

第18回 技術発表会 論文集

■
2023.11.9 (木)

ホテル熊本テルサ

オンライン配信併用 (Zoom)

ご あ い さ つ

一般社団法人
熊本県測量設計コンサルタンツ協会
会長 藤本 祐二

若手技術者の資質の向上を図ることを目的として平成15年から開催しています「技術発表会」も第18回となりました。これまでに214名の技術者の方々が発表をされてきました。また、今年も多くの方々に参加いただくため対面方式とオンライン配信方式の併用という形式で開催することといたしました。これまで開催の準備等に当たられました技術委員会建コン部会の委員の皆さまの御尽力に敬意を表したいと思います。

発表論文については、今年は技術的論文、事業報告的論文及び技術レポートとテーマ等を分けて募集し、9編（技術的論文7編、事業報告的論文1編、技術レポート1編）の応募がありました。災害業務など多忙な合間を縫って原稿を寄稿いただいた方々、そして各会社で御指導等された方々にも心からお礼申し上げます。

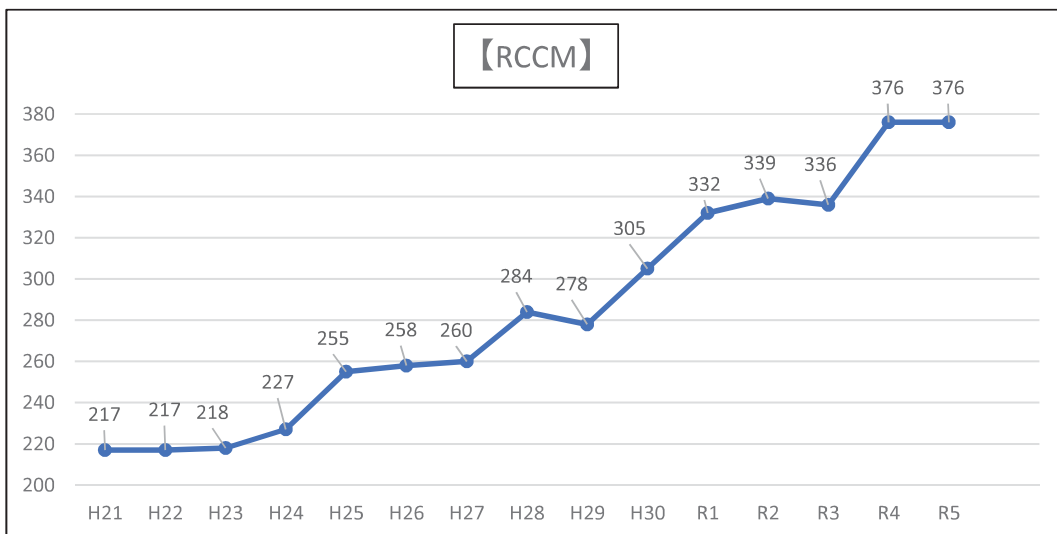
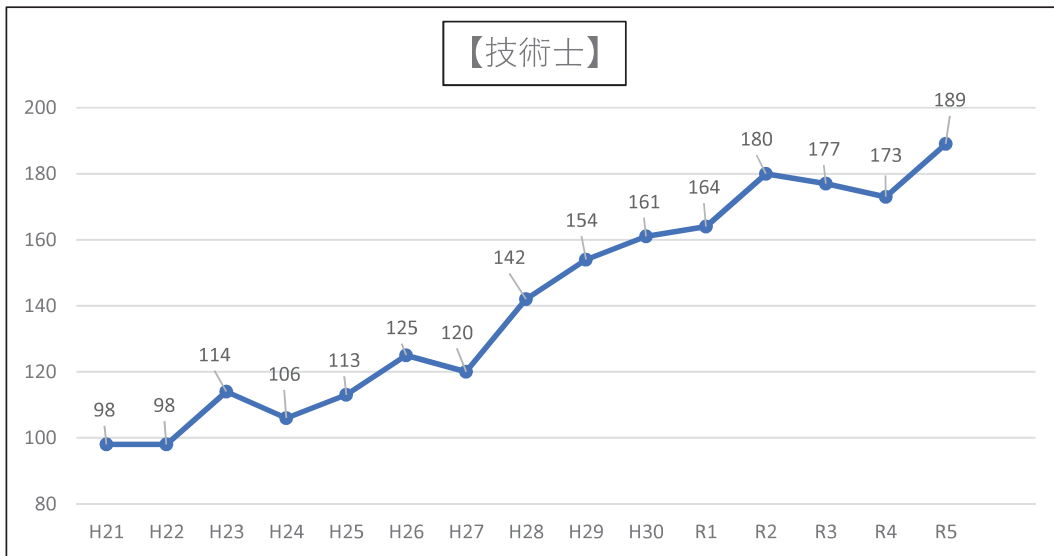
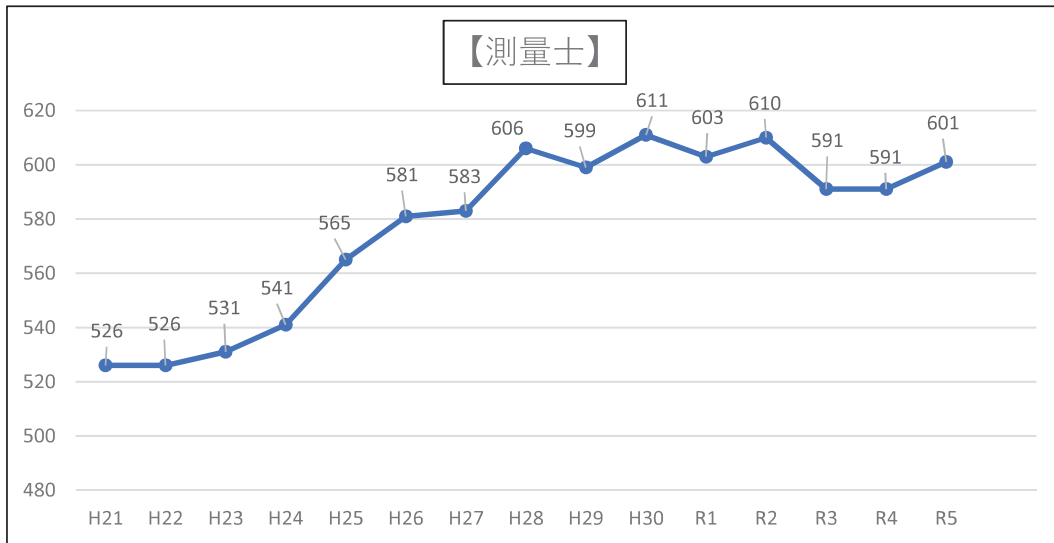
論文については、当協会技術顧問の熊本大学滝川清名誉教授をはじめ、柴田浩史技術委員長、田英幸建コン部会長、大森正人委員、アジアプランニング(株)の服部氏、(株)ARIAKEの松野氏、(株)十八測量設計の出口氏、(株)水野建設コンサルタントの今蘭氏らの指導・助言の下2回の事前勉強会が行われ、推敲が重ねられ十分な準備がなされたもので、どの論文・レポートも期待できるものとなっています。

恒例の基調講演は「熊本県におけるDX推進の取組み」の演題で熊本県企画振興部デジタル戦略局デジタル戦略推進課 廣岡俊治氏、土木部土木技術管理課 西村駿人氏にお願いしています。生産性向上や働き方改革への対応が求められている私たち業界としては時機を得た有意義な講演になるものと考えています。

また、今年も、特別発表として平成30年から「スーパー・プロフェッショナル・ハイスクール」の認定を受け測量実習等企業連携による人材育成に取り組まれている熊本県立熊本工業高等学校土木科の生徒さんに加え、今年も熊本県立天草工業高等学校土木科の生徒さんの発表もなされます。人材確保・育成の観点からも気が得られると期待しています。

このように、論文・技術レポートの発表、基調講演、特別発表といずれも有益な内容となっておりますので、今年も是非、多くの皆様方に御傾聴を賜りますとともに、有意義な発表会となることを心から祈念しています。

協会員各社の総資格者数推移



プログラム		時間
1. 協会会長挨拶	藤本 祐二 会長	9:30 ~ 9:35
2. 来賓挨拶	国土交通省九州地方整備局熊本河川国道事務所 所長 福井 貴規 様 熊本県土木部 部長 亀崎 直隆 様	9:35 ~ 9:45
3. 論文発表 (午前の部)		9:50 ~ 10:50
1. 河川合流部付近における支川橋梁架け替え計画 真謝 永頌 (株)タイセイプラン		9:50 ~ 10:10
2. 異なる音響測深機による農業用ため池の土砂堆積量の比較検討 江原 実里 アジアプランニング(株)		10:10 ~ 10:30
3. 現場状況に適した安全対策と補修工法の提案 田平 大和 (株)旭技研コンサルタント		10:30 ~ 10:50
4. 基調講演 「熊本県におけるDX推進の取組み」 熊本県企画振興部デジタル戦略局デジタル戦略推進課 廣岡 俊治 氏 熊本県土木部土木技術管理課 西村 駿人 氏		11:00 ~ 12:00
～ 昼食・休憩 ～		12:00 ~ 13:00
5. 熊本県優良業務表彰紹介		13:00 ~ 13:10
6. 論文発表 (午後の部)		13:10 ~ 15:10
4. 3次元データによる砂防及び道路設計への利活用 坂口 ゆかり (株)興和測量設計		13:10 ~ 13:30
5. 現況状況を勘案した道路橋点検における健全性診断と評価 竹下 久美 (株)熊本建設コンサルタント		13:30 ~ 13:50
6. 土地区画整理事業における調整池設置計画 北里 隆太郎 (株)水野建設コンサルタント		13:50 ~ 14:10
7. 荒廃した砂防河川に架かる小規模橋梁の架替設計 春日 隆佑 (株)建設プロジェクトセンター		14:10 ~ 14:30
8. 12年間にわたる社内エコアクション活動の成果と今後の展望について 平原 恵 (株)ARIAKE		14:30 ~ 14:50
7. 技術レポート		
狭隘な山間部道路の改良設計について 藤本 ひとみ (株)新興測量設計		14:50 ~ 15:10
～ 休憩 ～		15:10 ~ 15:20
8. 特別発表 (1)「建設技術に学ぶ」 熊本県立天草工業高等学校 土木科 (2)「企業連携による課題研究の取組み」 熊本県立熊本工業高等学校 土木科		15:20 ~ 16:00
9. 講評	滝川 清 熊本大学 名誉教授 (協会技術顧問)	16:10 ~ 17:00
10. 閉会	柴田浩史技術委員会委員長	17:00
※ 発表時間 15分, 質疑応答時間 5分とします。		

基調講演

「熊本県におけるDX推進の取組み」	5
廣岡 俊治	熊本県企画振興部デジタル戦略局デジタル戦略推進課
西村 駿人	熊本県土木部土木技術管理課

特別発表

「建設技術に学ぶ」	熊本県立天草工業高等学校 土木科	6
「企業連携による課題研究の取組み」	熊本県立熊本工業高等学校 土木科	

発表・論文

河川合流部付近における支川橋梁架け替え計画	8
真謝 永頌	(株)タイセイプラン
異なる音響測深機による農業用ため池の土砂堆積量の比較検討	12
江原 実里	アジアプランニング(株)
現場状況に適した安全対策と補修工法の提案	16
田平 大和	(株)旭技研コンサルタント
3次元データによる砂防及び道路設計への利活用	20
坂口 ゆかり	(株)興和測量設計
現況状況を勘案した道路橋点検における健全性診断と評価	24
竹下 久美	(株)熊本建設コンサルタント
土地区画整理事業における調整池設置計画	28
北里 隆太郎	(株)水野建設コンサルタント
荒廃した砂防河川に架かる小規模橋梁の架替設計	32
春日 隆佑	(株)建設プロジェクトセンター
12年間にわたる社内エコアクション活動の成果と今後の展望について	36
平原 恵	(株)ARIAKE

発表・技術レポート

狭隘な山間部道路の改良設計について	42
藤本 ひとみ	(株)新興測量設計

参 考

技術発表会論文作成要領・例	47
---------------	----

【演題】

「熊本県におけるDX推進の取組み」

熊本県企画振興部デジタル戦略局デジタル戦略推進課

廣岡 俊治

熊本県土木部土木技術管理課

西村 駿人

【演題】

「建設技術に学ぶ」

熊本県立天草工業高等学校 土木科

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

【演題】

「企業連携による課題研究の取組み」

熊本県立熊本工業高等学校 土木科

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

発表・論文

河川合流部付近における支川橋梁架け替え計画

株式会社タイセイプラン 技術部 真謝 永頌

本稿は、過年度に実施された橋梁定期点検において、健全性の判定区分がIV（緊急措置段階）と診断された既設橋梁の対策を検討したものである。対象となる橋梁は、河川の合流部付近の支川を横過する橋梁であり、本川の背水（バックウォーター）の影響を受けるため、本川の河川条件を整理するとともに、支川の処理方法についても留意し、橋梁架け替え工法の子備設計を策定した。

キーワード； 橋梁架け替え， 河川合流部， 背水位， 桁下高， 河川縦断勾配

1. はじめに

我が国のインフラは、その多くが高度経済成長期以降に整備されており、建設後 50 年以上経過する道路橋の割合は、2030 年には 55%，2040 年には 75%に達し、今後、加速度的に増加する見込みであるとされている。

経済の発展とともに、大型車交通量が増加したことなどから、活荷重の影響を大きく受ける橋梁は、損傷・劣化の進行が急速に進んでいる。また、令和2年7月豪雨をはじめ、近年、全国各地で甚大な災害が発生し、今後も各種災害の頻発や激甚化が懸念されている。こうした状況の中で、国民の安全・安心を確保するために、社会経済活動の基盤となる既存橋梁の適切な維持管理・更新を推進し、発災時には、所定の機能を保持することが求められる。

本稿は、過年度に実施された橋梁定期点検において、健全性の判定区分がIV（緊急措置段階）と診断された橋梁の架け替え計画を策定したものである。

対象となる橋梁は、河川合流部付近に位置していることから、洪水時に本川の水位が上昇すると、本川の洪水が支川に逆流することとなる。また、現況の支川断面では流域に降った雨を適切に流下させる能力が不足している。

そこで、河川条件を整理するとともに、架け替え計画の問題点に対し検討した結果を報告する。



図-1 位置図

2. 橋梁の概要と現状

(1) 橋梁の概要

本橋梁は、図-1に示すように、球磨川の右支川である川内川の上流約1.7kmの、球磨郡球磨村神瀬に位置する。また、この橋梁は、川内川の支川に架かるRC床版橋であり、架設年次は不明である。

令和3年度に実施された橋梁定期点検においては、床版下面に、コンクリートの剥離・鉄筋露出や浮きが広範囲に確認されており、これら損傷の進行や新規損傷が認められていた。

定期点検の結果、橋梁の状態を点数で評価する健全度は、全く損傷がなく健全な状態を100とした場合、本橋梁は-8.60と算定される。これは、熊本県橋梁長寿命化修繕計画によれば、表-1に示すように、健全性の判定区分IV（緊急措置段階）と評価される。

写真-1に示すように、現在、橋梁は通行止めとなっており、迂回路が仮設されている状況である。

表-1 4段階の判定区分（I～IV）における構造物の状態と健全度の目安¹⁾

区分	状態	健全度の目安
I	健全 構造物の機能に支障が生じていない状態。	80<HI
II	予防保全段階 構造物の機能に支障が生じていないが、 予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。	60<HI≤80
III	早期措置段階 構造物の機能に支障が生じる可能性があり、 早期に措置を講ずべき状態。	20<HI≤60
IV	緊急措置段階 構造物の機能に支障が生じている。又は生じる可能性が著しく高く、 緊急に措置を講ずべき状態。	HI≤20



写真-1 現地航空写真

(2) 損傷状況の把握

令和3年度に実施された橋梁定期点検結果を基に損傷状況の調査を実施した。

床版下面には、鉄筋の露出をともなうコンクリートの剥離が広範囲に見受けられ、露出している鉄筋には、腐食が生じている。また、コンクリートの浮きも確認されるが、損傷の進行は認められない。

(3) 損傷の原因

損傷状況を写真-2に示す。損傷状況より、コンクリートの中酸化が鉄筋位置まで進行したことによる鉄筋の腐食膨張、それに伴うコンクリートの浮き、剥離が発生したものと判断できる。また、鉄筋のかぶり不足により、早期に中性化が鉄筋位置まで到達したと判断される。

3. 補修対策の問題点と計画方針の決定

(1) 既設橋梁の補修対策に生じた問題点

最初に検討すべき対策は、既設橋梁の長寿命化と健全性向上を目的とした、劣化損傷部の補修対策である。その工法としては、中性化したコンクリートをはつり除去し、断面修復材で埋め戻す、断面修復工法が広く用いられる。

工法を立案する前に、対策工法によっては、写真-3に示す既設流下断面を小さくしてしまうおそれがあるため、支川流下能力の照査を実施した。その結果、既設断面において、流域への降雨を適切に流下させる能力が不足していることが確認された。



写真-2 床版下面の損傷



写真-3 橋梁断面状況

(2) 計画方針の決定

前述した問題点を踏まえ、熊本県、球磨村と三者協議実施した。協議の結果、今後の大雨による洪水時の村道保全のため、既設橋梁の修繕は実施せず、架け替える方針とした。

4. 架け替え計画の問題点と対応策の整理

(1) 架け替え計画の問題点

a) 支川断面の流下能力不足

支川流域から流下してくる、計画高水流量は、17.90 m^3/s である。しかし、写真-3に示す現況断面では、流下可能な流量がわずか6.29 m^3/s であった。そのため、支川流域に降った雨を流下させる能力が不足している状況である。

b) 橋梁の計画位置

対象橋梁は、本川と支川の合流部付近に位置しており、洪水時に本川の水位が上昇すると、本川の洪水が支川に逆流することとなる。

c) 本川の河川条件設定

写真-4に示すとおり、河川合流部直下流には、本川上流域での砂防工事にともなう土砂流下抑制のための仮設床固工が設けられており、本川河床に土砂が堆積し、元の河床高が不明である。

(2) 対応策の検討

a) 支川断面の設定

支川計画断面を、図-2に示す。現況断面では、支川の計画高水流量17.90 m^3/s を処理することができない。



写真-4 仮設床固工設置状況

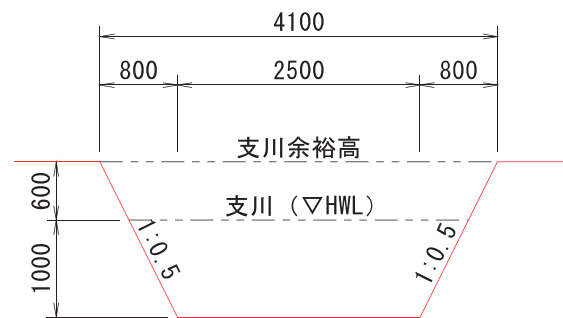


図-2 支川計画断面

そのため、後述する計算式を用いて計算を行い、その結果、支川の流下可能な流量 Q は、 $19.92 \text{ m}^3/\text{s}$ となり計画高水流量を適切に流下させることができる。

流量 Q (m^3/s) は一般に、河川断面積 A (m^2) に平均流速 V (m/s) を掛けた、(4-1) 式で計算できる。

$$Q = A \cdot V \quad (4-1)$$

上式における平均流速 V (m/s) は、マンニングの公式、(4-2) 式で求める。

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad (4-2)$$

ここに、 n 粗度係数 ($\text{sec}/\text{m}^{1/3}$)、 R 径深 (m)、 i 流路勾配である。

(4-2) 式で求められる流速は清水による流速で、対象となる支川は、洪水時に土砂の混入がある。そのため、(4-3) 式に示す、ワングの式による流速の補正が必要である。

$$V_2 = \frac{W_0}{W_0 + \frac{\alpha_0}{100}(\sigma_0 - W_0)} \cdot V \quad (4-3)$$

ここに、 V_2 : 土砂混入後の流速 (m/s)、 V : 清水の平均流速 (m/s)、 W_0 : 水の単位重量 (kN/m^3)、 α_0 : 土砂混入率 (%)、 σ_0 : 石礫の比重 (kN/m^3) である。

上記より、本計画における支川の流下可能な流量 Q は、(4-4) 式で求められ、 $19.92 \text{ m}^3/\text{s}$ と算出される。

$$Q = A \cdot V_2 \quad (4-4)$$

b) 背水区間の設定

本川の洪水が支川に逆流することとなる場合、支川堤は本川堤並みの十分な構造でなければならず、この場合の支川堤をバック堤(背水堤)という。よって、支川の堤防高は、本川の堤防高を下回らない構造としなければならない。

背水区間の検討に当たっては、改定解説・河川管理施設等構造令第42条に記されている、背水区間の特例²⁾にある「支川の計画高水流量が本川の計画高水量に比べて著しく小さい場合」²⁾を準用する。

これは、支川の計画高水流量がおおむね $500 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下の場合および本川の計画高水流量のおおむね10%以下の場合²⁾を指すものである。

本計画における支川の計画高水流量は $17.90 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、これは本川の計画高水流量である $180.00 \text{ m}^3/\text{s}$ の10%以下であることから、特例を適用することができる。

特例の適用により、支川の背水区間は、図-3に示す通り、本川の堤防高を水平に支川の自己流堤防にすり付ける計画とする。

c) 本川条件の設定

後述するように、熊本県より提供された本川の河川改修資料から、本計画区間の縦断勾配を設定した。

5. 予備設計計画

(1) 合流部における設計条件の確認

a) 支川の縦断計画

支川は土石流危険渓流であるが、本川が砂防区域に指定されている。そのため、河川合流部の河床高、支川の縦断勾配については、砂防技術基準(H29.3 熊本県)に準拠し、計画を行うこととした。支川の縦断計画を図-4に示す。

砂防技術基準よれば、合流する支川の縦断勾配は、本川の支川による洗堀、堆積を防ぐため本・支川が同一勾配でかつ同河床高で合流することが望ましい³⁾と記載されている。

これに準拠し、合流点における支線の河床高は本川の河床高に合わせ、支川の縦断勾配は本川と同勾配の1/23 (4.35%) とした。

現状、合流点での支川河床高は、図-4に示す通り、本川よりも高い位置にあり、高低差が生じている状況である。上述した計画とするため、支川現況河床を掘削する必要がある。また、支川河床勾配を本川同勾配

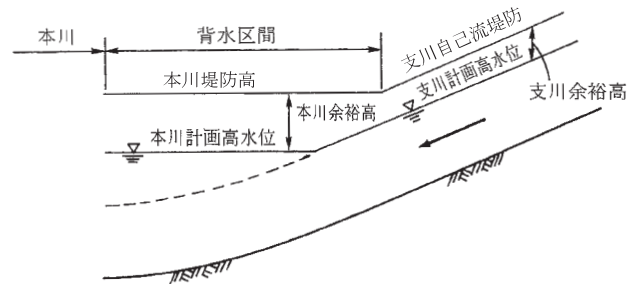


図-3 支川流量が小さい場合の背水区間の例²⁾

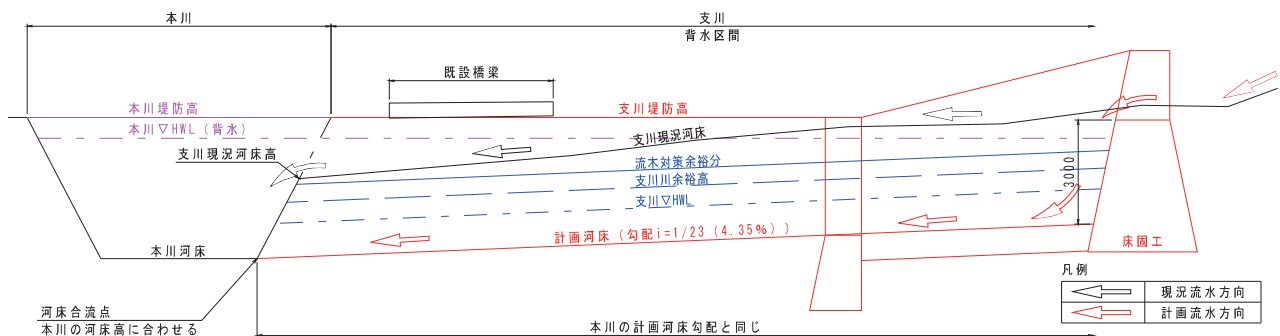


図-4 支川縦断計画図

で計画すると、上流部では、現況河床にすりつかないため、**図-4**に示すように、落差3.0mの床固工を設ける計画とした。

b) 背水位を考慮した桁下高

本計画位置は、本川と支川の合流部に位置し、洪水発生時には、本川の水位が上昇し、支川に逆流することとなる。そのため、桁下高は、**図-2**に示す支川計各断面に、流木流出のための余裕高を加えた高さ、本川の背水位を考慮する必要がある。

図-5に、背水区間における、桁下高についての解説図を示す。

桁下高については、改訂解説・河川管理施設等構造令第64条よれば、「橋の桁下高は、背水区間にあつては、本川の背水位（計画高水位）、または自己流水位に支川の余裕高を加えた高さ以上とすることができる特例がある²⁾」と定めされており、これに準拠した計画とする。

(2) 支川桁下高および構造形式の決定

a) 支川桁下高の設定

先述した通り、支川の桁下高は、本川の背水位と支川自己流水位のいずれか高いほうで設定する必要がある。

本計画における、本川の背水位と支川自己流水位の位置を、**図-6**に示す。

本計画における、本川背水位を考慮した桁下高は、河床からの高さが3342mmであり、支川自己流水位による桁下高は、河床からの高さが2100mmである。

本川背水位を考慮した桁下高が高い位置にあるため、桁下高は、河床からの高さ3342mm以上とした。

b) 構造形式の決定

上記で設定した支川桁下高を基に、橋梁架け替えに係る構造形式選定のための比較検討を行った。構造形式は、第一案現場打ちボックスカルバート、第二案プ

レキャストボックスカルバート、第三案プレテンション方式単純PC床版橋を選定した。

総合的に評価を行った結果、決定した断面を**図-7**に示す。現在橋梁は通行止めで、迂回路が整備されており、施工における交通への妨げにならない点や、経済性において最も安価になる点などから、第一案の現場打ちボックスカルバートを採用することとした。

6. おわりに

河川合流部付近における橋梁架け替え計画に当たり、本川背水位を考慮した支川桁下高の設定、河川縦断勾配を本川同一とするための床固工の設置などの、大掛かりな改修となったが、適切な提案を行うことができた。

本計画では、支川の計画高水流量は、本川に比べ1/10以下と著しく小さく、流量が少ないため、特例に準拠した背水位、桁下高を設定することができた。

しかし、著しく小さいとは言えない場合においては、桁下高を本川計画高水位に合わせてたのでは、支川の洪水流下に支障をおよぼす恐れがあり、特例を適用することはできな。今後は、この点に留意しなければならない。

参考文献

- 1) 熊本県：橋梁長寿命化修繕計画，R4.2
- 2) (社)日本河川協会：改訂解説・河川管理施設等構造令（財）国土技術センター編
- 3) 熊本県：砂防技術基準，H29.3

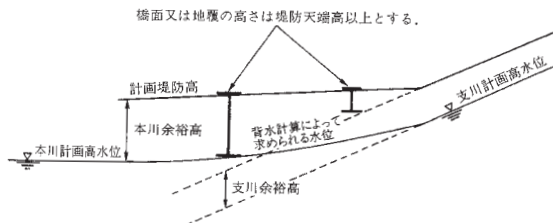


図-5 背水区間における桁下高及び橋面等の解説²⁾

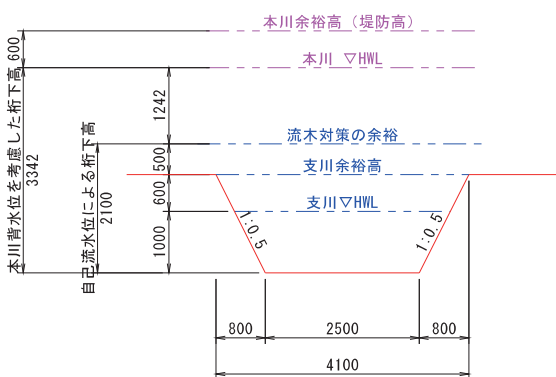


図-6 支川桁下高

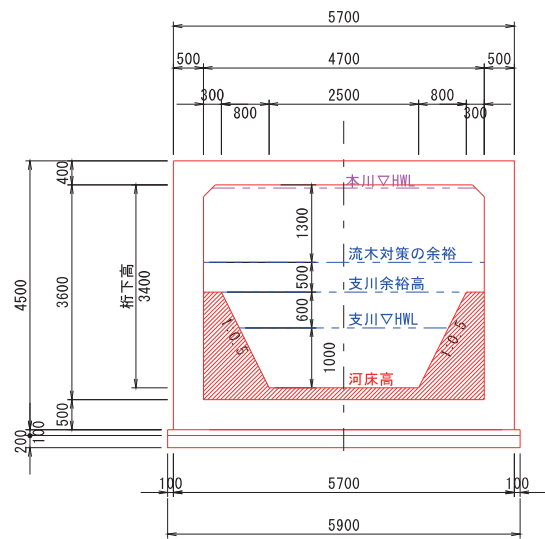


図-7 採用案：現場打ちボックスカルバート

異なる音響測深機による農業用ため池の 土砂堆積量の比較検討

アジアプランニング 株式会社 情報システム部 江原 実里

近年、頻発する豪雨災害を踏まえ、国土交通省は流域治水の考え方に基づく水害対策を推進している。今後、農業用ため池（以下、ため池という）は、流域治水の一役を担うことが期待される。既に、一部のため池では管理団体等による事前放流等の取組みが実施されており、従来の農業用水の供給源としての役割に加え、防災減災の役割を担うなど、地域におけるため池の重要度は増している。一方で、ため池のデータベースであるため池台帳には土砂堆積量に関する情報がなく、台帳に記載されている有効貯水量は実情と合わないケースがあり、正確な貯水容量を知る上で、ため池内に堆積する土砂量の実態把握が重要だと考える。

キーワード； 農業用ため池、音響測深法、土砂堆積量、シングルビーム、マルチビーム、流域治水

1. はじめに

これまで、ため池の土砂堆積量調査は、船上からの深淺測量により実施されてきたが、ため池への船の搬入出や水上作業は危険を伴うことから、近年は音響測深機を搭載した軽量で小型なリモコンボートによる深淺測量が採用され始めた。

深淺測量で使用する音響測深機には、シングルビーム測深機とマルチビーム測深機の2機種がある。

通常、マルチビームはシングルビームと比べ、短時間に高精度な3次元データを面的に取得できるメリットがある一方で、機器本体が高価なため、一般に3~4倍/日の調査コストを必要とする。

本稿では、調査コストが安価なシングルビームの活用に向けて、両機を用いてため池の深淺測量を行い、その結果から得られる土砂堆積量の比較検討を行った。

調査場所は、熊本県内にあるSため池とした。写真-1に示すように本ため池は皿池形式であり、ため池台帳に記載されている主な諸元は、堤頂長：289.0m、堤高：6.0m、総貯水量：38千m³である。



写真-1 Sため池の状況

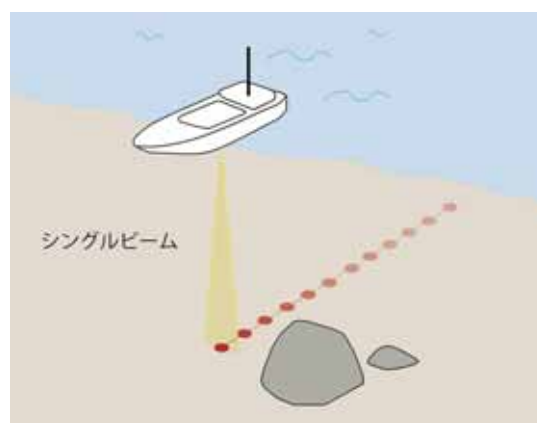


図-1 シングルビームリモコンボート

2. 使用機器の特徴

以下に、使用した2種類の機器の特徴を述べる。

(1) シングルビームリモコンボート（重量：約13kg）

図-1に示すように、船底から音波を発信し、直下水底から反射した音波の往復する時間を計測することで池底高を計測する。一体型であるため機器の艀装作業がなく、陸地から無線で操船するため作業の安全性も高い。

(2) マルチビームリモコンボート（重量：約29kg）

図-2に示すように、船底から横断方向に扇状の音波を照射し、水底から反射した音波の往復する時間を面的に計測する。本機は扇状に最大120度の範囲で高精度な3次元データを取得できる特徴を持つ。

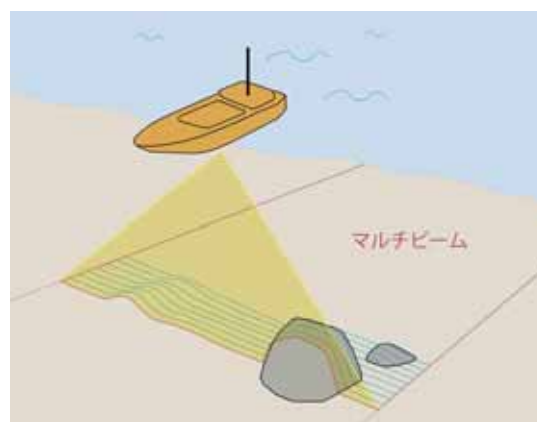


図-2 マルチビームリモコンボート

3. ため池底高の計測

シングルビーム及び、マルチビームリモコンボートを用いて、音響測深による深淺測量を行った。

各機器の計測方法と計測結果を以下に示す。

なお、両機器の位置計測にはGNSS測位が使用されるため、現地基準点と機器を整合させ精度確認を行った。また、取得したデータは、水中音速度計測機で計測した音速度により補正を行った。

(1) シングルビーム測深

池敷内を南北方向に2.5m間隔で測線を設定したうえで、自動航行により測線上を速度1m/sで航行し、1mに1点の間隔で計測を行った。なお、池敷の堤体に近い部分は藻が繁茂していたため、目視によるリモコン操作により航行可能な範囲を計測した。

図-3に示すように、自動航行で計測した区域は、概ね2.5m間隔で計測されているが、リモコン操作で計測した北側と南側の堤体に近接する区域は、藻が支障となりデータが取得できなかった。

また、測線間隔設定の目安を確認するため、今回の計測で設定した2.5m間隔の他、5.0m、10m、20m間隔のデータを作成し、計4ケースで比較することとした。

(2) マルチビーム測深

シングルビームと同様の範囲を、未計測箇所がないように目視によるリモコン操作で計測した。照射する音波の数は、横断方向に250点で、最大1秒間に50回照射しながら航行することで面的に計測をおこなった。

図-4に示すとおり、面的な点群データが取得できしており、シングルビームでは取得できなかった北側の水際の区域もおおむねデータを取得できている。しかしながら、南側の区域はシングルビームと同様、藻が支障となりデータが取得できなかった。

4. 土砂堆積量の比較

(1) 比較方法

土砂堆積量の比較は、マルチビームの計測結果から算定した値を基本とし、シングルビームの計測結果から算定した値との差により比較する。

図-5に示すとおり、池底高は、本ため池の堤体改修設計に採用された池底高(EL=36.1m)と今回取得した現況池底高との差により土砂堆積量を算出した。

マルチビームの計測結果からの土砂堆積量算定は、3次元計測を用いた出来形管理要領(案)¹⁾に基づき、1m平面格子内の点群の中央値を採用する平均法によりおこなった。また、シングルビームは、各測線の断面図を作成し、平均断面法により土砂堆積量を算出した。

(2) 土砂堆積量の比較

表-1に示すように、マルチビームの土砂堆積量10,698m³に対し、シングルビームの測線間隔2.5mでは+440m³、5mで+441m³、10mで+493m³、20mは+574m³となった。また、差分割合は測線間隔2.5mから5mで+4.1%、10mで+4.6%増、20mで+5.4%の範囲にあった。

今回の比較では、マルチビームにより求めた土砂堆積量に対する差が、測線間隔2.5mから10mでは5%内の範囲であった。

これは、ため池内は流入口近辺を除き、水の流れが穏やかで池底が乱されておらず、大半が平坦で起伏がないことが要因だと考える。

また、マルチビームで求まる値より、シングルビームで求まる値が、+4.1~5.4%の範囲で土砂堆積量が増加傾向を示している。これは、高精度な点群を取得するマルチビームが、細かな池底の凹凸を計測した結果だと考える。

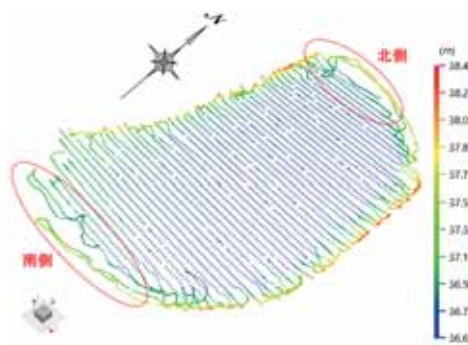


図-3 シングルビーム 計測データ

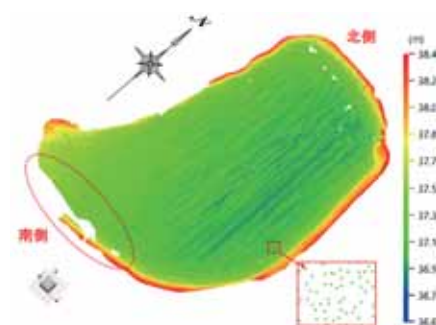


図-4 マルチビーム 計測データ

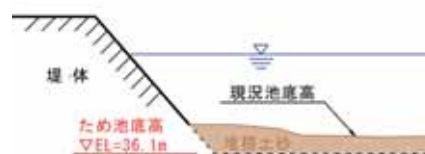


図-5 池底高の設定

表-1 土砂堆積量の比較表

項目	マルチビーム	シングルビーム (m)			
		@2.5m	@5m	@10m	@20m
土砂堆積量	10,698	11,138	11,139	11,191	11,272
マルチビームとの差		+440	+441	+493	+574
差分割合		4.1%	4.1%	4.6%	5.4%

5. 池底高の比較

前述4(2)で算出した土砂堆積量の差が、どのような場所で顕著に表れるかを確認するために、両機で取得した底高差の度合いを示すヒートマップの作成をおこなった。

(1) 比較データの作成

底高の差をヒートマップで確認するため、**図-6**に示すように、両機器の調査結果に1m四方のグリッドデータをかさね、同じ形式のグリッドデータを作成することとした。

1m四方のグリッドデータを作成するにあたっては、シングルビームの測線間隔は2.5m以上であり、池底高を補間する必要があった。そのため、シングルビームの計測データから**図-7**に示す三角網(TIN)データを作成し、面のデータとすることで池底高を設定した。

シングルビームの池底高は、**図-8(a)**に示すとおり、作成した三角網(TIN)データに1m四方のグリッドデータを重ね合わせ、グリッドの中心で交差する高さを各グリッドの池底高とした。

マルチビームの池底高は、**図-8(b)**に示すとおり、1m四方のグリッド内に含まれる点の数が膨大であるため、1m四方の中に含まれる点群の平均高さをグリッドの池底高とした。

(2) ヒートマップの作成

図-9に示すように、ヒートマップは、計測範囲を1m四方のグリッドで分割し、両機における各グリッドの底高差を5cm刻みで色分けし作成した。

前述4(2)で述べたように池底は平坦であることから、**図-9**に示すとおり測線間隔が2.5mから10.0mでは大きな差は見られないが、20.0mではため池の堤体の法尻付近で底高差20cm以上の濃赤部が確認できる。

(3) 池底高の比較

表-2は、前項(2)で作成した底高差を示したヒートマップから、5cm刻みでグリッド数を集計し、全体に対する割合を算出したものである。赤枠内は底高差±10cm内の範囲にあり、2.5m間隔は全体の90.5%、5.0m間隔は89.4%、10.0m間隔は85.4%、20.0m間隔は76.0%であった。現況の池底高については、測線間隔2.5mから10mの85%以上がマルチビームの±10cm内に収まっているが、20m間隔では80%を下回る結果となった。

表-2 池底高の比較表

マルチビームと シングルビームの 底高差	グリッド数の割合 (%)			
	シングルビーム @2.5m	シングルビーム @5.0m	シングルビーム @10.0m	シングルビーム @20.0m
-10cm以下	1.8%	1.9%	1.9%	1.9%
-10cm~-5cm	2.9%	3.0%	2.7%	1.9%
-5cm~0cm	13.5%	12.8%	10.1%	7.1%
0cm~5cm	40.3%	38.0%	36.3%	28.6%
5cm~10cm	33.8%	35.6%	36.3%	38.4%
10cm以上	7.7%	8.7%	12.7%	22.1%

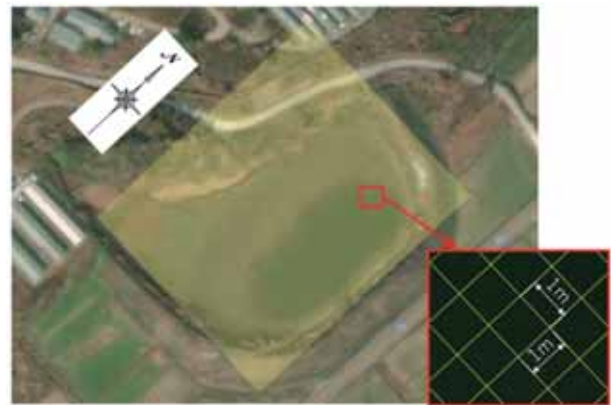


図-6 グリッドデータの作成

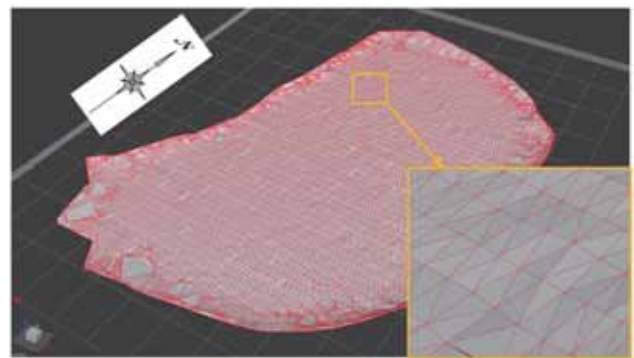
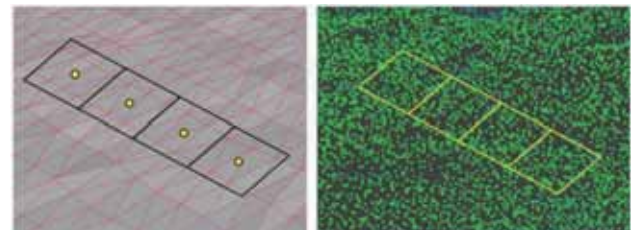


図-7 不等三角網 (TIN) データ作成



(a) シングルビーム(TIN) (b) マルチビーム(点群)

図-8 池底高の取得

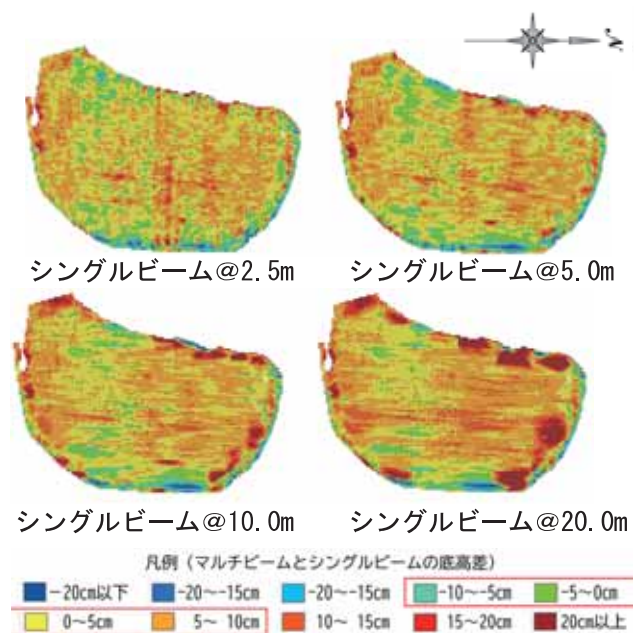


図-9 池底高の比較ヒートマップ

6. 土砂堆積量と池底高の比較に関する考察

両機の池底高の差をヒートマップで示したことから、比較した土砂堆積量の差が堤体法尻付近の底高が変化する部分で大きくなることが確認できた。また、測線間隔が広くなるにつれ、その差は顕著に現れるが、これは、シングルビームの比較データがマルチビームの点群データと比較し、数少ない計測値を補間した三角網(TIN)データであることが要因であると考えられる。図-10は、任意の位置A(①-②)のシングルビームとマルチビームの断面図を重ねて比較した図である。これを見ても、底高が変化する堤体法尻付近で差が大きくなることが確認できる。

今回計測したSため池の池底は、全体的に平坦な地形であったため、両機における土砂堆積量の差はシングルビームの測線間隔2.5m~20mで概ね5%程度に収まる結果となったが、地形が変化したり池底に凹凸があるため池においては、その差が大きくなる可能性が考えられる。そのため、シングルビーム測深では、池底の状況を勘案したうえで測線間隔を設定する必要があると考える。

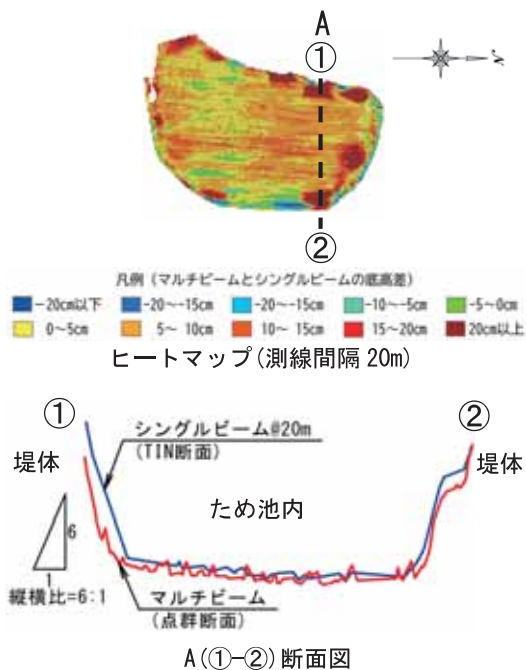


図-10 断面比較図

7. 計測時間に関する考察

今回の調査では、シングルビームの計測準備から計測終了までの所要時間は約4時間で、その内計測に要したのは約70分間であった。

一方、マルチビームの計測時間は、約40分間とシングルビームに比べ30分程度短縮された。マルチビームは、水深が深いほど計測幅(スワス幅)が広くなるため、測線間隔も広く設定することが可能である。そのため、マルチビームは、水深が深いほど、時間短縮が図れるが、図-11に示すように本調査時の水深は平均1.7mと浅く、最低でも5.2m程度の測線間隔を必要とする。本ため池のように水深が浅い場合には測線間隔は狭くなり、計測に要する時間を短縮するのは難しくなると考える。

8. おわりに

今回の調査では、シングルビームの測線間隔が10m以内であればマルチビームと同程度の計測結果が得られることを確認できた。また、水深が浅いため池は全国に数多く存在することから、マルチビームにより計測を実施する場合、事前に水深を把握しマルチビームのメリットを生かせるか検討しておく必要がある。

今回の土砂堆積量の比較は、シングルビームとマルチビームの計測結果の差分により行ったが、今後は、従来の手法で計測した真値と各音響測深機で得られた計測値との差異や、周波数の違いによる計測値の差異を確認し機器の精度検証をした上で、比較していきたいと考える。

現在、国内の防災重点農業用ため池の数は約54,000箇所及び有効貯水量や土砂堆積量を把握するための調査を実施した場合、その調査コストは膨大になることが予想される。そのため、ため池の土砂堆積量調査は低コストで一定の計測精度が得られ、安全性の高い調査手法が望ましいと考える。今後も調査を行い、シングルビームの活用に向けて、比較検討を進めていきたい。最後に、本論文を遂行するに当たり、ご尽力いただいた関係者各位に心より感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省：3次元計測技術を用いた出来形要領(案)令和5年3月版 p.2-41



図-11 マルチビーム測線間隔

現場状況に適した安全対策と補修工法の提案

株式会社 旭技研コンサルタント 技術部 田平 大和

高度経済成長期に施工された構造物は、橋梁等も含め経年劣化による損傷が多く見られる。平成28年に発生した熊本地震後に熊本県内で実施された急傾斜地崩壊防止施設の法面点検において、「健全度c」と判定され詳細調査及び補修設計が必要と判断された。本報は、市街地に位置するモルタル吹付工の調査・補修設計において採用した「現場状況に適した安全対策と補修工法の提案」について報告する。

キーワード；急傾斜地崩壊防止施設，モルタル吹付工，安全対策，応急対策，工法提案

1. はじめに

法面保護工の一工法であるモルタル吹付工は、高度経済成長期の昭和40年代に非常に多く施工された工法で、40年代後半には800万㎡/年もの施工量があったといわれている。その最盛期に施工されたモルタル吹付法面は、現在40～50年が経過し老朽化が深刻になっており、補修・補強が必要な時期を迎えている。また、平成28年には熊本地震が発生し、熊本県内の多くの急傾斜地崩壊防止施設が被災した。

そのため、平成29年度に急傾斜地崩壊防止施設の地震後の緊急点検・維持管理を目的とした法面点検が実施され、その際に「健全度c」と判定された民洞地区、壺川地区を対象に法面調査を実施した。

今回の法面調査では、対象法面の伐採・洗浄後、近接目視によるクラック調査(目視調査)や、打音調査、背面調査(空洞調査)を行った。

民洞地区では、県道や歩道(通学路)に隣接している現場であったため、十分な安全対策などを行う必要があった。壺川地区では現場周辺に施工プラントを設置できる十分なスペースの確保が困難だった。

本報では、調査方法、及び補修工法が制限されるなかで、民洞地区での現場の特性に合わせた調査手法や安全対策、壺川地区での補修工法の選定・比較・提案について述べる。

2. 調査対象地点の概要

対象地点である民洞地区は、熊本市西区(図-1)の県道・歩道沿い、壺川地区は、熊本市中央区(図-2)の住宅地に位置している。民洞地区は昭和47年、壺川地区は昭和53年にモルタル吹付工が施工されている。両地区共に、施工から45年以上経過しており、モルタル吹付工の耐用年数とされている30年～50年の範囲に入る。法面点検では、健全度に応じた評価の区分があり、「健全度c」とは、損傷などに伴い、当該施設の機能低下、性能の安定性や強度の低下が懸念され、a, b, c, の3段階評価の内、最も対策が必要な評価である。

3. 法面調査時における問題点及び対応策

(1) 民洞地区

a) 現地踏査後に見えた問題点

調査実施前に現地踏査を行った結果、写真-1のように下記の問題点があった。

- ①維持管理が適切に行われておらず、法面上に草木やツタ、苔などがあり、1mm程度のクラックが把握できない問題がある。
- ②法面下に県道と歩道が面しており、日中交通量は非常に多く、歩道幅は約1.5m～2.0mと狭い状況にある。
- ③法面下にある歩道は、付近の小学校・中学校の通学路として利用されているため、登下校する時間帯になると児童の通行が多くなり、登下校中の作業は児童へ危険が及ぶ可能性がある。



図-1 調査対象地点位置図(民洞地区)



図-2 調査対象地点位置図(壺川地区)

b) 問題点に対する対応策

①法面の伐採・苔の除去

現地踏査時の法面状況を踏まえて、1mm程度のクラックの調査を行う必要がある。草木の伐採や苔の除去を行うため、発注者へ提案を行い、承諾後作業を実施した。調査実施前に、写真-2のように調査対象法面に付着している草木の伐採や苔などの汚れを除去し、法面調査できる状態までに伐採を行った。

②法面調査時の道路・歩道への安全対策

交通誘導員の配置することで歩行者通行時に作業員に作業中断を促すようにした。

調査中看板の設置し、周囲に作業内容を掲示するために設置した。

ブルーシートを用いた落下物対策を通常の仮設工を計画を行うと、歩道の通行止め、車道の片側交互通行の必要があり、関係機関との協議も必要となり、仮設費用もかかる。この地区での調査面積は約160m²と小さく、調査自体は1日で行えることから、通常の仮設工よりも簡易的な方法が適切と判断した。現場状況を考慮し、伐採中や調査中の落下物から歩行者や自動車への安全を確保する目的として写真-3・4のように法面と歩道の間にある看板にブルーシートを設置し、周辺の安全を確保した。ブルーシートの設置は、看板の管理者の了承を得たうえで設置した。

③作業に関する住民への安全対策

現場周辺の住民及び周辺学校への連絡を、地元区長を通して行った。調査実施前に調査内容の事前連絡を行い、住民との合意形成を図った。

付近の小学校・中学校が休日である土曜日作業実施日として発注者の承諾を得て、作業を行った。また、作業時間についても、伐採や洗浄作業、法面調査(打音調査など)において騒音が発生するため、周辺住民への配慮を行い、作業時間を9時～16時に制限を行い作業を実施した。

(2) 壺川地区

壺川地区の法面下には住宅が面しており、法面周辺には住民のみが立ち入ることから、事前に調査時に近づかないように説明を行っていた。そのため、大きな問題もなく法面調査を実施を完了した。

4. 法面調査後の応急対策の実施

民洞地区、壺川地区共に、近接視調査、打音調査、および背面調査を実施した結果を基に、表-1の変状の評価表を参考に法面の評価を行った。民洞地区では、法面の一部に著しい破損が見られ、応急対策が必要と判断したため、実施した対策をまとめる。

(1) 民洞地区

a) 調査結果及び法面破損状況

法面調査を行った結果、法面全体には1mm前後の

ひび割れが生じていたため「ひび割れ」Ⅲ判定とした。写真-5のように法面の一部に空洞化や、既に剥離している箇所が確認されたため、「浮き・空洞」Ⅳ判定とした。剥離箇所の原因としては、剥離箇所から木の根が露出していたため、木の根による押し出しが原因と考えられる。

b) 応急対策の実施

法面下には、県道や歩道が隣接しているため、コンクリート片剥落による事故の緊急性・危険性が高いと判断した。発注者へ剥離箇所の状態報告を行い、応急対策実施の有無について協議の結果、写真-6のように応急対策を実施した。万が一剥離箇所が剥がれた場合でも、法面下を通行する歩行者や車両などへの被害を防げるように、剥離箇所とその周りを金網(吹付用)とネットで覆い、金網とネットをアンカーピン打設により法面に固定した。

調査終了後から補修工事が施工されるまでの期間が開くことも考えられるため、このような応急対策を実施した。

(2) 壺川地区

a) 調査結果及び法面破損状況

法面調査の結果、法面全体には1mm以上のひび割れや部分的に数cm開口しているひび割れが生じていたため「ひび割れ」Ⅳ判定とした。法面の一部に大きく変位している箇所や、地山が露出している箇所があったため「浮き・空洞化」Ⅳ判定とした。しかし、民洞地区のように応急対策が必要な緊急性・危険性が高い法面の劣化は見られなかった。



写真-1
法面下状況・伐採前法面状況



写真-2 伐採後法面状況



写真-3 ブルーシート設置前



写真-4 ブルーシート設置後



写真-5 剥離箇所状況



写真-6 応急対策後状況

5. 現場状況に適した工法選定・提案

法面調査実施後、調査結果を基に判定した法面の評価や、現場周辺の状況踏まえて、工法選定・比較を行った。

(1) 民洞地区

応急対策を実施した部分以外にも、補修・補強が必要な状態のひび割れや浮き・空洞化があるため、補修工法の選定を行う。施工を行う際の現場条件による制約はないため、表-2の対策工選定表の中から「ひび割れ」、「浮き・空洞化」の判定に該当する項目を選定する。黄色のハッチングで記されている5つの工法から選定する。コンクリート片の剥落が懸念される緊急応急対策箇所が同法面に存在し、また、付近の小中学校の通学路であることも踏まえ、法面全面の保護対策が必要と判断した。剥落している箇所以外は軽度なひび割れが多いため、表面被覆工を採用とした。

(2) 壺川地区

a) 法面破損状況及び補修・予防対策

写真-7のように、法面左上部に広範囲の空洞化とひび割れが見られ、この部分については法面の劣化が顕著なため、補修ではなく撤去し、再度対策する必要がある。写真-8のように法面中央に上部から下部付近まで幅10cm程度のひび割れが確認された。さらに、写真-9のように、法面上部のモルタル吹付部の肩口付近が竹や雑木などの根の影響による変状が大きくなっている。そのため、このまま補修や対策を行わなければ将来的に、竹や雑木の根、法面上部からの浸水や、それに伴う上部の土砂流出による空洞化が発生すると考えられる。そのため、ひび割れや浮き・空洞化している箇所と同様に、法面上部の肩口付近においても予防対策を実施する必要があると判断した。

b) 法面周辺状況の問題点

法面周辺の現地踏査を行った結果、以下の問題点が明確になった。法面の上下両方から法面へアクセスすることができるため両方の問題点をまとめる。

①法面下部状況

法面下部は住宅が接近して存在しており、写真-10のように法面から住宅までの距離が近いので、斜面下に施工プラントが設置可能なスペースの確保が困難と判断した。写真-11に示すように、住宅周辺の道路幅員は約3.4mと狭い。また、法面下に行くためにはいくつかの交差点を右左折して通らなければならず、工事に必要な資材や機械などの搬入に使用する4tトラックが旋回できない可能性が高く、資材等の搬入が困難であると判断した。

②法面上部状況

法面上部は市道に面しており、市道の日中交通量は多い。また、対象法面上の道路の前後には急カーブがあり、工事中は安全上、長い距離を片側交互通

表-1 変状の評価表

評価	ひび割れ	浮き・空洞化
I 健全	近傍目視でようやく確認できる程度の微細ひび割れが存在している。	—
II 経過観察	微細なひび割れが進展し、全体的に連続するとともに、ひび割れの周囲はやや湿った状態となっている。ひび割れは、幅1mm以下で地山には貫通していない。	ハンマー打診で、背面空洞の存在があると判定される。水抜き孔から土砂流出を確認できる。
III 補修・補強(早期措置)	幅1.0mmを超えたり、地山まで貫通している、または、植物が侵入するなどして、吹付モルタルがめくれあがっている。	空洞の存在が確認され、吹付モルタルに開口ひび割れ、滑動、はらみ出しなどの変位が生じている。空洞が全体の30%を超える。
IV 補修・補強(緊急措置)	数cmオーバーで開口し、他のひび割れや変状と連動する。吹付モルタルは、1cm以上の段差や変位を有する。	空洞部の吹付モルタルが大きく変位している。剥離などを生じ、一部に地山が露出している。

表-2 対策工選定表

目的	変状原因		吹付自体の劣化		吹付と地山の接着性の低下		地山の強度低下		景観効果	
	変状	ひび割れ	剥離	浮き・空洞	滑動	はらみ出し	はらみ出し			
工種	III	IV	III	IV	III	IV	III	IV	III	IV
更新	切土工+吹付工					△		△	○	
	吹付工		△							
構造	吹付砕石工				△				○	
	増厚吹付工	◎	◎	◎	◎					
	地盤注入工					○		△		△
	空筒充填工					◎	◎	△	△	
	補強鉄筋工							○	△	△
	鉄筋挿入工							△	○	◎
	グラウンドアンカー工								○	◎
補修	表面被覆工	△	△	●	●					△
	ひび割れ補修工	△	△							
総括	連続長繊維補強土工+植生基材吹付工	△	△	△	△				△	◎

◎：最も適している ○：適している △：現場条件による
●：予防保全的な観点の対策として組み合わせて適用



写真-7 法面左上部の割れ状況



写真-8 ひび割れ・空洞化状況



写真-9 法面上部状況



写真-10 法面下状況



写真-11 周辺の交差点状況

行規制する必要がある。

c) 補修工法の検討

現地踏査後、法面老朽化の状態や現場状況を考慮し、補修工法の検討を行った。壺川地区の法面の状態を基に、補修工法・法面上部の予防対策に対して、有効な工法として表-2を参考にし、以下の5つの工法を選定したが、それぞれ下記の理由で不採用となった。

吹付工は、施工プラント(約5m×約30m)を設置できる十分なスペースの確保が法面上下スペース共に困難だと判断した。

表面被覆工、増厚吹付工は、補修には下地(モルタル吹付)が必要なため施工が困難と判断した。

空洞充てん工、ひび割れ補修工は、撤去が前提であることから採用不可だと判断した。

本法面においては、損傷部の撤去を前提とした場合、従来工法では施工が困難であることから、モルタル吹付工と同様な法面保護機能を持つ別の工法を選定する必要がある。

d) コンクリートキャンバス工法の提案

前項で述べた法面周辺の現地踏査の結果、いくつかの問題点があった。大きな機械や資材を運ぶ必要がある吹付工の工法採用は難しい。そこで、大きな機械などを使用せずに、小スペースで施工可能な小型機械や、人力施工で行える工法を選定することが必要だと判断した。

コンクリートキャンバスとは、図-3のように、特殊配合のドライコンクリートを3次元の繊維マトリクス繊維編物とPVCシートでサンドイッチした構造で、敷設後に水を散布することでドライコンクリートが硬化し始め、現場打設のための重機や特殊技能が一切不要となる工法である。

当工法のメリットは、10m×1mの資材(ロール状：1m×約50cm 約70kg)のため、運搬時に使用する車両の制限も少なく、施工プラントが不要である。そのため、重機が入るのが困難な壺川地区のような現場でも、人力で運搬・設置が可能である。また、壺川地区のような急傾斜地でも施工実績があり、オーバーハングしている箇所でも、必要な箇所にアンカーピンを打設することで施工可能である。なお、法面の勾配や基礎地盤のN値によって、アンカーピンの本数やアンカー長を変更する必要があるため、基礎地盤の地質調査などを事前に行う必要がある。施工面においても、法面に敷設して、固定するためのアンカーピンの打設を行った後、散水するだけで24時間後には硬化する。そのため、施工期間の短縮が期待できる。また、英国規格の耐候性試験で少なくとも50年の屋外環境に対応しているため、モルタル吹付工と同等な耐久性がある。

当工法のデメリットとしては、他工法に比べ、m²当たりの資材単価が高価になり、モルタル吹付工に比べ、2倍以上(直接工事費で比較)の金額になる。

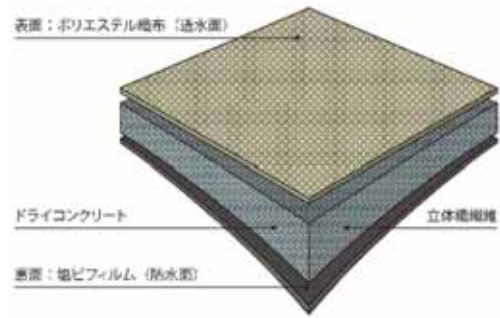


図-3 コンクリートキャンバス概要図

しかし、当工法は従来工法と同等な法面保護機能を持ち、施工性においても、壺川地区の現場周辺状況に適している。当工法の特徴を考慮し、コンクリートキャンバスを補修工法として提案した。

6. おわりに

民洞地区においては、現場状況を考慮し、調査手法及び安全対策・応急対策を行った。いくつかの問題点に対し、さまざまな対策を行うことで安全に調査を実施することができ、補修工事が施工されるまでの応急的な対策の実施ができた。

壺川地区においては、法面の老朽化の状態や法面周辺の現場条件によって、施工・補修可能な補修工法が制限されることとなった。大きなひび割れ、浮きや割れ、空洞化が確認され、モルタル吹付工の撤去が必要となる部分については、コンクリートキャンバスが適した補修工法であると判断し、発注者に工法提案を行った。

今後、急傾斜地の法面の老朽化が進み、このような、市街地における急傾斜地の詳細調査及び補修設計は増えていくと考えられる。当時の施工条件と現在の現場条件が異なる場所が多いと予想され、今回の2地区のような法面の老朽化の状態や現場条件があると考えられる。調査時の安全対策や、調査後の対策工法の選定・検討に当たっては、現場条件に合った最適な対策や工法の選定を行う必要がある。

最後に本稿の掲載につきまして、快くご承諾いただいた、熊本県県央広域本部土木部工務管理課様、及び調査にご協力いただいた地元住民の皆様へ深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 法面保護工の維持・補修に関するガイドライン(案)：法面維持補修施工技術研究会
- 2) 太陽工業株式会社HP
- 3) 国土地理院地図：地理院タイルに赤丸を追記して掲載

3次元データによる砂防及び道路設計への利活用

株式会社 興和測量設計 設計部 坂口 ゆかり

近年、UAVレーザ測量の技術や3次元形状を復元するSfm (StructureFromMotion) 技術の発展により、より簡単に3次元モデルを作成することが可能となってきた。本稿では、UAVレーザスキャナにより取得した点群による地形データや3Dモデルを用いた砂防堰堤の設計、及び道路設計業務への利活用について述べる。点群データについて、砂防施設設計への適用性を検証するために、UAVレーザスキャナにより取得した点群データと従来のTSによる地形測量について、断面形状の比較を行い、3次元データ活用による砂防堰堤予備設計への有効性と省力化・作業効率化が可能であることが確認できた。

キーワード；砂防堰堤予備設計，BIM/CIM活用，UAVレーザ測量，点群データ，作業効率化

1. はじめに

国土交通省では、建設業における生産性向上を目指して、令和5年4月より、直轄土木事業においてBIM/CIMの原則適用を開始した。直轄事業ではBIM/CIMモデルによる砂防堰堤の設計事例の報告やBIM/CIM活用業務の発注も年々と増加している状況である。

砂防堰堤詳細設計のプロセスは、現地調査・計画、地形測量、予備設計、地質調査、路線測量、詳細設計、用地測量の流れで行われる。予備設計の砂防堰堤配置検討では、数十パターンに及ぶ砂防堰堤位置の土砂捕捉の検討を行う。このため広範囲に渡る流域と溪流の状況把握と捕捉土砂量の算出が必要となり、それに伴った広範囲の現地測量と路線測量、長期日程が必要となってくる。

本稿においては、長期工程であり災害事業である砂防堰堤設計業務の迅速化・作業効率化を目的とした、3次元の活用と地形データの特徴、UAVレーザ測量の点群データを活用した砂防堰堤予備設計への有効性を検証し、砂防堰堤設計及び道路設計業務への活用事例を示す。

2. 調査地の概要

本調査地は、令和2年7月豪雨により、土砂災害の被害が大きかった図-1に示す球磨郡球磨村に位置し、砂防激甚災害対策特別緊急業務に指定されている。激甚災害完了時期は3年間であり、期間内に竣工までを完了しなければならない急務を要する事業である。また、写真-1,2に示すように調査地の被害状況も広範囲にわたり、土石流発生と家屋損壊、道路決壊など大変被害の大きかった地区である。

業務については契約時から堰堤計画位置決定までの作業期間が1か月半と短く、道路交通規制もある中、堰堤の基準点測量から現地測量まで測量を完了するには最短3か月を要することが予想された。

このため、業務進捗の迅速化を図るため、UAVレーザ測量の地形データより縦横断面図を作成し、6か所の堰堤候補地の選定を行うこととした。

3. 計測機器の概要

地形データ取得のために使用した機器の性能を表-1に示す。UAV LiDAR (英語: Light Detection and Ranging) 「レーザ画像検出と測距」システムとしては、写真-3の YellowScan Mapper+ を使用。ドローン機体には写真-4の DJI MATRICE 300 RTK を使用し UAV有資格者の飛行による計測を行った。



図-1 位置図



写真-1 調査地災害状況



写真-2 調査地災害状況(広域)

表-1. UAVレーザ機器の性能

LiDARシステム (写真-3)	YellowScan Mapper+
UAV機体 (写真-4)	DJI MATRICE 300 RTK
GNSS/ IMUアンテナ受信機	Applanix : APX-15
統合解析ソフトウェア	Terrasolid : Terrascan, Terramatch
最適軌跡解析ソフトウェア	Nikon Trimble : PosPacUAV8. 7SP1



写真-3 YellowScan Mapper+



写真-4 UAV機体

4. 取得した地形データの特徴

砂防堰堤予備設計に当たり、流域の地形状況を把握するため、UAVレーザスキャナを用い溪流調査範囲全体の3次元点群データ取得を行った。取得した地形データの特徴を以下に示す。

- ①取得した点群データをフィルタリング処理することで、樹木下の地盤状況を表した**写真-5**に示すgroundデータを作成できる。groundデータからは、土砂の堆積状況や勾配変化点などが判断できる。
- ②取得した点群データに、**図-2**に示すオルソ画像を重ね合わせることにより、カラー点群を取得できる。
- ③取得した点群データを、**図-3**に示すCS立体図として解析することにより、**図-4**に示す2次元の平面図と比べて、山地斜面の微地形がより明確に把握できる。**図-3**赤丸に示す谷形状の把握や地すべり地形を有するような流域の場合、UAVレーザ測量は、砂防全体計画の策定や砂防堰堤の配置計画、溪流合流点や管理用道路の検討に有効な手段であると考えられる。CS立体図は、標高、傾斜、地盤の凹凸を異なる色調で彩色し立体的に表現することができる。

5. 現地測量による地形図との比較と考察

砂防堰堤詳細設計に当たっては、従来どおり路線測量、現地測量、横断測量業務を実施し、その成果品をベースとして詳細設計行うものとした。

取得した地形データによる砂防施設予備設計の適用性を検証するために従来の現地測量図と断面形状の比較を行った。UAVレーザ測量データと現地測量による地形図の作成との比較を**表-2**に示す。

1) 作業日数の縮減について

表-2に示すように、UAVを用いることで外業に係る人工数が大幅に縮減できることが明らかになった。

また、内業の人工数についても縮減できた。このことは測量作業の迅速化・省力化が図れることを証明しており、災害などの緊急対応が必要な場合において、UAVレーザ測量は従来の手法に比べ著しい利点を有している。また、建設業の生産性向上を図るうえでは作業の省力化が大切な要素であることから、今後のUAVレーザ測量の導入・展開が期待できる。

2) 作業の安全性について

今回の調査地のような砂防分野の場合、急斜面における測量が必須であることから、作業の安全性を考えた場合、斜面上での測量作業を少なくできることは労働災害防止の観点からも非常に大きい利点であると考えられる。



写真-5 UAVレーザで取得した点群データ (グラウンドデータ)

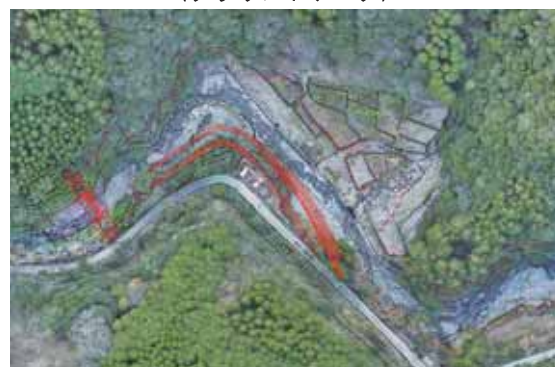


図-2 オルソ画像

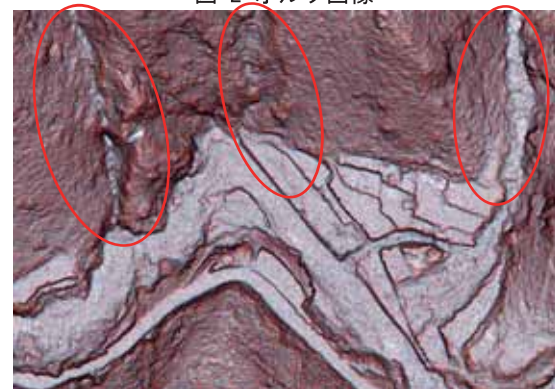


図-3 CS立体図



図-4 平面図

表-2 UAVレーザ測量と現地測量の比較

	UAVレーザ	現地測量
基準点	調整点 4点	基準点 15点
作業範囲	0.051 km ²	0.051 km ²
外業日数	1日/3人	17日/3人
内業日数	4日/1人	5日/1人
安全性(作業状況)	◎	△

3) 取得地形データの検証

a) 横断面の重ね図による考察

図-5に示すように、UAVレーザで取得した点群データより作成した横断面図(図-6)と現地測量による横断面図(図-7)を重ね合わせ、形状比較を行った。青線で示すレーザ測量による横断面図と、赤線で示す現地測量の横断面図が、ほぼ近い形状であることが確認できる。しかし、図-5緑丸で示した構造物の法肩部や断面の変化点などでレーザの密度が足りない箇所では形状が詳細に表現できていないことが確認できた。図-5緑丸の箇所のようなブロック積や護岸工など構造物の詳細部については、現地において補備測量を行い地形の補完をすることが必要である。

b) 土砂量算出による考察

図-6に示すUAVレーザより作成した横断面図と図-7に示す現地測量による横断面図に、同じ高さの図-6赤破線で示す計画堆砂高を設定し土砂量の計測比較を行った。表-3に土砂量の計測結果を示す。レーザ測量による土砂量と現地測量の土砂量の差が1.0m²であり、ほぼ近い数値であることが確認できた。

これにより、UAVレーザによる砂防堰堤予備設計時の捕捉効果量算出への利用は有効であると判断される。また、飛行した広範囲の地形を確実に取得できることなど、作業の効率化、迅速化が可能である。

6. 設計業務への活用

土木設計業務においては、予備設計の時点で工事費などの情報を基に協議を行い構造物の位置の選定をする。また、決定した内容に沿って、路線測量、詳細設計へと業務を進める。その際の計画地の熟慮、判断は特に経験の浅い技術者にとっては難しいものでもある。また、業務を補完するためにも、1点でも多い座標点や構造物の座標は有効であり、さらに視覚化されたデータを活用できる利点は技術者以外にも大変有効でもある。

そこで、当社における設計業務への取組みの事例を紹介する。

1) 砂防堰堤の施設設計への活用

a) 堰堤軸位置の検討(捕捉可能土砂量算出)

- ① 堰堤位置の決定に必要な土砂量の算出に使用する断面として計画地点から200m上流までの、写真-6左上図に示した横断面を使用し、捕捉量が100%以上となる候補地を算出した。
- ② 計画堆砂勾配や計画高水位の算出に必要な現河床勾配について、UAVレーザ測量地形データの写真-6左下図に示した縦断面図を使用した。
- ③ 堰堤配置位置については、図-7赤丸で示した既設道路横に隣接するため、道路部との緩衝、その他構造物との緩衝なども都度確認しながら視覚的に進めることが可能であった。
- ④ 必要箇所の横断面図が、写真-6左上図に示すように、どの位置でも、横断ピッチに関係なく抽出可能であり効率化・迅速化が可能であった。

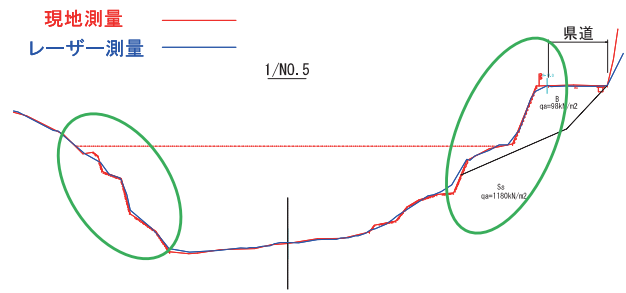


図-5 UAV レーザ測量による横断面図と
現地測量による横断面図の重ね図

レーザでは角が表現しにくい

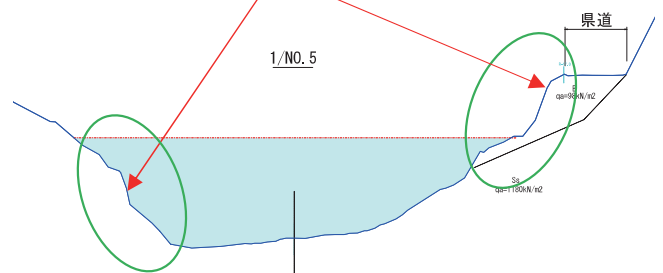


図-6 UAV レーザ測量による横断面図

補備測量を行い精度を上げた

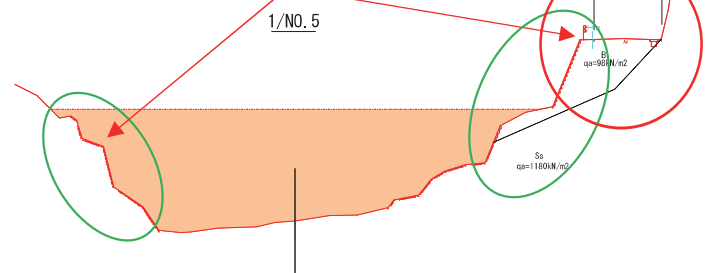


図-7 現地測量による横断面図

表-3 土砂量計測結果

計画捕捉量(2/3)	数量
現地測量	128.9m ²
レーザ測量	127.9m ²

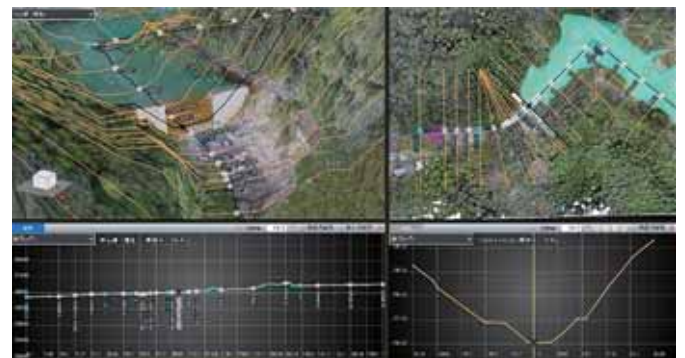


写真-6 点群データから抽出した縦横断測量図

b) 捕捉可能土砂量算出（2溪流）支川への適用

本事例の溪流は、**写真-7**示すように、本川と支川の2溪流が流れ込む地点となっており、溪流調査や土砂量の算出にも2溪流の調査が必要となる。

このため、流域範囲が広範囲となることや支川の路線測量も別途必要になることから、支川の路線測量については、レーザ測量による縦横断面図作成・土砂捕捉量の算出を行い工期の短縮に努めた。そして詳細なデータが必要となる本川については、実測路線測量とした。

2) 道路詳細設計への活用（3Dモデルの活用）

レーザ測量にて取得した点群データ上に道路計画を3Dモデルで作成した。そして、詳細設計時の橋梁架け替えに伴う、県道仮設切回し道路の選定に利用した。近隣家屋との緩衝チェック、建築限界の確認、構造物との取り合い、既設道路との取り合いや視距の確認に**写真-8**に示す3Dモデル図を利用した。

3) 地元説明会、施工計画検討への活用

発注者との協議などに**写真-9**に示す3Dモデルを利用し、施工計画など実際の周辺状況を加味したイメージ把握が視覚的にでき迅速な合意形成が可能となった。また、地元説明会で使用することにより、見える化した分かり易い説明が可能となり関係者の理解が促進できる。

4) 災害現場、災害写真への活用

- ① 発生した土砂災害箇所が、**写真-10**に示すように広域範囲であった場合、UAVを活用することにより、より早く安全に被災状況の把握が可能となる。
- ② 九州地方整備局では、近年の災害復旧事業関連の動向として、災害査定のデジタル化が試行されている。机上査定については、レーザ測量の点群データ活用や、災害写真に360°画像を活用可能としている。また、災害写真に、査定写真の補完として動画やUAV画像も有効となっている。査定について、数枚の写真による従来の査定方法では分かりづらい箇所も3次元技術の活用により迅速な合意形成が可能となる。

7. おわりに

本検討により、UAVレーザ測量の点群データを用いた予備設計への適用が可能であることが確認できた。

同時に、業務の安全性、効率化、迅速化、視覚化に大変有効であるといえる。そして、国土省のBIM/CIM原則適用により、UAVレーザ測量をはじめ3Dモデルの活用がますます増加していくものと考えられる。

今後の取組みとしては、いかに迅速に業務への対応ができるのか精度向上を図るとともに、新技術を取り入れつつ更なる技術の向上に努めたい。

また、ご協力いただいた関係者にこの場を借りて感謝を申し上げる。



写真-7 点群データから抽出した横断測量図



写真-8 点群データと3Dモデル（道路）



写真-9 点群データと3Dモデル（道路）



写真-10 土砂災害現場写真

参考文献

- 1) 国土交通省国土地理院：UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）令和2年3月改正
- 2) 国土交通省国土地理院：作業規程の準則 令和5年3月31日 国土交通省告示 第250号
- 3) 国土交通省：BIM/CIM 活用ガイドライン（案）共通編 令和4年3月
- 4) 国土交通省：BIM/CIM 原則適用に係る参考資料 令和5年3月

現地状況を勘案した道路橋点検における健全性診断と評価

株式会社 熊本建設コンサルタント 技術部 竹下 久美

我が国では、インフラの多くが高度成長期以降に整備されており、今後、建設から50年以上経過する施設が加速度的に増加する。そのため、様々なインフラの老朽化が急速に進展する状況下で維持管理・更新を計画的かつ適切に進めていく必要がある。本稿では、熊本県橋梁点検マニュアルに基づき点検を行った橋梁の点検・診断に加えて、個々の橋梁の立地条件や利用状況など、点検時に得られた情報を勘案した評価を行った。このような評価によって、更なる橋梁の長寿命化に寄与することが判明した。

キーワード； 橋梁定期点検、メンテナンスサイクル、橋梁長寿命化、予防保全、現況評価

1. はじめに

熊本県では、県が管理する道路橋について適切な維持管理を行うため、平成16年に「熊本県橋梁点検マニュアル（案）」¹⁾（以下、県点検マニュアル）を、平成24年に「橋梁長寿命化修繕計画」²⁾を策定し、橋梁の延命化と修繕費用の縮減、及び平準化に取り組んでいる。また、平成26年に道路法施行規則が改正され、道路橋に近接目視による定期点検を基に「点検・診断・措置・記録」というメンテナンスサイクルを確実に行うことが義務づけられた。本稿では、県管理の橋梁21橋に対して行った橋梁点検において、県点検マニュアルに基づく、定量的な健全度の診断と併せ、点検時に得られた情報を勘案した評価を行った点検結果について報告する。また、補修工事の施工性などを鑑み、補修や維持管理の優先順位を提案した。

2. 県点検マニュアルの概要¹⁾

図-1に示すように県点検マニュアルでは定期点検後、定量的な指標である健全度を算出、処方の判断を行い、道路橋毎の診断をすることとなっている。

(1) 点検における損傷の評価

損傷の程度のみを単純に評価記録するものとし、評価内容に部材の重要度や損傷種類の重要度など耐荷力・耐久力に及ぼす重みは考慮しない。また、部材に生じる最大損傷のみを記録するのではなく、損傷の程度ごとの発生割合を記録する。

(2) 健全度の算出方法と処方の判断

健全度 (HI:Health Index) は、点検結果を基にして、全く損傷がなく健全な状態を『健全度(HI) = 100』とし、損傷度から算出される損傷評価点 (DG:Damage Grade)を100から減点したものを部材の

健全度とする。併せて、損傷の種類・程度などに応じた処方の判断を行う。

(3) 健全性の診断方法

点検の結果を基に「部材単位の健全性の診断」と「道路橋毎の健全性の診断」を行う。「部材単位の健全性の診断」は、部材とその損傷が道路橋の機能に及ぼす観点より行う。一般には、表-1に示すように構造物の性能に影響を及ぼす主要な部材に着目し、最も厳しい健全性の診断結果で代表させる。「道路橋毎の健全性の診断」は道路橋全体の状況を把握することを目的とし、表-2に示す健全度の目安を基に診断を行う。

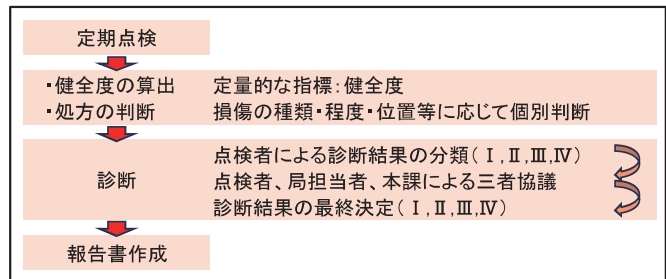


図-1 橋梁定期点検の主な流れ¹⁾

表-1 健全度を算出する主要部材

上部工		下部工		支承部		
床版	主構	床版・主構以外 (主要な部材)	躯体	基礎	本体	沓座

表-2 健全性の判定区分と健全度の目安²⁾

区分	定義	健全度の目安	
I	健全	道路橋の機能に支障が生じていない状態	80 < HI
II	予防保全段階	道路橋の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態	60 < HI ≤ 80
III	早期措置段階	道路橋の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態	20 < HI ≤ 60
IV	緊急措置段階	道路橋の機能に支障が生じている、または生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態	HI ≤ 20

3. 点検内容と診断

県管理の橋梁21橋について点検を行い、県点検マニュアルによる、定量的な診断（以下、定量診断）と現場で点検を行う中で得られた情報を勘案した評価を行った判定（以下、現況評価）を提案し、道路管理者と協議の上、最終の健全度（以下、最終診断）を決定した。以下に特徴的な3例を示す。

(1) 部材の劣化速度などを勘案した評価事例

a) A橋の概要と点検結果

写真-1に示すA橋は、海岸線付近の路線に架設されたプレテンションPC単純床版橋である。2012年架設（調査当時橋齢10年）橋長14.9m、幅員8.2mである。この路線は、国道に接続する路線であり周辺に工場も点在するため、大型車交通量が比較的多い路線である。点検結果については、損傷の進行状況を視覚的に把握するため、図-2の損傷図に示すように、前回の点検で確認した損傷を黒色、今回の点検で確認した損傷を赤色で表示した。上部工は、床版間詰部より遊離石灰が見られたが損傷は軽微であり概ね健全な状態である。下部工は、写真-2のように両橋台の堅壁に鉛直方向のひびわれ（ひびわれ幅0.2mm～0.4mm）が多数みられた。架橋位置が海岸性に近く塩害の可能性も考えらる。

b) 定量診断

点検結果を踏まえ損傷評価点（DG）を算出した結果、表-3に示すように11.85となり、橋梁全体の健全度（HI）は88.15となった。健全度を目安にした健全性の診断では、表-4に示すように橋梁全体の健全度はI：健全（80<HI）となった。

c) 現況評価

橋台のひびわれが、前回点検より多数増え、ひびわれ幅も増大している。漏水・滞水も見られることから、伸縮装置の劣化も懸念される。損傷の進行状況が早い事から、早めの措置が必要だと考えII：予防保全段階を提案した。

d) 最終診断

ひびわれの進行状況、ひびわれ幅の増大などを鑑み、最終的な橋梁全体の健全度をIからIIへと見直した。

(2) 橋梁の現地状況（護岸）を勘案した評価事例

a) B橋の概要と点検結果

写真-3に示すB橋は、山間部の生活道路に架設されたRC床版橋である。1965年架設（調査当時橋齢57年）橋長4.9m、幅員6.45mであり24時間交通量は593台と交通量は少ない路線である。点検結果については、主構下面の橋軸方向に、施工当時の打ち継ぎ目から、遊離石灰が見られた。両橋台の小橋台と石積の間に漏水・遊離石灰が見られた。橋梁本体は概ね健全といえるが、写真-4、-5のようにA2橋台上流側の石積ブロックが崩落していた。（W=1.2mH=1.0m）



写真-1 A橋 橋面



写真-2 A2橋台
堅壁ひびわれ状況

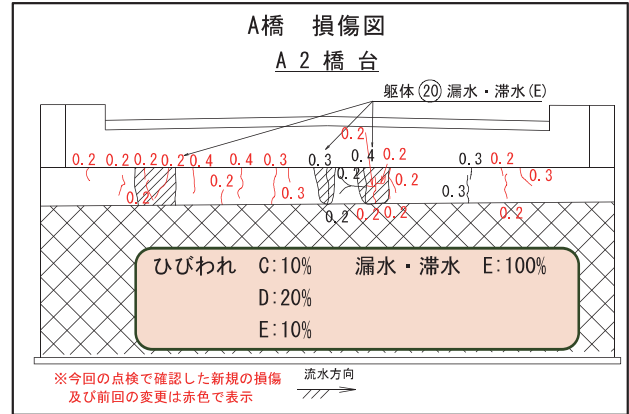


図-2 A橋 A2橋台 損傷図

表-3 A橋 損傷評価点（DG）算出

部 位	部材別評価		工種別評価		径間別評価
	補正係数	損傷評価点	補正係数	損傷評価点	
上部工	床版	0.80	1.30	1.00	1.040
	主構	1.00	0.00		
	床版・主構以外 (主な部材)	0.20	0.00		
下部工	躯体	0.67	26.90	0.60	18.023
	基礎	1.00	—		
支承部	本体	1.00	0.00	0.40	0.000
	沓座	0.25	0.00		
橋梁全体 健全度 (HI) = 100 - 損傷評価点 (DG) = 100 - 11.85 = 88.15					

表-4 A橋 健全度を目安にした健全性の診断

	上部工			下部工		支承部		部材最小健全度	橋梁全体健全度	判定区分
	床版	主構	床版・主構以外 (主な部材)	躯体	基礎	本体	沓座			
健全度	98.70	100.00	100.00	73.10	100.00	—	—	73.10	88.15	I
判定区分	I	I	—	II	—	—	—	—	—	



写真-3 B橋 橋面



写真-4 側面全景



写真-5 A2橋台上流側

b) 定量診断

点検結果を踏まえ損傷評価点 (DG) を算出した結果、表-5に示すように7.316となり、橋梁全体の健全度(HI)は92.68となった。健全度を目安にした健全性の診断では、表-6に示すように橋梁全体の健全度はI：健全(80<HI)となった。

c) 現況評価

A2橋台の上流側石積ブロックが崩壊しているが、部材種別はその他(護岸)であり、主要な部材で判定する健全性の診断には影響しない。しかし、A2橋台と石積ブロックの間に敷設されている側溝が排水の流末となっており、側溝からの水の影響により石積みの崩壊が進み橋台への影響が懸念される。よってII：予防保全段階を提案した。石積ブロックの補修については、河床から石積ブロックの天端まで、高さは約2.5m程度で通常水位も無く、足場や水替えの必要がない。一般土木の軽微な補修で維持管理対応可能であると考えられる。

d) 最終診断

一般土木の軽微な補修で早期に効果が発現できることから、維持管理での早期の対応を提案し、最終的な橋梁全体の健全度はIとした。

(3) 管理瑕疵などを勘案した評価事例

a) C橋の概要と点検結果

写真-6に示すC橋は、A橋と同路線に架設されたRC床版橋である。1965年架設(調査当時橋齢57年)橋長7.8m、幅員6.1mである。点検結果については、上部工は、主構下面の橋軸直角方向に乾燥収縮によるものと思われるひびわれ(0.2mm~0.3mm)が見られた。下部工は、遊離石灰が見られたが、概ね健全といえる。また、写真-7のように橋面排水柵に土砂堆積があり、撤去、清掃を行った所、写真-8のように橋面排水用のスパイラル管の逸脱が2箇所で見られた。

b) 定量診断

点検結果を踏まえ、損傷評価点 (DG) を算出した結果、表-7に示すように7.15となり、橋梁全体の健全度(HI)は92.85となった。健全度を目安にした健全性の診断では、表-8に示すように橋梁全体の健全度はI：健全(80<HI)となった。

c) 現況評価

橋面排水柵のスパイラル管の逸脱については、写真-9のように応急措置として排水柵に挿入したが、抜け出した場合に通行人に被害を及ぼし管理瑕疵に問われるおそれがあり、III：早期措置段階を提案した。平成21年に橋面防水工、橋面舗装工などの補修工事が施されており、主構下面には排水管周辺に遊離石灰は見られたものの、全体的には発現しておらず、橋面防水の効果はあると考えられる。橋面のスパイラル管の逸脱のみの補修であれば、一般土木の軽微な補修で維持管理対応可能であると考えられる。

d) 最終診断

一般土木の軽微な補修で早期に効果が発現できることから、維持管理での早期の対応を提案し、最終的な橋梁全体の健全度はIとした。

表-5 B橋 損傷評価点 (DG) 算出

部 位	部材別評価		工種別評価		径間別評価 損傷評価点
	補正係数	損傷評価点	補正係数	損傷評価点	
上部工	床版	0.80	—	1.00	5.025
	主構	1.00	5.025		
	床版・主構以外 (主な部材)	0.20	—		
下部工	躯体	0.67	5.700	0.60	3.819
	基礎	1.00	—		
支承部	本体	1.00	0.000	0.40	0.000
	沓座	0.25	0.000		
橋梁全体 健全度 (HI) = 100 - 損傷評価点 (DG) = 100 - 7.31 = 92.684					

表-6 B橋 健全度を目安にした健全性の診断

	上部工			下部工		支承部		部材最小健全度	橋梁全体健全度	判定区分
	床版	主構	床版・主構以外 (主要部材)	躯体	基礎	本体	沓座			
健全度	100.00	94.98	100.00	94.30	100.00	—	—	94.3	92.68	I
判定区分	I	I	—	I	—	—	—	—	—	I



写真-6 C橋 橋面



写真-7 橋面排水柵土砂堆積



写真-8 橋面排水管 (スパイラル管の逸脱)



写真-9 応急措置

表-7 C橋 損傷評価点 (DG) 算出

部 位	部材別評価		工種別評価		径間別評価 損傷評価点
	補正係数	損傷評価点	補正係数	損傷評価点	
上部工	床版	0.80	—	1.00	5.40
	主構	1.00	5.40		
	床版・主構以外 (主な部材)	0.20	—		
下部工	躯体	0.67	4.35	0.60	2.91
	基礎	1.00	—		
支承部	本体	1.00	0.00	0.40	0.00
	沓座	0.25	0.00		
橋梁全体 健全度 (HI) = 100 - 損傷評価点 (DG) = 100 - 7.15 = 92.85					

表-8 C橋 健全度を目安にした健全性の診断

	上部工			下部工		支承部		部材最小健全度	橋梁全体健全度	判定区分
	床版	主構	床版・主構以外 (主要部材)	躯体	基礎	本体	沓座			
健全度	100.00	94.60	100.00	95.65	100.00	—	—	94.60	92.85	I
判定区分	I	I	—	I	—	—	—	—	—	I

4. 補修や維持管理の優先順位の提案

熊本県橋梁長寿命化計画では、健全性の診断において判定区分ⅡまたはⅢと診断された橋梁に対して表-9に示すように措置（対策や監視）を行うこととなる。しかし、本稿では、例に挙げた3橋を含め、対象となる21橋に対し、補修が必要と思われる損傷に対して概算工事費を算出した。そこでは補修内容や金額、損傷部材や進行度合いにより選定を行い、補修工事で行うもの、維持管理で行うものに分類し、併せてパトロール時に行うものなどの措置の提案をした。さらに、補修・維持管理の優先順位を提案した。

(1) 措置の提案

部材の劣化速度が進行しているA橋に加え、写真-10のようにR2年7月豪雨の影響によるものと思われる橋台前趾前面地山の洗堀がある橋梁や、写真-11のように下部工のひびわれが0.7mmと大きく、ひびわれが増加している橋梁など、判定区分をⅢとした橋梁は補修工事を提案した。次に、橋梁の現地状況を勘案したB橋、管理瑕疵に問われる恐れのあるC橋に加え、写真-12のように橋面防護柵のボルトが1箇所脱落している橋梁や、写真-13のように桁下の排水管が地山に埋没し、橋面排水柵まで土砂が堆積しており排水管を更新する必要がある橋梁などは維持管理での対応を提案した。また施工時に足場などの仮設や交通規制が必要な橋梁は補修工事、必要無い橋梁は維持管理での対応を提案した。さらに、今回の点検では5橋で排水柵や橋面の土砂堆積が見られた。橋梁の損傷の劣化要因には水的作用による劣化が大きく影響する。排水柵や橋面に堆積している土砂の撤去を行うことで、速やかな排水が行われ舗装のひびわれなどからの桁下への水の侵入を防ぐことができる。よって、土砂が堆積していた橋梁に対しパトロールでの土砂撤去、及びその後のパトロール強化を提案した。

(2) 優先順位の提案

表-10に示すように判定区分をⅢとした橋梁2橋は、早期に措置を講ずべき状態であり、最優先とした。その他の橋については、橋梁の現地状況を勘案したB橋や管理瑕疵に問われるおそれのあるC橋のように、健全度はⅠであるが、現況評価により緊急性があり一般土木の軽微な補修で早期に効果が発現できる橋梁を優先して提案した。健全度が低い橋梁でも、橋梁が架設されている路線に平行して道路が新設されており、旧道となり交通量が減少されることが見込まれる橋梁は、現地状況より優先度を低く提案した。

5. おわりに

県点検マニュアルにて算出する橋梁の健全度については、橋梁本体の劣化に対する点検結果であり、

表-9 措置の方針

判定区分	橋長15m以上の措置	橋長15m未満の措置
I	措置は行わない。	措置は行わない。
II	次回点検までに対策（補修・補強）を行う。	次回点検まで監視（道路パトロール）を行う。
III	次回点検までに対策（補修・補強）を行う。なお、判定区分Ⅱの橋梁より優先する。	基礎の洗堀や第三者被害が想定される損傷がある橋梁、緊急輸送道路を構成する橋梁、及び緊急輸送道路を跨ぐ橋梁は対策（補修・補強）を行う。該当しない橋梁は次回点検まで監視（道路パトロールおよび担当職員による点検）を行う。
IV	緊急に対策（補修・補強等）を行う。	緊急に対策（補修・補強等）を行う。



写真-10 橋台前趾洗堀

写真-11 橋脚側面のひびわれ



写真-12 防護柵のボルト

写真-13 桁下排水管

表-10 措置の提案(抜粋)

判定区分	健全度	橋長	損傷状況	施工性	概算補修費(万円)	施工分類	パトロール強化	優先順位(案)	備考
III	15.38	254.7	下部工のひびわれ増大(幅0.7mm)	吊り足場	1894	補修工事	○	1	
III	41.72	5.0	橋台基礎の洗堀	吊り足場	172	補修工事		2	
I	92.85	7.8	パイプ管の逸脱	軽微な補修可	25	維持管理	○	3	C橋
I	92.68	4.9	石積ブロックの崩壊	軽微な補修可	19	維持管理	○	4	B橋
II	79.04	2.3	頂版・側面全面のひびわれ	軽微な補修可	62	維持管理		5	
II	88.15	14.9	下部工のひびわれ増大(幅0.4mm)	潮待有り	16	補修工事		6	A橋
II	42.92	2.6	上部工にうき・鉄筋露出	軽微な補修可	44	維持管理		7	
II	60.30	3.0	上部工にうき・鉄筋露出	潮待有り	53	補修工事		8	
II	77.45	11.4	上部工の鉄筋露出	吊り足場	152	補修工事		9	
II	78.10	15.9	主桁橋軸方法のひびわれ	吊り足場 潮待有り	70	補修工事		10	

県内の橋梁の損傷を横断的に判断する意味では極めて重要、かつ理に適ったものである。しかし、その性質上、橋梁個々の状況を鑑みたものとはなっていない。また、健全度は主要部材に対して算出するため、その他の部材の損傷は健全度に反映されない。定量診断に加え点検時に得られた各種情報を反映できれば、より橋梁の現状を適正に把握できる。個別長寿命化計画とまではいかないものの、橋梁毎の現況状況、利用状況などを勘案することで、より細やかな維持管理が可能となると考える。さらに、優先順位を提案することにより、修繕費の縮減、及び平準化が図れるものとする。今後も、各橋梁の特徴を捉えた点検を行い効率的な維持・補修に寄与できるよう業務に励みたい。

参考文献

- 1) 熊本県橋梁点検マニュアル(案)(令和3年3月)
熊本県土木部 道路都市局 道路整備課
- 2) 熊本県橋梁長寿命化修繕計画(令和4年2月)
熊本県土木部 道路都市局 道路整備課

土地区画整理事業における調整池設置計画

株式会社 水野建設コンサルタント 設計部 北里 隆太郎

嘉島東部台地土地区画整理事業は、嘉島町東部に造成中の約70.8haからなる大型住宅用地を整備する事業である。5000㎡以上の開発を行う場合、調整池の検討が必要となる中で、今回造成が予定されている約22haの地区において調整池の検討を実施した。土地区画整理事業の土地利用区分が細分化されているという特性上、調整池の位置と設置範囲の制約を受けていたため、流出量の抑制や流入土砂対策などの維持管理が課題であった。本稿では、これらの課題に対し、現地調査から調整池の構造決定までについて報告する。

キーワード：調整池、土地区画整理事業、許容放流量、浸透側溝

1. はじめに

嘉島東部台地土地区画整理事業は、上益城郡嘉島町井寺、北甘木地区に約70.8haの大型住宅用地を整備する事業である。完成後は、全900区画の大型分譲地となり、高い都市化圧力と住宅需要に応え、かつ嘉島町の東西の均衡な発展に寄与するものと期待されている¹⁾。

嘉島東部台地では、段階的に整備が進められており、既に西側の34区画が整備・分譲されている。

本稿では、次期造成計画地である約22haの区域について、調整池の検討に必要な比流量の調査から、調整池構造決定までの経緯について報告する。

2. 許容放流量の設定

今回の計画は、**図-1**に示すフローに沿って実施した。まず、当該業務では、比流量と許容放流量を設定する必要があった。比流量は、検討断面の流下能力を流入面積で除して求める。許容放流量は、比流量の最小値に、調整池流入面積を乗じた値で求められるものである。調査区間は、開発面積率30%以下、かつ開発区域下流4km以上の地点が対象となる。**図-2**は今回調査した、造成計画地から比流量の最小地点までを示した図である。造成計画地の下流域の状況は、農耕地を通る開水路から木山川へ放流され、秋津川、矢形川と合流し加勢川へと流れている。

調査の結果、比流量の最小値は、3河川合流後の $2.98\text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ となり、今回開発する面積22haに対する許容放流量は $0.656\text{ m}^3/\text{sec}$ と設定した。

3. 調整池流入量の算定

次に、今回計画する調整池への流入量を算出した。これは、**図-3**に示すように、全対象流域22.01haの内、地形的に調整池への流入が困難である流域2の1.11haと流出率の異なる墓地流域0.83ha、残りの20.07haを流域1にそれぞれ設定したものである。



図-1 設計計画フロー



図-2 比流量調査結果



図-3 調整池流入域図

計画降雨は、地域別長時間降雨強度式1/50年確率の後方集中型降雨波形と実績降雨波形を比較し、流入量の多い方を採用する²⁾。

表-1に示す計算結果より、地域別長時間降雨強度式1/50年確率によって求められた流入量が多いため、この計画降雨を採用とした。

4. 調整池構造の検討

続いて、算定した許容放流量、計画流入量を基に調整池の構造を検討した。

調整池容量を算定法として、主に2種類の算定法がある。1つ目は、水を直接、調整池に流入させ、オリフィスによる放流量の調節を行う厳密計算法と、2つ目は、許容放流量以下の流量は、流入路から水を放流し、許容放流量以上の流量は調整池に流入させるピークカット法である。本業務の区画整理事業では、土地の有効利用を図る観点から、調整池面積が小さくなる、ピークカット方式を採用することとし、公園の地下に設置する地下式の調整池構造にする必要があった。また、公園の計画面積が2000㎡に設定されていたことから、2000㎡の調整池では計画流入量を調整するのは困難であるため、流出抑制対策は浸透側溝との併用とした。

(1) 浸透側溝の検討

浸透側溝を計画するに当たり、延長の設定を行った。浸透側溝は延長が長いほど調整池の流入量が小さくなるため、調整池の規模は小さくなる。そのため、表-2に示す①調整池容量を最大として浸透側溝を最小限にするケース、②浸透側溝を最大限として、調整池を小さくするケースのコスト比較を行った。

表-2より浸透側溝延長はケース②にて計画した。そして、図-4に浸透側溝を加えた処理系統を示す。浸透側溝による流出抑制対策後の調整池容量は、3700㎡となり、調整池容量を決定した。

(2) 擁壁形状の検討

公園区画の北側は計画高と現況地盤高の高低差が約9mあるため、擁壁について検討した。表-3に擁壁比較表を示す。補強土壁案は公園のスペースが大きく確保できるが、コストも大きくなる。それに対し、ブロック積案は、公園のスペースは小さいが、コストも小さいという特徴がある。今回の計画では、コストの観点から、ブロック積案が採用となった。

表-1 調整池流入量

計画降雨	調整池流入	直接放流	墓地区域	合計
		20.07ha	1.11ha	0.83ha
1/50年確率	74382.8m ³	4113.5m ³	2738.0m ³	81234.3m ³
実績降雨	65012.8m ³	2637.7m ³	2391.1m ³	70041.6m ³

表-2 浸透側溝延長によるコスト比較

検討ケース	調整池	浸透側溝	落蓋式側溝	概算工事費
ケース①	7000m ³	7400m	2523m	646百万円
ケース②	3700m ³	9923m	0m	545百万円

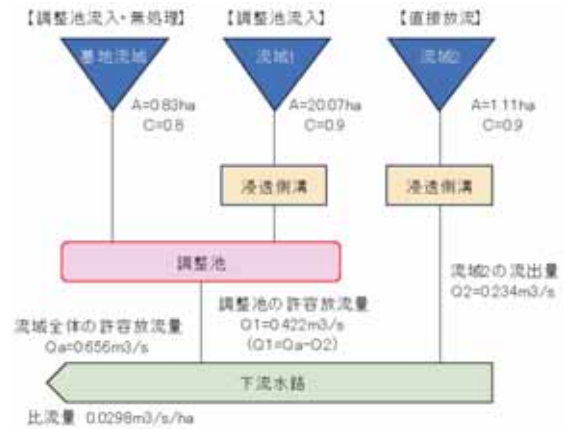


図-4 処理系統図

表-3 擁壁比較表

補強土壁案	
十数メートルの直壁が構築可能である。補強土上部の建築に制限があるが、隣接する歩道まで高さを上げる事により、公園のスペースを広く確保できる。	
コスト: △	高価
公園の評価: ○	歩道との高低差がなく平坦であるため、利用しやすい
ブロック積案	
宅地造成基準より、地表から5メートルまでの斜壁が構築可能であり、上部の制限は特にない。高さが限られているため、歩道端部に盛土が必要となる。	
コスト: ○	安価
公園の評価: △	斜壁と歩道の法面の影響から、平場面積が小さく、高低差があるため、利用しにくい

(3) 計画区域の変更

来年度以降の工事を予定している中で、用地取得難航による条件から計画区域の変更が必要となった。したがって、図-5に示すように、当初計画されていた公園区域の縮小が余儀なくされたため、施工主体による協議により、隣接する宅地区域と墓地区域を公園区域に置き換えることで対応した。

(4) 調整池構造の決定

地下式の調整池の本体に使用される製品は、大別すると、図-6に示すコンクリート製品とプラスチック製品の2種類に分類される。今回の比較では、コストや維持管理に加え、計画区域の変更に伴う影響を考慮する必要があった。各製品の特長を表-4にまとめて示す。

最大内空高は、土被りや現地条件により異なるが、各製品の特長を踏まえ、各擁壁と調整池の各製品との組み合わせによる比較を行い、擁壁はブロック積、調整池はプラスチック製品を採用案とした。

プラスチック製品を採用するに当たり、維持管理の難しさから、調整池の手前に土砂溜を設置することで調整池への土砂の流入を防ぎ、維持管理に関する課題をクリアする工夫を行った。

5. 流路工・洪水吐の検討

次に、調整池への流入及び流出を行う流路工・洪水吐の検討を行った。これは、将来的に調整池と同様に、公園の地下に設置されることから暗渠形状での検討が必要となったからである。

(1) 流路工・洪水吐の検討

流路工は、接続される道路排水等を調整池に流入させる水路であり、調整池が降雨強度1/50年にて計画することから、調整池へ流入させる流入路についても1/50年を通水可能な断面が必要であった。

洪水吐は、洪水を処理し、貯水位の異常な上昇を防止するために自由越流式洪水吐を構築した。その際の設計流量は、当該調整池形状（堀込型式調整池）より1/100年確率により計画した²⁾。流路工・洪水吐ともに暗渠構造にする必要があることから、図-7に示すように2連ボックスの形状を採用し、流路と洪水吐の機能を持たせるよう計画を行った。図中に示すように、ボックスの中壁に設置したオリフィスを設けることで、下流への放流量を許容放流量以下に抑える。

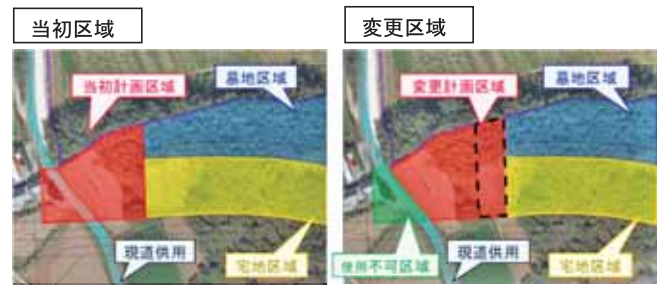


図-5 計画区域変更図

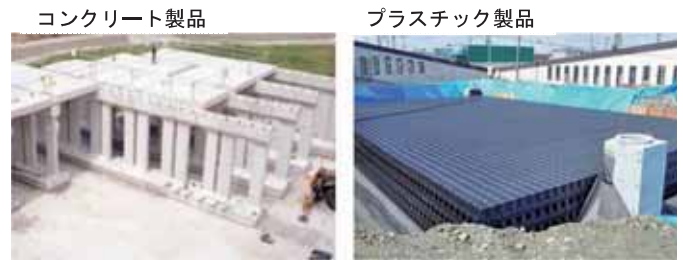


図-6 地下式調整池

表-4 地下式調整池の各製品の特長

材質	コンクリート製品	評価	プラスチック製品	評価
コスト	サイズによってはプラスチック製品の2倍のコストがかかる	△	コストは安価	○
維持管理	内部の空間が広く、人が中に入って作業が可能であり、維持管理が容易である	○	管理柵を設けることで清掃・点検が可能となるが、点検できる範囲は限られ、清掃には特殊なノズルが必要	△
施工性	大型のクレーンによる施工が必要となる	△	製品の設置は人力で行うため、土工以外で大型の施工機械は不要	○
平面形状の自由度	製品のスパンが大きいため、平面形状の自由度は低い	△	1つのブロックが小さいため、平面形状の自由度は高い	○

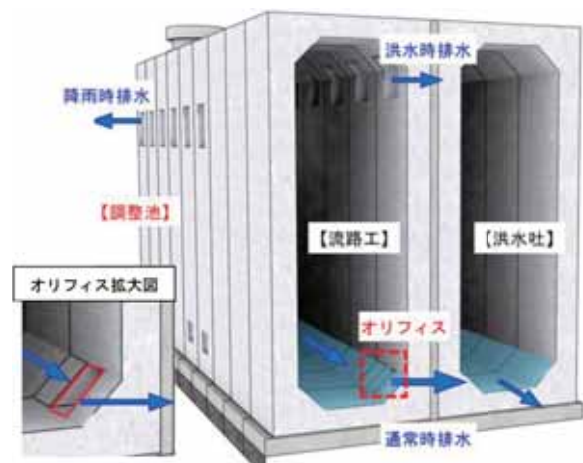


図-7 流路工・洪水吐断面図

(2) 維持管理について

また、調整池への土砂の流入を防ぐための土砂溜も併用し、**図-8**のように流路工の内部に設置した。堆積土量は、流入面積1ha当たり1.5m³/年³⁾とし、ボックスの規格から確保可能な1年分の容量を確保した。そのため、**図-9**に示すように、調整池や流路工の地下施設には管理マンホールを設置し、土砂溜の正常な機能を保つよう管理者には毎年の管理、点検について理解を求めた。そこで、土砂溜壁背面に常時水が溜まらないように土砂溜壁下部に水抜きパイプとフィルター付きのキャップを設ける衛生的な配慮を行うことで了承を得ることができた。

6. おわりに

今回の業務では、造成計画地から下流域の比流量の調査から調整池構造の決定までを行った。流出抑制対策や設置面積の制約といった計画時に生じる課題をクリアした一方で、公園と歩道の段差が生じるといった利便性の低下や、調整池本体の維持管理が容易ではない点など、完成後の運用に課題が残る結果となった。

表-5は今回の業務にて決定した調整池の諸元を示した表である。これを基に構造図の作成を行った。

本稿は、土地区画整理事業において土地区画が決定された後の調整池の検討について報告を行ったものである。

ここでは、土地利用の条件、調整池の範囲といった制約条件を受ける中で、流出抑制対策や設置面積の調整が難航した。そのため、土地利用検討の段階で調整池の検討が必要である。

土地区画整理事業においてはコストを重視する傾向にあるが、例えば、維持管理が容易でなければ、構造物の損傷や土砂堆積による容量の不足が発生した際には、土地利用の住民へ損害を与える可能性がある。目先の利益だけを追求するのではなく、土地利用者の利便性や維持管理といった、直接は目に見えない部分についても、土地利用の住民へ配慮し、将来の維持管理や永続的な発展を見据えた開発が必要である。

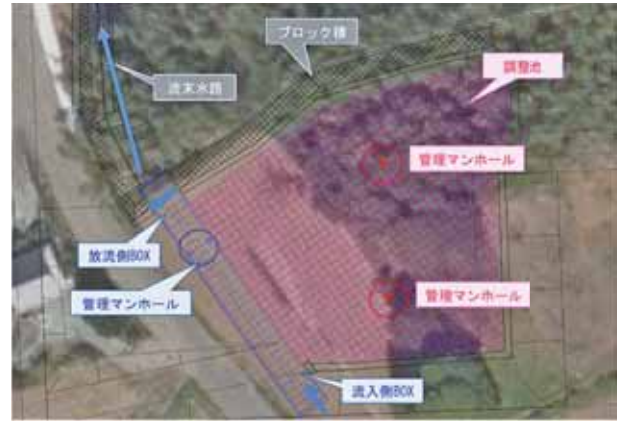


図-9 平面配置図

表-5 計画決定諸元一覧

項目	決定値	備考
比流量	2.98m ³ /s/km ²	3河川合流部
開発面積	22.01ha	
許容放流量	0.656m ³ /s	
計画流入量	流域① 20.07ha 743825.8m ³	浸透低減 調整池流入
	流域② 1.11ha 4113.5m ³	浸透低減 直接放流
	墓地流域 0.83ha 2738.0m ³	調整池流入
浸透側溝	9923m	計画最大延長
流出抑制量	70514.9m ³ 3699.2m ³	流域① 流域②
調整池面積	997m ²	本体設置面積 プラスチック製品を採用
調整池容量	3700m ³	
最大貯水量	3262.9m ³	
オリフィス	□290×290	ボックス内に設置
最大流出量	0.412m ³ /s	調整池より放流
ボックス断面	1350×4250	
計画堆積土量	31.35m ³ /年	
土留め擁壁	ブロック積	公園北側

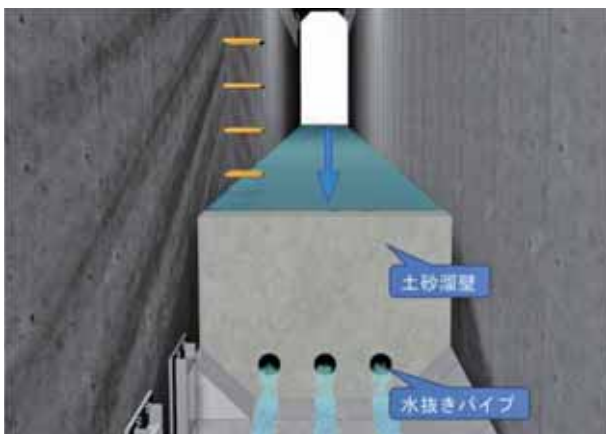


図-8 土砂溜構造図

参考文献

- 1) ゆうすいの杜まちづくり運営委員会：
ゆうすいの杜HP <https://www.yusui-no-mori.com>
- 2) 熊本県土木部河川港湾局河川課：
開発許可申請に伴う調節池設置基準(案)平成27年6月
- 3) 公益社団法人 日本河川協会：
防災調節池等技術基準(案)平成26年4月

荒廃した砂防河川に架かる小規模橋梁の架替設計

株式会社 建設プロジェクトセンター 技術部 春日 隆佑

河川改修計画が終わっていない河川に架かる橋梁の架替設計では、河川諸元の見直しが大きな課題になることがある。本業務渡河対象の河川は、荒廃した砂防河川で大きく屈曲し安定した土砂の流下が困難な状況であった。また、左岸側に不安定斜面が存在し、下部工施工時に安全性・施工性を考慮した計画立案が求められた。本稿では、河道調査を行い砂防諸元の設定、砂防配置を考慮した流路路線の検討及び不安定斜面の対策を含めた橋梁架替設計について記述する。

キーワード；小規模橋梁，不安定斜面回避，橋長短縮，砂防河川，二川合流部

1. はじめに

本業務対象橋梁は、熊本県東北部で祖母山の山麓にあたる標高763mに位置し、県道と主要地方道を結ぶために整備された町道峰ノ宿・牧戸線に架かる鋼橋である。本ルートは本橋周辺で多く栽培されているキャベツ等の搬出に活用され、重要路線として位置付けられている。本橋は、定期点検で下部工に大きな損傷が見つかり、架け替え方針となった。本業務では、現地踏査の結果、単なる架替設計ではなく、河道の安定を含めて橋長決定を行う必要があると判断し、砂防河川の調査・検討及び砂防配置計画を含む橋梁架替設計を行った。

2. 架け替えの経緯

本橋は1978年に架設された非合成H形鋼橋である。表-1に橋梁諸元を示す。下部構造は、石積橋台に腹付コンクリートを打設し翼壁を配置した構造である。写真-1に示すように腹付コンクリートと翼壁の間に約100mmの大きな隙間が発生している。過年度定期点検では、腹付コンクリートの背面に当たる石積橋台や石積背面の土砂が沈下して大きな隙間が生じたと推察され、機能に支障が生じている可能性がある状態と診断されている。既設橋台の補修・補強は背面の石積及びローム層の置換えが必要であり経済性比較で架替え方針となった。

架替設計業務の中で、橋台背面のボーリング調査や腹付コンクリートの基礎部の試掘調査を行い、図-2に示すように河床の下方約1mに阿蘇4の溶結凝灰岩の厚い分布があり、腹付コンクリートの基礎は溶結凝灰岩に約2m根入れしていることを確認した。石積み橋台の沈下は、腹付コンクリートと背面側石積基礎の支持力の違いにより背面盛土部が沈下したと推定する。

表-1 大畑橋諸元

橋梁名	大畑橋 (1975年架設)
上部工形式	H型鋼
下部工形式	その他 (石積+腹付けCo)
橋長	20.0m
有効幅員	5.0m

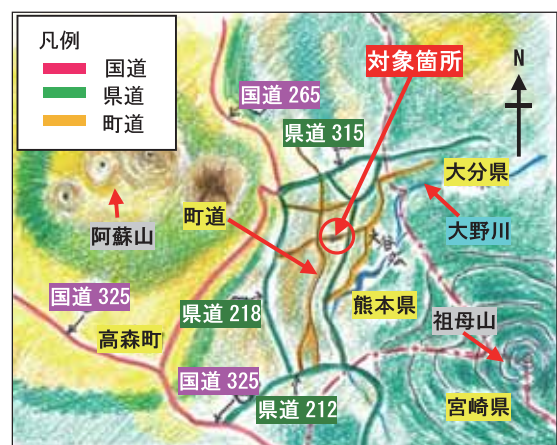


図-1 位置図



写真-1 橋台の開き

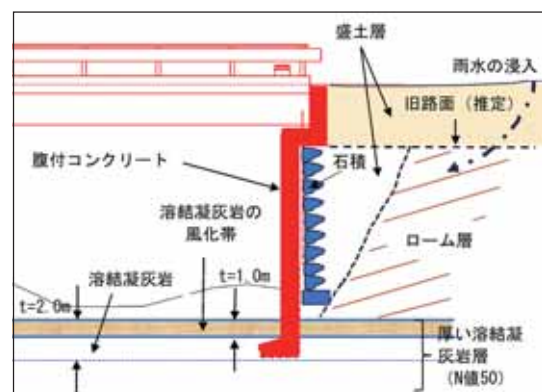


図-2 橋台基礎部地質略図

3. 技術的課題の整理と詳細調査

設計着手前に設計フローを整理し、業務遂行上のクリティカルパスを抽出した。また、現地踏査を踏まえた問題点抽出及び技術的課題の整理、解決策立案のための詳細調査について以下記述する。

(1) 橋梁設計の流れ

現地踏査の結果、対象河川が荒廃した砂防河川であること、上流側の河川幅に比べ橋長が2倍以上であること、左岸に不安定斜面があることを把握した。これらの結果を基に、架橋位置の砂防諸元の設定を含めた予備設計及び詳細設計に着手した。表-2に橋梁架替設計フローを示す。

(2) 現地問題点の整理と技術的課題

現地問題点を整理すると次の3点が挙げられる。

①対象の河川は荒廃した砂防河川で大きく屈曲し右岸に大きな土砂堆積があるため、適切な流路整備が必要であること、②既設橋梁の上流側の河川幅は4m程度であるが、既設橋の橋長は20mであり、桁かけり長や砂防基準を満足する橋台位置を考慮すると橋長は24m程度となること、③左岸側に不安定斜面が存在するため、下部工施工時の掘削量の削減対策が必要であることである。

上記現地問題点の整理より把握した技術的課題は、流路を直線的に直し¹⁾、対象流量を安全に流下させるとともに適切な流路に応じた橋台の位置及び橋長を決定し、不安定斜面回避を行い、安全性・施工性向上を図る対策を立案することである。

(3) 現地の詳細調査

技術的課題解決のため、以下4項目の現地詳細調査を実施し、基本方針の検討を行った。

a) 本川及び支川の調査

計画断面を検討するため、DHWL(洪水痕跡水位)の調査、法面状況の調査を行った。その結果、図-3に示すように、対象河川の各箇所での洪水痕跡を確認し、河床幅、川幅、DHWLから現況断面を特定した。また、当該河川の河床は、火山灰質土(赤ボク土、黒ボク土)、橋梁付近では溶結凝灰岩の露岩が見られた。

b) 河川断面の検討

計画河川断面は、平成29年熊本県砂防技術基準より、10年確率²⁾で計画高水流量を算出し設定した。

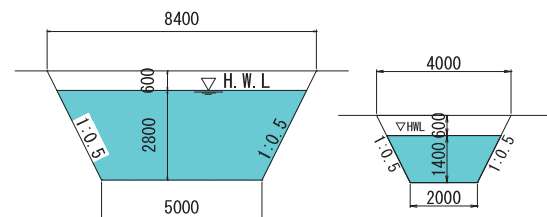
なお、計画断面は、現況の河川断面を考慮し、図-4に示すように本川計画断面は合流部下流にある既設砂防ダムとし、支川計画断面は大畑橋上流支川断面とした。流量計算結果及び現地確認断面より、流下能力が計画高水流量を上回るため、計画断面は妥当と判断した。本川と支川の計画高水流量と流下能力をまとめたものを表-3に示す。

表-2 橋梁架替設計フロー

	主な設計工程	関連事項
①	現地踏査	・河道踏査
②	現地課題の整理	・合流部で屈曲 ・適正な橋長 ・不安定斜面回避
③	予備設計の追加	・砂防諸元、測量
④	砂防配置・流路検討	・直線の流路法線
⑤	熊本県と砂防協議	・砂防管理者の合意
⑥	流路及び橋台位置の決定	・橋台・護岸構造
⑦	橋長・橋種の決定	・予備設計完了
⑧	詳細設計・施工計画	・仮設計画



図-3 現地状況概要図



(1) 本川 (2) 支川

図-4 河川計画断面

表-3 計画高水流量の判定 (単位: m³/s)

	計画流量	流下能力	判定
本川	84.4	85.1	OK
支川	7.0	14.9	OK

c) 二川合流部の調査

橋梁桁下の河川断面積及びその周辺の現地調査を行った。その結果、既設橋梁桁下の断面積は本川及び支川の断面積より大きく、河積を十分に確保している。ただし、右岸側既設橋台周辺に高さ1mほどの河床堆積物（土砂）が確認され、土砂堆積の影響で河道法線が屈曲しており砂防上安全ではない状態であった。また、合流部は増水時洗掘防止や合流部護岸の補強対策が必要である。

d) 不安定斜面の調査

左岸側上流の杉林では、樹木の根曲がり等が見られ、不安定斜面下部に設置されたブロック積では、10mm程度の擁壁の開きや、ひびわれが確認され橋梁側に向かって土圧が作用し、不安定な状態であることを確認した。また、左岸側取付道路はサグ状になっており、既設橋梁は下り坂の底部に当たる。これらの地形的特徴により、橋台背面の土砂に長期に渡り雨水が浸入し、橋台背面の大きな沈下につながっていると推定した。

4. 対応策の検討及び解決案の立案

技術的課題解決のため実施した詳細調査結果を踏まえ、以下解決案を立案した。

(1) 対応策1（流路法線の改善）

本橋渡河部は支川であるが、バックウォーターの影響等を考慮して、新設橋桁下は本川計画断面を確保し、新設橋より上流は支川計画断面に擦り付けることを基本方針とし、表-4、5及び図-5に示すように流路法線3案比較検討を行った。第1案は橋梁位置が現況と同程度となり、下部施工影響範囲が大きい。第2案は流路を直線とする案で現況流下能力に合わせた整備である。第3案は橋長を最も短縮できる案だが、法線が直線的ではないことと本川への合流角度が直角となる。上記比較検討の結果、流路が直線的で合流角度が鋭角になる第2案を採用した。

決定した流路法線及び計画河川断面より、護岸配置計画を行った。また、当該地計画河床勾配は、 $i=1/20$ と急勾配となるため、図-6に示すように、河床洗掘防止対策として、支川部に底張工、³⁾本川合流部に護床ブロックの配置を行った。橋梁周辺の砂防配置について図-6に示す。

(2) 対応策2（橋台位置及び橋長・橋種の決定）

平成29年熊本県砂防技術基準に従い、橋台のフーチング前端は護岸法肩より垂直に下した線より後退した位置に配置した。また、桁下寸法は河川の余裕高さに砂防基準の余裕高さを足した寸法（0.6m+0.5m）とした。

上記対応策を踏まえ、次頁の5つの設計条件を整理し、橋長決定を行った。橋長・橋台位置については図-6に示す。

表-4 流路法線の概要

第1案	橋梁の直上流で左岸側に法線が折れ曲がる案。
第2案	法線をほぼ直線にした案。
第3案	橋梁の直上流で右岸側に法線が折れ曲がる案。

表-5 流路法線案の比較

対応策の着目点	流路法線案		
	1案	2案	3案
①流路を直線的	△	○	×
②護岸の方向、位置	×	○	△
③橋長の短縮	×	△	○
④本川への合流方向	○	○	×
⑤左岸の橋台位置	×	○	○
総合評価	×	○	×

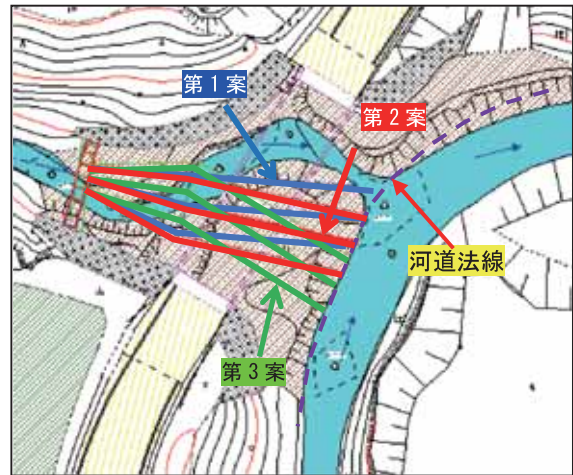


図-5 流路法線案

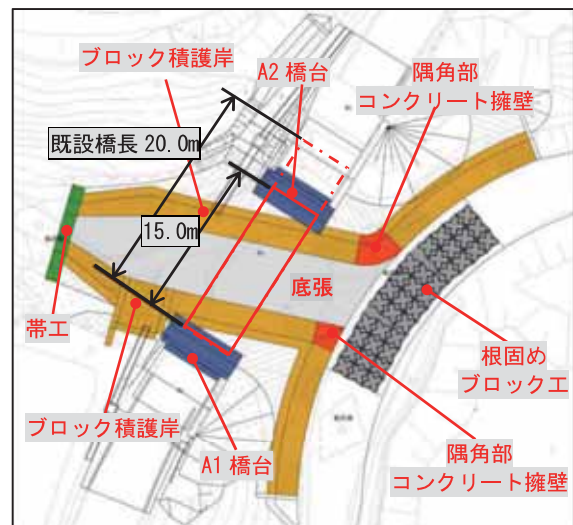


図-6 砂防配置計画と橋台位置

- ①橋の角度は、現況と同様に角度 90°とする。
- ②橋台フーチング前端位置は、ブロック積法肩とする。
- ③橋台橋座幅は、桁遊間 30 mm程度を想定し、桁かけ長⁴⁾の規定より 900mmとする。
- ④フーチング前端はブロック積の護岸に干渉しない位置とする。
- ⑤橋長は、上記の条件を満たした上で 10cm ラウンドとする。

以上の条件より、橋長 L=15.000m に決定した。

橋長の決定後、桁及び重機の搬入、施工性、経済性を比較して橋種としてプレテンション式 PC スラブ桁橋を選定した。

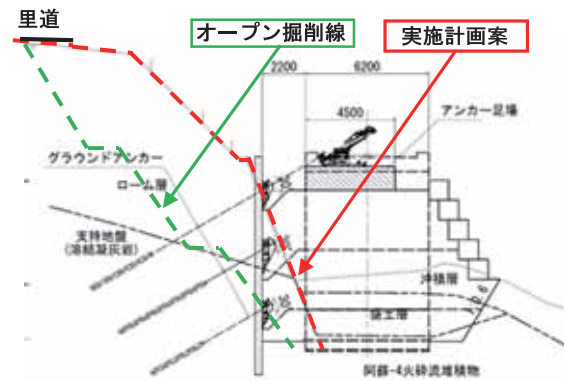


図-7 土留め工法の概要

(3) 対応策 3 (不安定斜面の対策)

当該地は、現況道路高から河床までの比高差が 6m 以上あるため、下部工施工時にオープン掘削の場合、切土量が大きく地山改変範囲が大きくなり、工期、安全性、既設里道に影響する。したがって、掘削時の不安定斜面の切土量を最小限とし、地山の安定、工期短縮を図るため、図-7 に示すようなグラウンドアンカー併用親杭方式横矢板土留め工法を提案した。また、施工後もアンカーを残し、地山の安定性確保及び、里道の機能保持を図るものとした。

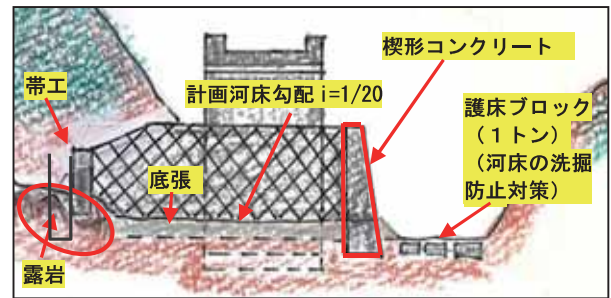


図-8 流路縦断略図

5. 対策効果の確認

技術的課題解決策の効果を以下に記述する。

(1) 橋長の短縮

流路工整備に伴う橋長の短縮により、プレテンション式 PC スラブ桁の搬入が可能になり、約 900 万円の大幅な上部工施工費のコストダウンに繋がった。

(2) 改変範囲最小限化

オープン掘削工法では斜面の大幅な切土が必要であったが、グラウンドアンカー併用親杭方式横矢板土留め工法の採用により、改変範囲が最小限となり、工期短縮・施工性向上を図ることができた。

(3) う回路の確保及び里道の保持

本業務工事中の設計条件は、全面通行止め又は仮橋設置であったが、不安定斜面にグラウンドアンカーを施工することで、現在利用されていない里道をう回路として活用することができた。これにより、施工中の道路利用者利便性の確保と同時に仮橋施工費の削減につながった。また、施工後もグラウンドアンカーを存置することにより、里道の安定性が確保できるものとする。

(4) 流路工整備による流下能力の向上

直線的な流路法線の採用により計画流量のスムーズな流下及び土砂堆積による断面障害の防止を図ることができた。

(5) 砂防配置計画と二川合流部の工夫

図-8 に示すように、河床安定を図るための帯工設置、護岸洗掘防止対策として底張工設置、さらに、増水時に弱部となる二川合流部隅角部に楔形コンクリートを設置、二川合流部に護床ブロックを設置した。これにより、増水時の河床洗掘による橋梁本体への影響軽減を図った。

6. おわりに

本業務は、山間部に位置する橋長 20m 程度の橋梁架け替え設計であった。しかし、同位置に新設計画を行うのではなく、河道法線見直しによる橋長検討及び不安定斜面对策等の課題解決に取り組んだ。私は建設コンサルタントに従事してまだ 2 年目だが、一人前の技術者となるためには、基準書の正しい理解だけではなく、現地状況を適切に把握し、現地で対策をイメージする「現場力」が、設計の根幹であると痛感した。

熊本県内には同様の問題を抱える橋梁が多く存在している。熊本県で活動する建設コンサルタントとして、道路、河川、橋梁を総合的に取り扱えるように現場力の研鑽に努めたい。

参考文献

- 1) 熊本県砂防技術基準 (熊本県 平成 29 年) P4-303
- 2) 熊本県砂防技術基準 (熊本県 平成 29 年) P4-230
- 3) 熊本県砂防技術基準 (熊本県 平成 29 年) P4-233
- 4) 道路橋示方書 (日本道路協会 平成 29 年) V 耐震設計編 P285

12年間にわたる社内エコアクション活動の 成果と今後の展望について

株式会社 ARIAKE 品質環境管理室 平原 恵

当社の環境活動は、2011年9月に「エコアクション21」を認証取得した時に遡る。

「エコアクション21」は、細かいデータの収集を求められる。データ収集で見えてきた問題点と、環境問題のみに留まらない効果を考察するとともに、「熊本県SDGs登録制度」に登録するまでに発展した当社の環境への意識の変化について、またその啓発活動の有効性と方向性について報告する。

キーワード；エコアクション21，SDGs，啓発活動

1. はじめに

当社が環境活動の一環として「エコアクション21」認証取得へ向けて活動を始めたのは12年前である。

建設コンサルタントとして、発注者から環境に配慮した設計を要求されることが多くなり、またイメージアップも念頭に、認証取得へ歩き出した。

取得時の当社の環境方針の基本理念は、「社会資本整備を担う企業として、測量・調査・設計などのコンサルタント業務を通じて、持続可能な社会構築に寄与すべく、社員全員が地球環境の保全に配慮した活動を積極的に進めることにより、環境にやさしい社会の実現に貢献する」であり、当初からサステナブルな社会を目指すものであった。

本稿では、当社の「エコアクション21」の認証取得から12年間の歩みを、収集したデータを見ながら振り返るとともに、SDGsの実現の為に何が出来るのかを考察し、その啓発活動の有効性と方向性について報告する。

2. エコアクション21の取組

(1) 「エコアクション21」とは

環境経営の国際基準である「ISO14001」が大企業向けであるのに対し、中小企業向けに日本国内で誕生した環境経営規準のことである。

現在は、ガイドライン2017年版に則って運用している。

(2) 環境経営レポートの作成

図-1に示すように、以前は、「環境活動レポート」を作成していた。

これは、活動状況を数値化したもので、作成要領に沿って一年間の膨大なデータを集計し、前年

度と比較するものである。

2017年のガイドライン改訂以降、「活動」が「経営」に変わり、「環境経営レポート」になった。

これは、単なる環境活動のみでなく、環境活動を経営に結びつける環境経営システムの構築を更に求めているものであった。

毎年繰り返す比較と評価だが、周知には至らず、公表に留まっているのが現状である。

外部審査員は、「環境経営レポートは会社のパンフレット代わりだ」と言われており、「エコアクション21 オブザイヤー」という表彰制度の中の環境経営レポート部門で表彰される環境経営レポートは、パンフレットと言うより広報誌に近いボリュームのある読み物になっている。

当社のレポートも年々進化してはいるものの、片手間に作成し、社員に周知さえもできないレポートでは、会社のパンフレットには到底なり得る状態ではなかった。

(3) 環境負荷データの集計

全ての業種共通だったエコアクション21のガイドラインが業種別に選択できるようになったも



図-1 環境活動レポートと環境経営レポートの表紙

の、環境が主軸である以上、求められるものは同じである。

それは、二酸化炭素排出量、廃棄物排出量、総排水量、化学物質使用量となるが、二酸化炭素排出量を算出するために、電気、ガソリン、軽油、灯油、ガスの各使用量の収集が必要になる。

また、当社の努力目標として、グリーン購入率と紙購入量、更には燃費も計測している。

表-2は、R4年度に作成したレポートからの抜粋であるが、R2年度の数値から1%削減した数値をR3年度の目標値とするとともに、その達成率を算出している。

(4) 環境負荷データの推移

建設コンサルタント業という技術サービス業の当社にとって、災害対応は切っても切れない関係となる。

平成24年の九州北部豪雨、平成28年の熊本地震、令和2年の熊本豪雨と4年毎に大災害が続いている。

図-3に示すように、発災年は、当社所有50台以上の全社用車がフル稼働するため、ガソリンの使用量が増える結果となった。

災害時の業務量は、売上として翌年に数値化されるが、異常事態の業務の中、環境活動はおざなりとなり、発災年の二酸化炭素排出量は、増加傾向(図-3赤丸内)となるが、その後は減少傾向になる。

令和2年の熊本豪雨は、突出した業務量となっているため、過去の災害同様、増加傾向となっているが、発災前3年間(図-3赤枠内)は改善傾向となっている。

これは、お茶提供の完全撤廃とノー残業デーの実施(図-3赤下線)と同時期となる。

また、紙購入量が多少なりとも減少傾向にあるのは、発注者への納品の電子化という時代の流れが見えてくる。

二酸化炭素排出量とは、電気、ガソリン、軽油、灯油、液化石油ガスの各使用量から算出される。

二酸化炭素排出量は、表-2中に示す算出式で求め、排出係数は環境省規定値¹⁾となる。

表-2の①~⑤のそれぞれの使用量に対して排出係数を掛け、足したものが二酸化炭素排出量となるが、「エコアクション2.1」の事務局より「環境負荷への自己チェック表」が提供され、入力値により二酸化炭素排出量が自動計算されるようになっている。

また、全社員の意識の改革を促す第一歩として、「節水」「節電」のステッカーを全箇所に掲示している。

その成果が見えるのが環境経営レポートだが、図-3でも分かるように、多少の上下はあるものの、全体的に見ると僅かながらも減少傾向にある。

ステッカーの効果もさることながら、徐々に女

表-2 取組結果と達成度

分類	項目	R2年度 目標値 (R2年度の1%削減値)	R3年度 実績	達成度 (%)
基本項目	1. 二酸化炭素排出量	191,454.78 kg-CO ₂	202,725.53 kg-CO ₂	94.44
	① 電気使用量	148,829.87 kWh	161,844.00 kWh	91.93
	② ガソリン使用量	51,320.60 L	51,968.67 L	98.75
	③ 軽油使用量	1,254.64 L	3,295.74 L	38.03
	④ 灯油	896.94 L	571.20 L	157.02
	⑤ 液化石油ガス(LPG)	79.90 kg	82.30 kg	127.60
	2. 廃棄物排出量	2,891.79 kg	3,085.00 kg	93.73
	3. 水使用量	1,127.81 m ³	1,028.00 m ³	108.63
	4. 燃費	15.20 km/L	15.00 km/L	102.94
	5. 化学物質の適切な管理	管理状況の確認1回/月	管理状況の確認1回/月	100
6. 標準値300gの増進	-	-	-	
7. 電子申請システム	-	-	-	
社会貢献	8. 地域との連携・社員への環境コミュニケーションの向上	社会貢献活動(植林活動、道路・河川清掃等)(4回/年)	社会貢献活動(植林活動、道路・河川清掃等)(4回/年)	100
		地域の清掃の実施(毎営業日)	地域の清掃の実施(毎営業日)	100
努力項目	9. グリーン購入率	44.93%	29.51%	65.67
	10. 紙の購入量	3,737.91 kg	3,736.13 kg	99.98

二酸化炭素排出量算出式=活動量(使用量)×排出係数

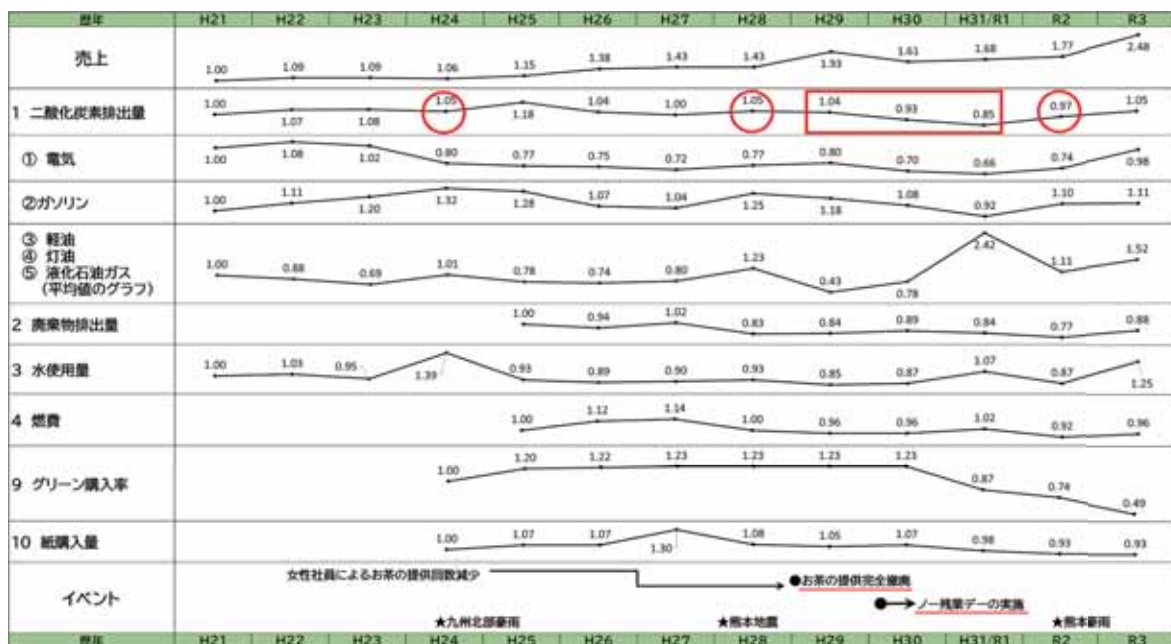


図-3 二酸化炭素排出量に着目したデータの推移 (グラフはデータ取得初年を1.0とした値)

性社員によるお茶の提供の回数が減り、SDGsが掲げるジェンダー平等もあり、完全廃止したことが節水効果に寄与し、ワーク・ライフ・バランスが叫ばれる中での残業時間の減少も、節電に効果を発揮したものと考えられる。

お茶の提供は、時間のロスであり、これをなくしたことは、残業時間の減少、ひいては節電効果にもつながったのではないかと推測する。

しかし、令和3年度、全ての値の増加は、災害による事業量の大幅な増加が影響したと考えられるが、異常事態での環境意識の低下が原因と考えられる。

今後、新型コロナウイルスの影響による来客の減少、及び来客へお茶の提供がなくなったことがデータにどう影響するか注目している。

(5) 見えてきた課題

データの集計・分析は、年1回のレポート作成時に行うが、外部審査員の指示で、4半期毎を目標に、データを収集して社員へ公表し、見解を述べている。

これは、いかに分かり易くデータの推移を伝えることができるかという点が最重要課題と捉えているが、まずは、環境活動に対してどれだけ社員の興味を向けることができるかという点が重要であり、図-4に示すような社内掲示用のポスターを作成したが、掲示したことに満足せず、定期的に視覚的な変更を施していかなければならない。

また、災害時における二酸化炭素排出量の増加は、環境意識の低下によるものであるが、その増加を無くすためにも、社員の環境活動に対する意識の定着を促す必要がある。

3. SDGsへの取組

(1) 熊本県SDGs第1期登録

SDGsとは、2030年までに持続可能でよりよい世界を目指す国際目標で、17のゴールと169のターゲットから構成されている事は周知のとおりだ。熊本県独自のSDGs登録業者になるためには、取組チェックリストに具体的な目標を設定する必要がある。²⁾

表-5に示すように、5つの分類に分かれており、基本全25項目とチャレンジ項目から5項目以上取り組む項目を選ばなければならない。

当社は、チャレンジ10項目を含む35項目に取り組む内容を表明しており、これは熊本県のホームページで確認することができる。

エコアクション21認証取得から当時10年の実績があったため、「環境」の項目は、今からの取組みではなく、進行形の取組みを改めて記す形となったことは、「エコアクション21」の活動の賜物

である。

(2) フードドライブへの参加

当社は、2回のフードドライブに参加した。

この活動は、家庭で食べてしまえない未使用の食品を持ち寄ることを基本とし、フードロスを減らす目的もある。

しかし、数か月以上の賞味期限が必要だが、自宅を確認しても、賞味期限1か月以上のものは少ないため、購入して寄付するに至った。



図-4 社内掲示用に作成したポスター

表-5 熊本県 SDGs チェック項目

分類	№	チェック項目	基本項目 (25項目)	チャレンジ 項目 (25項目)	項目達成 状況 (○:達成)
組織・公正な取引	1	労働時間短縮	○		○
	2	労務管理	○		○
	3	労働安全衛生	○		○
	4	労働者の権利	○		○
	5	労働者の健康	○		○
	6	労働者の福利厚生	○		○
	7	労働者のキャリア開発	○		○
	8	労働者の福利厚生	○		○
	9	労働者の福利厚生	○		○
	10	労働者の福利厚生	○		○
	11	労働者の福利厚生	○		○
労働・人権	12	労働者の福利厚生	○		○
	13	労働者の福利厚生	○		○
	14	労働者の福利厚生	○		○
	15	労働者の福利厚生	○		○
	16	労働者の福利厚生	○		○
	17	労働者の福利厚生	○		○
	18	労働者の福利厚生	○		○
	19	労働者の福利厚生	○		○
	20	労働者の福利厚生	○		○
	21	労働者の福利厚生	○		○
	22	労働者の福利厚生	○		○
環境	23	労働者の福利厚生	○		○
	24	労働者の福利厚生	○		○
	25	労働者の福利厚生	○		○
	26	労働者の福利厚生	○		○
	27	労働者の福利厚生	○		○
	28	労働者の福利厚生	○		○
	29	労働者の福利厚生	○		○
	30	労働者の福利厚生	○		○
	31	労働者の福利厚生	○		○
	32	労働者の福利厚生	○		○
	33	労働者の福利厚生	○		○
社会	34	労働者の福利厚生	○		○
	35	労働者の福利厚生	○		○
	36	労働者の福利厚生	○		○
	37	労働者の福利厚生	○		○
	38	労働者の福利厚生	○		○
	39	労働者の福利厚生	○		○
	40	労働者の福利厚生	○		○
	41	労働者の福利厚生	○		○
	42	労働者の福利厚生	○		○
	43	労働者の福利厚生	○		○
	44	労働者の福利厚生	○		○

写真-6に示すように、社員100名を超える当社の寄付としてはかなり寂しい結果となったが、我が家の状況を考えてやむを得ないとも言える。

SDG s という名前はテレビコマーシャルなどでも見かける機会が多くなった。

熊本県SDG s 登録業者に対する講演会参加時の講師は、「熊本県のSDG s 認知度は、全国1位である。大切なのは、浸透ではなく共感と共有だ。」と言われた。

しかし、どれだけ浸透しても、家の中を探してみるといふ簡単なことさえも行動が伴わないことが分かり、共感と共有の重要性を痛感した。

4. おわりに

現在、当社の環境経営方針の基本理念は、「社会基盤整備に伴う測量・調査・設計などのコンサルタント業務を通して、創造的で安心安全な地域づくりに貢献する。地球環境の保全に配慮した活動に積極的に取り組み、持続可能な社会の実現に貢献する。」となっており、12年たった今も基本的に変わりはない。

当社の環境活動は、「エコアクション21」と「SDG s」を2大柱として掲げている。

やるべき事は、無数にあり、個人でコツコツできるものから大掛かりなものへの参加、当社の様に事業として携わるものもあり、多種多様である。

しかし、何から始めて良いのか、またそれが環境活動につながるのかどうか、曖昧な部分があることも否めない。

当社で行っている活動の一つにペットボトルキャップ活動があり、図-7は、その寄付証明書である。

廃棄前の分別で貢献でき、金額として結果が見えるためモチベーションアップにもつながる。

また、植林や清掃のボランティア活動への参加も促しているが、毎年同じ時期に行われるため計画を立てやすく、積極的な参加者が多い。

「エコアクション21」を取得した頃は、まだSDG s の認識は無かった。

ただ、数字のみを追いかけていたものが、分析できるだけのデータが揃ってきた。

節電効果を期待し、廊下や階段、トイレに人感センサー付きの照明が設置されている箇所もあり、また、自動水栓になっている水道も増えた。

食品ロスへの参加、避難訓練の実施、防災備蓄品の整備、AEDの設置は、熊本県SDG s の登録をきっかけに行われた。

「エコアクション21」の外部審査前に、年1回、内部監査員による会社全体の環境活動取組状況について監査を行う。

社員同士が直接聞き取り、確認することによっ

て、定期的な周知と再認識に貢献している。

社屋外周の清掃で行政より感謝状の贈呈を受け、当社のホームページを見て、近隣の学校からペットボトルキャップの搬入があった。

12年間の活動成果が出始めたように感じる。

更なる環境活動の成果の向上のためにも、社内においては、環境に配慮した設備の導入と社内規定の整備、最終的には、社員の意識定着が不可欠であり、社外に対してのアピールのためには、ホームページの充実が必要である。

一人でも多くの社員と共有し、少しでも共感を得、現在の活動から一歩踏み込み、地域貢献へつながる啓発活動に努めていきたい。



写真-6 1回のフードドライブで寄付した品物の全て



図-7 ペットボトルキャップ寄付証明書

参考文献

- 1) 環境省、「算定方法及び排出係数一覧」,(2023年8月29日取得 <https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/calc>)
- 2) 熊本県,2023,熊本県SDGs登録制度について,(2023年8月29日取得 <https://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/18/80968.html>)

発表・技術レポート

狭隘な山間部道路の改良設計について

株式会社 新興測量設計 技術部 藤本 ひとみ

本稿は、地域住民の生活道路である一般県道の道路改良設計を行うに当たり、地形の改変を可能な限り少なくした上で、昔ながらの狭隘な山間部の道路をいかに道路構造令に準拠した形で改良するのか、試行錯誤を重ねたその線形の計画から決定に至るまでの検討内容について報告する。

キーワード； 山間部の狭隘な道路， 道路線形計画， 道路構造令

1. はじめに

本業務委託の路線は、山間地の集落と幹線道路を繋ぐ地域住民の生活道路となっており、住民の日常生活における重要な役割を担う路線である。

本委託区間においては、道路幅員が狭くカーブが続いており、緊急時の通行や通常時のすれ違いが困難な状況である。この約1.1kmのうち約0.8km区間を3工区に分けて整備することにより、地域住民の安全・安心な道路交通の確保を図ることを目的とした業務である。

本業務では、このカーブが連続する狭隘な道路を、道路構造令に準拠して改良設計を行った。その線形の計画から決定に至るまでの検討内容について報告する。

2. 道路の現況

(1) 現況道路について

対象の路線は、起点を県道27号芦北球磨線とし終点を国道3号とする一般県道で、今回の設計は、葦北郡芦北町塩浸～市野瀬までの1.1kmの区間である。

現地は、図-1に示すように海洋プレートが地層を堆積させつつ大洋底から大陸に向かって移動してきた、褶曲の多い堆積岩（チャート、泥岩、砂岩の混合体）の地層が、佐敷川の侵食作用でできた急峻な地形であり、道路は谷地形と尾根地形が入り組んだ複雑な地形の中を縦走している。

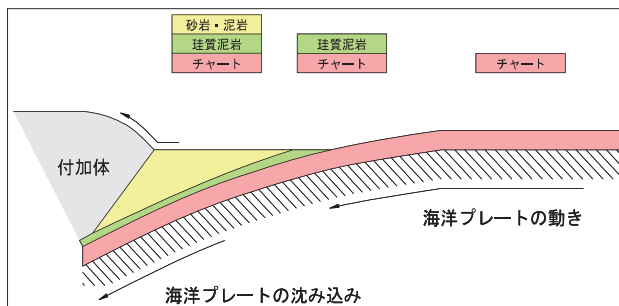


図-1 海洋プレートの動き

写真-1と写真-2は現地の切り立った斜面やカーブが続く道路の現況を示す。道路脇や斜面上には露頭した岩も見られ、現道は複雑な地形に沿って作られており、2車線ある部分も幅員を確保しただけの改良になっている。



写真-1 現地状況写真
(切り立った斜面状況)



写真-2 現地状況写真
(カーブが続く道路状況)

3. 線形の検討

(1) 道路設計基準と線形計画の方針

今回、線形を検討するに当たり、まず設計基準を改良済みの区間と現況道路の状況を鑑みて、協議の上、以下のとおりと決定した。

- ① 道路等級：第3種4級
- ② 設計速度：30km/h(特例値の20km/hも使用)
- ③ 幅員構成：車道2.75m×2、路肩0.75m×2

次に、線形計画は、道路構造令に準拠するため、緩和曲線とカーブ拡幅を適用した上で、地形の改変をできるだけ少なくできる線形とすることとした。

そのため、計画を行うに当たっては現況道路に沿った地形の変更が少ない計画とする設計方針とした。

(2) 設計上の留意点

当該計画区間は、令和2年7月の熊本県豪雨災害により被害を受けており、3箇所において災害復旧が進められている状況であった。災害復旧事業は令和3年度事業(令和2年度の繰越事業)であり、道路改良事業は令和3年度事業で、最短でも令和4年度以降にしか着工できなくなれば、事業を打ち切らざるを得ない。以上のことから、今回の改良では災害復旧区間には影響がない計画を行なうこととなった。

また、全区間を通して、道路下の斜面には農業用水路が整備されている。この用水路については、可能な限り影響が及ばない計画とした。

4. 道路構造令に準拠した線形計画の比較

今回の業務委託区間のうち、3工区を例にとって線形決定の流れを述べる。

この3工区については、区間中央付近に3つのカーブが存在している。また、谷側は急峻な斜面となっており、斜面の下方には崩壊の痕が見られる箇所も

ある。終点付近のカーブは、前述した令和2年度の災害復旧区間でもある。

(1) 線形案①

こうした地形に対して、設計速度20km/h(特例値)を採用し、可能な限り現況道路に沿った線形計画が図-2の線形案①である。

終点付近の災害復旧区間については、盛土構造物の施工が必要となるが、現況道路に沿った線形をいれることが可能であった。

しかしながら、区間中央付近については、現況道路と同様に連続した3つのカーブを入れ、それぞれ道路構造令に沿って半径曲線R30と緩和曲線20mを入れてみると、現況道路とはかけ離れた線形となった。これは、現況道路そのものが道路構造令に全く則っていないことが原因である。

また、この案の場合、全体的に山側寄りの線形となるため、高さ30mを超えても切土が追いつかず、大掛かりな斜面安定工を必要とすることになる。

図-3は、その横断面図である。

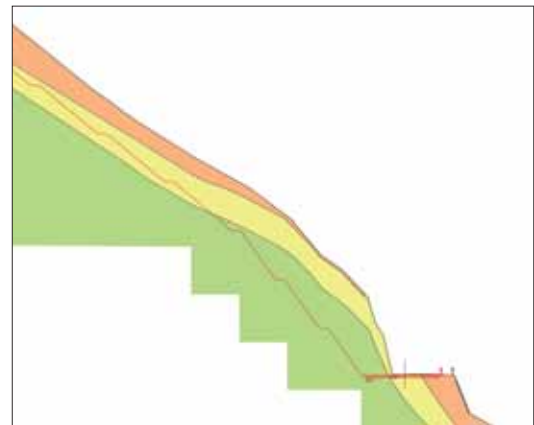


図-3 横断面図

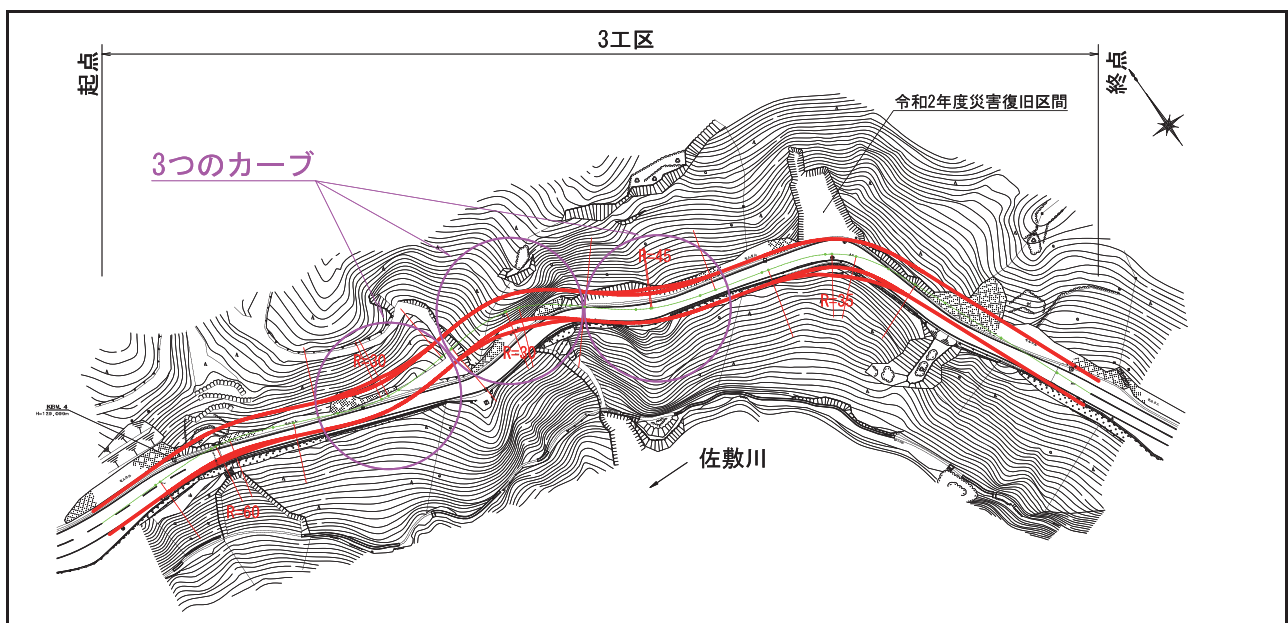


図-2 線形案①

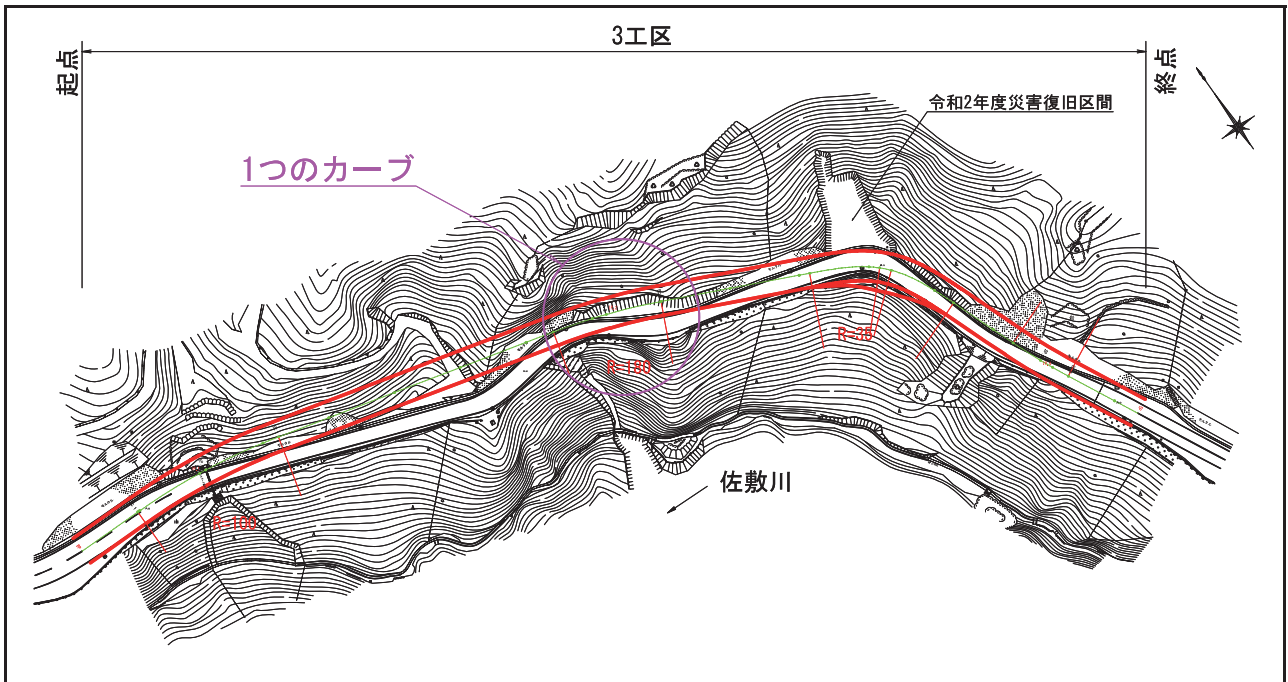


図-4 線形案②

(2) 線形案②

次に、3つの連続したカーブを単カーブにした線形が図-4の線形案②である。起点付近と災害復旧区間の線形については、先述の現況道路に沿った線形案①とほとんど変わらないが、区間中央のカーブが1つになることでさらに山側寄りの線形となる。

この線形案の場合、線形案①と同様、高さ30mを超える大掛かりな切土が発生するのはもちろんだが、更に残地も多くなってくる。

これらのカーブを入れた線形案を見ると、直線で設計することが技術的に適切であろうと考えた。

(3) 線形案③

結果、前述の2案を踏まえて検討した線形案が図-5の線形案③である。

区間中央付近のカーブをなくし、直線にすることで、外の2案と比較して、切土斜面の高さを抑え、残地も少ない計画となった。もちろん、線形が谷側に寄ることで、切土量は少なくなるが、盛土構造物の施工が必須となってくる。

このため、盛土構造物の高さは、切土斜面が30m以下、かつ施工実績や斜面の地盤支持力等を考慮しておおむね15mを超えないように計画した。

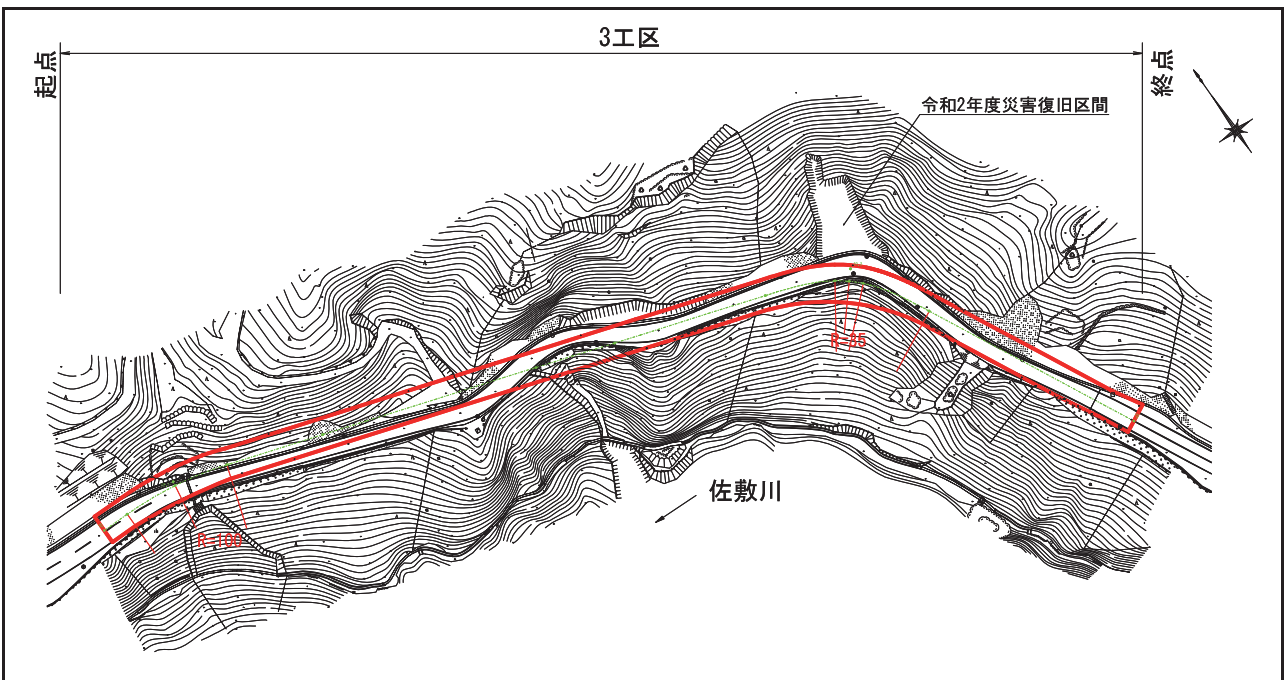


図-5 線形案③

4. 線形の決定

発注者との協議を重ねた結果、3工区については線形案③を採用することとした。

また、1工区と2工区については、同様の過程を経て決定したものが図-6、7の線形案である。3工区と比較して、全体的に山側寄りの計画となった。これは、盛土構造物の施工が大掛かりになることが要因である。

特に、1工区については、現況道路の斜面下を農業用水路が整備されていることが影響しての線形となった。

5. おわりに

本業務は令和3年度、私が初めて大規模な道路改良の設計を行ったものである。私は、基準自体が持つ理念を理解しつつも、多くの試行錯誤を重ねた。このことから、昔ながらの山道を道路構造令に準拠した安全な道路にすることがいかに困難なことかを身をもって体験した。

私としては今後、この経験を糧にするとともに、技術者としての研鑽に努めていきたい。

参考文献

- 1) 道路構造令の解説と運用(令和3年3月版)：日本道路協会

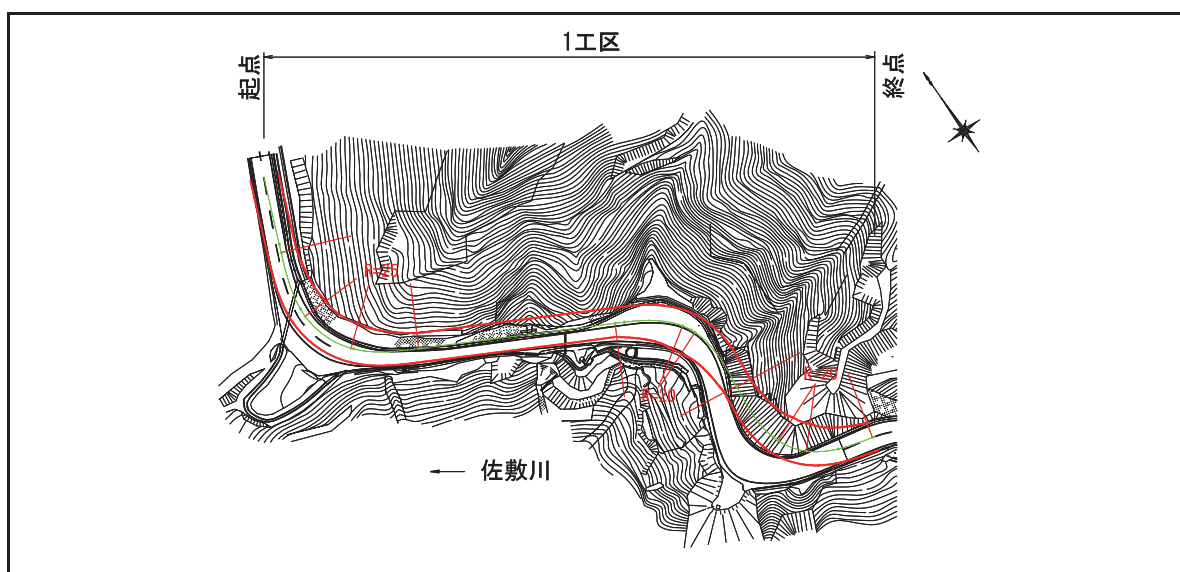


図-6 1工区線形計画

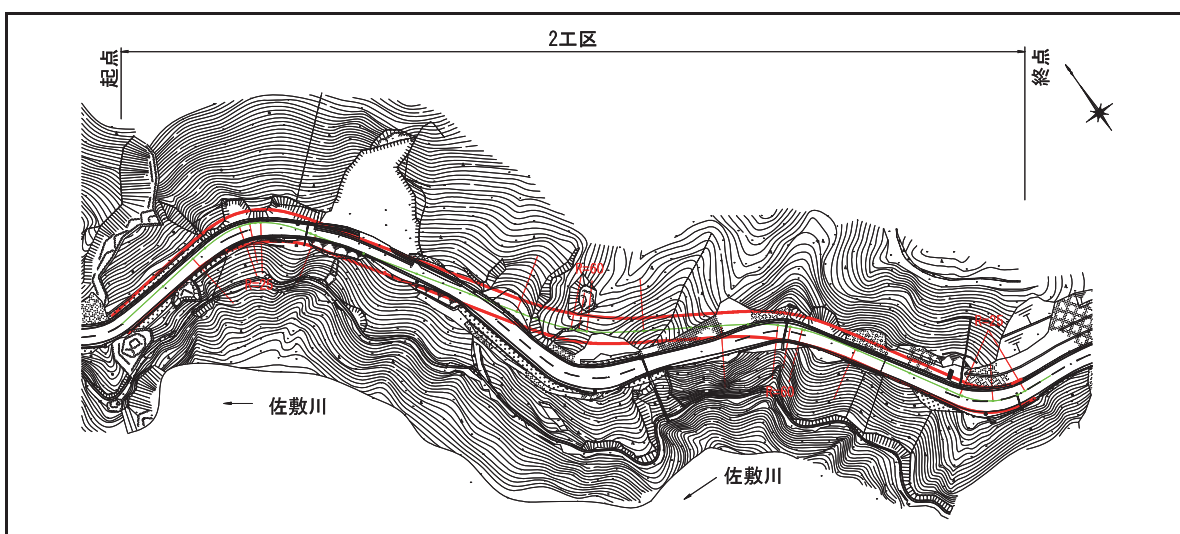


図-7 2工区線形計画

技術発表会論文作成要領・例

(Ms-Word版)

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15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)

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

$$F = \int_{\Gamma} \sin z \, dz \quad (1b)$$

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。

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。

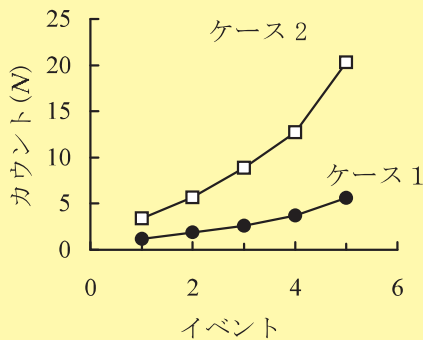


図-2 ○○の傾向分析

※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

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、その引用箇所でのこのように¹⁾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

- Hill, R.: A self-consistent mechanics of composite materials, *J. Mech. Phys. Solids*, Vol.13, pp. 213-222, 1965.
- Blevins, R.D.: *Flow-Induced Vibration*, 2nd ed., Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.
- 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.
- 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.

(編集後記)

技術発表会実行委員

技術委員会	担当副会長	吉田 史朗	旭測量設計㈱
	委員長	柴田 浩史	㈱熊本建設コンサルタント
	副会長	本口 晴年	アジアプランニング㈱
建コン部会	部会長	田 英幸	㈱旭技研コンサルタント
	委員	西村 進次	㈱阿蘇測量設計
	〃	田尻 雅彦	㈱ウラタ・シビル・コンサルタント
	〃	大森 正人	㈱大森エンジニアリング
	〃	元松 敏郎	㈱カネカ測量設計コンサルタント
	〃	松谷 征洋	㈱九英
	〃	笹路 和弘	㈱タイセイプラン
	〃	丸尾 昭	㈱大進コンサルタント
	〃	古閑 祐治	㈱中央測量設計
	〃	大川 恭平	㈱パブリックコンサルタント
論文指導スタッフ	服部 寛	アジアプランニング㈱	
	松野 恭二	㈱ARIAKE	
	出口 敏	㈱十八測量設計	
	今蘭 淳司	㈱水野建設コンサルタント	



一般社団法人 熊本県測量設計コンサルタンツ協会

〒862-0924 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/>