

# 第10回 技術発表会

## 論文集

【WEB版】

2013.9.19

ホテル熊本テルサ

一般社団法人 熊本県測量設計コンサルタンツ協会

## ■ 特別講演

---

熊本市の市街地の変遷と道路	1
森 正明(技術士) (株)水野建設コンサルタント	

## ■ 技術発表

---

1. 地域に開かれたダム管理に向けた取組み	4
楠本 良一 (株)九州開発エンジニアリング	

---

2. 橋脚柱部のコンクリート内部健全性の評価	8
松永 崇 (株)大進コンサルタント	

---

3. 異種金属接触腐食を生じた橋梁の調査・補修設計	11
吉田 真悟 (株)十八測量設計	

---

4. 地理空間情報を活用した安全安心・生活支援の検討	15
松田 清香 西日本測量設計(株)	

---

5. 3次元レーザースキャナーとデジタル写真を活用した文化財の実測	19
大和 宏明 (株)有明測量開発社	

---

6. 一級河川白川源流湧水地における石造護岸水制工の調査・計画・設計	22
中村 建太郎 (株)建設プロジェクトセンター	

---

7. 地籍調査の課題と今後の在り方について	26
吉海 幸裕 (株)有明測量開発社	

---

8. 深い支持地盤におけるグラウンドアンカーの設計と施工	29
井場 友彬 (株)熊本建設コンサルタント	

---

9. GIS及びGPSを活用したモニタリング調査の効率化	33
田畑 智廣 アジアプランニング(株)	

---

10. 床止め工の施工計画について	37
坂口 正光 (株)水野建設コンサルタント	

---

11. 高所・急崖地における3Dスキャナーの適用性	41
西 作治郎 (株)ワコー	

## ■ 業務報告会論文作成要領・例

◀ ◆ 特別講演 ◆ ▶

# 熊本市の市街地の変遷と道路

(株) 水野建設コンサルタント 設計部 森 正明

古くは隈本城があり、加藤清正による熊本城築城があり、城とともに発展してきた熊本市。しかし、城を中心とした城下町の道路網は、明治の軽便鉄道網の設置の頃から次第に支障をきたすようになり、自動車交通の伸展に伴い、決定的に改変の必要性が生じた。戦前は軍による道路整備、戦後は建設省や県、市による整備が進められたが、現在も城下町の名残、戦前の名残があり、自動車交通には不向きな道路も見受けられる。

このような熊本市の市街地や道路網の変遷を踏まえ、市街地での道路整備のあり方について考察するものである。

**キーワード ; 市街地の道路, 城下町の道路, 道路整備**

## 1. はじめに

熊本市の城下町は、加藤清正の築城後に形づくられた。築城以前からあった町に加え、侍町や町人町などが作られ、前者を古町、後者は新町と称した。

新町は現在も電停名にも残る所で、古町はその南側とされている。

因に、古町には明治期の市電の熊本駅～浄行寺間の路線が今もほぼそのままに残っている。現在の呉服町付近の、何度も直角に曲がるルートであり、古町の町割りをそのまま残して走っている。

清正が築城した頃は関ヶ原の合戦の後、まだ合戦の可能性も残る時代。そんな中での町割りは、侍町の割合が大きく、その範囲は上記新町、古町を除く城の外周のほぼ全域に広がっていた、とされている。

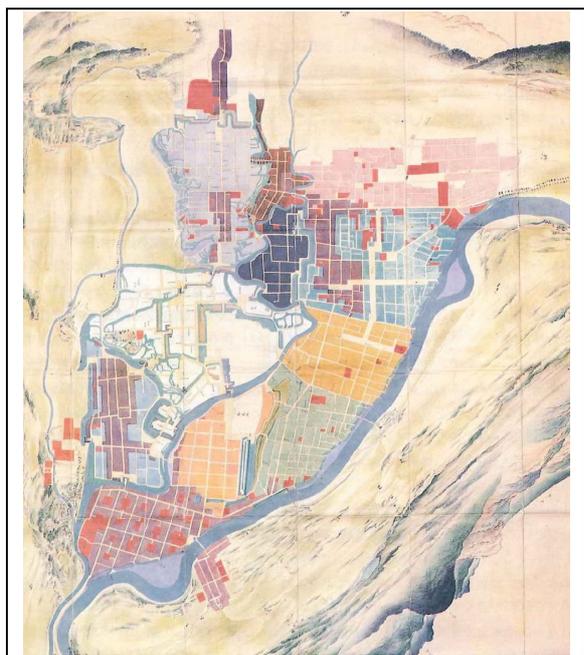


図-1 熊本城下町絵図 (熊本県立図書館蔵)

この侍町の町割りが、今の一般国道3号などに残っている。外坪井の緩やかなS字カーブである。ここは千反畑広小路と呼ばれる、かぎ型に曲がった火除け空間であった。しかし、先の市電ルートとは違い、国道3号ではかぎ型の路線を残すことは困難だった。九州を縦断する国道であり、多くの自動車交通の用に供するにはカギ型は不適當であった。

その様子は、前後の直線区間に比べると緩やかな曲線になっていることで伺うことができる。あまり意識せずに通っている方も多かもしれませんが、このような古道を改変するには大変な苦勞があったことでしょう。

## 2. 明治から戦前までの道路網の変遷

白川を城の防衛線として、その西側に展開していた熊本の城下町は、明治になって、次第に白川の東側に展開していくことになる。それは、白川への橋梁の架設とともに展開される。

古地図によると、明治の初めの頃にあった橋は安政橋と長六橋の2つだけ。町はこの2つの橋の東側



図-2 明治45年の熊本市街地

に展開し始める。今の新屋敷、迎町である。

その後、明午橋、安巳橋、明辰橋、思案橋などが架けられ、明治末期には世継橋や新世継橋も架けられることとなる。それでも、明治末期の白川の東側は、本荘や本山、大江などに広がっただけであった。

明治期は、文明開化の申し子ともいえる鉄道を中心に伸展した。熊本でも、明治末期までに鹿児島本線が全通。中心的な駅は上熊本駅であった。

軽便鉄道が敷かれ、上熊本駅を中心に路線を展開。街中を蒸気機関車が走るというもので、城下町のかぎ型道路を、直角曲がりや、煙を吐きつつ蒸気機関車が走っていた。



図-3 明治45年の軽便鉄道の線路図

軽便鉄道はやがて電化され、大正15年には市街地部の市電の路線がほぼ現在の状態となった。しかし、依然、かぎ型の道路はほぼそのまま残った。また、白川の東側地域では、市電や放射状の道路沿いに街が広がって（スプロール化して）いった。



図-4 大正15年の電車の線路図

昭和に入って、大正期以上の変化があった。白川～豊肥線間の宅地化が進み、豊肥線の東側には飛行場や関連する工場が作られた（図-5）。帝国陸軍、華やかなりし頃である。

着目したいのは、この時の郊外部の道。

工場までは豊肥線から分岐した専用鉄道が敷かれ、工場～飛行場間には道路が整備された。これらの道路が今も残っており（鉄道は廃線後に道路として整備され）、郊外部で異彩を放っている。

工場の角地は尾ノ上の3枝交差点。飛行場～工場間の道は尾ノ上から新外、県立大への道として残り、当時の直角曲がりもそのまま残っている。



図-5 昭和15年の市街地（東区付近）

反面、市街地部に目を向けると、熊本駅から白川沿いには軍用道路が整備されている。現在の産業道路である。その後、この道路が延伸され、国体道路が整備されて、熊本空港方面を結ぶ一大幹線道路となったのである。

### 3. 城下町の道路

このような直角曲がりやかぎ型道路などが残る都市は多く、福岡市の中心部においても見られる。



図-6 福岡市古地図（福岡県立図書館蔵）

天神の北と西にあるかぎ型道路はいずれも幹線道路にある。このうち東西方向の路線のかぎ型は古地図でも確認できる、城下町の名残であるが、南北工法のかぎ型は城下町の地図にはみられない。

天神を南北に貫く道路は、明治の豪商渡辺与八郎が私財を擲って造ったもので、その名をとって渡辺通りと呼ばれている。この道路は、北側に整備された鉄道の駅舎と直線的に結ばれた。鉄道廃線後、駅舎を迂回する「かぎ型」道路が残ったという次第。

そして、城下町といえば江戸、東京である。

東京の市街地規模は格別に大きい、城もまた国内最大規模であり、内堀の中だけでも熊本城の城下町がすっぽり入るほどです。

その江戸では、日本橋を起点に5街道が整備されたが、その跡は、現在の東京の中心部にくっきりと残っている。日本橋は木橋から石橋にかわったが、東海道や甲州街道、中山道などのルートは現在も国道15号などとして残り、国道1号も直角曲りである。

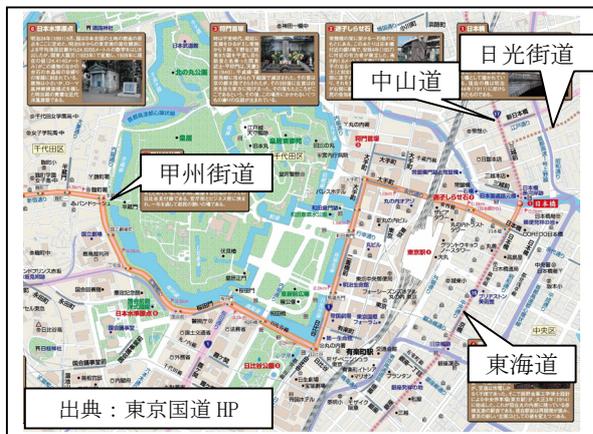


図-7 東京の中心部の旧五街道

一方、外国に目を向けると、古城を中心とした旧市街と、華やかな商店街などが展開する新市街とで使い分けされている。ミュンヘンの市街地図を見ても、整然とした道路と、細かく入り組んだ道路によっても新旧市街が区分できる。

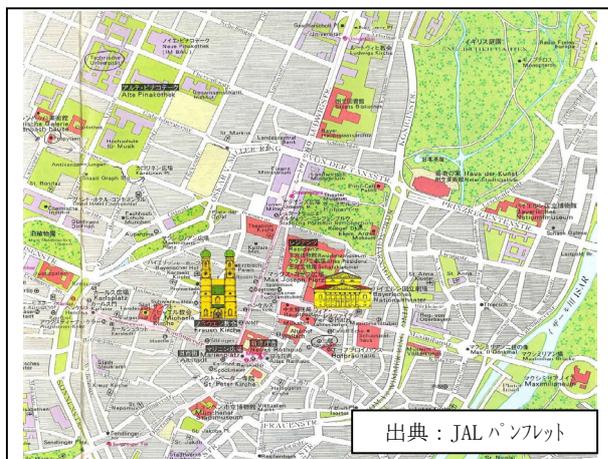


図-8 ミュンヘンの市街地図

このような街の構成はヨーロッパ各地でみられ、古城を含む旧市街の保存が図られ、それが格好の観光資源ともなっている。また、一部の市街地では道幅の狭い所にLRT（軽量電車）を整備し、歩行者の利便性向上を図る、いわゆるトランジットモールの整備も進んでいる。

これによりLRTを利用した快適な移動を可能とし、人々が集まる市街地形成により賑わいも創出している。

#### 4. 城下町での道路整備について

熊本市街地のかぎ型道路などは、現在、大きな交通のネックにはなっていないようにみえるが、快適な通行には不向きな形状である。また、朝夕のピーク時には狭い道を迂回する交通もみられる。

古い遺跡などを残す立場からは、城郭はもちろん、小さなこん跡も貴重といえるでしょう。しかし、今や自動車交通は社会生活に不可欠であり、特に、幹線道路の走り安さは重要です。初めて来た熊本で、ドライバーが戸惑うことなく通行できることが重要です。

熊本城の周辺など、保存が望まれる区域などでは昔ながらの道路網そのままに「注意して走行して下さい」、という区域があってもいいでしょう。しかし、幹線道路では、一般的な交通ルールで通行できる程度の形状とすべきです。

今、「ゾーン30」という施策が展開されている。制限速度30km/hという区域を設定し、地域の交通安全向上を図ろうという考え方です。また、道路網について、階層化を踏まえた整備が提案されています。つまり、細街路から幹線街路へ、都市間道路へと、順次、道路機能の高い道路（走行速度の大きい道路）へ有機的に連絡された道路網です。

ビルが立ち並んだ市街地をどのように改良するのか、という問題もありますが、将来を見据えた青写真が必要であり、そのための都市計画が重要です。

今後50年、70年でどのような街にしていくのか、そのための道路網のあり方を考える必要があります。

明治期や戦前と違って、都市計画や交通計画など、整備手法は大きく前進しています。過去の例を踏まえ、外国の事例を参考に、子や孫が快適に過ごせるまちづくり、みちづくりを考えていく必要があります。

#### 参考文献

- 1) 熊本市制100周年記念（図説 熊本・わが町）  
熊本日日新聞社 1988
- 2) 第85回交通工学講習会（社）交通工学研究会、2010
- 4) 第6回シンポジウム（道路計画と設計のありかた）  
（社）交通工学研究会、2012

(2013. 8. 7提出)

◆ 技術発表 ◆

# 地域に開かれたダム管理に向けた取組み

(株)九州開発エンジニアリング 技術部 楠本 良一

氷川ダムは、「地域に開かれたダム管理」を提唱し、観光・レクリエーション資源として貯水池（肥後平家湖）及び周辺施設の活発な利活用を図り、地域振興につなげていく取組みを実施している。「地域に開かれたダム管理」に向けて、①泳げるダム～水環境の保全・改善、②ワカサギの復活、③環境学習の場の創設、という3つの目標を定め、様々な取組みを行っている。

ダムの水質調査を軸として、氷川ダム管理所だけでなく、八代市や学識者、民間団体、氷川漁協等の主体同士の連携の創出や強化を、総合的な技術支援として行った事例として紹介する。

**キーワード**；地域に開かれたダム管理、水質改善、外来種対策、湖面利用、地域活性化

## 1. はじめに

氷川ダムは、氷川流域の治水対策としての洪水調節、上水道用水の供給、かんがい用水の補給を目的として、昭和50年に完成した多目的ダムである。氷川流域は、九州山地を源流とし、上流域には五木五家荘県立自然公園、下流域には種山石工の石橋群、河口付近には希少種のクロツラヘラサギの飛来地などがあり、特色ある地域となっている。（図-1）

氷川ダムは、「地域に開かれたダム管理」を提唱している。地域に開かれたダム管理とは、ダム及び周辺施設を開放することで、豊かな自然環境とレクリエーションの場として、ダムの活発な利活用を推進し、地域密着型のダムとして、地域の発展に貢献する取組みである。「地域に開かれたダム管理」に向けて、①泳げるダム～水環境の保全・改善、②ワカサギの復活、③環境学習の場の創設、という3つの目標を定め、様々な取組みを行っている。本論では、その取組みの中で実施した、ダムの水質調査を軸とする総合的な技術支援について記述する。



図-1 氷川ダム位置図

## 2. 水環境の保全・改善

### (1) 氷川ダムにおける環境基準達成状況

氷川ダムは、環境基準A類型（河川）に指定され

ている。環境基準の達成状況は、昭和60年から平成24年までの経年変化をみると、大腸菌群数及び貯水池下層の溶存酸素（DO）濃度が基準を超過する傾向にある。（図-2、3）DO濃度の低い貧酸素水層は、成層期の夏に底上1～2mの最下層部で発生し、深層曝気装置の効果が及ばない部分であると考えられる。大腸菌群数は、有機物濃度が低いことから、ふん便汚染ではなく、自然由来の細菌であると考えられる。

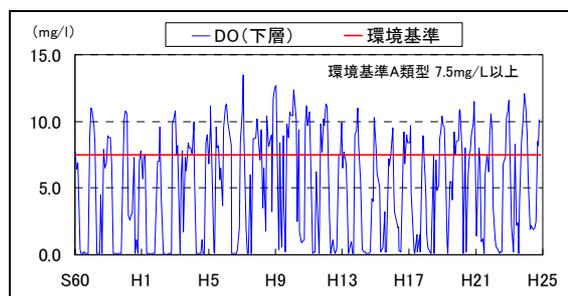


図-2 DO（下層）の経年変化図

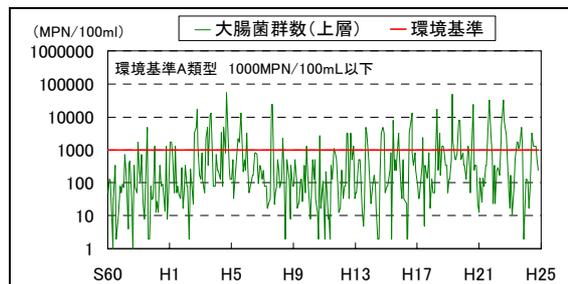


図-3 大腸菌群数（上層）の経年変化図

### (2) 氷川ダムにおける水質状況の変遷

昭和60年から平成24年までの水温の5ヵ年移動平均値の傾向をみると、深層曝気装置を導入した平成18年を含む期間18以降、貯水池上層と下層の水温差が縮小傾向にあり、装置の循環効果が認められる。

（図-4）しかし、平成22年以降、氷川ダム再開発事業（堤体嵩上げ）により貯水容量及び湛水面積が増

加し、従来陸域であった箇所の水没による、一時的な水質悪化がみられた。全リンの5ヵ年移動平均値の傾向をみると、平成22年を含む期間22以降、栄養塩類の一つであるリンが上層において増加傾向にあり、今後の動向に注意する必要がある。(図-5)

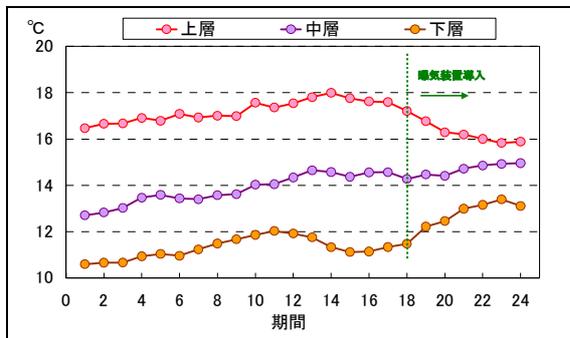


図-4 水温の移動平均変化図

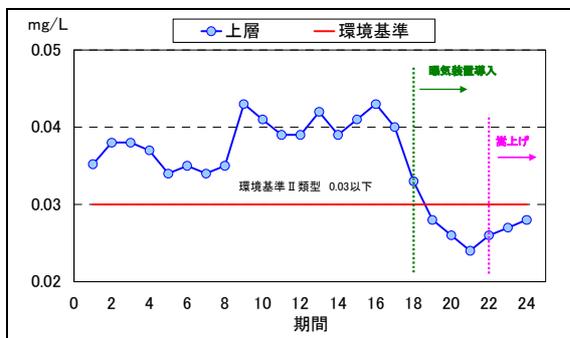


図-5 全リンの移動平均変化図

### (3) 生物異常発生

氷川ダムでは、夏季のアオコ（原因種：藍藻類）が問題となっていたが、曝気装置の導入後、発生は抑制されている。しかし、近年は冬季に淡水赤潮（原因種：渦鞭毛藻類）の発生が頻発している。氷川ダムにおける淡水赤潮の発生機構は、例年の発生傾向から、栄養塩類のうち特にリンとの関係性が高いと考えられるが、依然として未解明な部分が多く、今後の動向に注意が必要である。(写真-1) また、出水時や渇水期において、緑藻類による「水の華」(原因種：緑藻類)の発生も増えている。出水時は栄養塩類の流入による一時的な富栄養化、渇水期は流入量の減少と貯水池の回転率の低下による一時的な水質悪化が要因と考えられる。なお、藍藻類によるアオコと区別するため、緑藻類による着色現象を「水の華」としている。(写真-2)



写真-1 淡水赤潮発生状況



写真-2 「水の華」発生状況

### (4) 水質改善技術の開発

既設の噴水・曝気装置により、一定の水質改善効果が認められているが、水環境の更なる保全・改善に向けて新たな対策が望まれる。水質改善は、多くのダムで共通の問題であり、氷川ダムのみならず、ダム全般の水質改善に向けて、現在、新技術の開発を進めている。氷川ダムにおける取組み事例ではないが、今後、氷川ダムにおいても導入可能と考えられるため、ここで紹介する。

水質改善対策として、株式会社ネイチャー及び國富株式会社と共同で、ダム湖等で発生する貧酸素水層の解消を目的とした水質改善装置（レイクコントローラー）を開発した。レイクコントローラーは、底層曝気を低コスト、省エネルギーで行う装置である。構造は、自動吸気式マイクロバブル発生装置、取水管及び送水管、取水層及び送水層を持つ浮力体、熱交換機からなる。(図-6)

水中ポンプで貧酸素水層の水を揚水し、送水管の吐出口に設置したノズルから自動的に空気を取り込み、マイクロバブルを発生させる。取水層では揚水時に湖面より水位が低くなるため、上向きの力が働き深層水が上昇する。逆に送水層では湖面より水位が高くなるため、下向きの力が働きマイクロバブルを含んだ深層水が下降する。このように水頭差を利用した取水・送水システムであるため、揚力の小さいポンプで揚水可能であり、従来の曝気装置に比べて省エネルギーである。レイクコントローラーは、国土交通省の新技术活用システム（NETIS）に登録が完了し、今後、ダムへの導入に向けた検討を行う予定である。

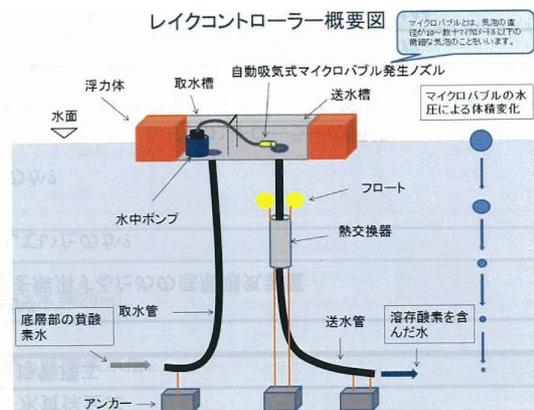


図-6 レイクコントローラー概要図

### 3. ワカサギの復活

#### (1) ブラックバスの産卵場調査

ワカサギの復活のためには、天敵である外来魚の駆除が必要となる。氷川ダムでは、外来魚の中でもオオクチバス（以下、ブラックバス）に注目し、対策を開始した。ブラックバスは、食用等の目的で意図的に移入され、レジャー目的による放流等で生息域が拡大している。また、様々な生物を捕食するため、在来の生態系への影響が懸念されている。

ブラックバスが貯水池のどこで産卵・繁殖しているかを確認するため、潜水目視調査（産卵場調査）を行なった。産卵適地は、河床が砂礫で、平坦な地形を有し、水深1～2m程度の比較的浅い、流れの緩やかな場所とされる。調査の結果、産卵場の可能性が高い場所が、3地点確認された。（写真-3）



写真-3 潜水目視調査状況

#### (2) 魚類調査

貯水池の外来魚の生態を確認するため、氷川漁業協同組合の主動による魚類調査を平成24年1月に実施した。調査では、技術支援として、捕獲地点の選定や、捕獲作業及び捕獲魚の同定・計測を行った。今回の調査では、電気ショックカーポート（電圧500～600V）を用いて、魚類を感電麻痺させ、外来魚のみを選択的に捕獲した。（写真-4）産卵場調査の結果を基に、ブラックバスの生息が予測される地点を中心に調査を行った結果、ブラックバス16匹、ブルーギル17匹の捕獲に成功した。（写真-5）在来魚は、しばらくすると回復して泳ぎ出すため、電気ショックカーポートは、外来魚の選択的捕獲に非常に有効であることがわかった。



写真-4 電気ショックカーポート



写真-5 外来魚捕獲状況

#### (3) 人工産卵床によるブラックバス対策

外来魚抑制対策として、氷川漁協の主動で人工産卵床の設置を行っている。ブラックバス（雄親魚）は、自然産卵床を作り、卵や仔稚魚を保護する習性を有する。この習性を利用し、装置に産卵床の形成を誘導し、魚卵・仔稚魚の駆除を行うものである。氷川ダムでは、河床から離して吊るす形で設置する「吊り下げ式」<sup>1) 2)</sup>を導入している。ブラックバスは、水温20℃前後になる時期に産卵するとされており、氷川ダムでは例年の水温の傾向から4～6月が産卵適期とみられるため、当該期間において、設置・回収・駆除を実施している。（写真-6, 7）

技術支援として、付着魚卵の同定及び遊泳魚の潜水目視調査を行った。人工産卵床への産卵と付近を泳ぐ親魚が確認され、装置の効果が認められた。産卵直後の魚卵は、同定が非常に難しく、ブラックバスの魚卵を確実に発見することが今後の課題である。

また、外来種対策で最も大切なことは、啓発活動である。氷川ダムではブラックバスを対象魚とするスポーツフィッシングが盛んなため、キャッチ・アンド・リリース禁止を訴える看板や、捕獲した外来魚を投入する回収生簀の設置を行っている。



写真-6 吊り下げ式人工産卵床



写真-7 人工産卵床設置状況

#### 4. 環境学習の場の創設

##### (1) 展示室の整備

氷川ダムが、学びの場（役割や機能、ダム湖周辺の自然や災害等を学ぶことができる）や交流の場（地域住民、関係主体の交流）となるよう整備を進めている。ダムの役割や機能、ダム周辺の自然、生態系をわかりやすく伝えられる展示室の整備を支援し、展示用パネルの作成を行った。（図-7）



図-7 作成した展示用パネル

##### (2) 湖面利用計画検討

氷川ダムの安全・快適な利用を図るため、湖面利用ルールを作成を行った。また、行政や利用者、地域住民による意見交換会の運営の支援を行った。ルール作成及び意見交換会に先立ち、他のダムにおける事例を収集・整理し、氷川ダムの実情に合ったルールづくりと意見交換会の円滑な実施に努めた。湖面利用においては、ダムの管理業務に支障が出ないよう配慮するとともに、利用者の安全及び周辺環境への影響にも留意したルールづくりが求められた。利用の内容としては、水質事故の防止のため、燃料を使用する船舶等の使用を禁止とした。利用区域としては、ダム堤体や曝気装置、噴水設備周辺は危険なため利用禁止とし、ワイヤーとブイにより境界を標示することとした。安全管理としては、利用における安全確保を自己責任とし、救命胴衣を必ず着用すること等を明記した。また、外来魚の持ち込み、持ち出し、再放流の禁止や、ゴミの持ち帰り等の環境保全に関する項目も定めた。湖面利用ルールについては、管理所だけでなく関係機関の協力が不可欠であり、今後も関係者の意見を取り入れて、より安全・快適な湖面利用ができるよう改善を行っていくことが望ましい。（表-1）

表-1 作成した湖面利用ルール（抜粋）

項目	内容
利用内容	・燃料を使用する船舶等の利用は禁止とする。
利用区域	・ダム堤体・曝気装置・噴水設備周辺は利用禁止とする。
安全管理	・湖面利用者は救命胴衣を必ず着用する。 ・気象情報を入手する等の事故防止対策を行う。 ・管理所の注意喚起・指示に直ちに従う。
環境保全	・外来魚の持ち込み・持ち出し・再放流を禁止する。 ・ゴミ等は必ず持ち帰る。

##### (3) 湖面利用支援

作成した湖面利用ルールに基づき、ルールをわかりやすく案内するマップの作成を行った。（図-8）また、ダムを活用したイベント等の支援も実施した。現在、釣りやカヌー等による利用者が増えている。

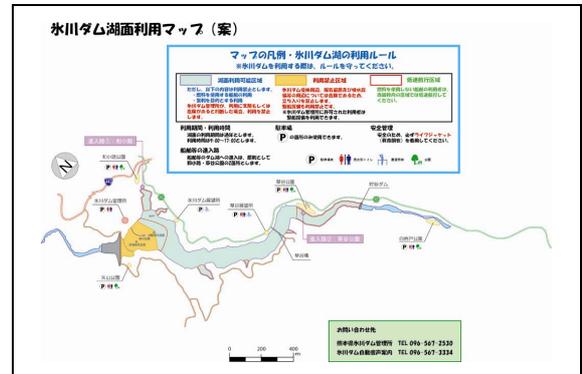


図-8 作成した湖面利用マップ

#### 5. おわりに

今回の3つの取り組みは、それぞれの結果は小さいものかもしれないが、この取り組みを通じて、多種多様な主体が連携し、協働したことは非常に意義がある。（図-9）



図-9 連携のイメージ

地域の持続的な発展には、その地域のにぎわいや活気が必要である。そのにぎわいや活気を引き出すのは、地域に住む人々であり、そうした地域の力を最大限発揮できるよう、サポートすることが、今後の建設コンサルタントに求められているのではないかと考える。

氷川ダム管理所の職員の皆様をはじめ、関係各位に対し深く感謝するとともに、今後も地域に貢献できるよう尽力したい。

#### 6. 参考文献の引用とリスト

- 1) 芹澤英一郎, 笹田直樹, 白神義章, 佐貫方城, 中井克樹: 吊り下げ式人工産卵床による繁殖抑制の事例報告, 第7回「外来魚情報交換会」, 2012.
- 2) 中井克樹: 吊り下げ式人工産卵床の展開, 第7回「外来魚情報交換会」, 2012.

(2013. 8. 26提出)

# 橋脚柱部のコンクリート内部健全性の評価

(株)大進コンサルタント 生産事業部 調査設計課 松永 崇

本報文は橋脚基部（初回打設1ロッド部）のコンクリート打設において、コンクリート表面部に不具合箇所（ジャンカ）が発生した。そこで、その不具合部の発生要因やコンクリートの内部の健全性を衝撃弾性波法による透過法を用いて内部健全性の評価・判定を実施したものである。

**キーワード**； 衝撃弾性波，透過法，弾性波速度，強度測定

## 1. はじめに

施工会社から図-1（高さ45.3m，躯体幅4.4m×6.6m：中空形式）に示す施工中の橋脚施工において、橋脚柱部の初回打設箇所（1ロッド部右側）に不具合が発生した。その不具合部の調査・診断の依頼を受けた。

不具合箇所の現状評価にあたって、調査手法の提示と評価・判定手法を明確にすること、また、その不具合部躯体内部の健全性の可否を最新の技術で調査した上で、内部コンクリートの健全性の評価判定を行い、適切な補修方法も提示してもらいたい主旨のものであった。

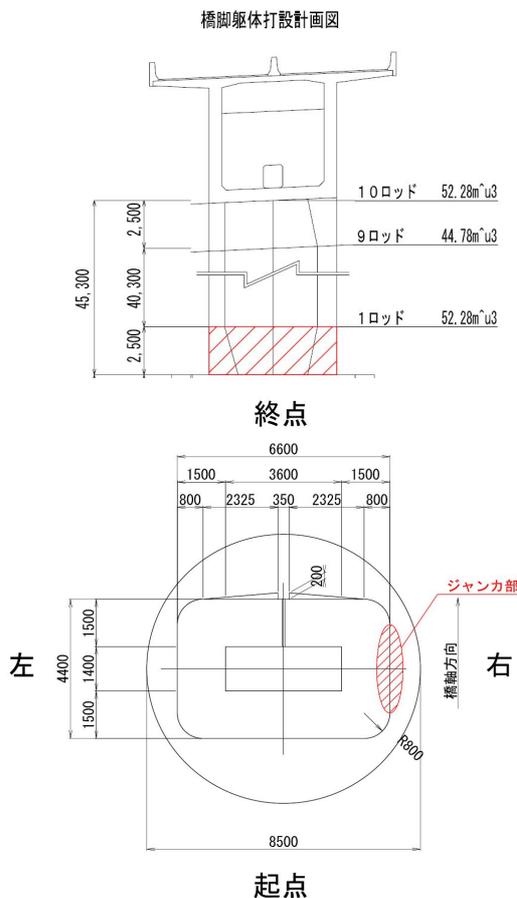


図-1 橋脚躯体打設計画・不具合箇所

## 2. 不具合の現状と発生要因

### (1) 不具合の現状

目視から、粗骨材が露出し、表層の露出している骨材をハンマーで叩くと一部剥落もしたが、粗骨材同士の結合力は強く、連続的に剥落することはない状態であった。

### (2) 発生原因の推定

「コンクリート診断技術 09：基礎編」より原因等を推定した。不具合部の状況は一般にジャンカと呼ばれるものであった。ジャンカとはコンクリート中のモルタルや砂の量が少なく、粗骨材が多く集まった部分をいう。ジャンカの状態になるとコンクリートの中性が加速し、強度に悪影響を及ぼす。

ジャンカの主な原因は、コンクリートを打設するときの生コンクリート車等の到着遅延による投入打設時間間隔の遅れによる材料分離や、締め固め不足と型枠下端からのセメントペーストの漏れなどによっても生じると言われている。

さらに、打設中のバイブレーター締め固め時間の長短等から粗骨材へのセメントペースト、モルタル等の廻りが悪い場合などに空隙ができる可能性が指摘されている。

施工会社からのヒアリングによる生コンクリートの打設時間（配車時間）、打設人員等の配置には問題ないことが判明した。しかし、橋脚基部の不具合箇所以外の廻りには同じような不具合が見られなかったことからバイブレターの閉め固め不足が発生の原因と判断した。

### (3) 現状評価

上記目視等からコンクリートひび割れ調査、補修・補強指針-2009-より等級Cと判定した。

表-1 等級別豆板の程度と補修方法

等級	豆板の程度	深さの目安	補修方法
A	粗骨材が表面に露出していない。	-	-
B	粗骨材が露出しているが、表層の粗骨材を叩いても剥落することなく、はつきりする必要がない程度。	1~3cm	ポリマーセメントモルタルなどを塗布。
C	粗骨材が露出し、表層の粗骨材を叩くと剥落するものもある。しかし、粗骨材同士の結合力は強く連続的にバラバラと剥落することはない。	1~3cm	不良部分をはつきり取り、健全部分を露出。ポリマーセメントペーストなどを塗布後、ポリマーセメントモルタルなどを充填する。
D	鋼材のかぶりからやや奥まで粗骨材が露出し、空洞も見られる。粗骨材同士の結合力は弱まり、粗骨材を叩くと連続的にバラバラと剥落することもある。	3~10cm	不良部分をはつきり取り、健全部分を露出。無収縮モルタルを充填する。
E	コンクリートの内部に空洞が多数みられる。セメントペーストのみで粗骨材が結合している状態で、粗骨材を叩くと連続的にバラバラと剥落する。	10cm以上	不良部分をはつきり取り、健全部分を露出。コンクリートで打ち換える。

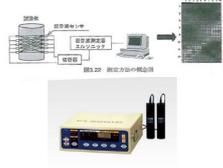
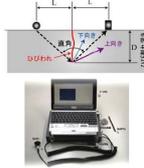
### 3. 内部コンクリート調査手法の選定

#### (1) 非破壊調査手法

不具合箇所（ジャンカ）の橋脚躯体内部の健全性の評価手法を検討した。

コンクリート構造物内部の試験検査手法には①超音波法、②衝撃弾性波法等があることから以下にその概要と適用対象及び評価を実施した。

表-2 非破壊比較表

種別	超音波法	衝撃弾性波法 (ITECS法)
概要	圧電素子などを用いた発振子と受振子をコンクリート面にあて、発振子より発信した超音波を受信し、その受信波動をもとに、コンクリート強度を検査するもの。対象物体の形状、材質などにより振子の配置、超音波の振動様式の種類を十分に考慮する必要がある。	衝撃波はコンクリートをハンマーなどで叩いて発生されるが、電氣的に発生させてコンクリート内に投入される超音波とは異なり、大きなエネルギーを有しているため減衰が少なく、より遠くまで伝播し、マスコンクリートのような厚いコンクリートの探査も可能である。
適用対象	①強度 ②変状特性 ③ひび割れ深さ ④剥離 ⑤内部のジャンカ・空洞 ⑥厚さ ⑦鉄筋のかぶり厚さ	①材質及び強度調査 ②空洞及び埋設物探査 ③ひび割れ深さ測定 ④基礎、護岸及び杭の根入れ深さ測定
評価	①部材厚が100cm程度が限界である。 ②表面性状が異常でないことが条件である。 ③空隙の奥に奥の空隙は検知できない。 ④空隙が小さいと評価不能となる。 ⑤超音波は鉄筋を通過して伝播する可能性がある。 △：表面の性状が極めて影響することからクリスなどを援用することになる。	①部材厚は打撃力により数十mは可能である。 ②超音波のようにクリス等は不要である。 ③空隙がマイクロであっても測定可能である。 ④0.05mm幅のひび割れ深さまで測定可能である。 ◎：弾性波速度からの強度推定及びひび割れ深さ測定が特徴
使用機械等		

上記の比較検討により、衝撃弾性波法により調査することとした。

#### (2) 衝撃弾性波検査手法

橋脚躯体内部の健全性を評価するにあたり、現状のジャンカ部を内部鉄筋等（純かぶり 99.5mm）が影響しない範囲で写真-1 のようにハツリ（粗骨材の2倍程度：50mm）を実施した。

また、図-2 にジャンカ部の躯体内部のセンサー位置と測定要領および健全性確認箇所を示す。

##### 1) 調査手法

一般的にコンクリートが健全であれば、縦弾性波が打撃面と底面とを多重反射することによって生成される振動数が測定されるが、内部に欠陥が存在すると、見かけの弾性率の低下による弾性波速度の低下、弾性波欠陥部を迂回して伝播経路が長くなることが知られている。

透過法は、コンクリート内部にジャンカ（不具合箇所）等が存在すれば、透過弾性波速度が遅くなる傾向があり、過度に水分などが存在すれば弾性波速度が早くなる傾向が知られている<sup>1)</sup>。

これらの弾性波速度の性質等を利用した。以下に写真-1 に調査状況を示す。



写真-1 (左：ジャンカ部外側・内部打撃点)

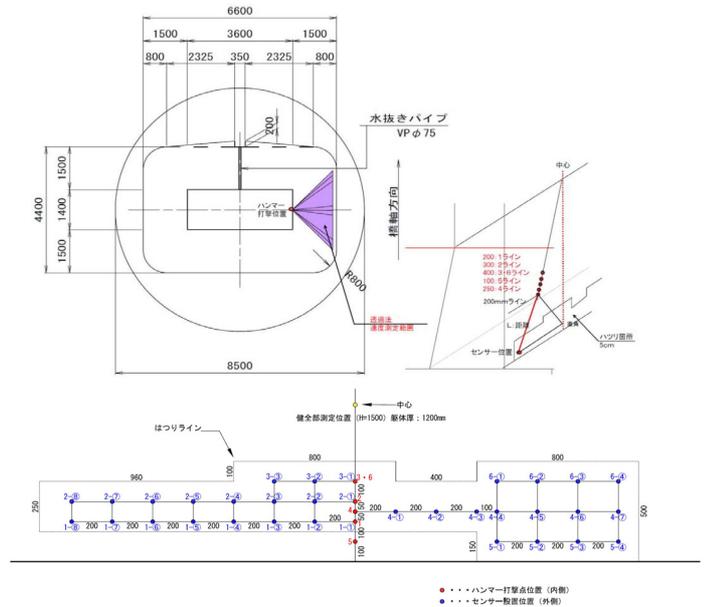


図-2 測定要領及び健全性確認箇所図

##### 2) 弾性波速度測定要領

透過弾性波速度の測定は、打撃面となる箇所を加速度センサー付インパクト（インパルスハンマー）にて打撃し、対抗面となる位置に設置した加速度センサーにて弾性波を受信する。

打撃から受信までの時間差を波形から読み取り、躯体部厚さを基に弾性波速度  $V_p$  (m/s) を求める。

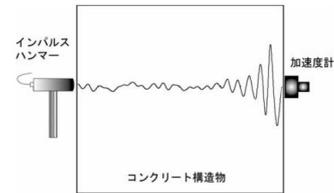
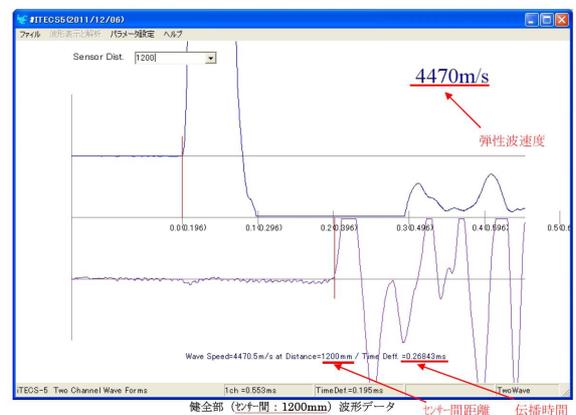


図-3 透過弾性波速度測定方法の模式図

##### 3) 基準透過弾性波速度

図-4 の要領で弾性波速度を測定した。そのときの弾性波速度を示す。

健全部弾性波速度  $V_p$  は 4470m/s を得た。よって基準透過弾性波速度とした。



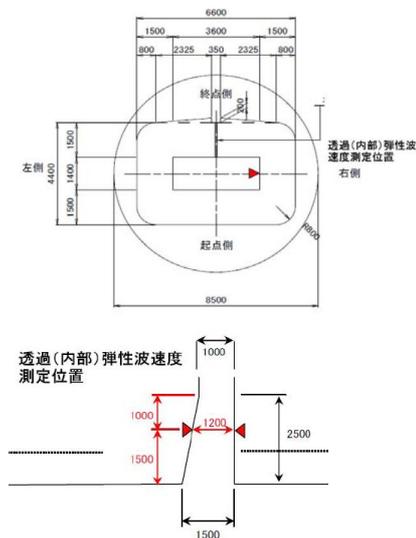


図-4 健全部透過弾性波速度測定箇所図

#### 4. 透過弾性波速度結果

上記の要領で橋脚基部ジャンカ部の透過弾性波速度を測定した。参考に1ライン箇所の測定結果の波形を示し、すべての測定結果一覧表を示す。

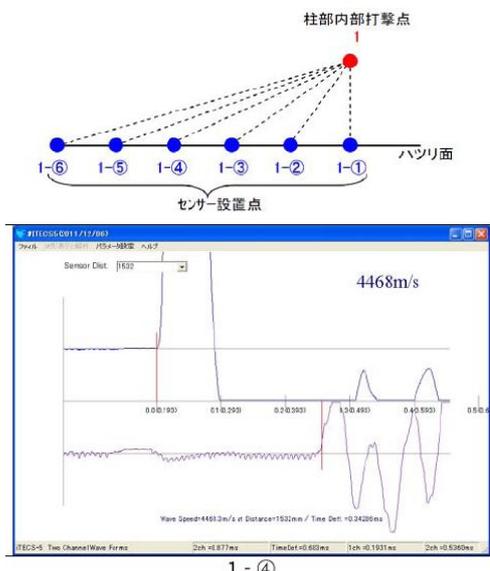


図-5 1ライン測定波形測定図(1-④)

表-3 1ライン測定結果表

測定位置	測定距離 L(mm)	時間差 TP(μS)	弾性波速度 V <sub>p</sub> (m/s)
1-①	1410	315.43	4470
1-②	1424	317.71	4482
1-③	1466	326.21	4494
1-④	1532	342.86	4468
1-⑤	1621	361.14	4489
1-⑥	1729	385.14	4489
1-⑦	1852	412.07	4494
1-⑧	1987	442.50	4490
評価	1-①～1-⑧まですべての測定箇所において弾性波速度が基準値の±5%であり健全と評価される。		

表-4 全測定箇所一覧表

名称	番号	1ライン	2ライン	3ライン	4ライン	5ライン	6ライン
弾性波速度 (m/s)	①	4470	4472	4456	4449	4479	4441
	②	4482	4484	4488	4486	4460	4454
	③	4494	4442	4444	4449	4446	4482
	④	4468	4476		4446	4475	4455
	⑤	4489	4441		4445		
	⑥	4489	4445		4450		
	⑦	4494	4456		4469		
	⑧	4490	4472				
各平均	σ	4485	4461	4463	4456	4465	4458
全体平均	Σ	4465					

#### (1) 健全性評価

柱部の健全部(壁厚:1200 mm)の透過弾性波速度結果から4470 m/sの±5%<sup>1)</sup>を基準とし、測定位置図のハツリ箇所を測定した結果、すべての測定箇所ですべての測定結果が許容値内であり、健全であると評価した。

#### 5. 補修方法

補修方法は、現状評価補修方法同様にコンクリート診断09表2.2.1-1等級別豆板の程度と補修法を参考にした。補修材料は各種メーカーの技術的特徴などを検討する必要がある。ただし今回は、発注者の指示したPCM(ポリマーセメントモルタル)の塗布で補修を完了した。

#### 6. 補修後の評価

上記の補修方法完了後の28日において、補修充填部及びフェザーエッジすりつけ部の弾性波速度測定を実施し、PCMの接着及びすりつけ部も5%の速度測定範囲に収まっていたことから問題ないと結論付けた。

#### 7. おわりに

コンクリートの内部健全性評価は、超音波などによる内部透過速度の均一性から判断する場合も多くの文献等で紹介してある。

従来は躯体コンクリートから小径コアなどを採取することでその対象箇所のコンクリートの健全性を評価・確認していた。

躯体に悪い影響(損傷を与える)を与えることなくコンクリート内部の健全性評価に寄与できたことは今後の類似調査に活かしていきたいと思う。

これからは、コンクリート内部の弾性波速度の速度誤差(許容値)の要因を研究していきたい。

#### 参考文献

- 1) コンクリート構造物の検査・診断 ー非破壊検査ガイドブックー, pp.132-135, 理工図書, 2003 (2013.8.26提出)

# 異種金属接触腐食を生じた橋梁の調査・補修設計

(株)十八測量設計 技術部第一課 吉田 真悟

橋梁定期点検業務において、昭和53年に築造されたPCポステン方式単純T桁橋の地覆に埋め込まれているアルミ製防護柵の支柱位置で、ひび割れ、剥離およびうきが発生していることが報告された。損傷状況から、異種金属接触腐食が生じ、支柱の腐食膨張によって損傷が発生した可能性が高いと考えられた。そこで、アルミニウムの支柱と地覆鉄筋の接触の有無や自然電位測定、腐食生成物の組成分析などの詳細調査を実施し、異種金属接触腐食の3大要因の存在を明らかにした。本報告は、地覆の異種金属接触腐食による損傷についての詳細調査および補修対策の検討を行った事例について紹介するものである。

**キーワード；異種金属接触腐食，自然電位測定，橋梁詳細点検，地覆，アルミ製防護柵**

## 1. はじめに

本橋梁は、昭和53年に築造された橋長51.7mのPCポステン方式単純T桁橋であり、某飲料水メーカー工場へガスを供給するためのガス管が地覆側面に添架されている。そのため、管理橋梁の中でも重要な橋梁として位置づけられ、他企業との関連性が高く修繕や架替え等の工事を行うことも容易ではない。

このような背景をもつ橋梁において、平成20年度に定期点検が実施され、異種金属接触腐食による腐食膨張が原因と想定される地覆の損傷が確認された。

この劣化が進行した場合、地覆に添架されているガス管の脱落および防護柵の耐力・耐久性の低下などの不安があり、利用者への被害が懸念されるため、橋梁管理者への詳細調査および対策の実施を提案していた。

今回、過年度の定期点検結果を受け、詳細調査および補修設計として業務を受託し、現在、業務遂行中であるが、提案した調査手法や結果、補修対策について紹介する。

## 2. 異種金属接触腐食の発生メカニズム

アルミニウム合金は、単体では極めて優れた耐食性を示し、メンテナンスフリーの材料として扱われている。しかし、本橋梁のように地覆に防護柵支柱を埋め込むタイプの場合、地覆鉄筋と接触していると異種金属接触腐食が起こり、支柱の腐食膨張によってひび割れが発生する事例がある。<sup>1)</sup>

イオン化傾向の違う二つの金属が電解質中で接触すると、卑な金属はアノードとなって腐食（イオン化）が助長され、貴な金属がカソードとなって腐食が抑制される。アノード側で助長される腐食を「異種金属接触腐食」と言い、その時カソード側で腐食が抑制されていることを「カソード防食」と言う。

図-1にアルミニウムと鉄の接触腐食のモデルを示す。

(社)日本アルミニウム協会のアルミニウム土木製品 耐食性の追跡調査2010によると、異種金属接触腐食の発生要因は、以下の3大要因が全て揃った場合に発生するとされている。

- ①異種金属との接触（支柱と鉄筋の接触）
- ②塩分等の電解質の存在（内在塩分、凍結防止材）
- ③水の存在（降雨による透水）

コンクリートは降雨によって透水し、これに塩素イオン等の電解質が介在すると導体となる。本橋梁では、凍結防止剤散布が行われているため、防護柵支柱と鉄筋が接触していた場合、異種金属接触腐食が生じる要因は全て整っている状況である。



写真-1 外観上の地覆損傷状況

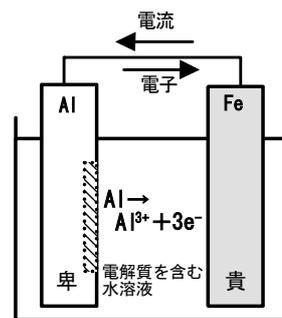


図-1 AlとFeの接触腐食のモデル

### 3. 定期点検結果および詳細調査の提案

竣工から35年が経過している本橋梁では、平成20年度に第1回目の定期点検が実施された。主な損傷としては、橋面舗装や伸縮装置の劣化、主部材の部分的なひび割れや剥離・鉄筋露出、防護柵支柱位置における地覆側面のひび割れ、剥離、うきが確認された。また、橋面には凍結防止材が置かれ、冬季に散布されていることを確認している。

この点検結果より、本橋梁の損傷は、経年劣化や中性化、塩害、異種金属接触腐食等が劣化の原因であると想定される。特に損傷が著しい地覆については、ガス管の脱落および防護柵の耐力・耐久性の低下による第三者・利用者への被害が懸念されるため、詳細調査および対策の実施を提案していた。

今回、地覆の損傷原因を特定するために提案した調査・試験は、異種金属接触腐食が起こる3大要因の存在を明確にするためのものと、アルミ製支柱が腐食している場合に生成される腐食生成物が地覆コンクリート内に存在していることを確認するためのものについて提案した。調査・試験種別および手法・実施理由について表-1に整理したものを示す。

### 4. 各試験結果

実施した各試験について、調査・試験種別ごとに説明する。

#### (1) はつり調査結果

調査箇所は、防護柵支柱位置の剥離等の損傷が生じている劣化部と、損傷のない健全部とし、双方の鉄筋の腐食状況を確認した。また、劣化部では、異種金属接触腐食の発生要因であるアルミ製支柱と地覆鉄筋の接触を確認した。

鉄筋の腐食状況は表-2に示す通りであった。また、写真-2にはつり調査写真を示す。

#### (2) 塩化物含有量試験結果

第1径間（A1-P1間地覆上流側）および第2径間（P1-A2間地覆下流側）の2箇所についてコンクリートコアを採取し、地覆の表面・鉄筋位置・内部の3深度で塩化物イオン量を計測した。試験の結果、地覆コンクリート内で $1.17\text{kg/m}^3$ の塩化物イオン量が計測された。鉄筋の発錆限界値は $1.2\text{kg/m}^3$ といわれ、その値に迫る状況であることを確認した。また、内部の塩化物イオン量が高いことから、凍結防止材の他、施工時の材料に由来する内在塩分があることが疑われる。試験結果を表-4に示す。

#### (3) 自然電位測定

自然電位とは、コンクリート中の金属が存在している環境で維持している電位のことをいう。鋼材が腐食する場合には、腐食電池が形成され、アノード反応を生じる部分（腐食部）とカソード反応を生じる部分（非腐食部）とに分かれるが、このときに自

然電位も変化する。この電位を測定することによりコンクリート中の鋼材腐食の有無を判定しようとするものである。調査時は、予め配筋状況を確認した上でメッシュ分割を行い、格子点において測定し自然電位の分布図を作成する。自然電位の測定方法および自然電位分布図例を図-2、図-3に示す。

はつり調査において、地覆鉄筋の腐食状況を確認した。劣化部では腐食が確認され、健全部では腐食は見られなかった。しかし、塩化物含有量試験では、発錆限界値に迫る値を示しており、別途行った中性

表-1 調査・試験の提案内容

種別	手法および実施理由
はつり調査	地覆鉄筋およびアルミ製支柱の接触・腐食状況を目視確認する。
塩化物含有量試験	地覆コンクリートの塩化物イオン量を測定する。
自然電位測定	鉄筋が腐食することによって変化する鉄筋表面の電位から、コンクリート内部の鋼材腐食状況を判断する。
腐食生成物の組成分析	健全部と劣化部の試料を粉末X線回折試験によって鉱物を、蛍光X線分析によって定量的に原因物質を判断する。

表-2 腐食状況調査結果

位置	鉄筋名	腐食度	呼び径	純被り
劣化部 (天端)	主鉄筋	③	D13	62mm
	配力鉄筋	③	D13	77mm
健全部 (天端)	主鉄筋	④	D13	61mm
	配力鉄筋	④	D13	87mm

表-3 鉄筋の腐食状況に応じた鉄筋腐食度

鉄筋の腐食状況	鉄筋腐食度
断面欠損が著しい腐食	①
浅い孔食など断面欠損の軽微な腐食	②
ごく表面的な腐食	③
腐食なし	④



写真-2 はつり調査写真

表-4 塩化物含有量試験結果

位置	深度(cm)	塩化物イオン量( $\text{kg/m}^3$ )
第1径間	0~2	0.50
	2~4	1.12
	4~6	0.89
第2径間	0~3	0.18
	3~6	1.17
	6~9	1.17

化試験でも純被りを超えて中性化が進行していることが確認されているため、健全部においても鉄筋が腐食している可能性が考えられる。そのため、自然電位測定による腐食状況判定を図-4に示す6箇所を実施した。

測定結果は、全6測点において防護柵支柱付近に高い電位差を確認した。また、目視点検で確認した剥離やうき、ひびわれの損傷箇所とほぼ一致している。地覆鉄筋の腐食は、中性化や塩害などの複数の劣化要因により生じていると考えられるが、特に防護柵支柱部の損傷を受けている箇所は劣化因子が侵入しやすくなり、鉄筋の腐食が進行していると判断される。

現地で測定した自然電位の分布図について車道側地覆側面(No.2)と上面(No.3)の結果を図-5に示す。

#### (4) 腐食生成物の組成分析

地覆の変状原因を異種金属接触腐食と考え、腐食生成物の存在について確認することとした。

はつり調査した際の「上流側 C16 劣化部」(以下、劣化部)と「A1~P1 車道(地覆右)健全部 C11-C12」(以下、健全部)のはつり片を用いて、塊・粉末試料を調製し、粉末X線回折試験によって鉱物を、蛍光X線分析によって定量的に腐食生成物を確認した。試験の原理については省略する。

健全部では、石英が最も強く検出され、次いで長石類が検出された。他に緑泥石が僅かに検出されたが、これらは骨材に由来するものである。セメント由来とされる炭酸カルシウムは強く検出されなかった。一方、劣化部では、石英や長石類の骨材由来の鉱物も検出されたが、特徴的に水酸化アルミニウム(バイヤーライトやギブサイトのアルミナ3水和物)が検出された。これは、採取された試料が層状の白色片の形態であったこととも一致している(写真-3参照)。粉末X線回折試験の同定結果を表-6、図-6及び図-7にそれぞれ示す。

健全部の化学成分では、SiO<sub>2</sub>(ケイ素)、CaO(カルシウム)など骨材やセメント由来の成分が多く認められ、通常のコクリートと遜色ないものであった。一方、劣化部ではAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(アルミニウム)が非常に多く認められた。粉末X線回折試験の結果とよく一致した。蛍光X線による化学成分の半定量分析の結果を表-7に示す。

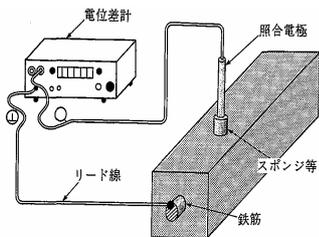


図-2 自然電位測定方法

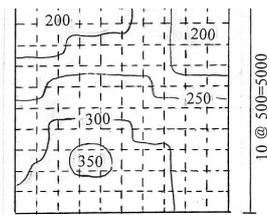


図-3 分布図例

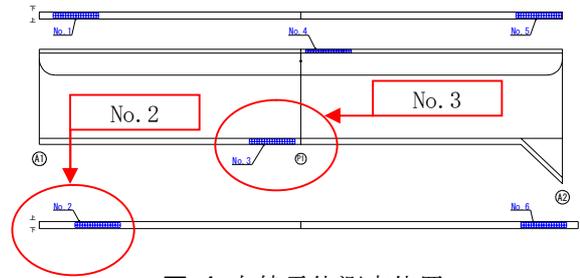
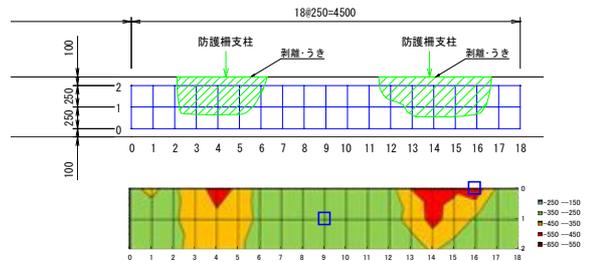
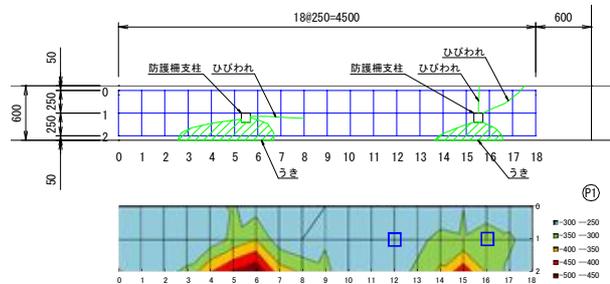


図-4 自然電位測定位置



a) No.2 (A1車道側地覆側面)



b) No.3 (P1車道側地覆上面)

図-5 自然電位分布図

表-5 自然電位測定結果の評価

自然電位	鋼材の腐食しやすさ
$E \leq -450\text{mV}$	大
$-450\text{mV} < E \leq -350\text{mV}$	大
$-350\text{mV} < E \leq -250\text{mV}$	やや大
$-250\text{mV} < E \leq -150\text{mV}$	軽微
$-150\text{mV} < E$	なし



写真-3 劣化部試料

表-6 粉末X線解析試験の同定結果

同定鉱物	採取位置	健全部	劣化部
石英		◎	○
長石類		○	○
炭酸カルシウム(カルサイト)		△	×
緑泥石		×	検出されず
水酸化アルミニウム(バイヤーライト)		検出されず	◎
水酸化アルミニウム(ギブサイト)		検出されず	△
水酸化アルミニウム(ペーム石)		検出されず	△

◎: 1,500CPS以上、○: 1,500~1,000CPS、△: 1,000~500CPS、×: 500CPS以下

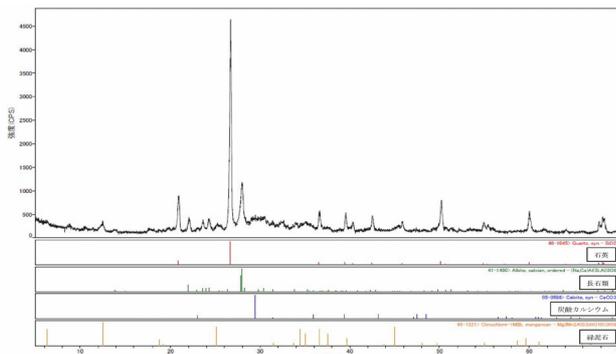


図-6 健全部 粉末X線解析試験 同定結果

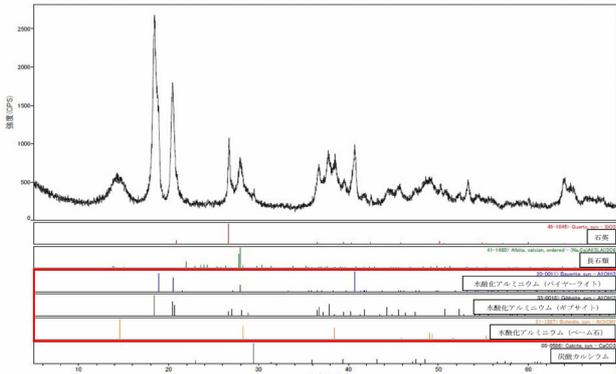


図-7 劣化部 粉末X線解析試験 同定結果

表-7 蛍光X線分析(FP法)の分析結果

化学成分 (%)	採取位置	健全部	劣化部
水分		9.1	12.3
Ig loss		8.58	25.82
Na <sub>2</sub> O		1.79	0.13
MgO		2.39	0.57
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		9.94	61.93
SiO <sub>2</sub>		45.95	6.50
SO <sub>3</sub>		1.02	0.89
Cl		0.09	0.09
K <sub>2</sub> O		1.24	0.13
CaO		22.69	3.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		5.31	0.67

FP法の試験結果は半定量値である。分析結果は試料乾燥ベースで示す。

表-8 各試験結果のまとめ

	主な試験結果
はつり調査	・アルミ製支柱と鉄筋の接触を確認 ・劣化部の鉄筋腐食を確認
塩化物含有量試験	・地覆内部に0.18~1.17 kg/m <sup>3</sup> の塩化物イオン量が存在していることを確認。
自然電位測定	・防護柵支柱位置での高い電位差を計測した。腐食が進行していると考えられる。
腐食生成物の組成分析	・劣化部で腐食生成物と考えられる水酸化アルミニウムを多く含むことを確認した。

## 5. 異種金属接触腐食の判定

近接目視点検および各試験の結果より、本橋梁の地覆の損傷原因が異種金属接触腐食によるものであるか判定を行った。

まず、目視による外観変状の観察から、損傷箇所に以下の共通点がみられた。

- ① 支柱位置でのみ損傷が発生
- ② 支柱から放射状に広がるひびわれ
- ③ 地覆側面の剥離・うき

これは、防護柵支柱に腐食膨張が生じ、地覆コンクリートを内側から押し広げる力により破壊されたものと考えられる。

また、各試験結果で判明した主な試験結果について表-8に整理した。表-8に示す通り、①アルミ製支柱と鉄筋(異種金属)②接触と塩分等の電解質の存在を確認した。また、③水の存在については、降雨によりコンクリート内に透水していることを確認した。以上から、前述の異種金属接触腐食が起こるための3大要因の全てが揃っていると判明した。よって、地覆は、異種金属接触腐食によってアルミ製支柱基部が腐食膨張(水酸化アルミニウムの生成)し、内側から地覆コンクリートを押し広げる力が作用して損傷したものであると診断した。

## 6. 対策工法の検討

以上の詳細調査結果により、異種金属接触腐食による損傷であることが判明した。また、自然電位測定によって健全部においても中性化や塩害による鉄筋の腐食が生じていると考えられる。そこで、本業務で提案する対策工は、旧地覆・防護柵の撤去後、地覆の打ち替えおよび現行の基準に基づくアルミ製防護柵(ベースプレートタイプ)への取換えとした。

## 7. おわりに

地覆のひび割れ、剥離、うきについて、単なる断面修復工法による補修とした場合、再劣化の問題が残ると考えている。その意味で、異種金属接触腐食の懸念に対する今日の一連の調査・検討は意味があるものであったと評価している。

熊本県内において異種金属接触腐食による損傷事例は少ないと思われる。冬季の凍結防止材の散布が日常的に行われている東北地方の山形県では、「山形県橋梁長寿命化における補修ガイドライン」が策定されており、旧基準のアルミ製防護柵は交換するものと記載されている。このガイドラインは、橋梁点検の結果から橋梁補修設計をスムーズに行うことを目的としており、工法の意味統一を図るとともに、補修レベルの平準化および積算に関する合理化を目指すものとして策定されている。

維持補修の時代に突入し、熊本県においても補修補強対策の意思統一を図るためのガイドラインの整備がなされることを、点検・修繕設計に携わるコンサルタントとして望んでいる。

## 参考文献

- 1) 社団法人日本アルミニウム協会：アルミニウム土木製品耐食性の追跡調査，2010。
- 2) 社団法人日本コンクリート工学協会：コンクリート診断技術’12，2012。
- 3) 社団法人日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説，平成20年1月。

(2013. 8. 23提出)

# 地理空間情報を活用した安全安心・生活支援の検討

西日本測量設計株式会社・ICTまちづくり班（NPO法人熊本まちづくり・事務局）

松田 清香

地震・豪雨・台風などが起因する大規模災害が国内のどこかで毎年のように発生し、高齢化と過疎化および人口減少の諸課題を抱えた地域社会に於いて、地理空間情報を活用し位置情報測位システム・情報通信技術などを駆使して、地域社会の安全安心・生活支援に役立てようとする取組・地域活動について報告する。

本稿では、国・各省庁直轄の公募事業を数件受託し助成を受け、「まちづくり支援」「情報通信技術（ICT）の利活用」などの事業を地域住民や異業種関係者と連携して実施し、地域住民が必要とする「安全安心・生活支援」のために、地域社会に役立ち貢献する地域活動に付いて考察したものである。

## キーワード；GIS・GPS・ICT、 高齢化・地域の絆・安全安心・みまもり活動

### 1. はじめに

近年、地域の安全安心・災害時の情報共有や高齢者の生活支援などの必要性が強調されている。

「生活支援」「安全安心」に情報通信技術（ICT）を、積極活用・役立てようとする取組みや事業が全国各地で数多く行われている。また、国の各省庁では直轄事業として、アイデア企画募集の提案型公募事業が数多く実施されている。

この様な事業の採択を受けるには、弊社単独では技術力・ノウハウ・人材等の全てにおいて不可能である。そこで、地元の大学教授や自治体職員・異業種の専門技術者、及び地域の自治会役員などの協力・賛同を得て、「NPO法人熊本まちづくり」（会長：丸山定巳・熊本大学客員教授、副会長：本間里見・熊本大学准教授）を設立しその事務局を運営する事で、事業の採択を可能とした。

その事で活動への参加団体や個人のレベルアップに繋がり、地域の活性化に役立つ事を目標とした。

### 2. 安全安心・生活支援を支えるために

平成 15 年頃から地域貢献の一環として、まちづくり活動に参加する中で地域社会には様々な課題がある事を教えられた。

その中の一つが、福祉介護分野に顕著にあらわれている。社会問題である高齢化の進行に伴い独居老人の世帯が急増し、都市部だけでなく田舎でも大々的なニュースになるような事件が起きている。

地域の中で子供から高齢者までが安全に安心して生活を行い、生活の支援が必要な住民がその支援を享受できる社会を実現するには、支援者が減少、高齢化していく中で、いかに効率的に、地域の高齢者や子供などの要援護者のニーズに合致したサービス、支援を提供するかが鍵となる。

これらの地域社会が抱える問題・課題の解決に効果的な、地理空間情報と情報通信技術を活用した支援者の手助けとなるシステムを構築して、支援者である地域住民が直接利用しその効果を実感できる様なシステム構築を目指してきた。これまでの課題を踏まえ、総合的な「福祉情報開発センター」構想（図-1）を確立し、その実現を目標としている。

### 3. 「福祉情報開発センター」構想実現に向けた取組

NPO 法人熊本まちづくりでは、平成 16 年度から熊本市東部地区を中心として地域住民と協働した「まちづくり活動」を開始し、地域自治会等と連携し、要援護者の見守り活動をサポートする福祉 Web マップの提供や携帯電話・スマートフォン、タブレットによる見守りシステムの開発を進めてきた。

平成 22 年度から 24 年度までの 3 年間は、国土交通省国土政策局が実施した GIS やまちづくりに関する運用ルールマニュアルや先進事例集作成のモデル地区と選定され、先進的な取り組み・活動地域として調査協力を行った。

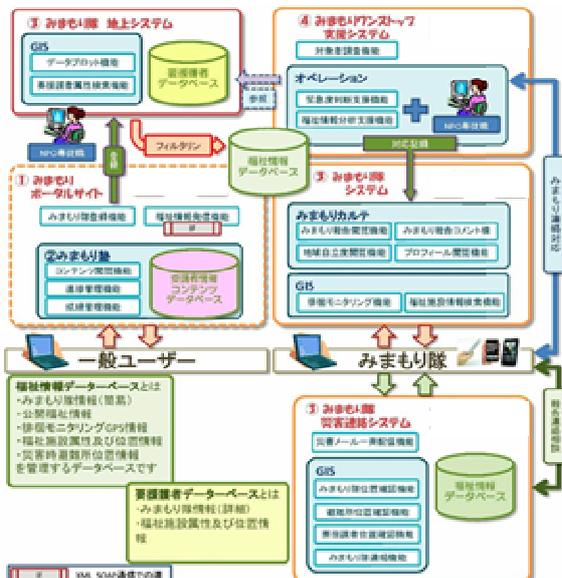


図-1 「福祉情報開発センター」構想



支援者は外出していることが多く、通報・連絡時に取得する位置情報とそれを地図化して閲覧できる本システムは高評価を受けている。

平成 25 年度にはこれに平常時に支援者ネットワークを円滑に運用するための機能を付加し、熊本市内で本格的に導入される予定である。

### (3) 既存 GIS システムの普及活動

くまもと GMap(熊本県・市町村電子自治体共同運営協議会、図-6)は、誰でもが無料で利用できる GIS システムである。平成 24 年度は協議会の依頼を請け、4 つの団体に対して利活用のための講座を開催した。

これまで提供している「ふれ愛マップ」では管理しきれない情報を支援者が管理・共有するツールとして活用するためである。

## 5. 支援者がシステムを利活用する際に直面している課題

### (1) ICT ツールの利用のしにくさ

見守り活動を支援する地域住民に高齢者が多く、便利だとは思いますが利用しにくいといった声があった。この問題に対応していくため、地域 ICT リーダーや ICT 利活用人材の育成のために地域福祉や ICT 活用方法が学べる e ラーニングを用意している(図-7)。また、NPO による出前講座等も定期的に行って欲しいとの要望もあった。これらの研修プログラムをさらに充実し、より身近なシステムとして、利活用促進を図っていく必要がある。

### (2) 個人情報の問題

提供中のシステムは、要援護者及び支援者の合意の上で個人情報を管理し、住所や位置情報も GIS 上で表示される。これらの個人情報へのアクセスについては、技術的には認証と閲覧制限をかけている。しかしながら、自治会や地域ボランティア等、緩やかな地域共同体による見守り活動を行う上で、セキュリティポリシーを決定することが困難であった。

この問題に関しては、国土交通省等の調査でも取

り上げられ、「地理空間情報の活用における個人情報取扱いに関するガイドライン」(地理空間情報活用推進協議会)などの整備も進められている。

しかしながら、見守り組織を緩やかに形成する考え方と個人情報に基づくセキュリティ管理は相容れない場合があり、利用者のケース・地域団体によって、きめ細かく対応することが求められる。

### (3) 見守り体制の確立

本システムの利用は、社会実験の段階がまだまだ多く地域主体の見守り実施数は少ない。しかし、その利用を働きかけることで地域での見守りの重要性を啓発でき、平成25年度は熊本市において、地域団体を主体とした本格運用を開始する予定である。

システムの有用性は、関係者からも高評価を受けているが、実施する基盤づくりについての課題も浮き彫りとなっている。今後も活動を続けることで、地域住民の意識の変化、それに伴う地域活動の変化に期待する。

### (4) 既存GISシステム

様々な情報に位置情報を付随して管理することは、GoogleMapやカーナビゲーションなどの普及によって、周知された。しかしながら、自分が欲しい情報を地図化するためには、まだまだ紙に印刷した地図に記号を書き込むケースが多い。

既存GISシステムについては、GIS知識がある団体が開発したため、GIS知識に乏しい地域住民が利活用するためには、定期的な講座の開催が必要である。さらに、システムが使いにくいなどの声も多く、まだ改良・改善の検討が必要である。

### (5) GIS情報の提供

当NPOでは大学と提携し、ハザードや公共施設等のGIS情報の提供を受けている。

しかしながら、地域住民がGISシステムを利用できても、その基礎情報となる施設情報、校区・町内などの境界線情報などを利用者が簡単に入手することができない状況にある。利用者が作成するには、

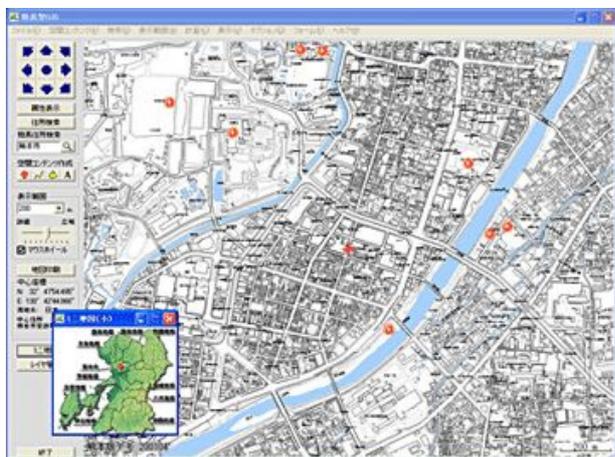


図-6 「くまもと GMap」イメージ図



図-7 「みまもり塾」イメージ図  
(<http://www.higoyou.net/el/>)

時間がかかりすぎるため、本来の活用をする前に断念していたケースもあった。

GISを普及するためにも、公共機関による基礎情報の提供とその周知が不可欠である。

## 6. 現時点での活動結果（考察）

近年（平成19～24年度）に活動した内閣府・地方の元気再生事業、総務省・地域ICT利活用広域連携事業、国交省・住まい・まちづくり担い手事業等を実施し活動結果について考察する。

- ① 地域社会が抱える高齢者、障がい者や子供等の見守り活動等の課題解決のために、GISやGPSを活用し役立てる事は、セキュリティや個人情報取扱など注意を必要とする課題はあるが、関係者の評価によると大変に便利で有効であり必要とされている。
- ② 地域住民や介護福祉分野の関係者と協働して活動し、地域の意見や考えを取り入れたシステム等の構築を行う事が、地域社会が必要とするものを創る事になる。また、それ以上に物事に対する地域関係者の興味や協力を引出す事ができて、地域社会の活性化に寄与できる可能性を発見し、NPOの目指すべき一端を見る事ができた。

(2013. 8. 26 提出)

## 7. 今後の展望

医療分野においては、大企業が ICT の導入・システム提供に乗り出し、新聞にも取り上げられている。

一方で、福祉介護分野にはまだまだ ICT の導入が遅れている。しかしながら、恒常的な高齢者の増加、支える側の人材不足は深刻な問題であり、ICT を活用した取り組み需要が高まっていて、福祉介護分野の情報化が必要である。特に、地域情報と見守り活動情報を結びつけ、見守り活動に位置情報を付加して管理することは効果的である。「まちづくり」そのものが、道路・施設等のハードと見守り等のソフトの両面から行われるようになりつつある中で、今後、GIS が果たす役割はますます大きくなるであろう。

今後は実際に高齢者支援で活動している諸団体との協力関係を深め、より質の高いサービス提供に寄与したい。

## 参考文献

- 1) 国土交通省国土計画局(発行):平成22年度地理空間情報の活用によるサービスモデル普及のための運用ルールに関する調査・業務報告書, 2011.
- 2) 国土交通省国土計画局(発行):平成23年度個人の位置情報を活用した地域の見守り等、防災・安全安心プロジェクト検討業務報告書, 2012.
- 3) 国土交通省国土計画局(発行):平成24年度地理空間情報を活用した安全安心・生活支援プロジェクト検討業務報告書, 2013.
- 4) 本間 里見: WebGISによる高齢者見守りシステム「ひご優ネット」の開発, GIS Next 第35号, pp. 44-45, 2011.

5) 本間 里見他3名: ICT活用によるコミュニティ再構築への挑戦～近隣環境に関する高齢者の認識～, 日本公衆衛生雑誌 第59巻第10号特別付録, pp. 408, 2012.

6) NPO法人熊本まちづくり:総務省・平成22年度地域ICT利活用広域連携事業・成果報告書, 「地域のソーシャルキャピタル(地域力)を豊かにするユビキタス見守りネットワーク(ひご優ネット)の構築」, 2011.

7) NPO法人熊本まちづくり:国土交通省住宅局・平成20年度・21年度・22年度「住まい・まちづくり担い手事業」・成果報告書, 「高齢者の見守りを視覚化し、安全・安心居住を支える見守りシステムの構築」, 2009-2011.

# 3次元レーザースキャナーとデジタル写真を活用した文化財の実測

株式会社有明測量開発社 情報システム部 大和宏明

平成22年度の技術発表会「3次元レーザースキャナーを活用した文化財の実測」で、3次元レーザースキャナーを活用した図面作成の実証実験を三角西港にて行い、作業工数が削減できることを報告した。

その後平成24年度に宇城市より三角西港の実測業務を受注し、実業務においてデジタル写真を使用してさらに作業工数を削減する等、改善を施した事例を報告する。

**キーワード； 3次元レーザースキャナー、デジタル写真、オルソ画像、3次元モデル**

## 1. はじめに

平成22年度の技術発表会において、3次元レーザースキャナーを用いた実証実験を行った結果、現場工数の削減を確認し、その有用性を報告した。

本方法の有効性が認められ、その翌年平成24年度に宇城市より「三角西港詳細平面立面図測量業務委託」業務を受注できた。

業務目的は、三角西港の保全活用計画策定及び世界遺産登録へ向けた取組に係る資料を作成することで、業務内容はS=1/50の石垣平面図、立面図を作成することである。なお、測量箇所と実施数量は図-1、表-1のとおりである。

埠頭岸壁は特に延長が長く、3次元レーザースキャナーとデジタル写真を活用し、全体作業量が削減されることを確認した。

## 2. 3次元レーザースキャナー測定上の課題

今回の業務は数量が大きく、従来の水系による実測やトータルステーションを使用した実測では、足場の仮設や実測期間の長期化により経費が膨大となることが予想された。

それで現場作業コストを抑制するため、3次元レーザースキャナー（図-4、表-2）を用いることとした。

しかし、レーザースキャナーのみの計測となると、機器の移動ステップを細かくする必要があるため、工期短縮を実現するためにはレーザースキャナーを複数台使用しなければならないが、機器が高額であるためコスト的には現実的ではない。そのため次章で述べる工夫を行った。

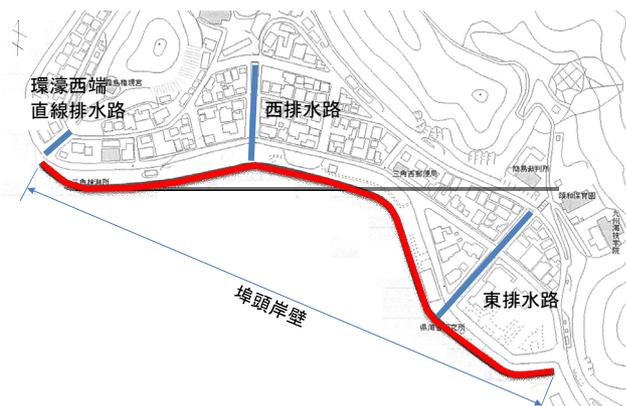


図-1 三角西港全体図

表-1 測量箇所の数量

No.	箇所名	延長
1	環濠西端直線排水路	5 0 m
2	西排水路	1 3 3 m
3	東排水路	1 5 4 m
4	埠頭岸壁	7 5 6 m



図-2 手実測  
水系メッシュ使用



図-3 手実測  
トータルステーション使用



図-4  
3次元レーザー  
スキャナー  
TOPCON GLS-1500

表-2 3次元レーザー  
スキャナーの  
主な仕様

測距方式	パルス方式
測定距離	330m
スキャン スピード	30,000点/秒
計測密度	最大1mm/20m
測定範囲	鉛直 ±35、 水平 360°
レーザー クラス	クラス1 (JIS C6802)

### 3. デジタル写真の活用による工数削減対策

レーザースキャナーでは色情報付きの点群が毎秒3万点取得できるが、石垣の輪郭をトレースできる密度まで高めるにはレーザースキャナーの設置箇所を密にしなければならない。

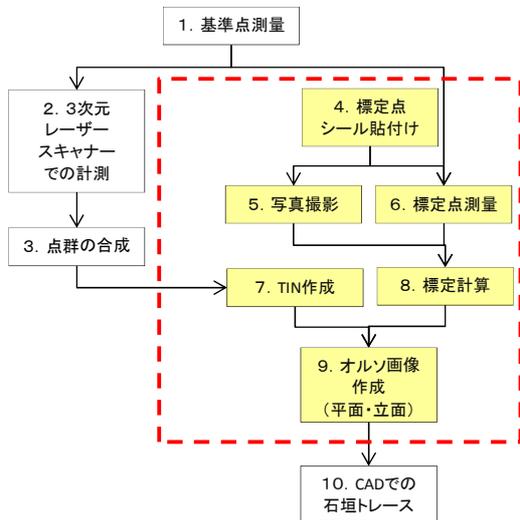
レーザースキャナーは1箇所当たり計測時間に30分を要するが、この設置箇所数を減ずることを目的に、スキャナーの代理店等と協議した。

その結果、点群とデジタル写真を組み合わせることによりスキャナー設置箇所を減らし、点群密度が薄くても十分な精度を保持できることが判明した。

今回は図-5の手順で作業を進めていくことに決定した。

今回の業務で新たに追加した作業を赤枠で示している。

これにより、スキャナー計測班、写真班、測量班が作業を並行して進めることが可能となり、工期の短縮を実現できた。



※赤枠内は今回の業務で追加した作業項目

図-5 作業フロー

#### (1) 4. 標定点シール貼付け

直径約10mmの標定シールを作成した。

写真撮影前に標定点シールを撮影対象物に貼り付けておく必要がある。

1枚の写真の撮影範囲3m×2m内に、標定点シール4点以上が均等に配置されるように貼り付けを行った。

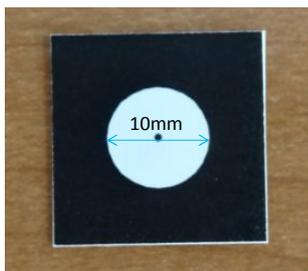


図-6 標定シール

#### (2) 5. 写真撮影

(1)の標定点シールが鮮明に写るようにカメラを堅固に保持し、ブレが発生しないように撮影した。

写真の中央付近に対し鉛直方向から撮影すると、より歪みが少なくなるので、平面部分は5mの脚立上から撮影を行った。

#### (3) 6. 標定点測量

(1)の標定点シールの座標を測量。今回は一般的なトータルステーションと、ピンボールにて測量を行った。

#### (4) 7. TIN作成

レーザースキャナーで取得した点群を元にTIN(不正三角形網)を作成する

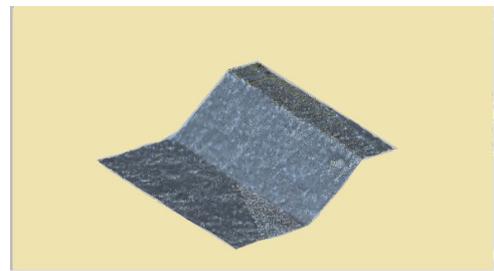


図-7 TIN作成

#### (5) 8. 標定計算

(2)で撮影した写真に写っている標定シールに対し、(3)で取得した座標を割り当てる。

撮影時間によっては、標定シールに光が強く反射し、座標の割り当てが困難な写真もあった。写真の現地での確認方法は今後の課題である。

#### (6) 9. オルソ画像作成(平面・立面)

TINと標定計算済みのデジタル写真を重ねて、平面図、立面図のオルソ画像を作成。



図-8 オルソ画像作成

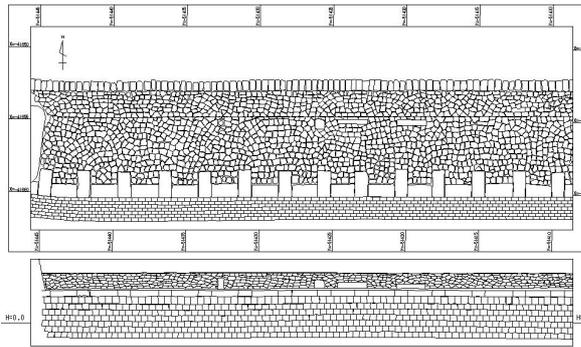


図-9 完成した平面図・立面図

#### 4. 従来の手法との比較

従来の方法による全体工数を1とした場合の、今回の業務の全体工数の割合を表-3に示す。

3次元レーザースキャナーを使用した場合、全体工数を従来の方法に比べ短縮することができ、初期の目標を達成することができた。

表-3 工数比較表

トータルステーションによる手実測 (想定工数)	3次元レーザースキャナーによる計測 (実工数)
1	0.8

#### 5. 3次元データの利活用

従来の実測方法と方法と異なり、今回は点群、画像のデジタルデータを取得している。これを元に3次元モデルを作成し、岸壁施設の維持管理等に使用するベースマップとして有効活用できないか検討した。

ファイル形式は仕様が公開されているVRML (Virtual Reality Modeling Language) で作成することとした。

しかし計測で取得したデータをそのままVRMLに変換するとPCのメモリを大量に消費し、且つズーム、回転等の操作時に時間を要し、円滑に操作できず実用的ではなかった。

今回は施設の破損・修理等の履歴を視覚的に管理することを目的としているので、形状の微妙な変化まで再現する必要はない。点群を外周線のみ残し、外周線のみ点群でTINを作成し、写真をテクスチャとしてTINに貼付した。これにより、PCのメモリ消費の削減され、操作を軽快に行うことができるようになった。

VRMLのファイルはCortona VRML ClientやBS Contact等フリーのビューアが提供されており、一般的なデータ形式である。しかし作成した3次元モデルに属性情報や関連ファイルを登録するにはFARO SCENE、Autodesk Navisworks等の有償ソフトウェアを購入する必要がある。

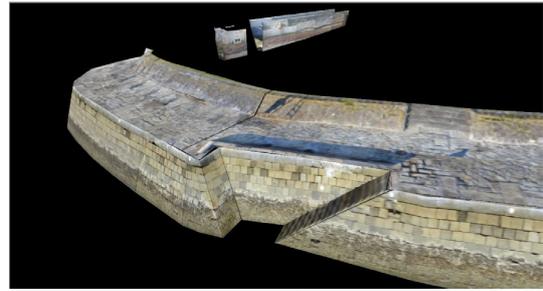


図-10 3次元モデルのイメージ

#### 6. おわりに

今回の業務で、下記のことを実現することができた。

- ・3次元レーザースキャナーとデジタル写真を用いることで、現場工数を削減できた。
- ・点群と写真を用いて、簡易3次元モデルを作成することで、施設の維持管理のベースマップとして有効活用できるものと思われる。

以上のことから、計測する範囲、現場の状況によって3次元レーザースキャナー&デジタル写真の組合せは文化財調査業務においても十分活用できることが分かった。

また、石垣に限らず、今回と同じ方法で橋梁等のモデルを作成することが可能で、CIMのベースともなり得るものと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 米村 大, 3次元レーザースキャナーを活用した文化財の実測, 第9回 技術発表会, 2011.

(2013. 8. 22提出)

# 一級河川白川源流湧水地における 石造護岸水制工の調査・計画・設計

株式会社 建設プロジェクトセンター 技術部 中村 建太郎

古くから人と川との係わりは、暮らしの支えとなる農業用水等として利用される他に、その地域を象徴する原風景としての役割も担ってきた。その一方で人々は洪水等の自然の猛威に対し、堤防等を築き人命や土地、財産等を守り営みを続けてきた。ここでは、熊本県南阿蘇地域の白川上流域で河床深掘れと湧水を有する河川における石造護岸水制工の調査・計画・設計について記述する。

**キーワード**； 伝統的工法（白川積）、湧水と安全確保、根固めブロック再利用、コスト縮減

## 1. はじめに

本業務対象箇所周辺は、一級河川白川上流域にあたり、主な土地利用は農業・畜産業等の他に、白川水源に代表される湧水群は県下でも貴重な観光資源としてクローズアップされている。

対象箇所は図-1に示す同水源の約1km上流の白川源流湧水地であり、地元住民による清掃活動や端午の節句の時期には鯉幟を設置する等の地域活動が盛んな人と川との結びつきが強い地域である。

一方、二川合流部および水衝部の右岸側には民家が密集しているため、これまでに洗掘による破堤防止対策として、護岸工や根継工及び根固ブロックが施されてきた。しかし、同ブロックは凹凸と空洞に富み、流木やゴミ等が詰まり環境悪化に対する改善要望が住民等から県へ寄せられていた。ここでは、①環境・景観を改善し、②人々の安全・安心を確保するという相反する技術的課題を要した事例について報告する。

## 2. 現地調査及び結果

業務に先立ち、現地の地形・地質および湧水量を把握するとともに、県下の河川で実施された石造河川構造物の類似調査を実施した。以下、調査内容と結果について整理した。

### (1) 現地状況と課題

対象箇所は、図-2に示す白川と色見川の二川合流部の石造砂防ダムの直下流にあたる。同ダムの水叩き部と河床の比高差は約4.0mで、この地点が流勢の影響で大きく深掘れを招き、5tの根固ブロックが河床部と右岸側の既設護岸工の前面に施されている。

しかし、同ブロックは凹凸状の形状であるため、上流から流れ込むゴミや流木等が詰まり易く、環境・景観面での悪化が見られた。また、繰返される流勢の直撃を受け同ブロック天端が大きく変形し、河床深掘れの範囲拡大と右岸側護岸への影響が懸念された。ここで、現地状況を整理すると①安全・安心については、深掘れ対策、②環境・景観については、ゴミ詰りの解消、③湧水については現状湧水が確保できる対策工の立案が必要と判断した。



図-1 位置図

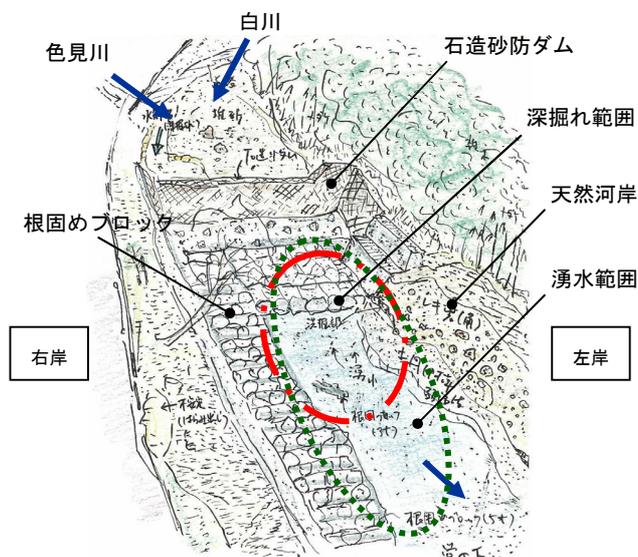


図-2 対象箇所スケッチ図

### (2) 湧水量の把握

河床部から湧き出す湧水量については、別途地質調査業務においても、1~2t/分と予想されているが時期による湧水量の変化も考えられることから、下流側の床固工越流部の断面から湧水量を測定し0.03 m<sup>3</sup>/s (1.8t/分)の結果を得た。この結果から、対象箇所からの湧水量は0.03m<sup>3</sup>/s(1.8t/分)が妥当と判断した。なお湧水のメカニズムについては、地質専門家の意見を参考に図-3に示した河床の亀裂岩からの湧水として想定した。

### (3) 左岸側天然河岸の安定度評価

左岸側の天然河岸は景観的に評価でき、また小規模のオーバーハングした空洞部には、カワセミが飛来する等の環境を有している。したがって、同河岸の洗掘の影響の有無を把握評価する目的で概査を実施した。結果として、写真-1に示した①上層部はレキ岩、②下層部は土丹（弱熔結）と確認。①の強度は20～30kg/cm<sup>2</sup>、②の強度は10～15kg/cm<sup>2</sup>と想定した。

以上より、左岸側は比較的硬い天然護岸であり、これまで大きな洗掘等を受けていないことから、石材等で覆う対策工は必要でないと判断した。



写真-1 左岸側地質状況

### (4) 石造構造物の類似例調査

県下の石造河川構造物の設置事例を業務へ反映する目的で一級河川の菊池川・白川・緑川・球磨川の四河川の伝統工法について、類似工法等を調査した。写真-2, 3に代表的写真を、また表-2に同構造物一覧表を整理した。

表-2より計画流量4,200m<sup>3</sup>/sの緑川でも石材径0.3～1.0m程度の石材が使用され水制工（石刳）としての機能を果たしていることに注目した。

以上の調査結果から本業務では、河川増水が起きた場合に流水の影響を最も受ける深掘れ・洗掘が想定される範囲及び石造護岸水制工については、石材+コンクリートの練石構造とした。



写真-2 石刳遠景



写真-3 石刳近景

表-2 県内石造構造物一覧表

河川名	工法名	工法種類	計画流量 (m <sup>3</sup> /s)
菊池川	石刳(いしばね)	水制工(空石)	3,800
白川	巻天端護岸	護岸(練石)	3,000
緑川	沈塘, 石刳	水制工(空石)	4,200
球磨川	石刳	水制工(空石)	7,800
対象箇所	石造護岸水制工	護岸工(練石)	446.9

## 3. 技術的課題と対応策

本業務の技術的課題は、洪水の度に繰返される河床深掘れと、これと密接に関係する右岸側既設護岸工の洗掘に対する安全対策と湧水確保を満足する対策工の案出が可能か否かであった。

この課題を解決するにあたり、まず前記した現地状況、左岸側天然河岸の安定度評価、湧水量の把握および石造河川構造物の類似調査から、表-3に示す①二次製品案と②自然石採用案の河川形状計画について安全性・経済性・景観、環境及び根固ブロックの再利用の視点から概略比較検討を行い②を採用することとした。

次に、採用した②の具体を検討する際の技術的課題と対応策および期待される効果を表-4に整理すると共に、その具体については後述した。

表-3 河川形状計画比較検討

	①二次製品採用案	②自然石採用案
安全性	計画流量等に対応	計画流量等に対応
経済性	同程度	同程度
景観・環境	景観に馴染み難い	景観に馴染む
ブロック再利用	×	○
評価	△	○採用

表-4 技術的課題と対応策及び期待される効果

技術的問題点	対応策	期待される効果
湧水確保	新規湧水処理工の考案	湧水確保及び生態系への配慮に期待
深掘れ対策	流勢抑制対策一割勾配+巻天端	深掘れ抑制と景観的に美しい構造に期待
根固ブロック代案の案出	石造護岸水制工の採用	ゴミ詰り防止と景観向上等
下流側の河床低下防止対策	伝統的工法(白川積)を採用	白川積の設置による河床低下防止に期待

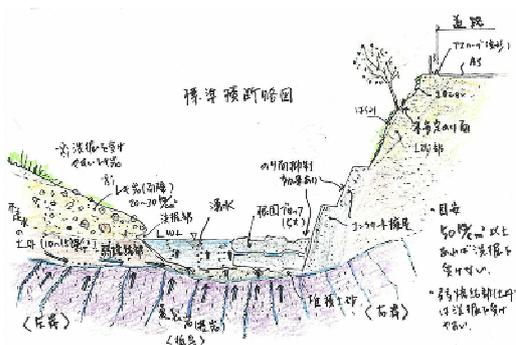


図-3 湧水状況イメージ図

#### 4. 河床深掘れ防止と湧水確保対策

##### (1) 河床深掘れの要因

河床深掘れの要因は、図-4に示すように、増水時の流勢によるものと考えられた。よって、流勢を緩和し深掘れを抑制する対策が必要となった。

##### (2) 河川縦断形状の工夫

現地調査時に深掘れ範囲及び深掘れ影響範囲を特定し、対策が必要となる区間を抽出した。流勢を緩和するため、図-5に示す垂直構造から斜構造にした。ここでは、練石構造として景観・環境に配慮した図-5中(A)に示す石張護床工とした。また、隅角部は図-5中(B)に示す伝統工法の巻天端で曲線を設けることで更に流勢を緩和できるようにした。

下流側の深掘れ影響範囲については、今後、大洪水が起きた際の河床低下抑制対策として、写真-4に示す伝統工法の巨石積み（以下白川積とする）を設置した。白川積は、巨石（力石）を3箇所設置し、巨石間を輪石で石材同士をかみ合わせたアーチ形状で安定させ、河川低下を抑制する工法である。

ここで、白川積及び練石構造で使用する石材の形状を「護岸力学設計法」より、設計流量・流速に耐え得る安定性照査を行った結果、以下に示す形状とした。

##### ■空石構造

- A) 白川積（力石） 写真-4 a  
照査結果：D=0.7m以上の石材
- B) 白川積（輪石） 写真-4 b  
照査結果：D=0.4m以上の石材

##### ■練石構造

- C) 石造護岸水制工  
照査結果：D=0.4m以上の石材（ブロック積みと同程度）

##### (3) 根固めブロック再利用

根固めブロックの処理方法については、表-5に示す比較検討を行った結果、同ブロックの隙間を砂利、コンクリート等を用いて一体化を図り、中詰め材として再利用する方法を提案し採用された。

##### (4) 湧水確保への対応

深掘れを抑制し湧水を確保する対策として、図-6に示す湧水処理工を考案した。同処理工は、φ500の有孔菅に現地石材（上部はφ250~300、下部はφ150~200）を敷詰め、周辺は練石積構造の堅固な工法である。なお、練石積の厚さについては、「河川砂防基準（案）同解説 設計編Ⅱ」より砂防ダムの水叩き厚の経験式より決定した。同処理工の配置は、現地踏査結果及び湧水量調査結果より、2.0㎡に1箇所配置とした。また、環境・景観について、中詰め材に現地石材を使用することにより、翹上してきた魚の棲家となるよう配慮した。

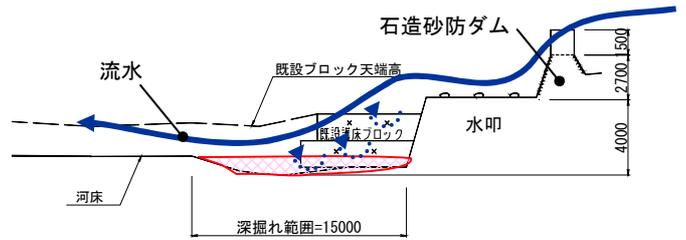


図-4 現況縦断面図

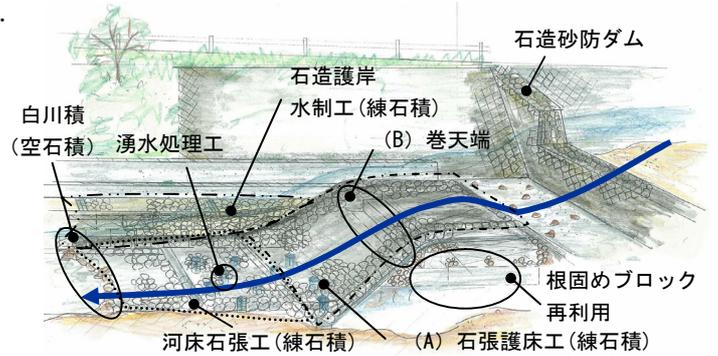


図-5 縦断計画イメージ図



写真-4 白川積施工状況

表-5 根固めブロック再利用比較検討

項目	内容	評価
案1： 根固めブロック 撤去案	<ul style="list-style-type: none"> <li>・白川本流へ移設する</li> <li>・仮置場が必要</li> <li>・コスト増</li> <li>・施工場所が未定</li> </ul>	△
案2： 根固めブロック 再利用案	<ul style="list-style-type: none"> <li>・対策工の中詰め材として再利用</li> <li>・仮置場不要</li> <li>・コスト縮減</li> </ul>	○

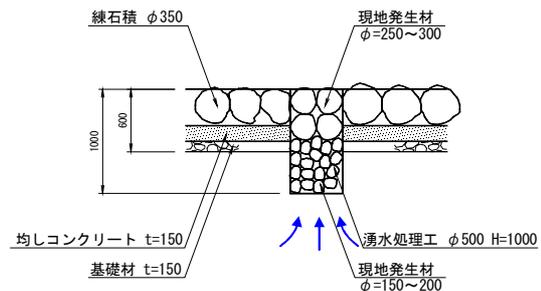


図-6 湧水処理工断面図

## 5. ゴミ詰り対策への対応

### (1) ゴミ詰り対策

根固めブロックとしての機能を損なわず、ゴミ詰まりを無くす構造として、図-7に示す自然石を利用した石造護岸水制工（天端部は遊歩道兼用）を採用することでゴミ詰まりは解消できた。なお、根固ブロックは、横断方向から縦断方向へ変更し、再利用することで河積阻害を防止した。また、再利用することで、工区外への搬出のコスト縮減も達成した。

### (2) 石造護岸水制工の工夫

石造護岸水制工は、前項で述べた縦断形状の工夫と同様、巻天端による流勢緩和を図り、法部は乱積、天端部は谷積とし、景観的にも配慮した。さらに目地間隔は、一般護岸と同様、1スパン（10m）に1箇所設置するが、1スパンの目地部に深さ50cm、長さ70cmの石材（倉石）を二重配置し、護岸天端が流出しないように配慮した。

## 6. 対策工の効果

### (1) 湧水処理工

湧水処理工の完成後、湧水量の調査を簡易的に実施した。その結果、施工前と同程度の流量（1.8 t/分）を確認できたことから一連の湧水処理工は適切であったと考える。また、同処理工内に使用した現地石材に遡上してきた魚類を確認できたこと、施工後に現地を訪れた際にカワセミの飛来を確認したことから環境保全にも寄与できたと考える。

### (2) 白川積

工事竣工後の河川増水時に現地確認を行った結果、白川積の石材の流出、深掘れの影響は見られなかったことから、計画流量・流速に対する石材の安定確保は保持できた。

### (3) 石造護岸水制工

根固ブロックに変わる凹凸形状が少ない石造護岸水制工を採用したことにより、増水後のゴミ詰りが軽減でき、また環境・景観面でも大幅に改善できた。一方、コスト縮減の観点から既設根固ブロックを石造護岸水制工のコア部分にあたる中詰材に再利用したことから、防災面での安全性確保の他に工事費が約25%縮減できた。

## 7. 九州北部豪雨後の現場検証

対象箇所は平成24年3月竣工したが、同年の九州北部豪雨の直撃を受けた。災害直後に現場を訪れ、次の結果を得た。まず安全面で特に重要な施設である水叩下流の石造護岸水制工及び右岸側の石造護岸工については、想定を超えた流勢に対しても何の損傷もなかった。次に予防保全的に設置した河床低下

防止工の白川積については、一部力石を除き流出したが河床の深掘れは免れた。対策を施していない範囲については一部村道崩壊、表土法面流出等が見られた。以上より、本業務範囲内で実施した一連の対策工は十分機能を果たしたと考える。

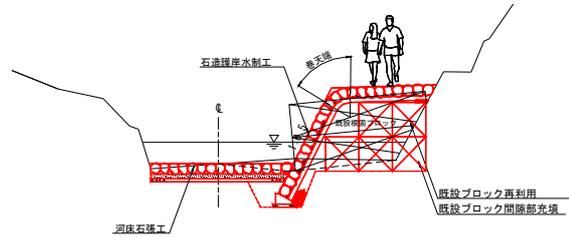


図-7 石造護岸水制工断面図

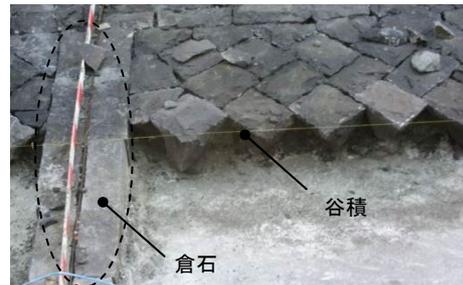


写真-5 石造護岸水施工天端部

## 8. 今後の検討課題

### (1) 流域全体の河川計画の立案

今回の業務は、河川計画がない中で業務委託されたため、一部の河川改修に留まった。しかし、本来川づくりとは対象河川の特徴、周辺の地域特性を把握し、人々の安全安心を確保することが重要であり、河川全体の川づくりの目的を明確にする必要がある。従って今後は、流域全体の河川計画の立案が望まれる。

### (2) 伝統工法の伝承

今回採用された伝統工法の白川積の他に石造護岸水制工については、天端部と法部の境に巻天端を施し流勢の緩和及び景観向上に寄与できたと考えるが、石工不足は深刻な問題である。従って、設計技術者の育成と合わせて、施工技術者の早期育成が望まれる。

以上

## 参考文献

- 1) 多自然型川づくり施工ハンドブック【石積み・基本編】平成12年10月 建設省九州地方整備局河川部
- 2) 河川の景観形成に資する石積み構造物の整備に関する資料 平成18年8月 国土交通省河川局河川環境課
- 3) 多自然型河川工法設計施工要領【暫定案】平成6年度版 監修 建設省河川局治水課 発行 財団法人河川環境管理財団
- 4) 護岸の力学設計法 (財)国土技術研究センター編 平成10年12月

# 地籍調査の課題と今後の在り方について

(株)有明測量開発社 測量部 吉海 幸裕

昭和26年に国土調査法が施行され早60余年の年月が経過しているが、地籍調査の全国レベルでの進捗状況が平成23年度末時点にて50%と低い推移に留まっている。昨今、東日本大震災等の大きな自然災害が多発する中で、復旧事業に大きな遅れを生じている。それは、地籍調査が完了しておらず、境界確認等に大きな支障を来している事が一つの要因であると考えられる。

本論では地籍調査の進捗向上の必要性、その中で地籍調査が進まない要因、その分析要因に対して地籍調査の工程内において新しく取り入れた能率向上のための取り組み、その結果見えてきた課題や実施したシステムに見る将来的展望、今後の地籍調査の在り方について焦点をあて今後の地籍調査のあり方について考察したものである。

**キーワード；地籍調査の現状と課題，地籍の能率向上と認識の普及の為の提案，今後の地籍調査の在り方**

## 1. 地籍調査の歴史

土地管理制度の古くは班田収受法に始まり、戦国時代に豊臣秀吉が大々的に行った太閤検地、明治6年より行われた地租改正と時代の変遷と共に土地の調査は度々行われてきた。地租改正によって土地の私的所有や課税のシステムも物納から金納へと大きく変革を遂げる。しかし、地租改正時の測量技術の未発達や現地図面の不整合による脱落地及び重複地等の問題も多く生じていた。後に戦後以降日本を再建する為の国土高度利用の為には正確な基礎資料が必要である事。並びに国土の実態を正確に把握する事が必要な背景の下昭和26年に制定されたのが「国土調査法」である。現在の地籍調査は、この国土調査法に基づき現在に至るまで引き続き行われている。

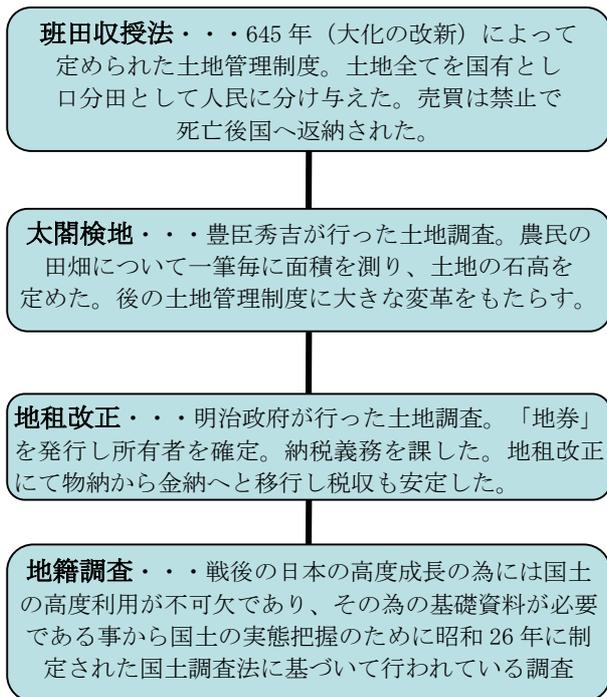


図-1 土地管理システムの時代の流れ

## 2. 地籍調査の現状と課題

現在随時進行している地籍調査ではあるがここ最近の進捗の推移について以下に述べる。

H24年3月末時点にて全国平均で50%と国土調査法制定後約半世紀を経過した現在でも進捗は停滞し、県別に見てもその進捗はばらつきがある。この状況では単純に約半世紀を要する事になり、早急な全国平均の進捗が望まれる。近年多大なる自然災害が多発する中、復旧事業等にこの地籍調査の成果が活用されるのは言うまでもない。こうした中、この進まない現状に関係する阻害要因を列挙し、課題の抽出を図った。

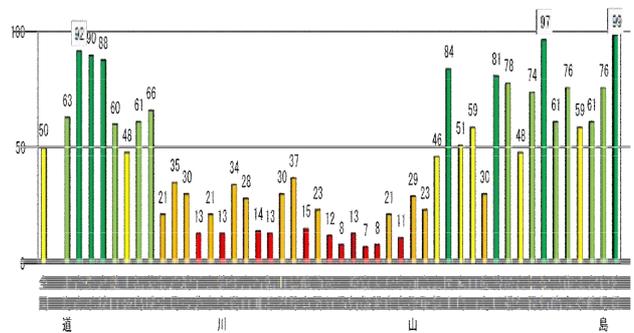


図-2 平成23年度末の地籍調査の進捗状況

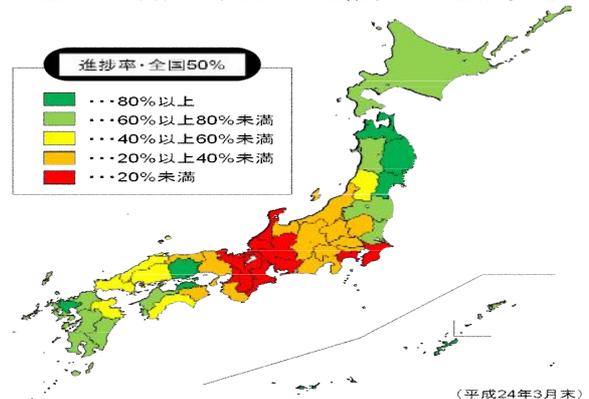


図-3 都道府県別に見た進捗率

### (1) 分析要因

- 1) 都市部
  - ・ 都市部における利害関係の複雑さ
  - ・ 土地の資産価値が非常に高く、権利意識が強い為、確認に多くの時間を要する。
  - ・ トラブルに繋がらないように隣人との接触を避けようとする傾向が強く、調査協力を得にくい状況にある。
- 2) 山村部
  - ・ 山村部の所有者高齢化や過疎による人口減少に伴う限界集落の増加。
  - ・ 上記状態から発生する地域の荒廃に伴う調査困難区域の増加。

等上記の大まかな事由が挙げられる中、主な進まない要因は所有者立会の元に行う一筆地調査に依存している事が挙げられる。では、一筆地調査がどういった現状を抱え、進まない理由を実際の調査の中で直面してきた事例を元に幾つか列記する。

### (2) 一筆地調査阻害の要因

- ・ 調査前に行う地元説明会だけでは地元住民の理解が得られ難く、調査効率向上に繋がりがづらい部分がある。
- ・ 一筆地調査開始前に事前に境界杭等の設置期間を設けるにもかかわらず所有者個人間の地籍調査に対する認識の低迷による準備不足。
- ・ 山村部の高齢化や荒廃による準備が出来ない状態。等の原因が散見された。
- ・ 都市部周辺においてトラブル回避の傾向が強い為、調査が円滑化できない。

## 3. 地籍の能率向上と認識の普及の為の提案

### (1) 一斉杭打ち

上記の要因を解消しなおかつ一筆地調査の効率向上、並びに地籍調査に対する認識普及促進の為に実施した一方策を事例に以下に述べる。

近年の高齢化等にて一筆地調査の境界杭の準備が進まない現状の中、当社が現在従事中の調査地域では自治体主導の下で一斉杭打ちというものを地籍調査業務の中の工程の一つとして取り入れ業務の円滑化を図っている。このシステムは自治体にて考案されたシステムでこれに改良点を加え実施した。そこで一斉杭打ちについて以下のフローにて概説する。

現在調査を行っている地区は山村部の中でも比較的市街地周辺部に位置する所にある。事前準備において土地所有者より立会時に聞く事が多かった事例として、

- ・ 事前準備時の要領の詳細が把握できない。
- ・ 隣接者不在の際に個人判断で準備した際にトラブル等を避けたい。

上記要因を改善し、事前準備の促進を図るために為に行っているのが一斉杭打ちである。

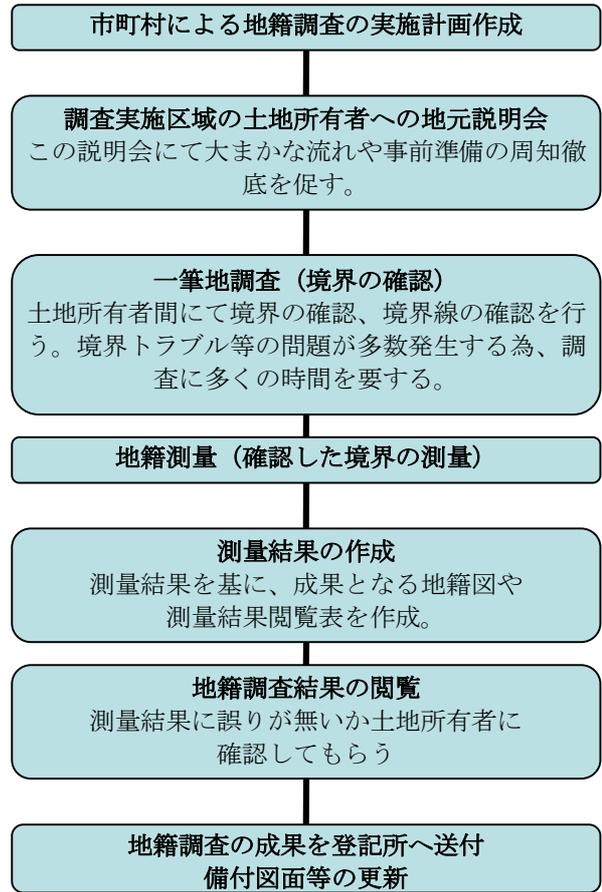


図-4 地籍調査の大まかな流れ

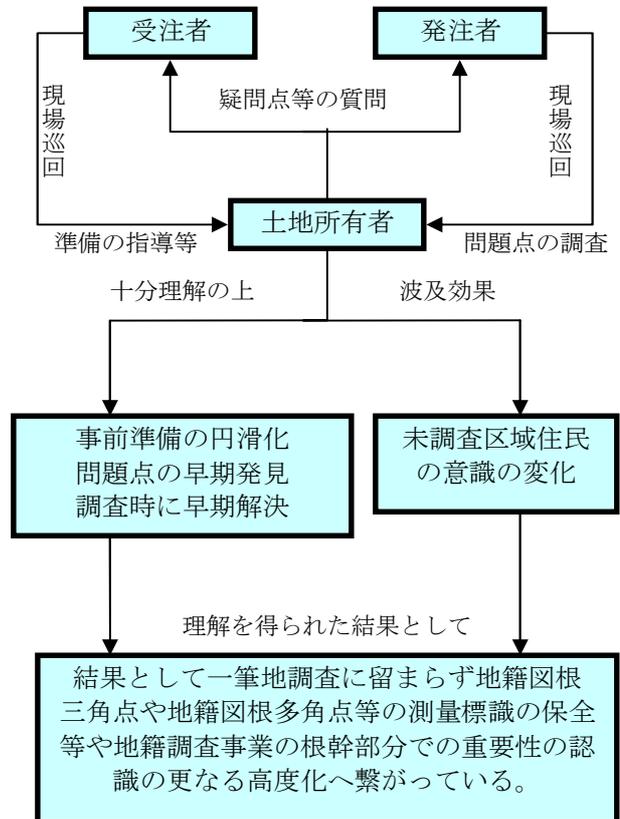


図-5 一斉杭打ちの構図

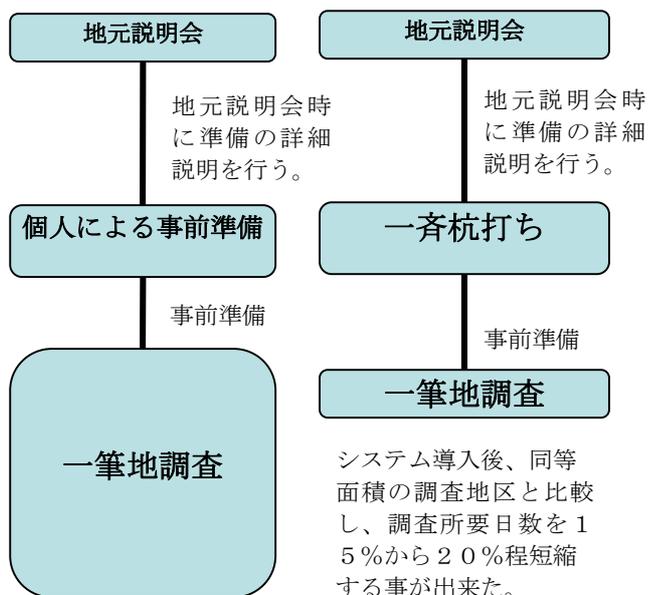


図-6 一斉杭打ち導入後のフロー比較

上記の一斉杭打ちを取り入れた事により、個人間の地籍調査の認識レベルの向上や準備率の向上、さらに隣接の未調査区域への調査向上の為の意識の啓発等の相乗効果を生じている。地籍調査の工程内の一部分であるが意識の向上は将来的に地籍調査全体へ繋がっていく大事な要素であると思われる。所有者間の地籍調査への取り組み方は以前にも増して充実した反面、

- ・ 一斉杭打ちの当日に参加されない方がいて、巡回した結果、準備を行う事が出来ないのかがどうすればよいか。
- ・ 畑や田等はだまかに準備を行えたが、山林や、人口密集している都市部ではこういった作業を行えるのか。その時点でトラブルが発生するのではないか。
- ・ 高齢者しか居ない地区でこういった作業を行う際にサポート体制をどうやって構築するのか。

等上記の今後に繋がっていく問題点も結果として顕在化してきた。今後地籍調査が進行していく中でこの一斉杭打ちというシステム自体臨機応変に対応できる必要性も生じてきた。

## (2) 一斉杭打ちによって見えてきたもの

一斉杭打ちを行った事によって見えてきた根幹の問題について以下に述べる。まず一斉杭打ち後一筆地調査へと進行していく中で所有者からの共通の意見が「隣接者が誰か分からない部分もあり一人では準備する事が出来なかった」である。少し逸脱す

る部分もあるかと思うが、上記の意見には以前より形成されてきた地域コミュニティの衰退が大きく関係するものと思われる。このコミュニティの衰退により地域住民の繋がりの希薄化に歯止めがかからず地籍調査の進捗阻害の大きな要因となっている事が背景にあると考えられる。

## 4. 今後の地籍調査の在り方

現在の地籍調査の進捗状況は50%と停滞した数値を示している。これから先、地籍調査が進むにつれて調査箇所は比較的安易な市街地周辺部分から調査が困難になる山間部周辺に差し掛かってくる事が予想される。そこには、

- ・ 高齢化、山村の荒廃による限界集落の増加
- ・ 山間部において地籍の効率化の維持
- ・ 都市部における更なる効率化を図るには

等の問題も多数存在する中、地籍調査全体の進捗向上を図るには一斉杭打ちの様な小さなシステムを構築、活用し全体工程に反映させていく事が必要ではないかと思われる。地籍調査進捗を訴える背景には、文頭で述べた自然災害等の際に地籍調査の成果無くしては、境界の位置等も不明瞭がゆえ復旧事業に大きな支障を来し、復興すらままならない。こうした際に地籍調査の成果は大きな役割を果たす。地籍調査はこうした状況に迅速に対処すべくもやはり全国規模の進捗度を大きく押し上げる必要があると思われる。

## おわりに

地籍調査の一層の促進において国土交通省でも日々様々な啓発活動及び促進に向けた動きが取られている。進捗度が停滞する状況の中、事業自体を休止している市町村も少なくはない。各自治体の予算の確保やそれに対応する自治体職員の人員確保がままならない等進捗阻害の要因は多岐にわたる。近年のデジタル化により地籍調査に用いる測量機器や測量技術も飛躍的に進化している時代背景を受けて地籍調査の基礎部分である一筆地調査に求められる手法も大きな変革期を迎えていると思われる。時代の流れに応じた手法を取りつつ、自治体や受注業者並びに土地所有者三位一体となって進めていくことによって円滑な事業の進行は国土全体の進捗の未来を切り拓くことができるのではと感じる。

## 参考文献

- 1) 国土交通省 地籍調査Webサイトより引用 (2013. 8. 23提出)

# 深い支持地盤における グラウンドアンカーの設計と施工

株式会社 熊本建設コンサルタント 技術部 井場友彬

土木工事における土留め壁の構造は、親杭横矢板壁、鋼矢板壁、鋼管矢板壁等様々な形式が採用されている。支保工についても同様に、自立式、切梁式、アンカー式など施工条件により最適な土留め構造の形式を選定する必要がある。

本論では、構造物の施工において限定された平面形状のため切梁型式の支保工を使用することが困難であり、また住宅等が近接し施工中に家屋および周辺地盤の変状が懸念されるような場合のグラウンドアンカー式支保工を用いた土留め工形式の例を紹介するものである。

キーワード；スプリッツアンカー工法，軟弱地盤への定着，変位観測

## 1. はじめに

当該工事は橋梁下部工工事の仮設工である。

橋台フーチング底面から地表面まで約8.0m程度の高低差があり、土質区分が粘性土及び砂質土であるため床掘勾配1：0.6と設定した場合、法面に小段を設ける必要がある。

民家が近接し影響を及ぼさない床掘が必要であり、図-1に示すような床掘では法肩が民地境界に入り込んでしまう。また、法肩が民地内にある倉庫まで0.3mと近接してしまうため、民地への影響を回避するため仮設土留め壁工を採用することとした。

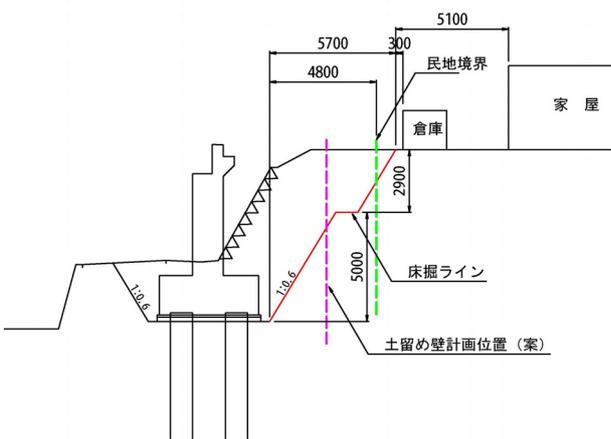


図-1 下部工床掘ライン

## 2. 土留めの構造形式の選定

### (1) 土留め壁の選定

土留め壁の選定では、住宅地内であることを踏まえ低騒音・低振動での施工を第一に選定を行った。

また、掘削した箇所は埋め戻しを行うため、撤去を前提とした構造形式とする。

表-1に示すような土留め壁の選定を行い、鋼矢板壁を採用することとした。

表-1 土留め壁の選定

名称	振動・騒音	現地盤への適用性	周辺地盤への影響	引抜き可否	施工性
親杭横矢板壁	△	×	△	○	○
鋼矢板壁	△	◎	○	◎	○
鋼管矢板壁	△	○	◎	×	×
柱列式連続壁	○	○	◎	×	×

### (2) 支保工形式の選定

支保工形式では、鋼矢板壁の変形を抑えること、橋台本体工事の際に支保工が障害とならないことが条件となる。控え杭等を用いる場合、民地側に入らないことも条件となる。表-2に示すような支保工形式の選定を行い、アンカー式支保工を採用した。

表-2 支保工形式の選定

名称	土留め壁の変形	橋台工事の障害	民地への影響
自立式土留め	×	○	○
切ばり式土留め	○	×	○
アンカー式土留め	○	○	○
控え杭タイロッド式土留め	×	○	×

### (3) 一般的なアンカー定着の課題

グラウンドアンカーは良質土層への定着が一般的である。また、配置条件として土被り5.0m以上の確保、アンカー自由長4.0m以上、アンカー体定着長3.0m～10.0mで決定する。これらの条件に加え、支持地盤における耐力照査を行う。

以上の条件にて検討を行った結果、地表面から約30m付近が定着層となる。しかし、この場合アンカー長は40m～50mとなり、比較から不経済である。よって、より浅い地盤での支持が可能となるスプリッツアンカー工法を検討することが適切と考えた。

## 3. スプリッツアンカーの特徴

一般的なグラウンドアンカーとスプリッツアンカーの大きな違いはアンカー体部の拡大削孔である。一般的なアンカー体は直径がφ90~165mmであるのに対し、スプリッツアンカーは削孔径φ135mmで掘削を行い、先端ビット拡大によりアンカー体径φ800mmとする。従来のアンカーは摩擦抵抗を主に引抜き抵抗としていた。スプリッツアンカーは摩擦抵抗に加え、アンカー定着体を拡大削孔することでアンカー体の断面を大きくし支圧抵抗を作用させ引抜き抵抗を大きくする方法である。

スプリッツアンカー工法を採用する場合、20mm以上の礫が存在している地盤では拡張ビットが破損する可能性がある。さらに施工実績等から、アンカー孔口と地下水位の水頭差が4m程度以上ある場合には別途対策が必要とされる。

外力作用の比較を図-2に示す。

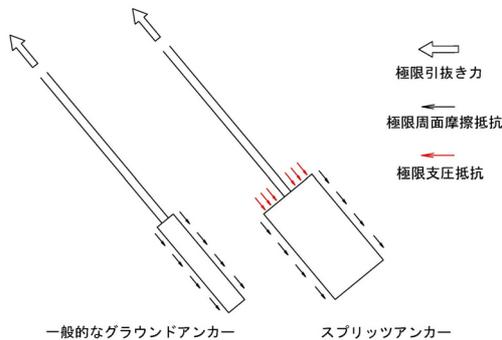


図-2 外力作用の比較

#### 4. スプリッツアンカーの設計

##### (1) 設計条件

当該現場の土質は、地表面から深度約30m付近に礫混じり砂の支持層があり、中間層にはN値10~20の礫混じり砂、礫混じりシルト質砂が確認された。

一般的なグラウンドアンカーは、定着層までアンカー長約L=50mが必要となり不経済となる。一方、スプリッツアンカーの定着地盤には砂質土の場合、 $5 \leq N \leq 20$ 、粘性土の場合 $2 \leq N \leq 10$ の地盤への定着条件を満足することが必要となるため、中間層への定着が可能であり、アンカー長約L=21mで定着が可能となり経済性に優位となる。

定着地盤は、礫径が20mm以下、水頭差も4m以下でありスプリッツアンカーの施工が可能となるため、第4層礫混じり砂層への定着を行った。

表-3 アンカーの比較

	一般的なアンカー	スプリッツアンカー
定着地盤	第8層礫混じり砂	第4層礫混じり砂
削孔径	φ 90mm	φ 135mm
削孔長	1段目 50m 2段目 41m	1段目 21m 2段目 15m
定着体長	L = 3.0m	L = 2.0m
定着体径	φ 165mm	φ 800mm
概算工事費	1278千円	675千円
経済性	削孔長が長くなり不経済	削孔長が短く経済的に優れる

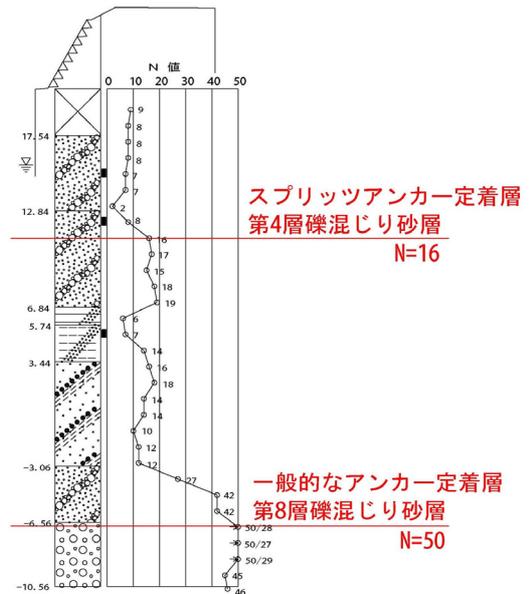


図-3 柱状図

##### (2) 設計手法

本工事で使用したアンカーの設計は、スプリッツアンカー設計・施工マニュアル(案)<sup>1)</sup>に基づいて行った。設計アンカー力を式(1)に示す。

$$Td = \frac{Pa \times m}{\cos \alpha \times \cos \theta} \quad (1)$$

ここで、Tb：設計アンカー力 (kN/m)

Pa：山留め壁の腹起し反力 (kN/m)

m：アンカー間隔 (m)

α：アンカーの傾角 (°)

θ：アンカーの水平角 (°)

アンカー体の配置位置は2.5D以上の間隔を必要とし、かつ最少土被りが5.0m以上必要である。鉛直方向、水平方向にそれぞれ角度を持たせてアンカーの配置を行う。また、アンカー体及び土留壁の根入れは主働すべり面より深い地盤に定着を行う。アンカー体の定着位置を図-4に示す。

本工事では、鉛直方向に2段、水平方向に5箇所アンカーを設置した。腹起し反力は1段目と2段目でそれぞれ設定を行い、設計アンカー力は1段目、2段目それぞれの最大値を使用した。

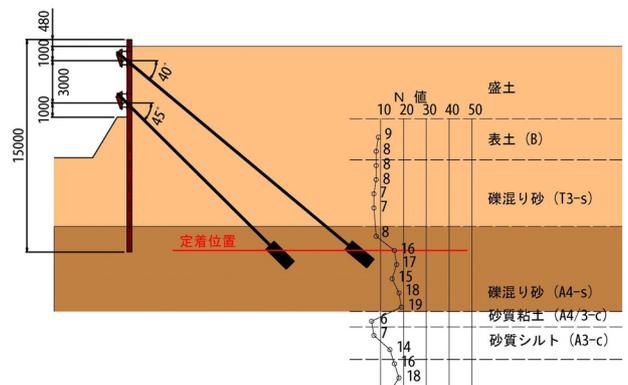


図-4 アンカー体の定着位置

## 5. スプリッツアンカー工法の概要

### (1) 原理

スプリッツアンカーは拡大削孔することで摩擦抵抗と支圧抵抗を大きくとることができる。アンカーの極限引抜き力を式 (2) に示す。

$$T_{ug} = D_1 \cdot \pi \cdot \tau + D_2 \cdot \pi \cdot L_{a2} \cdot \tau + q_{pu} \cdot A_p$$

$$= D_1 \cdot \pi \cdot L_{a1} \cdot \tau + D_2 \cdot \pi \cdot L_{a2} \cdot \tau + q_{pu} \cdot \frac{(D_2^2 - D_1^2) \cdot \pi}{4} \quad (2)$$

ここで、D1 : 削孔径 (m)

D2 : 削孔径 (m)

La1 : 軸部の定着長 (m)

La2 : 拡径部の定着長 (m)

$\tau$  : 極限周面摩擦力 (MN/m<sup>2</sup>)

qpu: 極限支圧抵抗 (kN/m<sup>2</sup>)

Ap : 有効支圧面積 (m<sup>2</sup>)

式 (2) より、スプリッツアンカーの極限引抜き力Tugは、アンカー体周面の摩擦抵抗と拡径した断面位置での支圧抵抗の和よりなる。スプリッツアンカーでは軸部で定着を行わないためLa1=0となる。

ここで設計アンカー力は許容引抜き力未満とならなければならない。図-5にスプリッツアンカーの諸元の設定を示す。

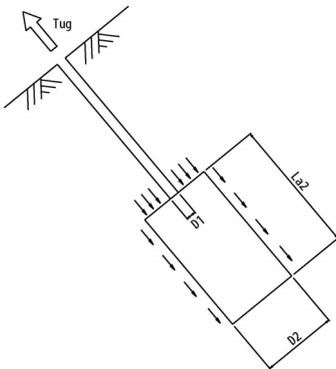


図-5 スプリッツアンカーの諸元

### (2) 工法

スプリッツアンカーは①拡径ビット、②アンカー体、③アンカーテンドン、④グラウトから形成される。スプリッツアンカーの構成を図-6に示す。

施工フローを図-7に示す。掘削にはボーリングマシンを用い、ケーシング管の先端に拡径ビットを取り付け拡孔深度まで掘削を行う。拡孔深度まで掘削が完了したら、インナーロッドを挿入し拡径ビットを開き拡径部の削孔を開始する。アンカー体深度まで掘削が完了したら、孔内洗浄を行いテンドンを挿入しグラウト注入を行う。グラウト注入と同時にケーシング管を抜管しグラウト養生を行う。施工状況を写真-1、2、3に示す。

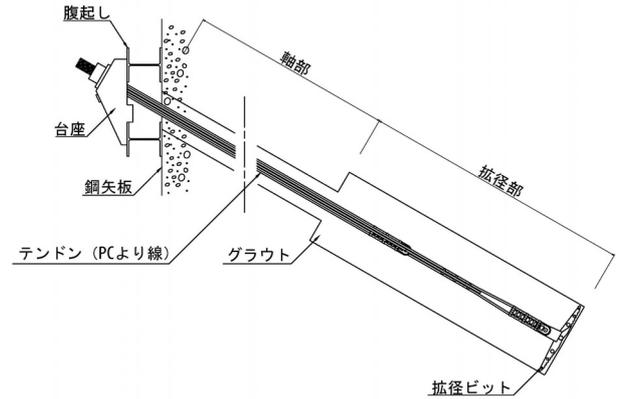


図-6 スプリッツアンカー一般図

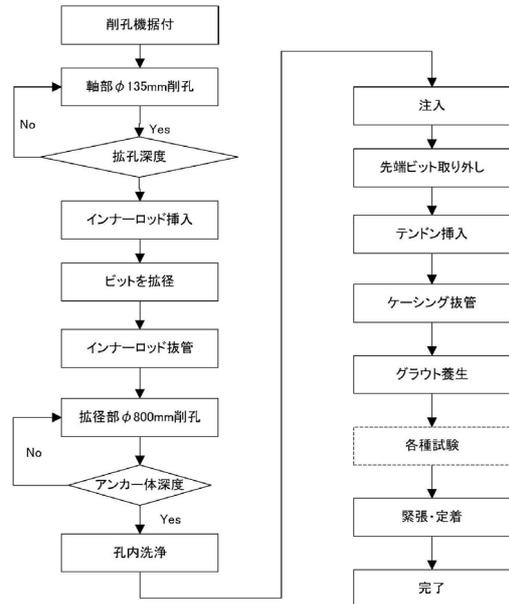


図-7 施工フロー



写真-1 機械設置状況 (傾角・水平角の設定)



写真-2 緊張確認状況（プレストレス導入）



写真-3 土留め工完成

## 6. 近接家屋及び鋼矢板の変位観測

### (1) 近接家屋の変状調査

構造物掘削開始にあたり、家屋調査を行いひびわれ位置や範囲などの記録を行い工事に着手した。

### (2) 鋼矢板の変位観測

鋼矢板の観測は、スプリッツアンカーの緊張導入後の値を変位=0mmとして定点観測を行った。

鋼矢板の変位状況を図-8に示す。緊張後15～20日で主働土圧作用方向に微小に変位が生じ、その後、時間の経過とともに変位は大きくなっている。緊張後35～40日では最大変位5mmを記録し、以降前日との変位差は1mmを前後していることから変位は収束したと考えられる。本工事において施工中に問題は発生しなかったため、設計を満足できたと評価する。

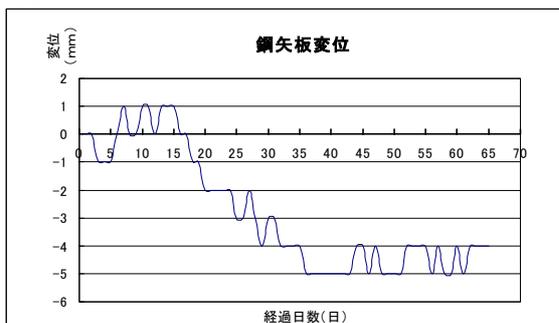


図-8 鋼矢板変位の推移

## 7. 今後の課題

本工事で採用した土留め工形式は、緊張を緩め、鋼矢板を撤去するまでが一つのサイクルである。現在はアンカーを撤去する工程まで至っていないが、緊張を緩める際は段階的に埋め戻しを行いながら、アンカーを下段から撤去し、最後に鋼矢板を撤去する。土留め工撤去の際には周辺地盤の変状を計測・監視しながら慎重に撤去を進める検討を行う。

## 8. おわりに

本論では、軟弱地盤において適用範囲及び設計施工手法を確実に品質管理することで、従来のグラウンドアンカー工法に比べ経済的な仮設施工ができる例を紹介したものである。

住宅地での施工では騒音・振動に加え周辺地盤への影響を考慮した施工が重要となる。本工事で採用したスプリッツアンカーは、設計、品質管理、周辺環境の計測を適切に行うことで、制約の多い現場でも施工が可能となる。

日本で初めにグラウンドアンカーの基準が制定されたのは昭和52年であり、現在までに3回の改訂が行われている。本論で紹介したスプリッツアンカーのように、現在も多種多様なアンカー工法が開発されている。今後も新たな技術が研究・開発されることを期待し、設計する立場として積極的に取り入れて実績を積み、更に信頼性を高めたいと考える。

## 参考文献

- 1) スプリッツアンカー設計・施工マニュアル (案)
- 2) 公益社団法人 地盤工学会；グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説 JGS4101-2012
- 3) 社団法人 日本道路協会；道路土工仮設構造物工指針 平成11年3月

(2013. 8. 26 提出)

# GIS及びGPSを活用したモニタリング調査の効率化

アジアプランニング株式会社 技術部 田畑 智廣

2011年3月11日の東日本大震災により東京電力福島第一原子力発電所から放射性物質が大量に漏洩するという甚大な災害が発生した。そこで、除染関連事業の事前物件調査の一環として、放射線モニタリング調査が実施されることとなった。しかし、調査範囲が広域かつ調査密度が詳細で、除染工事後の調査との比較・検証が前提であった。そのため、大量情報の迅速かつ高精度での収集・整理の実施が求められ、作業の効率化が必要となった。そこで、モニタリング調査における各種作業の効率化を図るためGIS及びGPSを活用した。

**キーワード： GIS(地理情報システム), GPS, VRS, 放射線モニタリング調査**

## 1. はじめに

2011年3月11日の東日本大震災により東京電力福島第一原子力発電所から放射性物質が大量に漏洩するという甚大な災害が発生した。そのため福島県内では平常時よりも高い放射線が観測され、当該地域を除染し、被ばく線量を低減させることが急務となっている。2012年1月1日の「放射性物質汚染対処特措法」完全施行に伴い、当該地域での除染に関連する事業において、除染作業前の事前物件調査として、放射線量率又は表面の線密度を測定する放射線モニタリング調査が実施された。

本稿では環境省発注の除染関連事業で福島県 I 村並びに M 市で実施された放射線モニタリング調査における GIS 及び GPS を活用した取り組み(アジア航測株式会社の協力会社として弊社が一部担当)についてまとめる。

## 2. GIS 及び GPS 活用の背景

モニタリング調査においては、除染工事後、同一箇所での放射線モニタリングの実施を考慮し、調査位置を図面・写真等で記録することが求められた。

しかしながら、(1)調査区域＝広域、(2)調査密度・調査量＝高密度・大量、(3)調査精度＝高精度、(4)調査期間＝短期間となることから、大量情報の迅速かつ高精度での収集・整理が必要であり、図面・写真等での記録には多大な労力を要する。

そこで情報収集や調査結果とりまとめにおいて、GIS 及び GPS を活用し効率化を図ることとした。以下に調査概要についてまとめる。

### (1) 調査区域

表-1 に調査対象数量を示す。調査区域は、森林を除いた地域および林縁部から森林側に 20m 入った地点までとされ、広域にわたっていた。

### (2) 調査密度・調査量

調査区域の除染対象物ごとに、「除染関係ガイドライン(平成 23 年 12 月環境省)」(以下「ガイドライン」と記載)及び仕様書の「測定点の設定方法」に従って、調査

地点を決定した。「表-2 測定点の設定方法」に示すように調査密度は高密度となっている。また、測定点数は I 村:約 12 万箇所、M 市:約 13 万箇所となっていた。

### (3) 調査精度

家屋等においては敷地内で 5 点、道路においては路面・側溝・歩道で各 1 点の最大 3 点と対象物毎に隣接する箇所での測定が必要であった。そのため、測定対象についての位置情報の高精度での管理が必要とされた。

### (4) 調査期間

本業務の工期は、約半年間とされた。この期間内に調査からとりまとめを実施する必要があった。

表-1 調査対象数量

調査対象	I村	M市
建物数	約 6,500 戸	約 13,000 戸
道路総延長	約 310 km	約 150 km
森林周回距離	約 1,250 km	—
農用地総面積	約 40 km <sup>2</sup>	約 40 km <sup>2</sup>
農用地、森林以外の総面積	約 12 km <sup>2</sup>	—
測定点数(想定)	約12万箇所	約13万箇所

表-2 測定点の設定方法

除染対象物	測定点の場所
(イ) 家屋・建物、学校・公園等	当該測定点における測定値の平均が、当該敷地内において人が比較的多くの時間を過ごすことが想定される場所における空間線量率の代表値とすることが概ね妥当であると考えられる野外の5点
(ロ) 道路、歩道、側溝、駐車場など	道路の路面、側溝、歩道ごとに30m毎に1箇所
(ハ) 農地、田畑	30m毎に1箇所
(ニ) 森林	林縁部から森林側に10m入った場所において、50m毎に1箇所

### 3. GIS 及び GPS を活用した調査方法

#### (1) 作業フロー

GIS 及び GPS を活用したモニタリング調査における作業フローを図- 1 に示す。本作業は、調査位置の概定やとりまとめ等を行う屋内作業と、放射線量測定や写真撮影等の情報収集を行う現地調査とに大別され、屋内作業はパーソナルコンピュータ(以下「PC」と記載)、現地調査は GPS 搭載の携帯端末(以下「PDA」と記載)で行った。以下に、作業の概要をまとめる。

##### a) 調査用データの作成

現地調査に先立ち、GIS(本調査では主に ESRI ArcView10 を使用)を活用し航空写真オルソを基に、建物や植生の判読処理を実施し、調査対象及び調査エリアの概定を行った。

また、表- 2 の設定方法に従って、各対象物について調査を実施する地点を、GIS を用いて目標点(ポイントデータ)として配置した。

##### b) データのエキスポート・インポート

調査範囲が広域かつ調査期間が短期間であるため、I 村:15 班および M 市:40 班の調査班を編成し、班数分の PDA を準備した。そのため、各班の調査範囲の重複が生じないよう、工区・調査エリア単位で調査用データを切り出し、PDA へデータのエキスポートを行った。

また各班で収集した調査データは、PC 上の GIS で集約及び分析を実施する。そのため各 PDA より PC へデータのインポートを行い、GIS で管理を行った。

##### c) 調査位置特定・調査情報入力

空間線量は、雨水が集まる側溝や水たまりができてやすい低平地等で高い測定値が観測されるなど、測定位置等により大きく異なる。そのため、事後調査や継続調査を実施し、測定結果の変遷を比較するには、測定位置とその属性情報を高精度で管理することが重要となる。

そこで、現地調査の実施にあたっては、収集情報を高精度で管理するために、GIS 及び GPS を活用したモニタリング調査システムの構築を行った。調査位置の特定及び調査情報の入力には本システムを使用した。本システムでは収集した情報を GIS データ(シェープファイル)で管理した。システム構築の詳細については、後述の「(2)モニタリング調査システムの構築」にまとめる。

##### d) 調査結果とりまとめ

現地調査にて情報収集した調査結果を、調査結果図等や調査管理台帳並びに調査箇所別の調査票としてとりまとめを行った。

##### ● 調査結果図等

インポートにより PC へ集約された GIS データは、ArcView で直接読込が可能である。そこで、ArcView で作製した調査結果図等のテンプレートへデータを読み込み、図面を出力した。

##### ● 調査管理台帳及び調査票

集約した測定対象、空間線量率・表面汚染密度、天候、状態、測定状況写真等のデータは、データベース上で一元管理を行った。また、データベースソフトのレポート機能を活用し構築したツール(放射線モニタリング調査管理台帳)により、調査管理台帳及び調査票(調査写真の差し込み)を出力した。

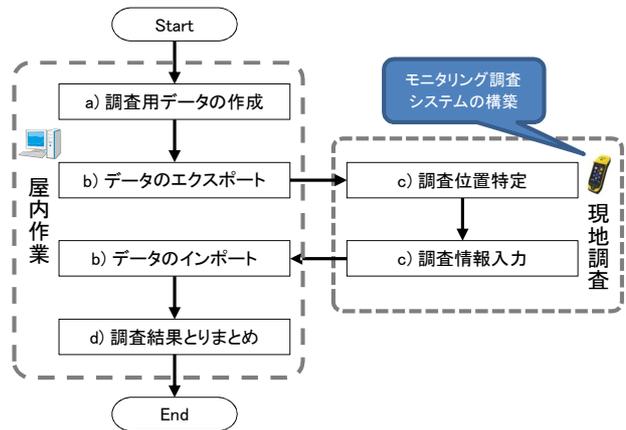


図- 1 作業フロー

表- 3 使用機器一覧

名称	機材型式	メーカー名
GPS内蔵PDA	GeoExplorer 6000XH	ニコン・トリンプル
モバイル Wi-Fiルーター	NI-760S	IIJ mobile
GIS(モバイル)	ArcPad10	ESRIジャパン
GPS受信機コントロールソフト	Trimble GPScorrect	ニコン・トリンプル

#### (2) モニタリング調査システムの構築

##### a) システム概要

モニタリング調査システム(以下、「調査システムと記載」)は、高精度 GPS 搭載の PDA 並びにモバイル GIS ソフトを活用し構築を行った。本システムでは、①GPS による調査位置特定および調査位置取得、②調査・測定情報の入力、③調査位置とリンクした調査写真の整理が、GIS データ(空間情報+属性情報)作成のための一連作業の中で実施することが可能である。

また、PDA を常時インターネットへ接続させることで、位置情報の VRS 測量方式によるリアルタイム補正が可能となる。この補正により、最高 10cm精度で位置情報取得が可能となった。そのため、近接測定箇所の明確な区別が可能となり、事後調査等における調査位置の特定が容易になる。

##### b) 使用機器

調査システムの使用機器を表- 3 に示す。GPS およびカメラ内蔵 PDA として、GeoExplorer 6000XH(以下、「Geo6000」と記載)を使用した。また、PDA をインターネットに接続するために、NI-760Sを使用した。

情報収集・管理にはモバイル GIS である ArcPad10 並びに ArcPad の機能を拡張する GPS 受信機コントロールソフトである GPScorrect を使用した。図- 2 に使用機器のイメージを示す。

##### c) システム開発

ArcPad には、開発環境が標準で搭載されており、ツールバーやプログラミングによるフォームのカスタマイズが可能となっている。そこで、「除染関係ガイドライン」に基づき、記録が必要とされる情報を整理し、情報入力フォームの構築を行った。

GeoExplorer6000XH



図- 2 使用機器イメージ

画面イメージを図- 3～図- 5 に示す。入力フォームは、「基本」「計測」「画像」の 3 つのタブで構成し、プルダウンメニュー等でのカスタマイズにより、効率的な情報入力ができるように画面設計を行った。また、本システムでは、調査情報入力画面より PDA 内蔵カメラを起動することで、位置情報と撮影写真ファイルとの関連付けも可能である。

d) システム操作フロー

調査システムの操作フローを、図- 7 に示す。本システムでは、調査ポイントの新規作成・情報登録・状況写真撮影に加え、すでに取得済みのポイントに対する登録情報の修正も可能となっている。

4. GIS 及び GPS 活用による効果

(1) GIS データの現地利用による作業量低減

ArcPad は、PDA 上での GIS データの表示・作成・編集が可能であり、ArcView で作成した地図データを直接読込が可能である。そのため、目標点や地形図並びに判読調査結果図等の地図データの現地利用が可能となった。この地図データの現地利用により、調査用図面等の出力作業が不要となり、現地調査前の作業量を低減することができた。

(2) 調査位置特定時間の短縮

GPS の受信開始後、調査位置を特定する際のイメージ(PDA 画面表示状況)を、図- 6 に示す。GPS 信号受信後、PDA の画面上に現在位置が表示される。この現在位置情報と地図の表示縮尺および機材に取り付けられた方位磁石より、目標とする調査位置の特定が容易となり、測定を迅速に開始することができた。

(3) 調査データ整理の省力化

調査システムの活用により、現地調査の時点で、①調査位置の記録、②情報の入力、③調査写真整理が可能となった。それにより、従来の紙面による現地調査の場合、調査位置図の作成、野帳記載項目の Excel 等への入力、調査位置情報との関連付けによる写真整理等の作業を行う必要がなく、調査後実施する整理作業の省力化が可能となった。

(4) 確認作業の迅速な実施

とりまとめ資料のイメージを、図- 8 に示す。図面テンプレートや放射線モニタリング調査管理台帳を活用する

ことで、調査結果図等や調査管理台帳及び調査票を容易に作成することが可能となった。これにより、撮影した写真による現地の状況と登録情報の齟齬の確認等の迅速な実施が可能となった。



図- 3 「基本」画面



図- 4 「計測」画面



図- 5 「画像」画面



図- 6 位置特定画面

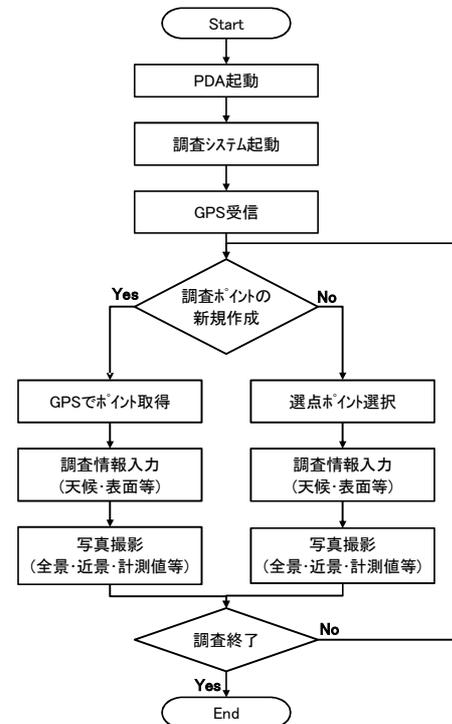


図- 7 モニタリング調査システム操作フロー

**(5) 進捗管理・作業計画への活用**

調査データは、インポート後、PC 上の GIS で一元管理を行った。そのため、広域を対象とした大量データを迅速かつ効率よく管理することができた。

また、その集約データに対し GIS の空間検索機能等を活用し、工区・調査エリア単位での目標点数および調査済み点数の集計を行った。それにより、各班の進捗状況の把握が可能となった。さらに、進捗状況の把握により、各班の調査能力の推定も可能となった。よって、作業能力が高い班に調査に時間を要すると予想されるエリアを割り当てるなど、調査計画策定への活用も可能となった。

**5. 諸問題への対応策(本調査以降も含む)**

**(1) 操作研修会の実施**

本調査において使用する機材の専門性が高いこと及び多数の調査班を編成し短期間で調査実施することから、操作ミス等による再調査は工期に大きく影響することが明白で、調査員の迅速な操作技術習得が必要となった。そのため、開始前に調査システム等の操作研修会を実施した。

研修会では、調査員へ使用目的や方法を説明し、装置の使い方や注意事項について指導を行った。また、研修最終日には全班に試験を実施し、習得状況の確認を行った。写真- 1～写真- 2 に、研修会の状況を示す。

**(2) 問合せ窓口の設置**

調査においては操作ミスを含む調査システムの動作不良等の発生が予想され、現場サイドからの問合せへの迅速な対応が必要となった。そのため、調査員からの問い合わせに対応する電話対応窓口を設置した。

また、問い合わせについては、内容と対応策の資料を整理し、現地調査員への情報提供を行った。

**(3) GPS 受信状況の悪い地域における位置取得**

調査実施に伴い衛星配置や山林部・急峻な谷間など上空視界が悪い場合、GPS だけでは精度の劣化が危惧される状況が発生した。その場合、受信条件のよい位置へポイントをずらす等、個別の方法により対応を行った。

ただし、現在実施している同様の調査においては、GPS に加え、ロシア衛星の GLONASS の受信により精度の向上を行っている。なお、2013 年 4 月から日本 GPS データサービス株式会社が提供している GLONASS を用いた補正情報の利用が可能になった。そのため、山林部や庭などの上空遮蔽の多い地域でも、高精度での位置取得が可能となっている。

**6. おわりに**

モニタリング調査において、GIS 並びに GPS を活用することで、広域かつ高精度調査により生じる大量な情報の迅速かつ高精度での収集・整理が実施できた。

位置により大きく異なる空間線量の高精度での管理ならびに収集・整理作業の効率化を目的に GIS および高精度 GPS 搭載の PDA を導入した。本機器の導入により、目的に応じた地図が現場で利用可能となり、高精

度の座標情報と測定結果の登録および調査状況写真の整理が容易になった。また、取りまとめにおいて、位置図並びに各調査ポイントの調査票出力が効率的に実施できた。



図- 8 とりまとめ資料イメージ



写真- 1 操作研修会の状況①



写真- 2 操作研修会の状況②

# 床止め工の施工計画について

(株)水野建設コンサルタント 設計部 坂口 正光

1級河川浜戸川では、水害に対する安全度を向上させるため、下流より河川改修が行なわれていた。本稿では、上流の河床を安定させる目的で設置される床止め工（落差工）について、概要を整理し、現地条件に適した施工計画を立案したことについて報告する。

**キーワード**； 落差工， 施工計画， 仮締切工， 作業スペースの確保， 施工機械配置計画

## 1. はじめに

本稿では、浜戸川河川改修事業の六田地区内で計画されていた床止め工について、現場条件を整理し、施工時の複数の問題点に対して、検討を行なった結果を報告する。

## 2. 本体設計の実施

### (1) 当該河川概要

浜戸川は、熊本県が管理する緑川水系の1級河川である。この河川は、下益城郡美里町の山地（標高410m）に源流を発し、谷底平野を蛇行しながら熊本平野を北上し、城南町を通過した後、緑川に合流するものである。流域面積は124.5Km<sup>2</sup>、幹線の流路延長28.2Kmの河川である。

### (2) 床止め工の設置目的

まずは今回の六田地区で床止め工が必要となった理由について述べる。

浜戸川河川改修事業においては、六田地区より上流も河床掘削が予定されていた。しかし、河床掘削を行うことで、六田地区の上流に位置する橋梁2橋、および護岸について、根入が不足し、補強・改築が必要となった。そこで、河積に余裕がある上流側の状況を考慮し、六田地区の上流に床止め工を設けることにより、上流側の河床掘削を回避する必要がある。そのため計画河床と現況河床の縦断落差地点を選定し床止め工（落差工）を設ける必要があった。

縦断落差地点は、撤去される固定堰の落差の直下流とした。（図-2）

### (3) 設計条件

設計条件は、策定中の河川整備計画（案）と整合を図り表-1の条件とした。

### (4) 構造形式の選定

構造形式の選定にあたっては、経済性、施工性、将来性、河床変動への対応などを考慮し、緩傾斜型の屈とう性構造に決定した。（図-3）

また、本体ブロックは、最大流速より2tブロックが必要となった。



図-1 浜戸川位置図

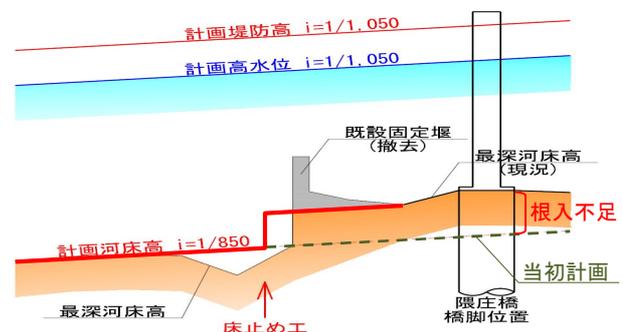


図-2 概略縦断面図

表-1 設計条件一覧表

項目	条件値
計画流量（完成計画）	Q=520m <sup>3</sup> /s, W=1/100
計画流量（暫定計画）	Q=400m <sup>3</sup> /s, W=1/30
上流側計画高水水深	H=4.000m
河床勾配	I=1/850
粗度係数	n=0.030
基礎地盤	砂質シルト

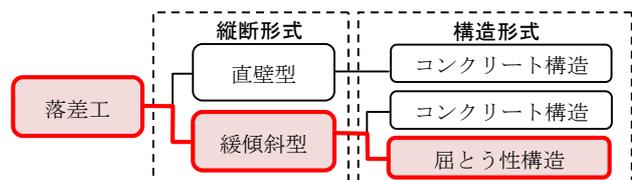


図-3 落差工の構造形式

### 3. 施工計画

#### (1) 問題点の抽出

施工計画にあたり、現地条件を確認したところ、以下の問題点が明らかとなった。

##### a) 仮設計画

落差工計画地点の約200m下流には可動堰が建設され、現在運用されている。

今回の落差工の施工は、非灌漑期に予定されていたが、防火用水及び畜産用水などの使用目的で取水されているため、ゲートは起立していることが分かった。(図-4)

##### b) 左岸作業スペースの確保

落差工計画位置付近では、みお筋が左岸側に寄る、わん曲した低水路法線となっていた。そのため現況法線で低水路を計画した場合、現況河岸と低水護岸の間が狭く、洪水による浸食・洗掘などの理由により、河岸の安定が懸念された。(図-4)

##### c) 施工機械の配置計画

落差工を計画する低水路幅が35mと広いため、本土工、および仮設工を設置するためには、クレーンなどの作業半径を考慮した作業形態に合わせた配置計画を行なう必要があった。

#### (2) 問題点に対する解決策

##### a) 仮設計画の検討

仮設の締切水位を設定する際、本川、および近接の水位観測データが不足していた。そこで、下流可動堰の起立高さをコントロールポイントにして、河川の流れを考慮し、計画地点までの水面勾配が河床勾配と同等であると想定して対象水位を決定した。

(図-5)

仮締切工法は、基本的に水深が3mより浅い場合は安価な大型土のう積み、3mより深い場合は自立式鋼矢板を採用した。大型土のう積みは、1袋の高さが1mなので、3段積みの仮締切工を計画した。自立式鋼矢板は、地質調査結果を基に安定計算を行った結果、Ⅲ型 L=9.0mの矢板が必要となった。

##### b) 低水路の法線是正

平面線形の設定にあたっては、自然環境保全の観点から、できるだけ線形の変更を行わない対応が必要となる。しかし、左岸が水衝部となるため、洪水による浸食・洗掘に対する河岸保護を目的に、低水路の法線を是正することとした。

平面線形の設定にあたっては、わん曲部の定義<sup>1)</sup> 図-6を用いて検討を行なった。現況の平面形状は、以下のとおり湾曲部と判断される。

【現況】  $rc=100m$ ,  $B=25.m$ ,  $\theta=130^\circ$   
 $rc/B=100/25=4$   $\theta=130^\circ > 60^\circ$

計画では、わん曲し左岸に寄っているみお筋を約20m河道の中央へ移動した。曲線半径を緩くすることで、わん曲部の定義外となり、低水路内に流れは一樣な流れとなった。また、法線を是正したことにより、左岸の作業スペースも確保することができた。

【計画】  $rc=400m$ ,  $B=35.m$ ,  $\theta=150^\circ$   
 $rc/B=400/35=11.4$   $\theta=150^\circ > 60^\circ$

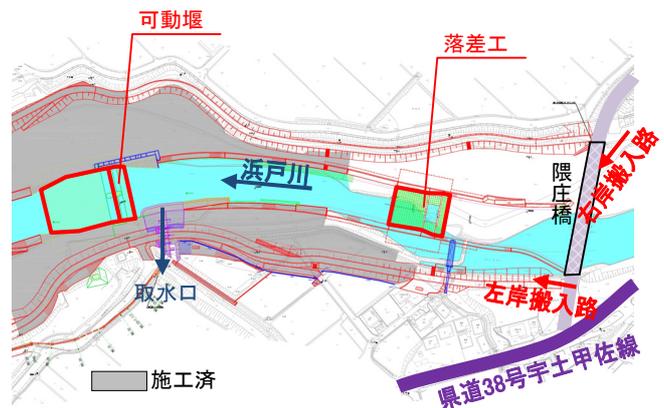


図-4 計画平面図

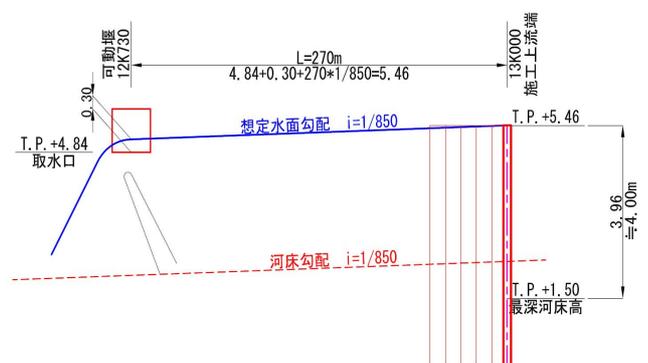


図-5 締切り水位縦断面図

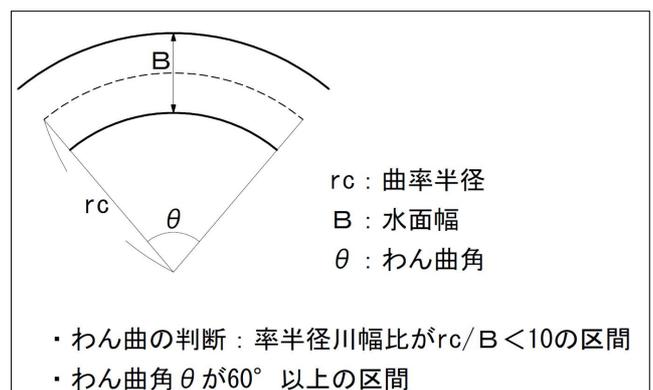


図-6 わん曲部の定義<sup>1)</sup>

c) 施工機械配置計画

現場搬入について、右岸を施工する場合は、高水敷から限庄橋の桁下までは、建築限界H=4.5m確保出来ることから、標準的な施工機械を現場に搬入できたため、限庄橋上流の既設坂路から高水敷に降りて、限庄橋の下を通過して現場へ搬入する計画とした。

左岸を施工する場合は、低水路の法線を是正したことで、限庄橋左岸より下流向きに工事用坂路を設置することができた。

上記により、現場への搬入に支障が無くなったため、土木工事積算基準書<sup>2)</sup>に示されている標準的に用いられる機械を用いて、施工機械及び作業半径を整理した。表-2

(3) 施工計画の立案

低水路法線を河道中央へ移動したため、左岸工事で盛土、右岸工事で掘削という形態とした。右岸を先行し、掘削した土砂を左岸の盛土に利用するという6つの段階の施工計画を立案した。

a) step.1【右岸】仮締切鋼矢板打設

クローラクレーン作業半径を考慮した仮設足場を盛土し、鋼矢板を打設する計画とした。この鋼矢板の一部は、左岸工事の仮締切にも利用する。

b) step.2【右岸】締切内護岸工・落差工施工

締切内の護岸工、および落差工を施工する。左岸側護岸の天端部については、鋼矢板の引抜き時の変状を考慮し、step.2では施工しない。

c) step.3【右岸】上下流護岸の施工

右岸最下流の既設護岸付近に仮締切鋼矢板を打設し、右岸下流の護岸工を施工する。次に、落差工上流部に大型土のう積みを設置し、締切内の右岸上流護岸を施工する。そのあと、低水路となる現況高水敷部を掘削し、左岸工事に備えてみお筋を広げておく。

d) step.4【左岸】仮締切工

現場搬入のため、限庄橋の左岸から下流に向けて、工事用坂路を現況河床まで下ろした。次に、上流側へ工事用道路を伸ばし、護岸施工時の仮締切大型土のう積みを設置することとした。

落差工より下流は、クローラクレーン作業半径を考慮した仮設足場を盛土し、残存させていた鋼矢板から下流側へ仮締切鋼矢板を打設して行く計画とした。

e) step.5【左岸】護岸工の施工

step.1で施工した左岸護岸の前面に、大型土のう積みを設置する。次に、護岸の背面鋼矢板を引抜く。左岸上流側は、工事用道路しか作業スペースが無いので、工事用道路を撤去しながら、護岸工及び高水敷盛土を片押しで施工する。

落差工下流側護岸工、および高水敷盛土を施工した後、締切内の落差工を施工する。

完成した高水敷より、仮締切鋼矢板、および大型土のう積みを撤去する。

f) step.6【左岸】締切鋼矢板部の落差工施工及び築堤工事

仮締切鋼矢板のため、設置出来なかった本体ブロックの1列分の施工を行った後に、左右岸の築堤盛土工事を行なう。

表-2 施工機械の作業半径

作業種別	作業半径	機械名	規格
本体ブロック据付	17.0m	ラフテレーンクレーン	油圧伸縮ジブ型 25t吊
大型土のう据付・撤去	6m以下	バックホウ	クレーン機能付 2.9t吊
	6mを超え 20m以下	ラフテレーンクレーン	油圧伸縮ジブ型 25t吊
自立式鋼矢板打込・引抜	20m	クローラクレーン	油圧駆動式ウインチ・ラチスジブ型 50~55t吊

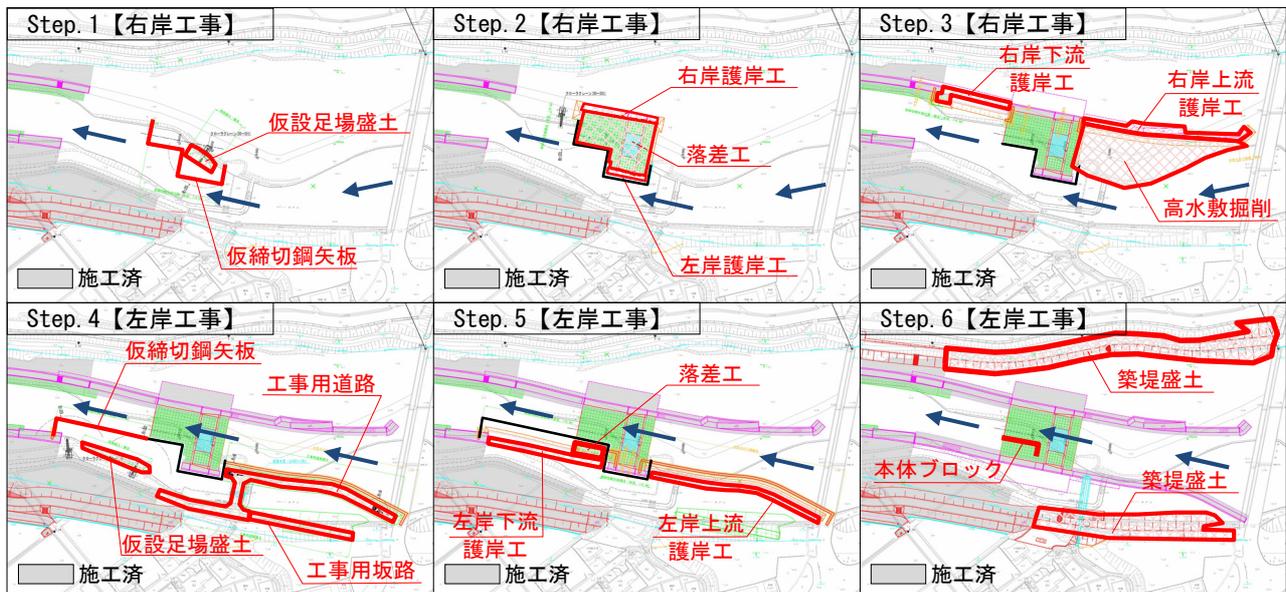


図-7 施工要領図

#### 4. 施工に関する提案事項

設計協議を行なう中で、現場での判断が必要な箇所や下流施工時に起こった現場での問題について、代替案や対応策を提案した。

##### (1) 段階施工の提案

施工step.5で、護岸背面の仮締切鋼矢板を引抜く際の変状に対する対応として、段階施工を提案した。

##### (2) 袋詰根固めの提案

施工step.6の本体ブロック設置で、水深が深いため連結が困難な場合は、隙間になじみ、最大流速でも安定する袋詰根固めの代用を提案した。

##### (3) 振動計の提案

下流施工時に、鋼矢板を打設した時の振動で近隣地権者より苦情が出たため、官民境界付近に振動計を設置し、日常的な振動の管理を提案した。

#### 5. おわりに

本業務では、設計から工事完了まで、発注者および施工者と密な協議を行い、策定した施工計画により、無事完成を迎えることができた。

土木構造物は、施工箇所により同じものは存在しないと言っていい。これからも現場管理業務での経験を活かし、施工に配慮した設計を行なう所存である。

最後に、本業務を実施するにあたり、多大な御配慮を戴きました、発注者、関係者の皆様に対し、厚く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) (財)国土技術研究センター：河道計画検討の手引き，2002.
- 2) 財団法人建設物価調査会：国土交通省土木工事積算基準，2013.

(2013. 8. 26提出)

# 高所・急崖地における3Dスキャナーの適用性

株式会社ワコー 設計部 西 作治郎

3Dスキャナーは、文化遺産調査や景観検討（プレゼンテーション）、造成工事等における土量管理の実績が主であった。しかし、最近では災害復旧や維持管理における使用実績が増え、航路の土砂堆積管理や橋梁変形の調査、土砂災害の調査など、人が立ち入ることのできない危険箇所や調査時間の短縮が可能な維持管理現場においてその機能が発揮されつつある。今回は老朽化が進んでいるモルタル吹付けのり面の調査において、当該現地が高所・急崖地であったことから、3Dスキャナーを使用しその適用性を検証するものである。

**キーワード；3Dスキャナー，3次元化**

## 1. はじめに

道路など社会資本の整備がおこなわれており、その増加とともに構造物の老朽化が進んでいる。そのため、維持管理の適切な実施が難しく様々な問題や影響が出ている。最近では笹子トンネルにおいて崩落事故により甚大な被害が発生しており、早急な対応が必要となっている。

しかし、維持管理を必要とする構造物には、交通量が多いトンネルや高所・急崖地など作業上危険な箇所が多く存在する。このような問題を解決できる可能性がある技術として3Dスキャナーによるスキヤニングがある。現在、船の航路に堆積する土砂の状況を把握するために3Dスキャナーの水中使用「マルチビーム測深機」を活用し維持管理を行なっている事例もある。また、熊本においても阿蘇の土砂災害時に活用されている。

今回、危険な高所・急崖地の調査において、測量作業（以下測量）と同時にこの3Dスキャナーによるスキヤニング（以下3Dスキャナー）をおこない、その効果と測量成果を基に比較し、高所・急崖地における3Dスキャナーの適用性を検証した。

## 2. 調査内容と現況

今回の調査は、老朽化したモルタルのり面の現況調査であった。現況は写真-1・2のとおり高所・急崖地であり、測量作業をするには非常に危険なモルタル吹付けのり面である。

### (1) 調査内容

- ・モルタルのり面現況調査  
モルタルの老朽化、表面の変状（エフロレッセンス、段差クラックなど）

### (2) 調査対象の詳細

- ・区間延長＝8.4m
- ・最大のり高＝5.0m
- ・傾斜角＝約9.0°（法枠工部：オーバーハング）
- ・モルタル吹付け（老朽化）



写真-1 調査対象全景



写真-2 法枠工オーバーハング部

## 2. 高所・急崖地における調査の課題

調査対象の老朽化モルタル吹付け及び法枠工（以降のり面）は、前項からもわかるように危険な高所・急崖地であり、表面の変化もある。現況調査をするうえで次のような課題があげられる。

### (1) 遠方目視による調査

- ・危険な高所・急崖地であるため、近接調査が困難

(2) 表面の変状 (段差) などの確認

- ・ 遠方目視では高所部の表面変状の確認が困難
- (3) 法枠工の形状や寸法の計測
- ・ 遠方目視では形状・寸法を測ることはできない

### 3. 3Dスキャナー活用による成果

上記課題を解決するため3Dスキャナーによる計測からえられた成果を下記に示す。

- ・ 近接目視に近い確認

3Dスキャナーの点群は2mm/20mという密度で計測が可能のため、大きな起伏 (段差クラックなど) を写真-3のように近接目視に近い状態で確認することができた。

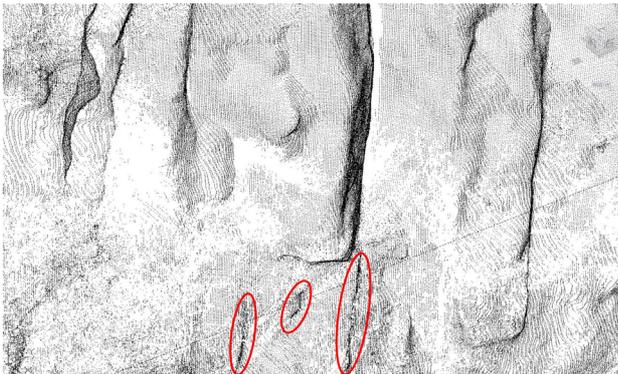


写真-3 表面状況

- ・ エフロレッセンスの発生状況

点群データは、レーザーによる計測と同時に現況写真も取得しており、標高データ・座標データと合わせカラーデータを付与されている。今回はエフロレッセンスのカラーデータを解析することにより、写真-4のように目視ではわかりにくい位置の発生状況を確認することができた。

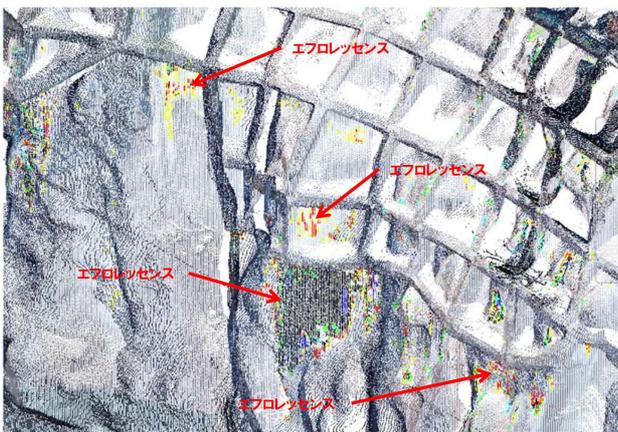


写真-4 エフロレッセンス発生状況

- ・ 植生標高・範囲の把握

写真-5のように、左側の横断面の赤丸内と右側の赤丸内に植生の位置を示した点群がある。植生の位置が正確に把握できる。



写真-5 3次元データで見る植生状況

- ・ 法枠工の形状・寸法の計測

写真-6のように、目視では確認することのできない法枠工の形状や寸法を把握することができた。



写真-6 法枠工部の横断形状

### 3. モルタルのり面調査での3Dデータ活用

3Dスキャナーによるのり面調査によりえられた3Dデータは今後以下のように活用できると考える。

- ・ コア削孔による調査結果や打音調査の結果を、解析された3Dデータに重ねることで、変状が重なっている箇所の地表の変化 (段差・剥離など) が視覚化される。このことで細かい検証をすることができる。

- ・ 3D化 (サーフェイスなど) されたデータを活用し、対策工が必要な範囲を特定することができる

- ・ 3Dデータから、平面や横断面を作成することが可能であり、3Dと2Dを共通したデータによって運用することで、効率化を図ることができる

- ・ プレゼンテーションに活用することによって、数値だけではなく視覚的にわかりやすい説明資料となり、発注者との共通理解が深くなる。

以上のように2次元と3次元を活用することによって、細かい変化や形状を把握でき、危険箇所への立ち入りが少なくなり安全性・経済性の向上につながられる。

#### 4. 測量と3Dスキャナーとの比較

今後3Dスキャナーを活用するうえで、その作業効率性や精度、経済性を考慮しなければならない。今回の調査では落石調査・設計業務も含まれており測量をおこなっている。この測量作業・成果データを比較することで、検証をおこなう。

##### (1) 内業・外業日数

3Dスキャナーと測量の作業時間を比較した。

- ・3Dスキャナー計測箇所数：5か所

表-1 作業時間（日数）

	3Dスキャナー	測量
作業時間 (日数)	外業=5時間 内業=16時間	外業=8時間 内業=8時間
	計=21時間 (3日)	計=16時間 (2日)

##### (2) 平面・横断面の比較

図-1のように、計測成果と測量成果の横断面を重ねあわせた結果、観測点での誤差は2mm程度であった。参考図を下記に示す。



図-1 横断面重ね

図-2は、計測成果の点群と測量成果（青）の平面図を重ね合わせた結果である。平面図は横断面とカラーデータを利用し作成される。外側線などはカラーデータを基にする。

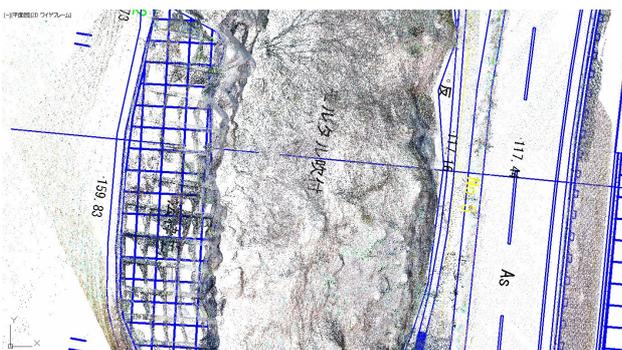


図-2 平面重ね

##### (3) 費用の比較

3Dスキャナーの費用と測量費用とを比較した結果、大差はないが3Dスキャナーの方が経済的となった。

表-2 費用比較

3D スキャナー	3次元スキャナ レンタル (レンタル・保険・機器 サポート技術員含)	37万円	計 57万円
	データ解析 (座標変換・データ重 ね・合成カラー点群作 成・断面、平面トレ ース作業)	20万円	
測量	現地測量	57万円	計 63万円
	横断測量(図面)	6万円	

#### 4. 適用性

今回の調査における効果や、精度・効率性をふまえ、高所・急崖地における3Dスキャナーの適用性について考察する。

- ・高い精度で地形状況を把握することができた
  - ・今回のような地形では、3Dスキャナーが経済的
- 以上の考察をふまえ、今回のような危険な高所・急崖地であるモルタルのり面での変状調査においてはその適用性は高いといえる。しかし、植生や障害物が多い自然地形における調査においては、3Dスキャナーの活用は難しく、適用性は低いと考える。

#### 5. 3Dスキャナーの課題と展開

今回の活用結果から考えられる3Dスキャナーの課題と解決による今後の展開を以下に上げる。

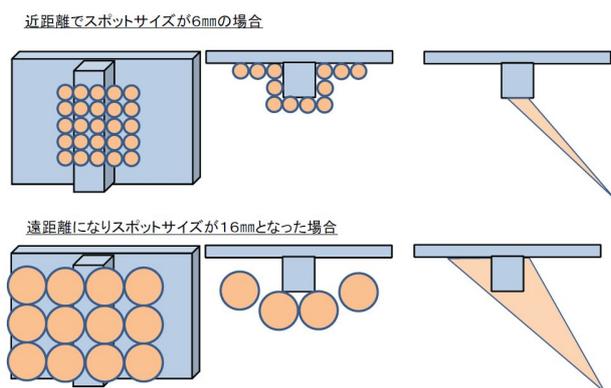
##### (1) レンタル費用が全体の65%

今回の費用の実に65%が機材のレンタルおよび保証料となっている。やはり新しく生まれた新技術であり、発展途上の精密機械であるがゆえのことであるが、今後の技術革新・進歩によりレンタル費用が安価な機材となれば、その利用頻度は格段にあがり実績を積むことが考えられる。また、試験的な利用による検証も更に進むことになる。

##### (2) 3Dレーザースキャナーの高精度化

今回計測に利用した3Dスキャナーは、パルス方式、スキャンスピード30,000点/秒、計測密度2mm/20mという高性能なものであるが、計測距離の遠い近いによってそのレーザーのビーム幅であるスポットの直径（以下スポットサイズ 図-3参照）が変化することは、他の3Dスキャナーと同様である。これは計測密度を上げることによって

精度は上がるが、対象に当たる角度・距離によってそのスポットサイズは変化しスポット内のどの位置を反射しているかがはっきりとわからない。（機械性能表より スポットサイズ $\leq 6\text{ mm}$ ：1～40m, 16mm/100m）いわゆる、細かい誤差が生まれるということになる。これは、様々な大学や学者により多く議論されている事から、3Dスキャナーは発展途上の技術といえる。このようなスポットサイズの変化への対応や、反射の状況などがはっきりとわかる高精度な3Dレーザースキャナーが、技術革新・進歩によって確実な計測方法が確立した場合、様々な災害現場や維持管理のための調査、詳細設計への活用などに大きく貢献できる。



図－3 スポットサイズ解説

## 5. おわりに

建設業界では3次元データを活用したモデル設計・施工の実施を掲げ、「BIM（Building Information Modelingの略）」を用いた設計を実施することとして国交省なども試行を進めており、今後その導入速度も加速し、3D技術も簡略化しさらに利用しやすい環境となっていくことが考えられる。2次元に加えて3次元を活用することによって、気づけなかった細かい変化や形状を把握でき、3次元サーフェイスにより数値を精密化することで安全性・経済性の向上につなげられるものとおもわれる。

この技術が進歩することで、作業効率も上がり精度も上がる。そして一般的に構造物の維持管理などに活用されるようになれば、その結果トンネルの崩落事故や土砂災害など第三者への被害を未然に防ぐことができる大きな力となる技術であると考えられる。

### 参考文献

- 1) G L S－1500 カタログ：株式会社トプコン，2012
- 2) Autocadcivil3D2013:Autodesuk, 2013

◆ 技術発表会論文作成要領・例 ◆

# 技術発表会論文作成要領・例（Ms-Word版）

会社名 所属部 氏 名

このファイルは論文集の原稿（和文）を作成するために必要な、レイアウトやフォントに関する基本的な情報を記述しています。と同時に、版下原稿そのものの体裁（A4）をとっているため、このファイルの中の文章や図表をこれから書こうとしている実際のものに置き換えれば、所定のフォントや配置の原稿を容易に作成することができます。このアブストラクトを含め、タイトル部分の幅は本文よりも左右1 cm ずつ狭くします。アブストラクトのフォントは明朝体 9 pt を用いてください。アブストラクトの長さは6行以内です。アブストラクトの後に1行空けて、キーワードを3～5語、ゴシック体10ptで書いて下さい。

**キーワード**；熊測協第10回技術発表会，道路線形計画，ユニバーサルデザイン

## 1. タイトルページ

タイトルページは2つの部分で構成されます。

(a) タイトル部分：横1段組（題目，著者，所属，アブストラクト，キーワード）

(b) 本文部分：横2段組

このほか、フッタ（ページ番号）が付きます。なおソフトウェアによっては、タイトル部分とその下の本文部分が別のファイルに分かれていることがあります。

### (1) タイトル部分のレイアウトとフォント

全てのページのマージンはこのサンプルにありますように上辺20 mm，下辺25 mm，左右ともに20 mmに設定してください。タイトル部分の左右のマージンは、本文の左右のマージンよりもそれぞれ10 mm ずつ大きくとって下さい。すなわち、A4用紙の幅に対して左右それぞれ 30 mm ずつのマージンをとります。そして以下次の順にタイトル部分の構成要素を書いて下さい。

タイトル：ゴシック体20pt フォント，センタリング（約 15 mm のスペース）

著者名：明朝体 12 pt フォント，センタリング（約 5 mm のスペース）

著者所属：明朝体 9 pt フォント，センタリング（約 10 mm のスペース）

アブストラクト：明朝体 9 pt フォント，6行以内  
キーワード：ゴシック体 10pt, 3～5語，2行以内

### (2) 本文部分のレイアウトとフォント

本文とキーワードの間に約 10 mm のスペースを空けてください。

本文は2段組で，左右のマージンは 20 mm ずつ，段と段との間のスペースは約 6 mm とします。

本文には明朝体 10 pt フォントを用いて下さい。

### (3) フッタ

すべてのページの下辺中央にフッタ機能を使ってページが入りますが，ページ番号は暫定的に論文表紙を第1ページとしてつけてください。

## 2. 一般ページ

第2ページ以降はタイトルページの本文部分と同じレイアウトとフォントで本文を作成します。

### (1) 脚注および注

脚注や注は避けて下さい。

## 3. 見出し（見出しが1行以上に長くなる時はこの例のようにインデントし折り返す）

### (1) 見出しのレベル

見出しのレベルは章，節，項の3段階までとします。章の見出しはゴシック体とし，2. などの数字に続けて書きます。また，見出しの上下にスペースを空けます。このファイルのサンプルから分かるように，上を2行，下を1行程度空けて下さい。ただしページや段が切り替わる部分は章の見出しが最上部に来るよう調整してください。

### (2) 節の見出し

節の見出しもゴシック体で，(4) などの括弧付き数字を付けます。見出しの上だけに1行程度のスペースを空けて下さい。

#### a) 項の見出し

項の見出しは，括弧付きアルファベットを付け，上下には特にスペースを空けません。項より下位の見出しは用いないで下さい。

## 4. 数式および数学記号

数式や数学記号は次の式 (1a)

$$G = \sum_{n=0}^{\infty} b_n(t) \quad (1a)$$

$$F = \int \sin z dz \quad (1b)$$

のように本文と独立している場合でも、 $C_D, \alpha(z)$  のように文章の中に出てくる場合でも同じ数式用のフォントを用いて作成します。数式や数学記号の品質が悪いと版下原稿として受け付けません。

数式はセンタリングし、式番号は括弧書きで右詰めにします。

## 5. 図表写真

### (1) 図表写真の位置

図表写真はそれらを最初に引用する文章と同じページに**まとめて**置くことを原則とします。原稿末尾

表-1 ○○の比較

資料番号	高さ $h$ (m)	幅 $w$ (m)
1	1.45	0.25
2	1.75	0.40
3	1.90	0.65

※表のキャプションは表の上に置く。長いときはインデントして折り返す。

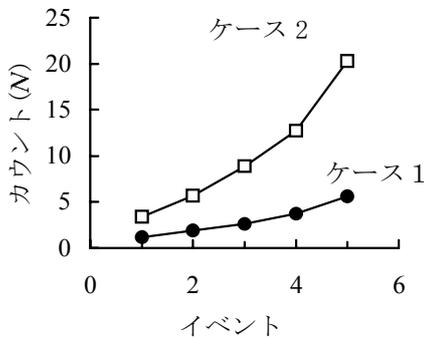


図-2 ○○の傾向分析

※図のキャプションは図の下に置くものとします。



写真-3 ○○ダムの現況

にまとめたりしてはいけません。また、図表写真はそれぞれのページの上部または下部に集めてレイアウトして下さい。図表写真の横幅は、「2段ぶち抜き」あるいはこのサンプルの表-1、図-2、写真-3のように「1段の幅いっぱい」のいずれかとします。図表の幅を1段幅以下にして図表写真の横に本文テキストを配置することはやめて下さい。図表写真と文章本体との間には1~2行程度の空白を空けて区別を明確にします。

### (2) 図表写真中の文字およびキャプション

図表写真中の文字や数式の大きさが小さくなり過ぎないように注意してください。特にキャプションの大きさ (9pt) より小さくならないようにして下さい。図表写真中の文字あるいは表題は本文と同じ言語を使うこととします。

長いキャプションは表-1 のようにインデントして折り返します。

## 6. 参考文献の引用とリスト

参考文献は出現順に番号を振り、その引用箇所でのように<sup>1)</sup>上付き右括弧付き数字で指示します。参考文献はその全てを原稿の末尾にまとめてリストとして示し、脚注にはしないでください。

なお参考文献リストのあとに1行空けて、原稿提出日を右詰めで書いてください。協会事務局確認後、提出受理日を確定します。

### 参考文献

- 1) Hill, R.: A self-consistent mechanics of composite materials, *J. Mech. Phys. Solids*, Vol.13, pp. 213-222, 1965.
- 2) Blevins, R.D.: *Flow-Induced Vibration*, 2nd ed., Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.
- 3) ファン, Y.C.: 固体の力学/理論, 大橋義夫, 村上澄男共訳, 培風館, 1970.
- 4) 土田建次, 木村 一: 版下原稿スタイルフォーマットの作成について, 土木学会論文集, No. 333/II-99, pp. 20-33, 1994.

(2013. 6. 11提出)

---

一般社団法人 熊本県測量設計コンサルタント協会

熊本市中央区帯山1丁目38番31号

TEL 096-385-9390

FAX 096-385-9391

<http://www.kumasoku.or.jp/>

---