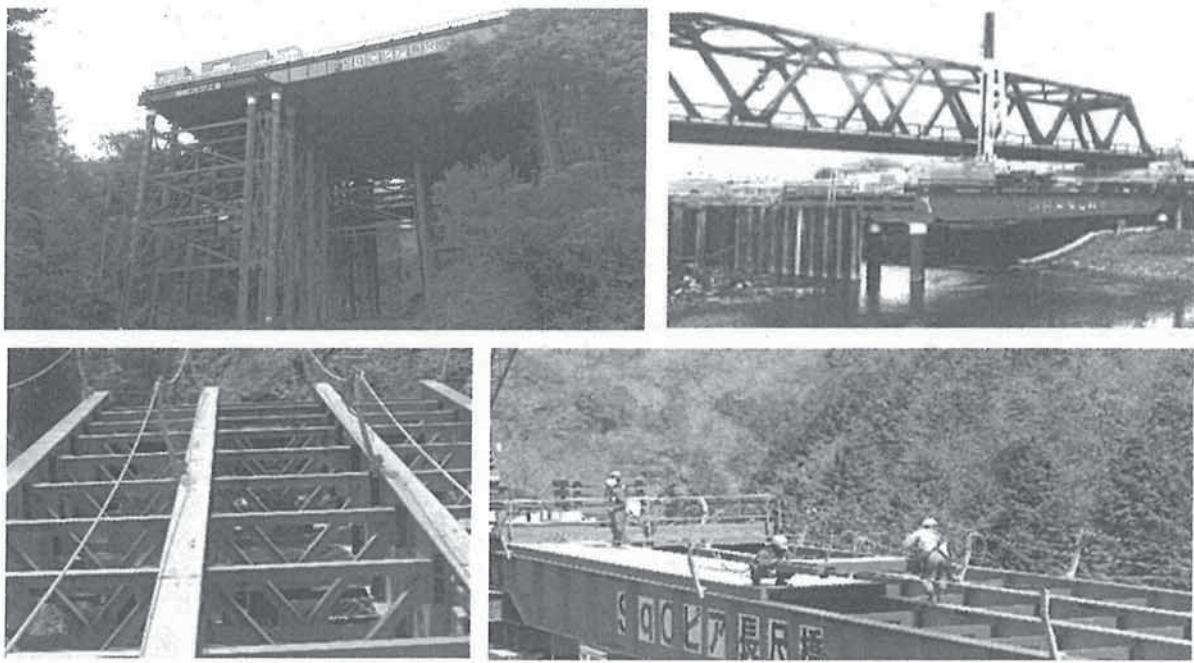


図6 長尺橋梁 施工実績

「長尺橋梁」は工費面、工期面でのメリットを活かし、新設橋梁としても用いることができる。特に、東南アジア諸国などでは、社会資本整備が交通需要の増大に追いついていないことから、短工期で建設可能な「長尺橋梁」について高いニーズがある。現在、高知県南国市とベトナムのゲアン省で架設する予定があり、国内にとどまらず、海外の新規市場への展開、普及の可能性も高い。

6. 社会的課題への対応と今後の展開

①【防災・環境】

長尺橋梁は、橋桁を長くして橋脚基数を減らすことで、工期・工費を大幅に削減することができるという大きな特徴を有する。更にこのことは、掘削作業等の工事箇所が少なくて済むため、地盤を乱さない環境保全効果や現場作業の低減、安全性の向上にもつながる。また、ジョイント部をピン構造連結とする特徴も有する。使用するピンは再利用が可能であり、資源の有効活用、製造過程で発生するCO₂排出量の削減、ごみ問題等の環境にも配慮した橋梁として活躍できる。

わが国には、災害時、緊急車両の通行を確保すべき重要な路線として、高速自動車国道や一般国道及びこれらを連絡する幹線的な道路が約10万kmある。しかし、これらの路線にある多くの橋梁が経年変化により老朽化しているという現実がある。高知県では、現時点（2020年）で建設後50年を経過する高齢化橋梁は、1109橋で約48.3%の割合ですが、20年後にはこの割合が76.1%に上り、急速に高齢化橋梁が増えること

になる²。このような状況から、橋梁の防災・減災対策とインフラ強化の推進のため、高速道路建設の新設工事や老朽化した橋梁の架け替え工事などが進んでおり、建設需要の高まりに伴い、仮桟橋の必要量も大きく増加している。「長尺橋梁」は迅速且つ簡易で架設できる特徴から、このような多様なニーズに対応することが可能であるとともに、災害時に緊急に対応できる技術として防災面への貢献度も高い。

② 【国際貢献】

東南アジア諸国などにおいて、都市部では、車両の急速な流入により、交通事故が増加し、交通渋滞や公害などの社会問題が深刻になっている。近年、交通システムを改善するため、高速道路の建設及び維持管理が多く行われている。このように、インフラ整備が加速している中、仮桟橋の必要性が高まっている。特に短工期、低成本で建設可能な長尺橋梁は、高いニーズがあると考えられ、東南アジア諸国の経済・社会発展に貢献することができる。

7. おわりに

世の中のニーズに対応した施工技術を研究開発し続け、特に特殊条件下での岩盤削孔工事と橋梁工事は、日本各地で実績と成果を上げている。特に老朽化インフラが増加している中、減災・防災、国土強靭化のため、短工期、低成本で建設可能な SqC ピア工法や長尺橋梁などの独自技術は、全国と海外の大型土木インフラに参入して災害復旧などに貢献している。また、環境にやさしい技術を多く開発し、持続可能で、災害に強いインフラを作ることで、SDGs の目標達成と持続可能な社会の実現に向け、積極的に取り組んでいる。

最後に、全国と海外で難度の高い施工を次々と成し遂げ、質の高いインフラ整備を提供してきたことが高く評価され、中小企業研究センター・グッドカンパニー大賞(グランプリ)を受賞、第4回 JAPAN コンストラクション国際賞を受賞、令和3年度第25回四国産業技術大賞最優秀革新技術賞を受賞、令和2年度高知県発明協会会長賞を受賞など、数多くの栄誉ある賞を頂き、大変光栄に存じます。高知県をはじめ、高知県産業振興センター、高知県発明協会、及びご協力賜りました関係各位に心より感謝御礼申し上げます。

参考文献

¹ 日本橋梁建設協会 虹橋 2019.7

² 高知県土木部道路課 高知県橋梁長寿命化修繕計画（令和2年度版）

第Ⅱ章 先駆的防災プロジェクト・ 防災教育・まちづくり研究

松山逃げ遅れゼロプロジェクトの展開

松山市総合政策部防災・危機管理課 門田侑子、大原慎二、芝 大輔、井上蒔万
愛媛大学防災情報研究センター 矢田部龍一、中尾順子、中島淳子、奥宮啓介

1. まえがき

令和元年度にスタートした産官学民による「切れ目のない・全世代型防災教育」は、地域や学校、企業も巻き込み大きな広がりを見せており、その取り組みは高く評価され、第26回防災まちづくり大賞「消防庁長官賞」をはじめ、多くの賞を受賞した。

令和3年11月からは、新たなプロジェクトに挑戦している。それが、マイ・タイムラインを市内全域に広げ、風水害での逃げ遅れをなくす「松山逃げ遅れゼロプロジェクト」である。プロジェクトは様々な組織や団体の賛同を得、これまでにない規模でマイ・タイムラインの普及に取り組む、きわめて先進的な事例となっている。今回、プロジェクトのきっかけや概要をここにまとめ、今後、他地域での展開も目指して一つのモデルを示す。

2. マイ・タイムラインへの着目

平成30年7月豪雨で多くの被害を受けた松山市では、風水害での住民の被害をなくすために様々な取り組みを行った。そのうちの一つが「マイ・タイムラインの普及」であった。マイ・タイムラインは、一人一人が大雨や台風の際にとる防災行動を時系列で事前に計画しておくもので、平成27年9月の関東・東北豪雨での被害をきっかけに考案された。

令和元年10月に市職員や消防職員、愛媛大学防災情報研究センターのメンバーを対象に、マイ・タイムラインの講師養成研修を開催し、普及のための素地を作った。

また令和2年2月には、市内全41地区の自主防災組織連合会を対象に、マイ・タイムライン作成研修を実施した。受講した自主防災組織の中には、地区に持ち帰り独自の研修を実施したり、地域版のタイムラインを作成した組織もあり、少しづつ広がりを見せていった。



図-1 マイ・タイムライン講師養成研修



図-2 自主防災組織連合会への研修

3. 松山市防災教育サポート動画の制作と中学校での広がり

「切れ目のない・全世代型防災教育」の目標の一つに「学校での防災教育の普及」があるが、令和2年に支援教材として「松山市防災教育サポート動画」の制作に着手した。全12テーマで防災に必要な知識を学べる動画で、市内すべての小学校、中学校、高等学校に配布

し、YouTube でも配信を行った。この一つに「マイ・タイムラインをつくろう」という動画があり、作り方が約 10 分間でわかりやすく学べる内容となっている。

また、この動画を使っていくつかの中学校でマイ・タイムラインの授業を行った。講師は松山防災リーダー育成センターや松山市防災・危機管理課の職員が務めた。中学生のタイムラインには「私はマンションの 4 階に住んでいるから、もし大雨が降ったら友達を避難させてあげる」とか、「警戒レベル 3 になったら、お父さんにお酒を飲まないように注意する」など、大人にはない視点がいくつもあり、これらをクラスで共有することで、より風水害への理解を深めることができると分かった。



図-3 松山市防災教育サポート動画



図-4 中学校でのマイ・タイムライン授業

4. 愛媛県立松山東高等学校の生徒からの提案

令和 3 年 7 月に開催した「防災教育フォーラム」で、愛媛県立松山東高等学校の生徒らから市長に一つの提案があった。それは「まつやま防災マップと同時にマイ・タイムラインを全戸に配布し、各家庭で災害リスクや避難について考えるきっかけを作ってはどうか」というものであった。

松山東高等学校の生徒らは、令和元年から総合的な学習の時間に「防災」について研究しており、どうすれば市民に災害への関心を持ってもらえるか考えていたが、まつやま防災マップを使ってマイ・タイムラインを作る授業をヒントに、この提言を行った。

市長は松山東高等学校の生徒らの提案を受け、令和 4 年 3 月にリニューアルした「まつやま総合防災マップ」と「マイ・タイムラインシート」を全戸配布した。



図-5 防災教育フォーラムでの提案



図-6 まつやま総合防災マップとマイ・タイムライン

5. まつやま施設版タイムラインの作成

過去の大規模な風水害では、福祉施設の利用者等、自力での避難が難しい要配慮者施設の方々が多く犠牲になってきた。この課題を少しでも解決すべく、令和3年に「まつやま施設版タイムライン」の作成に着手した。

災害リスクのある要配慮者施設には避難確保計画の作成が義務付けられているが、国土交通省や各自治体から提示されているひな型を埋めていくと約18ページのマニュアルになる。実災害時にマニュアルを確認する時間があるのか、また穴埋めで内容が形骸化していないか等、実効性を高めるための工夫が必要であると考えた。

そこで、避難確保計画の内容を1枚のタイムラインシートに落とし込み、災害時に誰もが見やすくなることで、対応の抜けや漏れを防ぐ手法を考案した。また、施設がタイムラインを作成する場に、自主防災組織や消防団、行政も加わることで、災害時に施設の職員だけでの避難完了が難しい場合にサポートが得られるよう、事前に関係づくりをする意図も込めている。

シートの作成には、市の福祉施設を多く運営するアトムグループや石井地区の自主防災組織、消防団、椿中学校の先生方や防災リーダークラブ等、多くの方にご協力いただいた。



図-7 施設版タイムライン作成会議

まつやま雨脚タイムライン(福祉施設)		まつやま雨脚タイムライン(高齢者施設)	
段階別	段階別	段階別	段階別
レベル1 初期段階	初期段階	初期段階	初期段階
レベル2 中期段階	中期段階	中期段階	中期段階
レベル3 後期段階	後期段階	後期段階	後期段階
レベル4 終末段階	終末段階	終末段階	終末段階
レベル5 最終段階	最終段階	最終段階	最終段階

図-8 まつやま施設版タイムライン

6. 松山逃げ遅れゼロプロジェクト協議会の発足

各所でマイ・タイムライン普及への機運が高まる中、これらの動きを一つのプロジェクトとして統括し、さらなる飛躍を目指すべく、令和3年11月に松山防災リーダー育成センター主導で「松山逃げ遅れゼロプロジェクト」が発足した。

同時に開催した講演会には市内外から多くの方にご参加いただき、今後の展開に期待が持たれるものとなった。

さらに、令和4年5月にはプロジェクト本格始動の記念として「松山逃げ遅れゼロプロジェクト推進講演会」を開催し、同時に「松山逃げ遅れゼロプロジェクト協議会」を設立した。本協議会には、松山市教育委員会、国土交通省四国地方整備局松山河川国道事務所、松山市自主防災組織ネットワーク会議、松山市消防団、松山市女性防火クラブ連合会、愛媛県中予地区郵便局長会、松山市社会福祉協議会、一般社団法人四国クリエイト協会、松山中央ライオンズクラブ、松山白鷺ライオンズクラブに参画いただき、本プロジェクトの大きな推

進力となっている。



図-9 松山逃げ遅れゼロプロジェクト協議会



図-10 松山逃げ遅れゼロプロジェクト推進講演会

7. 松山逃げ遅れゼロプロジェクトの3本柱「学校・地域・施設」

プロジェクトは、これまでにマイ・タイムラインを普及してきた「学校・地域・施設」を核に、市内全域にマイ・タイムラインの輪を広げ、風水害での逃げ遅れゼロを目指すものである。

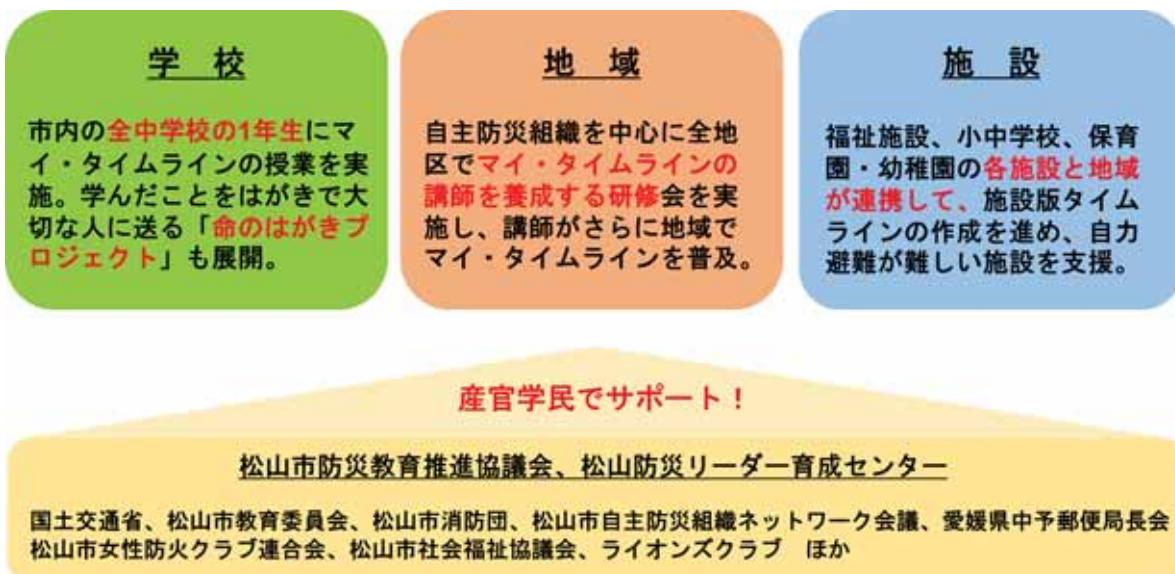


図-11 松山逃げ遅れゼロプロジェクトの概要

(1)学校－市の全中学校1年生への授業と「命のはがきプロジェクト」－

本プロジェクトが先進的な事例である理由の一つは、令和4年度に全ての市立中学校1年生約4,000名に対し、マイ・タイムラインの授業を行うことである。これは、市教育委員会の全面協力で実現したものであり、非常に重要なモデルとなるであろう。

授業は、松山市主導で育成してきた学校教員の防災士等が中心になって行う予定である。そのために、教員に対する事前指導や支援教材の制作も計画している。

また「命のはがきプロジェクト」も同時に行う。これは、松山中央ライオンズクラブ、愛媛県中予地区郵便局長会からはがきを提供いただき、中学生がマイ・タイムラインで学んだ

災害リスクや避難の重要性を、家族や友人等、大切な人に向けたはがきにしたためるというものである。令和4年に椿中学校で先行して実施したが、子どもたちからの「一緒に災害について考えていこう」とか「大切に思っているからこそ逃げてほしい」という真剣なメッセージが心を打った。マイ・タイムラインの目的は「避難行動を促すこと」であるが、子どもたちが作ったマイ・タイムラインとこののはがきと一緒に受け取ることで、より一層、避難しよう、命を守ろうという意識を喚起することが期待される。

さらに、マイ・タイムライン作成のためのアプリも開発する。アプリには、自分が設定した避難のタイミングで災害時にプッシュ通知がきたり、家族とタイムラインを共有できたり、ライフスタイルの変化に応じてタイムラインの見直しが簡単にできたりと、デジタルの強みを活かした機能を備えることで、本プロジェクトの推進に役立てる予定だ。



図-12 椿中学校で実施した「命のはがきプロジェクト」

(2) 地域一自主防災組織を対象に「マイ・タイムライン講師養成研修」の開催

マイ・タイムラインを広げるためには、多数の講師が必要である。そこで、松山市自主防災組織ネットワーク会議の協力を得て、市内全41地区の自主防災組織連合会を対象に講師養成研修を行い、地域でのさらなる普及を目指す。

令和元年に基礎的な研修は実施したが、今回は風水害への理解をより深めるべく、平成30年7月豪雨での被災経験を持つ方を講師に招き、当時の雨量や気象データも用いて災害時の様子を講話いただく。それを基に、自分たちが事前に作ったタイムラインの実効性を検証し、講師として必要な知識を身に付ける。

自主防災組織がマイ・タイムラインの講師を務めるメリットは、地元に密着した防災活動をしてきたからこそわかる、ハザードマップには書かれていない危険や過去の災害からの教訓をタイムラインに取り入れることができる点である。

また、地域のタイムライン作りが進むことで、災害の共助が進むことも期待される。本プロジェクト、そして地域防災の中心を担う自主防災組織の協力は非常に重要である。

(3) 施設一福祉施設、小中学校、保育園・幼稚園の施設版タイムライン作成－

令和3年に作成した「まつやま施設版タイムライン」を使い、市内の福祉施設、小中学校、保育園・幼稚園で施設版タイムラインの作成に取り組む。

福祉施設では、アトムグループの協力で施設版タイムラインのモデルを作成し、その後福祉避難所等を中心に研修を広げる予定である。作成の場には自主防災組織や行政も参加することで、現実的な避難の在り方を検討し、計画の実効性を高めていく。

他にも、小中学校では校長会を通じて市立の全小中学校で作成いただき、若手教員の「防災エデュケーター研修」で保育園・幼稚園は、市立施設の園長に研修を行い、その後、若手職員を集めてタイムラインを使った研修を行う予定である。

タイムライン作成を通じて施設の防災力を強化することで、要配慮者の逃げ遅れゼロも一緒に目指していく。

8. 「松山逃げ遅れゼロプロジェクト」の特色と今後の展開

本プロジェクトは、防災教育を進める上で重要な3つのポイントを押さえた好事例と考える。

(1)若い世代への防災教育

全中学校1年生を対象に授業を行い、未来につながる防災教育に取り組む点。

(2)間接的な波及効果

中学生は家庭に、自主防災組織の講師は地域住民に、施設は周囲の防災組織へとタイムラインの輪が自発的に広がる点。

(3)多様な団体のネットワーク化

多くの団体を巻き込みネットワーク化することで、新たなアイデアが生まれ、波及対象も広がる点。また防災に直接関係のない団体にも当事者意識が生まれる点。

これは、マイ・タイムラインの普及を目的とした本プロジェクトに限らず、全ての防災教育を進める上で重要な視点であると言えるだろう。これまで行われてきた点としての防災教育を面的に広げ、未来につないでいくことは、南海トラフ巨大地震をはじめ大規模災害が間近に迫る中での喫緊の課題である。今後、計画に沿って本プロジェクトを遂行するとともに、この防災教育モデルの発信にも努め、松山発の防災教育を全国に展開したいと思う。

なお、本プロジェクトの基盤である「切れ目のない・全世代型防災教育」は、第26回防災まちづくり大賞で消防庁長官賞、第8回ジャパン・レジリエンス・アワードで準グランプリ・二階俊博国土強靭化提唱者賞を受賞したことを付記しておきます。

社会基盤メンテナンスエキスパート（ME）養成講座

愛媛大学防災情報研究センター 特定教授 山本浩司, 特命教授 矢田部龍一
愛媛大学大学院理工学研究科 教授 森脇 亮, 教授 吉井稔雄, 准教授 河合慶有

1. はじめに

我が国の豊かな生活を支え続ける社会基盤（インフラ）はその多くが高度経済成長期以降に急速に建設されたため、それらが一気に建設後 50 年以上の高齢に達する時代が目前に迫っている。一方、我が国社会情勢は少子高齢化により人材（技術者）や予算の確保が難しい時代へと推移し、社会を取り巻く環境は年々厳しさを増している。そのような中で社会基盤の維持管理に適切に対処するためには、新技術の導入による各種構造物の点検・補修・補強の高度化はもちろん、各自の専門や所属の垣根を越えて地域の総力で維持管理の中核を担う総合技術者の育成が求められる。特に、社会の縮退が進む四国地域においては俯瞰的な視野から専門や所属の立場を越えて地域の総力で社会基盤のマネジメントに取り組む体制と人材（インフラ再生技術者）の育成が喫緊の課題である。

そのため、愛媛大学防災情報研究センターでは社会基盤の維持管理に取り組む技術者の養成を産官学協働で実施する教育プログラム「社会基盤メンテナンスエキスパート（ME）養成講座」（以下、「ME 養成講座」という）を平成 26 年度（2014 年度）より開設している¹⁾。ME 養成講座は愛媛大学の「履修証明プログラム」として運用され、令和 3 年度の第 8 期生までに 181 名の「四国 ME」を輩出している。

2. ME 養成講座の概要と資格

ME 養成講座は、文部科学省の「成長分野等における中核的専門人材養成等の戦略的推進事業」（平成 26～28 年度）および「専修学校による地域産業中核的人材養成事業」（平成 29 年度）における「地域ニーズに応えるインフラ再生技術者育成のためのカリキュラム設計」として、カリキュラムの構築に取り組んだものである。講座の目的は、新たな社会基盤の整備と既存社会基盤の維持管理・補修の計画・設計・実施技術を習得し、地域の活性化に貢献できる人材として社会基盤メンテナンスエキスパート（ME）を育成することにある。さらに、愛媛県や四国の地域的な特性を踏まえ、地震災害や豪雨災害などの防災に対し地域の核となる技術者の育成も目指している。

また、ME 養成講座は愛媛大学の履修証明プログラムとして文部科学省の「職業実践力育成プログラム（BP : Brush up Program）」に認定されている。講座を受講終了し、その後に実施する認定試験において一定基準以上の成績を修めた受講生に対しては、本講座の履修証明書を交付し、「四国 ME」の資格が授与される。さらに、四国 ME は国土交通省の規定を満たす“公共工事に関する調査及び設計等の品質確保に資する技術者資格”（民間資格）にも認定されている（表-1）。

表-1 四国 ME の民間資格が対象とする分野

施設分野	業務	知識・技術を求めるもの
橋梁（鋼橋）	点検／診断	担当技術者
橋梁（コンクリート橋）	点検／診断	担当技術者
トンネル	点検／診断	担当技術者

3. ME 養成講座のカリキュラム

ME 養成講座は計 12 日間（履修時間：121.5 時間）のカリキュラムよりなる（表-2, 3）。各科目は座学（対面講義またはオンライン遠隔講義）とグループ演習、フィールドワーク（現地実習）がつながるように設計されている。演習やフィールドワークを多く取り入れることで、点検、診断、補修のグループワークを通して深い理解を得られるように工夫している。また、本講座を受講する前には e ラーニングにより「橋梁構造物の維持管理」を事前学習する。写真-1 に ME 養成講座 12 日間の実施状況を示す。

表-2 社会基盤 ME 養成講座のカリキュラムの枠組み

講座期間	科目シリーズ
前期（第 1～2 日）	インフラマネジメント(1)
（第 3～5 日）	橋梁のメンテナンス
（第 6～7 日）	トンネルのメンテナンス、下水道のメンテナンス
後半（第 8～10 日）	港湾・海岸施設、河川構造物、斜面・擁壁の各メンテナンス
（第 11～12 日）	地域の地盤特性と災害、維持管理の現況、維持管理の新技術、インフラマネジメント(2)、メンテナンス技術者倫理、ワークショップ

表-3 社会基盤 ME 養成講座のカリキュラム構成（開催日は令和 2 年度講座）

科目枠	開催日	1時限目 (8:30～10:00)	2時限目 (10:20～11:50)	3時限目 (12:40～14:10)	4時限目 (14:30～16:00)	5時限目 (16:20～17:50)	(18:30～20:00)	
前半	1 8/27 (木)	開講式 ガイダンス	総論	インフラマネジメント(1) アセットマネジメント	グループ研究	講義等の レポート作成		
	2 8/31 (月)	劣化モデル		道路 (舗装、附帯設備)	社会基盤の 整備状況			
	3 9/2 (水)	橋梁のメンテナンス						
	4 9/3 (木)			(フィールド実習、演習)				
	5 9/4 (金)							
	6 9/17 (木)	トンネルのメンテナンス		下水道 (管路)のメンテナンス				
	7 9/18 (金)			(フィールド実習、演習)				
	8 9/30 (水)	港湾・海岸施設の メンテナンス		(フィールド実習、演習)		グループ研究		
	9 10/1 (木)	河川構造物の メンテナンス		(演習)		(ME報告)		
	10 10/2 (金)	斜面、擁壁等のメンテナンス		(フィールド実習、演習)				
	11 10/8 (木)	地域の地盤と災害		維持管理の新調査技術 (AI、新アプローチ、非破壊試験)				
	12 10/9 (金)	インフラマネジメント(2) LCC、リスクマネジメント		メンテナンス 技術者倫理	ワークショップ	閉講式		
eラーニング (橋梁構造物の維持管理; 受講前の学習)								



写真-1 ME養成講座12日間の実施状況

4. 四国 ME の取得構成と地域分布

四国 ME の交付者（図-1）は、令和 3 年度までの 8 年間で計 181 名に達した。四国 ME の所属構成と年齢構成を表-4 と表-5 に示す。また、図-2 に四国 ME の地域分布を示す。

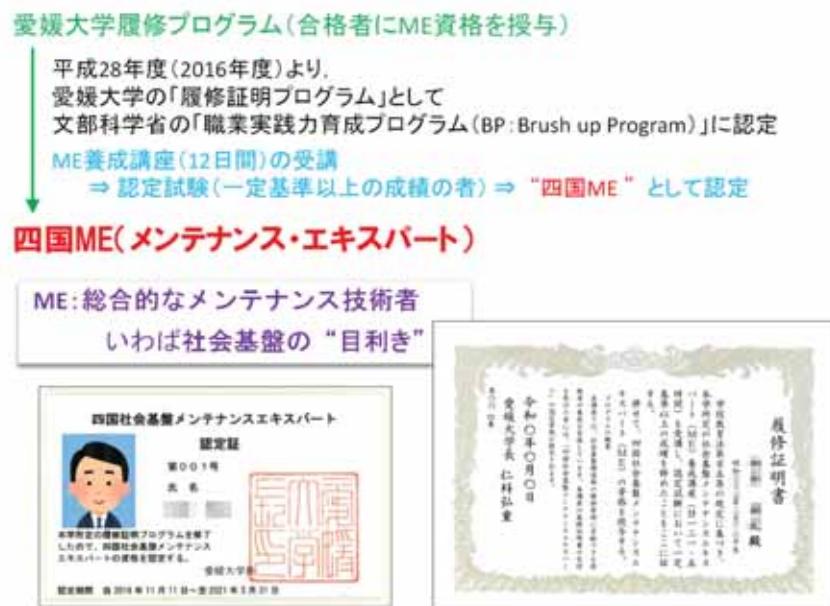


図-1 四国 ME 資格

表-4 四国MEの所属別の構成人数

所属 年度	行政機関				民間会社				
	国交省	愛媛県	市	町	公益会社	コンサル	建設会社	測量会社	その他
2014 (H26)	1	2	6	1	2	8	2	1	1
2015 (H27)	1	2	6	4	1	5	1	0	1
2016 (H28)	1	2	6	0	1	9	0	4	0
2017 (H29)	1	5	5	3	1	9	1	4	2
2018 (H30)	1	0	8	1	0	7	3	1	1
2019 (R01)	1	2	7	1	0	9	3	2	0
2020 (R02)	1	3	3	0	0	7	1	3	2
2021 (R03)	1	1	5	1	0	6	1	0	0
合計	8	17	46	11	5	60	12	15	7
	82				99				

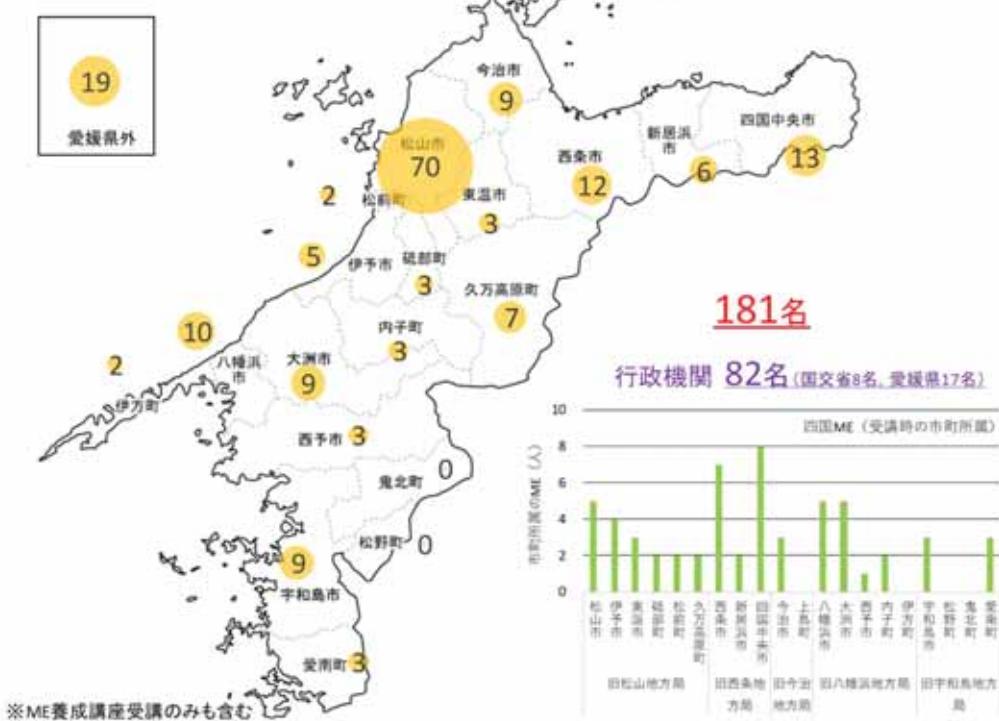
※所属はME養成講座の受講時

表-5 四国 ME の年齢別の構成人数

年齢 年度	20代		30代		40代		50代		60代
	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64
2014 (H26)	0	0	2	4	7	6	3	1	1
2015 (H27)	0	1	2	8	7	3	0	0	0
2016 (H28)	0	3	0	7	8	4	0	1	0
2017 (H29)	2	2	10	4	7	4	0	2	0
2018 (H30)	0	6	2	4	6	3	0	1	0
2019 (R01)	0	5	5	8	0	7	0	0	0
2020 (R02)	1	4	5	3	4	2	1	0	0
2021 (R03)	0	0	2	8	2	3	0	0	0
合計	3	21	28	46	41	32	4	5	1
	24		74		73		9		1

※年齢はMF養成講座の受講時

四国ME(1～8期;所在地)



四国ME(1～8期;行政)

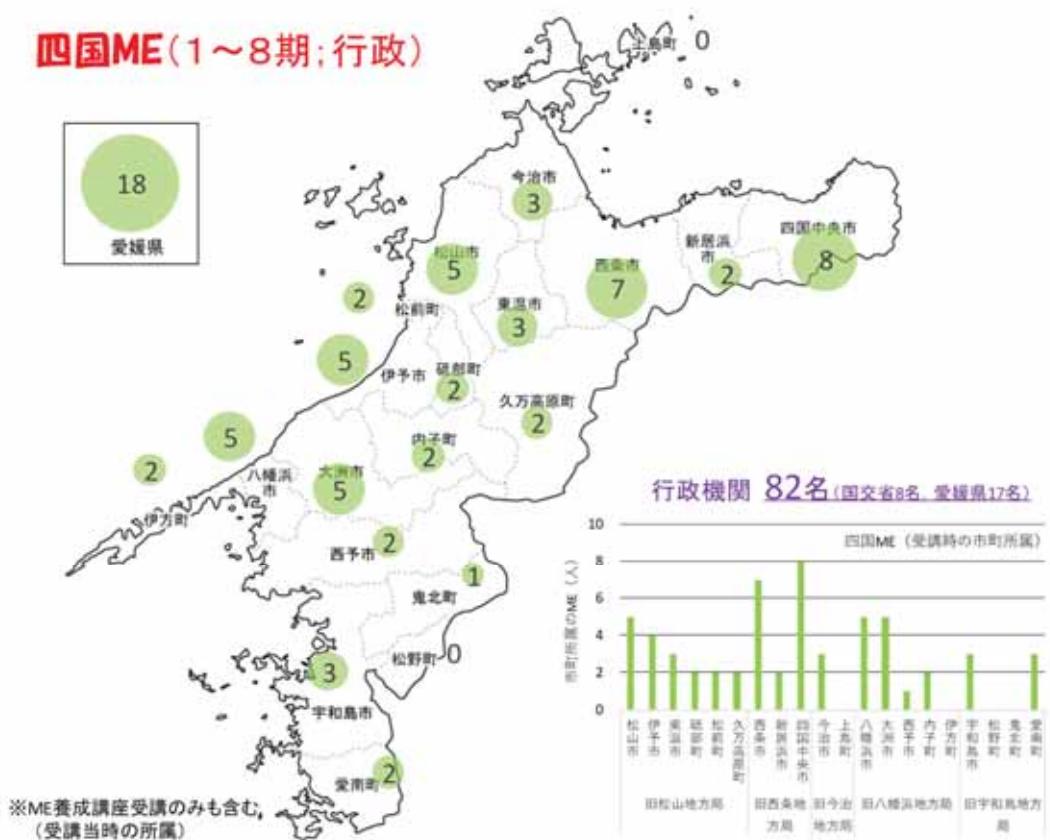


図-2 四国 ME の地域分布 (上図: 全体, 下図: 行政)

5. ME 養成講座の育成効果

ME 養成講座の育成効果の計測事例として、受講前後の実力診断試験によりインフラメンテナンスの多面的な基礎力の上昇を計測した結果を図-3 に示す。試験内容の詳細は割愛するが、図中に示す 5 つの設問について各年度とも同程度の基礎力の上昇がみられる。

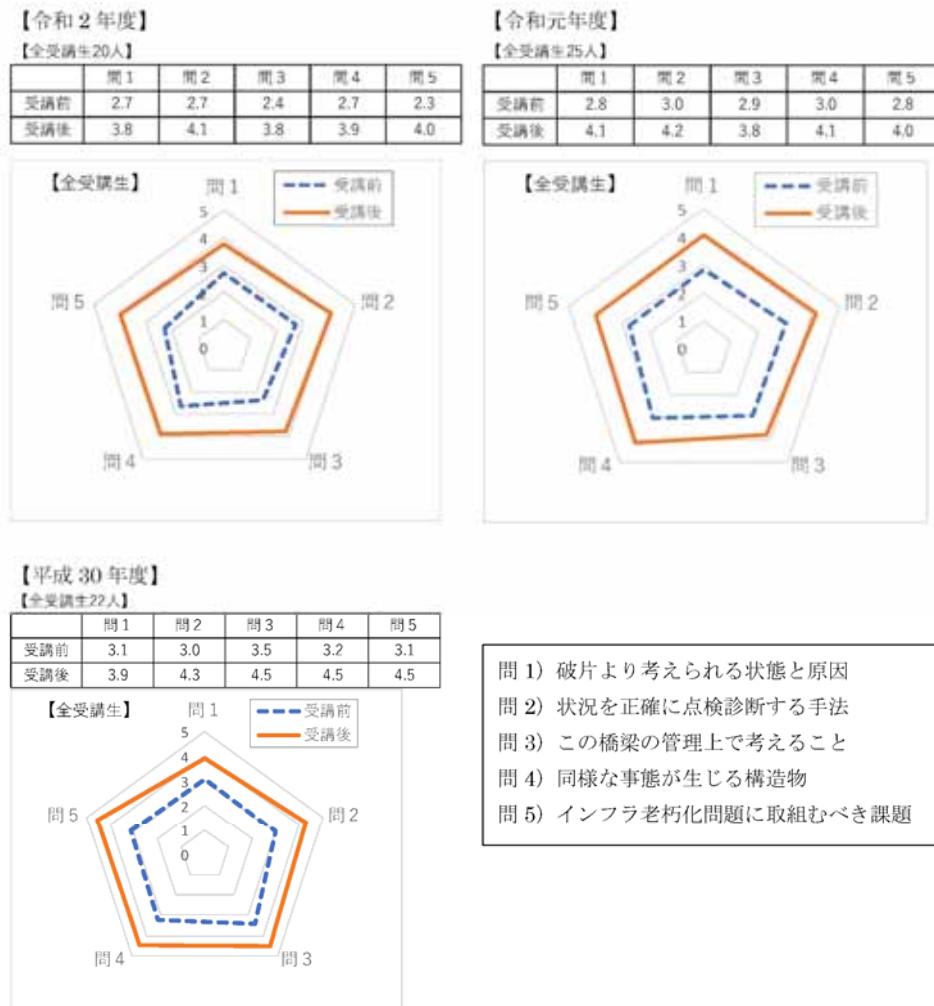


図-3 受講前後の実力診断試験結果（知識と基礎力の向上）

6. おわりに～人的ネットワークの構築～

ME 養成講座は産官学の垣根のない「技術と知識に基づく人的ネットワーク」を構築し、立場の枠を超えたコミュニケーションを実現する場でもある。延べ 12 日間のカリキュラムを共に学ぶことで、管理者側（行政）と民間側（建設会社等）の技術者が共通に高度な知識を持つとともに相互の連携を図ることにつなげる。この連携は「愛媛 ME の会」への参加を介してさらに醸成され、今後のインフラマネジメントに寄与することとなる。

なお、本講座は、平成 29 年第 1 回インフラメンテナンス大賞特別賞（国土交通省など 6 省）を受賞したことをお記しておきます。

参考文献

- 1) 山本浩司, 森脇 亮, 全 邦釤, 吉井稔雄, 森伸一郎 : 四国地域における社会基盤メンテナンスエキスパートの養成, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント) Vol.74, No.2, I_85-I_94, 2018

松山全世代型防災教育への取り組み

愛媛大学防災情報研究センター 中尾順子、矢田部龍一、中島淳子、奥宮啓介
松山市総合政策部防災・危機管理課 芝大輔、門田侑子、大原慎二、井上蒔万

1 まえがき

平成30年西日本豪雨災害で、幼い命が犠牲になったことや、一方、自主防災組織の早めの避難呼びかけにより命が救われたことをきっかけに、「松山全世代型の防災教育」への取り組みが始まった。令和元年度に、産官学民が一体となって、防災教育推進協議会を立ち上げ、活動を推進していく組織として、松山防災リーダー育成センターが設立され、松山市全体を巻き込む取り組みとなっている。対外的にも高く評価され、第8回ジャパン・レジリエンス・アワードで「準グランプリ 二階俊博国土強靭化提唱者賞」をはじめ、多くの賞を受賞した。

これまで松山市は防災への取り組みを熱心に進め、平成17年からは、積極的に防災士の資格の取得を推進してきた。学校や幼稚園の関係者等にも積極的に働きかけ、今では全国市町で1位の防災士数となった。また、愛媛大学では、環境防災学の講座を設け、防災士の資格取得を促し、市内4大学からなる学生防災リーダーを組織し活動してきた。こうした土台がある中で、小学生から高齢者まで切れ目のない防災教育を進めてきたものである。

2 概要

(1) 取り組みの特長 「つながり 広がる 防災教育」

全世代型防災教育



① 各世代の防災リーダーを育成するプログラムの構築 一たてのつながりー

小中学生や高校生には、学校教育の中で行う防災教育を推進するとともに、小学5年生から高校3年生までのジュニア防災リーダークラブを結成し、知識とともに体験を通して防災を学んでいくプログラムを構築した。

子どもたちに防災教育を進めていくために、教員への研修も必要である。管理職、10年目、初任者など、それぞれの立場で防災教育にどう取り組んでいくか、防災基礎知識講座、防災授業へのレクチャー、HUGや災害伝言ダイヤルなどの体験研修を、市の教育委員会と連携しながら進めた。

大学生は、愛媛大学で環境防災学の講座を終えた学生が、防災士の資格を取得し、学生防災リーダーとなって、学校や地域に出かけ活動することで知識と実践力を養っていく。愛媛大学からは全ての学部の学生が在籍するだけでなく、市内4大学の学生の組織として活動をしている。

地域の自主防災組織は、地域での研修だけでなく、松山市全体の組織として、活動に取り組んでいる。また、企業や福祉施設においても積極的に防災士の資格取得を推進している。各自主防災組織や企業内で研修を行ったり、松山市や大学が研修にかかわったりするなどして、防災エデュケーターとして、それぞれの地域や職場で防災をけん引するリーダーとして活躍している。

このように各世代で組織的に防災リーダーを育成することで、成長したリーダーの次の世代の活動の場へとつながっていく。つまり組織的に「たてのつながり」を構築する。

② 各世代、職業、国籍を超えてつながるプログラムの構築 一横のつながりー

学校の防災教育の例をみてみる。小学生の「防災まち歩き」において、高校生や地域の自主防災会、学生防災リーダーが一緒になって行った。授業を行う前に、教職員が自主防災会の方に地域のことを教えていただく場を持った学校もある。教職員の意識の高まりにもより、単なる知識から考え判断し行動できる教育へとつながるだけでなく、地域や学生との連携により、また子どもたちからの家庭や地域への発信により、子どもをキーパーソンに全世代がつながっていく。



学校の防災教育だけでなく、ジュニア防災リーダークラブの「防災キャンプ」では、学生防災リーダーが一緒に参加したり、企業防災士を講師として行う「まるごと防災 たんけん隊！」には、子どもと地元の自主防災組織が一緒に活動をしたりした。自主防災会が、子ども児童クラブの防災教室の講師になることもある。少年消防クラブの活動にジュニア防災リーダークラブも参加した。このように、それぞれの世代がかかわりあいながら活動をし、横のつながりを構築する。

世代や職業、国籍を超えた交流も広がっている。例えば、「大学生×女性消防団×女性防災士」では、世代を超えて協力し子育て向けの防災情報をまとめた「まつやま子育て防災ブック」を作成した。完成した冊子は、日赤の小児科に置いたり、母子手帳交付セットに入れ、子を持つすべての人が手にできるようにしたりした。また、「留学生×道後温泉旅館協同組合」では、外国人観光客の多い道後温泉で、実際に留学生に避難者役として参加してもらい多言語対応や応急手当などを実施した。



図-1 女性目線の話し合い 外国人の避難訓練

組織的に「たてのつながり」と「横のつながり」を構築することで、「全世代型の防災教育」を進めている。

(2) 全世代型防災リーダー育成プログラムの特色

防災教育を進めるうえでの基本理念

- 災害から生き抜く力 自分の命は自分で守る**
- 生涯を貫く生き抜く力 助けられる側から助ける側へ**
- 難読が大事 防災の担い手**
- 知識から考え判断し行動できる教育へ子どもが主体となる場**
- 防災をわがことに 現実感をもって**
- 自然の恵みと災い ふるさとへの思い 災害への備え**
- 家庭や地域との連携 人とのつながり 地域コミュニティー**

防災教育を進めるうえでの基本理念は左記のとおりであるが、根本にあるのは「防災教育は人材教育である」という捉え方である。これを実現していくにあたって、次の点に留意して、一つ一つの取り組みをつなげて大きくとらえ取り組んでいる。ジュニアの例である。

① 交流がある

子ども同士の中でも異年齢の交流があり、各世代の交流があり、様々な立場の人との交流がある。学生防災リーダーにアンケートをとると、「活動をしてきてコミュニケーション能力が伸びた」と感じる学生が多くいた。また、子どもや地域の方から頼りになる存在と認められ、自己有用感を高めた学生もいた。地域の自主防災会の研修に、中学生の防災士が講師となることもあるし、逆に自主防災会の方が子どもたちの講師となることもある。



図-2 自主防災会との交流

② 知識が得られる

国土交通省四国整備局松山河川国道事務所、NEXCO 西日本など、防災に関してそれぞれの専門的な立場で取り組んでいる関係機関に講師となっていただく。それぞれに専門分野があり、様々なノウハウを持っており、そこにしかできないことがある。経験知、専門知との出会いである。子どもたちはさまざまな考え方や思いを知り、知らないことを知る。視野が広がってくる。



図-3 トンネル工事現場見学

学校内外の様々な場で体験できる場を構築する。体験することで知識が自分のものとなる。年齢が違う、経験が違う、環境が違う、そういう人々と体験を通してかかわ

る。行動を起こすことで、自分だけではなく人のことも考えなければならない。気づきもある。防災の基礎知識だけでなく、コミュニケーション能力を高め、信頼感を高め、人への敬意や感謝の思いを持つ。人の気持ちを想像する力ができます。思いやりや感謝の気持ちを持つようになる。そうすることで、自他の命をさらに大切にし、一人一人を大切にします。行動を通して学ぶのである。

④ 考える場がある

活動をして終わりではなく、一人一人が何を感じ何を学んだかを言葉にしていく。体験の場においても、指示待ちではなく、自分で考え判断する場を設ける。例えば、避難シミュレーションなどは、場の設定を情報として与えるだけで、具体的にどう行動するかは考えさせる。そして必ず思いを共有する場を設ける。人の考えを知り、さらに自分の考えを深める。

⑤ 発表の場がある

グループで仕上げた防災マップの発表、活動後グループで話し合ったことの発表、課題研究の発表だけでなく、愛媛大学南加記念ホールや市民会館で発表の場を設けた。スライドを使った発表だけでなく劇も行った。他からの要請により、松山市コミュニティーセンターで発表をした子もいる。人に伝えるためにはどんな方法でどのような言葉で伝えればいいのか、再度考え方を整理し、表現方法を考えるなど、他を意識したものになる。



図-4 AEDの活用



図-5 考えを共有する場



図-6 防災マップの発表



図-7 ライオンズクラブ主催の会での発表



図-8 教育フォーラムでの劇

3 全世代型防災リーダー育成プログラムの成果

(1) 学校防災教育の広がり

小中高校生への防災教育プログラムの開発や教員への防災教育研修の実施により、学校での防災教育が広がっている。高校生は非営利国際組織 CITYNET の協力で、タイやネパールの高校生と交流をしている。防災を通じて多様な価値観を知り、自分で考える力を身に付けている。小学校から自分を守ることのできる人材を育成し、切れ目のない全世代型防災教育を継続することで、他者や地域を守る人づくりになっている。



図-10 アジアの学生との交流

(2) 防災リーダーの増加による防災教育の促進

ジュニア防災リーダークラブの結成や防災エデュケーターの育成により、様々な世代や場所で防災リーダーが増加したことで、これまで行政や大学だけで取り組んでいた防災教育が、各所で自発的に推進されている。



図-11 防災エデュケーター
による出前教室

(3) 異なる世代や職業の交流による防災活動の活性化

産官学民が連携して防災教育に取り組むことで、異なる世代や職業の交流が活発化している。これまでになかった新たな視点や知識が加わることで、防災の取り組みが前進したり、活性化したりする例が増えた。例えば、大学生が地区防災計画の策定を支援した。専攻を生かした避難シミュレーション作成やまち歩きなども地区と一緒に実施している。その結果、市内全 41 地区の計画策定が完了した。



図-12 地区の防災策定会議

(4) 各世代に育つ人材

ジュニア防災リーダー (小学生)

自分で考えて行動できる自信がついた。自分が防災リーダーとなって、友達や地域の人たちにもいろいろなことを教えてあげられるような人になりたい。

学生防災リーダー (大学生)

自らリーダーとなり周りの人を引っ張っていく「行動力」の大切さを感じた。将来は教員を目指している。「行動力」と「発信力」を磨き、次の世代につなぐ防災教育をしていきたい。

防災エデュケーター (自主防災組織)

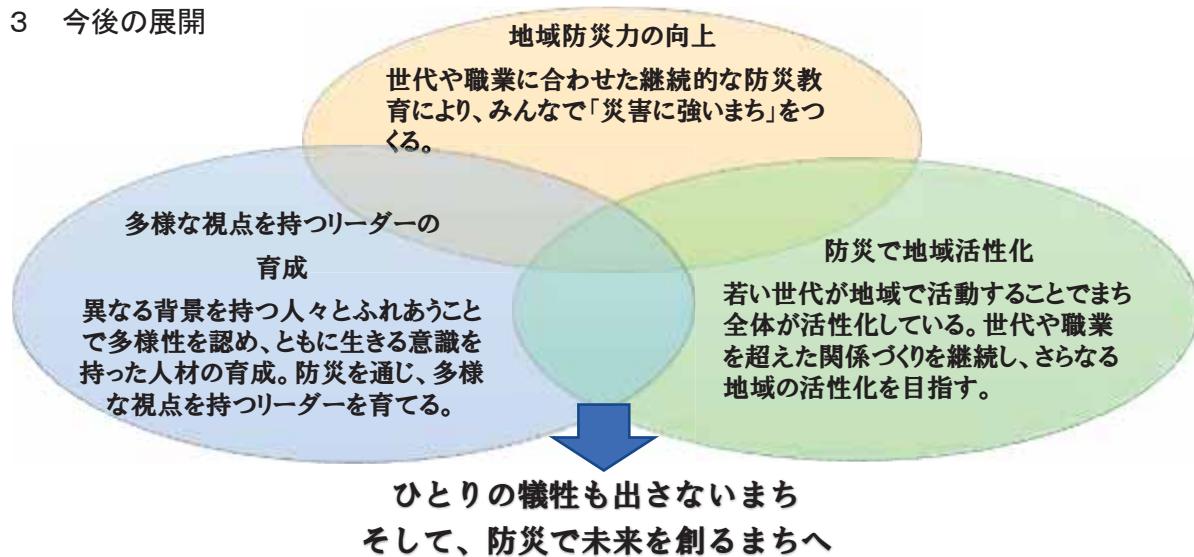
「防災はつながり」ということを大切にしている。全世代型防災教育は、産官学民が連携し、多くの人・団体がかかわっているので、自然と世代や職業を超えた関係づくりが進んでいく。

世界の災害の事例をみると貧困とかジェンダーの問題だとか、宗教や文化とか、そういう問題が関連して、避難行動の妨げになっている例がいくつかあるということが調べてみるとわかつた。防災についていろんな視点からとらえて被害が減るように、地域の特色に合わせた防災教育はどんなものなのか調べて研究していきたい。

進学先の大学で、様々な課題意識を持つ人が集まつてくるので、ジェンダーとか貧困とかいろんな問題に目を向けて、防災に活かせるものはないか研究して、世界の防災や災害が多い地域だとその地域ならではの防災知識だとかあると思うので、そのようなものを研究して、できれば松山に還元したい。(ジュニア防災リーダークラブを卒業し大学生となった生徒)

これらの言葉をみると、子どもたちは、防災教育をすることで、自己を確立していく、社会の中での役割意識も芽生え、将来を見据えるようになっている。子どもだけでなく、大人も互いに学び合い、関係づくりをしていく。松山における防災教育は「命を守る教育」であり「人材教育」である。

3 今後の展開



今年度は、全世代共通の取り組みとして「マイ・タイムラインを活用した逃げ遅れゼロプロジェクト」を取り掛かっている。令和4年5月には、「松山逃げ遅れゼロプロジェクト協議会」を設立した。「学校・地域・施設」の3本柱で取り組みを具体化していく。学校においては、市内の中学1年生4,000名を対象にマイ・タイムラインの授業を行い「命のはがきプロジェクト」も展開する。地域においては、講師を養成していく。また、それぞれの施設版のタイムラインも作成していく。このことにより、関係機関との結びつきがさらに強くなるとともに、それぞれの特色を生かした取り組みをつなぐことができ、相乗効果が期待できる。また、中学生に行う「命のはがきプロジェクト」は、防災について学んだ生徒が大切な人を想い一枚のはがきにメッセージとして伝えるというものである。子どもからの発信が行動に結びつく大きなきっかけとなることが期待できる。また「まるごと防災 たんけん隊！協議会」も設立をした。関係機関と連携し、様々な場で学ぶ機会をつくる。

「松山逃げ遅れゼロプロジェクト協議会」や「まるごと防災 たんけん隊！協議会」の設立は、関係機関をつなぐだけでなく、それぞれが自主的に活動の場を広げることで、所属する一人一人の社会の中の役割がより鮮明になり、活躍の場ができる。そのことにより、子どもだけでなく、大人の自己有用感にもつながるものとして期待できる。これらの積み重ねで防災教育は「自立」と「継続」が可能になっていく。

各世代に防災教育を充実させつつ、たてと横を結びつけることにより「つながり 広がる防災教育」を今後も展開し、子どもたちの未来へ、地域の未来へとつないでいく。

なお、本プロジェクトは、令和3年度1.17防災未来賞「ぼうさい甲子園」において、「ぼうさい大賞（学生防災リーダー）」と「UR レジリエンス賞（ジュニア防災リーダークラブ）」、総務省第26回防災まちづくり大賞で「消防庁長官賞」、「2022年防災士功労賞」、「令和3年度松山市市民活動推進事業表彰」、第8回ジャパン・レジリエンス・アワードで「準グランプリ二階俊博国土強靭化提唱者賞」を受賞。

松山アーバンデザインセンターの取り組みについて

愛媛大学松山アーバンデザインセンター特定講師 三谷卓磨

1. はじめに

松山アーバンデザインセンターは、2014年公民学が連携したまちづくりのプラットフォームとして設立され、花園町通り、道後地区などをはじめ、松山市内を対象にハードからソフトまで幅広いマネジメントを担っている。設立の背景には、「まちづくりに関して専門的・学術的な助言を行う役割」「行政の縦割りに横串を指すようなシンクタンク的な役割」「行政と市民の間に入り繋ぐ役割」が求められていたことがあり、設立以降「学びや交流の場づくり」「人材育成」「社会実験による段階的な都市空間の整備」「質の高い都市デザインの実現」を目指し、研究活動を継続している。

今回は、松山アーバンデザインセンターが中心的な役割を担った「移動する建築」と、「アーバンデザイン・スマートシティスクール松山」の取り組みについて紹介する。

2. 「移動する建築」の取り組みについて

(1) 概要

本プロジェクトは、松山市のふたつの広場的空间（花園町通りと道後温泉別館・飛鳥乃湯泉中庭）に、市民の多彩なアクティビティを呼び込むためのプログラム開発を行ったものである。移動するという仮設性や、地域密着の参加プロセス、地域特性を読み込んだデザインにより、市民による主体的で独創的な活動を誘発し、地方都市のまちなかに市民が集う機会を創出することを目指した。全国コンペでデザイナーを選定したのち、ワークショップで市民との対話を繰り返しながら、地元の若手職人と密な連携をとりつつ設計製作を進め、地域組織の会合に足を運んで方針を固めた。完成して間もなく、地元イベントが計画され、まちづくりの芽として育てることを実現した。

この取り組みは松山アーバンデザインセンターだけでなく、株式会社ウイング キムテボン、タカユキバンバプラスアソシエイツ バンバタカユキ、ナグモデザイン事務所 南雲勝志、伊予匠ノ会と共同で実施したものである。

(2) 背景

人々の多彩なアクティビティを都市のパブリックスペースで展開し、にぎわいや交流を取り戻すことは、松山に限らず多くの地方都市で求められているであろう。しかしながら、そのようなアクティビティを実施する「担い手」は大きく不足しており、同志が見つからない、活動の拠点やツールがない、またそのデザインができないなど、さまざまな課題を有している。本プロジェクトは、これらを同時に解決しながら、市民ひとりひとりの思いを集め、新たに生まれる二つの広場的空间が魅力的に活用されていくことを目指し取り組みを行った。

(3) 花園町通り「まちを旅する4つの屋台」

花園町通りの「まちを旅する4つの屋台」は、4基の折りたたみ式屋台である。フレームは同形ながら、座面・棚などの仕様が異なる4基の組合せによって、通りに開いたり閉じたりでき、また商い以外のさまざまな活動を受けとめることができる。特にまちなかに子供の遊び場が不足している現状を踏まえ、子供たちが使いたくなるデザインを目指した。また、製作過程では地元職人と対話を重ね、彼らがこの屋台を「自分の仕事である」と思えるようプロセスを共有した。

(4) 飛鳥乃湯泉「街の中の雲」

飛鳥乃湯泉の「街の中の雲」は、風船状の「雲」である。その浮かばせ方からその下に置かれるイスのデザインまで、ワークショップで参加市民と考えた。例えば、雲形のイスの線は子供たちが描いたものを採用している。雲の生地は松山に工場をもつ帝人フロンティア（株）開発の極薄・高強度・軽量（48g/m²）の特注膜を提供してもらい、風でゆったりとやわらかく表情を変化させる浮遊屋根が実現した。（図-1）



図-1 移動する建築「まちを旅する4つの屋台」「街の中の雲」の実施状況

3. 「アーバンデザイン・スマートシティスクール松山」の取り組みについて

(1) 概要

アーバンデザイン・スマートシティスクール松山は、チーム毎に個別敷地の歴史的成り立ちを踏まえた実践的なまちづくり活動を学ぶ場である。さまざまな受講者同士が互いの敷地をモビリティで結びつけ、景観とツーリズムがどのような相互作用を生み出すのか、滞在時間、訪問頻度などの計量化によるまちの魅力再評価を通じて、今までにはないまちづくりの方法について参加者が学ぶことを目的として取り組んだものである。

(2) 背景

UDCMが活動初期において取り組んだみんなのひろばの社会実験では、まずやってみることに重きを置いた教育プログラムを開発してきた。その後、花園町通り、松山駅といった複数の敷地の市民教育プログラムへと発展させ、受講者のデザイン教育プログラムの深度化を目指した。今回のスクール活動では、プログラムデザインとその実践を、スマートシティ技術を用いて発展させ、松山の新たな移動風景づくりと学びの場づくりに取り組むこととした。

(3) スマートシティスクール活動の実施

スマートシティスクール活動は、学生と社会人計40名の受講生が、6グループにわかれて活動プランづくりとその実践に向けて取り組んだ。各グループにはUDCMプロジェクトディレクターをメ

ンターとして配置し、グループの受講生たちに助言をおこないながら、活動に伴走する役割を担った。

(図-2) なお、スマートシティスクールのオンライン講義は、受講生以外も聴講できるよう、UDCMのYouTubeチャンネルにてライブ配信をおこなった。ライブ配信は申込不要、参加無料で市民などがリアルタイムで視聴することが可能とした。グループワークについては、メンバーの都合やCOVID-19感染状況に合わせ、対面とオンラインを織り交ぜて取り組んだ。実施頻度はグループによってまちまちであったが、「活動コンセプト」の発表以降は、多くのグループが週1回程度、定期的にオンラインで集まり、議論や準備を進めた。グループ内外のコミュニケーションについては、スマートシティスクール用に開設したSlackを積極的に利用するよう呼びかけたため、日常的な交流や資料の共有などがSlack上でおこなわれた。運営スタッフも各グループ内のやりとりを確認し、各グループの進捗状況を容易に把握することが可能であった。(図-3) グループ活動には節目を設け、9月に「活動コンセプト」、12月に「活動プラン」を発表し、コメントーターの講評に基づき、最終的な活動プランの実施に向けた準備を行った。

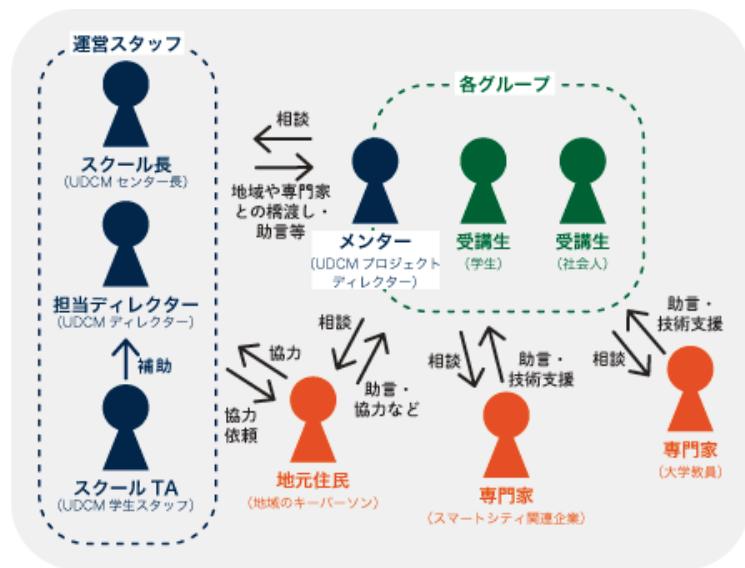


図-2 スクールの運営体制



図-3 「アーバンデザイン・スマートシティスクール松山」でのSlack上の進捗共有



図-4 開催見送りになった『urban design week.』の全体パンフレット（マップ面）

(4) 社会実験「urban design week.」の準備と開催見送り

活動プランの実施の場であった社会実験「urban design week.」は、COVID-19 新規感染者の急激な増加を鑑み、開催を見送ることになったが、受講生やプロジェクトメンバーたちが、市内の各敷地での豊かな空間と機会（アクティビティ）づくり、それらをつなぐ車両（モビリティ、愛称：MATSUMOBI）運行の準備（図-4）に取り組んだことで、これまで関係性があまりなかった敷地や敷地の関係者の方々、新たな地域の協力者に巡り合うことができた。

4. 今後の展開について

COVID-19 による感染拡大以降、「移動する建築」については数回の屋台の活用にとどまっており、今後の完全復活に期待して取り組んでいきたい。「アーバンデザイン・スマートシティスクール松山」については、今後も市民が気軽に参加できるプログラムの開発と、地域のプレイヤーと連携したまちの面白い取組み、仕掛けづくりを行う予定である。今年度も受講生を募集し、新たな挑戦に取り組んでいきたい。

受賞

なお、本原稿で紹介した「移動する建築」は 2018 年度グッドデザイン賞を受賞、「アーバンデザイン・スマートシティスクール松山」は 2022 年度都市景観大賞「景観まちづくり活動・教育部門」（優秀賞）を受賞したこと付記する。

謝辞

本原稿は、尾崎信氏、板東ゆかり氏ほか UDCM 関係者みなさまの成果をもとに執筆を行った。ここに記して感謝の意を表したい。

愛媛大学防災情報研究センター技術開発講演会
「防災対応における新技術・新工法の開発と防災人材の育成」

2022年7月5日 発行

編 集 愛媛大学防災情報研究センター (<https://cdmir/jp>)
松山防災リーダー育成センター
(<https://matsuyama-bltc.com/>)
〒790-8577 松山市文京町3 TEL 089-927-8141

発行所 愛媛大学防災情報研究センター
〒790-8577 松山市文京町3
