7.道路構造物(下部工・トンネル・大型カルバート等)の構造・維持管理・対災害性の高度化

橋台背面アプローチ部等の土工性能検証項目等の調査検討

Research on performance evaluation of Embankments, including reinforced soil, behind Abutment. (研究期間 令和2年度~令和4年度)

| 道路構造物研究部 構造・基礎研究室 | 室長 | 西田 秀明 |
|--|-------------------------|------------------|
| Road Structures Department | Head | NISHIDA Hideaki |
| Foundation, Tunnel and Substructure Division | 主任研究官 | 上原 勇気 |
| | Senior Researcher | UEHARA Yuki |
| | 交流研究員 | 山口 恭平 |
| | Guest Research Engineer | YAMAGUCHI Kyohei |

NILIM is conducting a study to establish a method for verifying the performance of abutment back approach. In FY2023, a three-dimensional finite element analysis was conducted based on the results of a model experiment (1/50 model) conducted in previous years using a large dynamic centrifuge to confirm the effects and behavior of different structures used in the abutment rear approaches.

[研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所では、橋台背面アプローチ 部等の性能検証手法の確立に向けた検討を実施してい る。令和5年度は、橋台背面アプローチ部に用いられ る構造の違いによる橋台への作用や挙動を確認するた め、過年度に実施した大型動的遠心力載荷試験装置を 用いた模型実験結果(1/50模型)について、三次元有 限要素解析を行った。

[研究内容及び研究成果]

1. 数値解析モデルの作成

表-1 に三次元有限要素にてモデル化を行った構造 条件(解析ケース)を示す。また図-1 及び表-2 に、 ケース2の実験模型の概要とモデル化条件を示す。実 験模型には橋台や地中に各種計測機器(加速度計、変 位計、ひずみ計、ロードセル等)が設置されており、 これらの計測結果との比較が行えるようにモデル化し た。また、橋台背面に設置されているロードセルの計 測結果では土圧がゼロになる時刻が存在したことや、 模型製作の状況等から、橋台と盛土との間や、補強土 壁の壁面材同士等では接触/剥離現象が生じていたと 考え、これを反映した。

なお、表-1のとおり実験では1モデルに対して Step1~Step4の4種類の地震動を段階的に加震した が、解析ではそれら全てを別事象として扱い、前後の 加震ステップによる残留変位・応力等を引き継がず 個々に初期状態から加震した。

2. 数値解析による挙動把握

本稿では Step2 (レベル 2 地震動) 加震時について報 告する。はじめに、実験に対する解析モデルの再現性 について示す。

図-2 は各ケースの背面構造の天端中央部における Step2 加震時の応答加速度波形及び応答変位波形(地震 時最大加速度となる時刻付近の抜粋)である。背面構造 の挙動という観点からは、各ケースで概ね実験結果を再 現できていると考えられる。

次に、Step2における橋台背面部に作用する土圧合力 の時刻歴波形を図-3に示す。土圧合力とは、実験では 橋台に設置されたロードセルによる計測値の合計であ り、解析では実験の計測値と同様の位置での土圧を合計 したものである。ケース1において、土圧合力の最大値 としては実験と異なる(実験での最大値の1.8倍、かつ 異なるタイミング)ものの、全体としては概ね実験結果 を再現できていると考えられる。ただし、時刻後半では、 各ケースとも解析値が大きな値となる傾向にある。実験

表-1 解析対象のケースの条件

| 备7.4元 | 構造条件 | | | |
|--|------|----|---------------------------------|--|
| 四年7月 ケーフタ | 背面 | 表面 | 入力地震動** | |
| クーへ名 | 構造 | 地盤 | | |
| ケーフ 1 | 通常 | | Step1(レベル1地震動:加速度波形 1-I) | |
| 9-A1 | 盛土 | 砂質 | Step2(レベル 2 地震動:加速度波形 2-II-I-1) | |
| kr. 70 | 補強 | 土 | Step3(300gal スイープ波) | |
| クース Z | 土壁 | | Step4(400gal スイープ波) | |
| いた かいした 美子にた みん オンタンタンオ を見ていてけ 明夜 パント たま | | | | |

※実験では地震動を Step1⇒2⇒3⇒4 の順に段階的に加震 ※解析では別事象として個々に初期状態から加震





図-1 解析を行った実験模型(ケース2)の概要

表-2 モデル化条件(ケース 2)

| 設 | 定箇所 | 設定内容 | 備考 |
|-------|-----------------|------------------------------|---|
| 盛土、 | 初期せん断波 速度Vs0 | 均重压体力运动会 | 中心深度のVs0を設定し 0.5乗則で設定 |
| 地盤要素 | ひずみ 依存特性 | 拘束庄拟行て設定 | 試験拘束圧に基づき、基準 ひずみの0.5乗則を用いて設定 |
| 構造物(橋 | 台、桁等) | 弾性体 | |
| 橋台背面~ | ~盛土間 | ジョイント要素付加 | 接触/剥離現象を表現 ジョイント初期軸力は実験の 初期土圧より設定 |
| 境界条件 | | 側方鉛直ローラー、底面固定 | |
| 補強材 | | ロッド要素 (引張剛性のみ有する 材料特性) | 圧縮剛性、曲げ剛性がゼロ シート系材料特性を表現 |
| 弊运行 | 橋台背面 ~壁面材間 | ジョイント要素 | 接触/剥離現象を表現 |
| 壁面材 | 壁面材 ~壁面材間 | (接触/ 羽離考慮、 せん断はフリー) | 壁面材全体の 水平方向ズレ挙動を表現 |

※本報告は令和4年度当初予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたものである。



図−5 地震時主働土圧係数と水平震度の関係図

では加震による背面土の表層崩壊や残留沈下が確認さ れているが、解析ではそれらの事象を考慮していないた め、土圧の値の大きさに差が生じた可能性がある。

3. 数値解析の分析および考察

解析結果から、橋台への作用について分析を行った。 図-4 に、Step2 加震時の各ケースにおける地震時土 圧合力と橋台慣性力(上部構造・下部構造の重量と応 答加速度から算出)の時刻歴波形の合力を示す。

今回の加速度波形では、各ケースとも土圧の最大値 よりも橋台慣性力の最大値の方が大きく、地震時土圧 合力と橋台慣性力が作用するタイミングは必ずしも同 期していないことが確認された。このため本稿では、 橋台への主働側の作用を評価するにあたり、地震時土 圧合力と橋台慣性力の合力が大きい時刻における土圧 (以下、「実効土圧」という)の値を用いて整理する。

地震時土圧合力と橋台慣性力の合力の上位 20 位に おける実効土圧を用いて地震時主働土圧係数 K_{EA}を逆 算した結果に対して、その時の背面盛土の水平震度 k_{he} との関係図を図-5 に示す。なお、黒実線は道路橋示方 書に示される地震時主働土圧係数 K_{EA} の算出式(背面 が土とコンクリートの場合で、背面土が砂質土の場合。 以下、「道示式」という。)である。今回の加速度波形で は、いずれのケースでも実験及び解析結果が概ね道示 式よりも小さい範囲に分布した。また、特にケース2で は実験結果と解析結果で類似する分布傾向を示した。

[まとめ]

本稿で用いた加速度波形においては、今回の解析モ デルは実験結果に対して一定程度の再現性を有してい ることを確認した。また背面構造によらず、道示式は 地震時の橋台への土圧の作用という観点では概ね安全 側の評価方法であることを確認した。一方で、結果が 実験・解析モデル等に依存すると考えられることから は、今後、残留変位の影響評価や、加速度波形・地盤条 件・背面構造等を変更した条件での検討が必要である。

[成果の活用]

本成果を踏まえて、橋台背面アプローチ部の性能検証項目等を整理していく予定である。

既設橋梁基礎の補修補強の調査・設計手法の調査検討

Research on investigation and design methodology for repair and reinforcement of existing bridge

| | Guest | Researc | h Engineer | HIRA | GAMI Takuma |
|--|--------|---------|------------|------|-------------|
| | 交流研 | 究員 | | 平神 | 拓真 |
| | Senior | Researc | her | UEHA | ARA Yuki |
| Foundation, Tunnel and Substructure Division | 主任研究官 | | 上原 | 勇気 | |
| Road Structures Department | Head | | | NISH | DA Hideaki |
| 道路構造物研究部 構造・基礎研究室 | 室 | 長 | | 西田 | 秀明 |
| | | | (研究期間 | 令和2年 | F度~令和4年度) |

Road bridge foundations are often scoured by heavy rain disasters, resulting in long-term loss of road functionality. Therefore, the NILIM has been studying to clarify the conditions of road bridges at high risk of scour damage and to elucidate the scour mechanism, etc., in order to rationally promote countermeasures against scouring of road bridge foundations.

In FY2022, hydraulic model experiments were conducted to investigate the effects of the riverbed protection, and the unfavorable conditions for the bridge piers were summarized. The experimental results were reproduced by means of a riverbed variation analysis, and the mechanism of scour was clarified.

[研究目的及び経緯]

豪雨により道路橋の基礎が洗掘され、道路機能が長 期にわたり喪失する事態が度々発生している。そこで 国総研では、道路橋の基礎の洗掘対策を合理的に進め ていくため、洗掘リスクが高い道路橋の条件の明確化 や、洗掘メカニズム等の解明に向けて検討を進めてい る。

国総研では過去に、洗掘被災事例を参考にした直線 河道の水理模型による実験を行い、一般に橋脚や護岸 等の洗掘防止対策として用いられる護床工について、 配置の仕方によっては橋脚に不利となる洗掘形態を生 じさせることを明らかにしたところである。令和4年 度は、曲線河道の水理模型による実験を行い、護床工 の配置条件と洗掘形態の関係について整理した。また、 洗掘メカニズムの解明に向けて、河床変動解析による 実験結果の再現を試行した。

[研究内容及び研究成果]

実験ケースの概要を表-1に、ケース毎の実験模型の イメージを図-1 にそれぞれ示す。模型縮尺は、実験精 度や相似則等を考慮して、実験砂の粒径を 0.8mm 程度、 粒子レイノルズ数を 20 以上確保できる 1/30 に設定し た。流量は、河床材料が殆ど移動せず、上流からの土砂 供給量が少ないために局所洗掘が進行しやすい「静的 洗掘」条件として毎秒 10L と設定した。また、護床工 の設置条件による橋脚周辺の洗掘状況を把握する目的 から、ケース3を除き、橋脚模型は水路の底面に固定 し、洗掘の進展に伴う橋脚の沈下・傾倒は生じないよ うにした。

実験結果として橋脚前面位置における局所洗掘深の 経時変化を図-2、図-3に示す。いずれのケースでも

表-1 各実験ケースの概要



※本報告は令和4年度当初予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたものである。



図-3橋脚前面位置における局所洗掘深の経時変化 (ケース2とケース4、ケース5の比較)

内岸側に砂州が発達し、流路が外岸側に固定されてい く(通水開始30分程度)までは、橋脚前面位置での 河床高に殆ど差はない。

ケース1とケース2、ケース3の比較(図-2)で は、通水開始45分程度で、ケース1とケース2で橋 脚前面位置での河床低下が生じた。しかし、ケース1 ではこの後、堆積と再洗掘を繰り返しながら緩やかに 河床低下が進行した一方、ケース2ではフーチング下 端相当の河床高まで到達し、その後大きな変化が無か った。なお、ケース3では通水終了まで大きな河床低 下はなく、護床工が橋脚防護の機能を果たしていた。

ケース2とケース4、ケース5の比較(図-2、護床工 を部分的に設置したケース間での比較)では、いずれ も通水終了時点までにフーチング下端相当の河床高ま で到達した。またケース4、ケース5については、堆積 と再洗掘を繰り返しており、特にケース4は全ケース で最も深くまで洗掘が生じた。

これらの差が生じた要因として、実験中に各ケース で観測された事象から、以下の可能性が考えられる。

・河床が護床工前面で洗掘され、河床材料が下流方向に流下していく現象が観測された。このことは、
護床工と橋脚の幾何条件により、橋脚前面に対して
土砂が供給されやすい状態であった可能性がある。
・護床工の有無により直上の水面における流速や流向が異なることが観測された。このことは、河道形状に伴う外岸側への流向と護床工等への衝突によ

る複雑で多様な水流が発生した可能性がある。



図-4 通水後河床高(コンター図に加筆、ケース1)



図-5 通水後河床高(コンター図に加筆、ケース2)

なお、ケース1及びケース2における通水終了後の 河床高について、図-4、図-5にそれぞれ示す。ケース 1(図-4)では、橋脚周辺で河床の若干の低下がみられ たが、最も洗掘が生じていた箇所は模型水路の外岸側 であった。これに対してケース2(図-5)では、護床工 前面から橋脚側面にかけての範囲で大きな洗掘が生じ た。過去に実施した直線河道の実験でも、橋脚と護床 工を本稿のケース2と同様に配置すると、同じく護床 工前面から橋脚側面にかけての範囲で洗掘が生じてい た。このため河道の形状によらず、橋脚近傍に設置さ れた護床工によって、橋脚にとって不利となる洗掘形 状が生じる可能性があることが明らかとなった。

[まとめ・今後の課題等]

湾曲河道における水理模型実験の結果、護床工の 配置条件によっては、橋脚にとって不利な局所洗掘 が生じ得ることを確認した。

一方洗掘メカニズムの解明に向けては、実験では 把握できない三次元的な水流の逐次変化を表現でき る数値解析による検証が必要となる。

このため本稿とは別に、河川管理実務でも用いら れている手法(準三次元流河床変動解析)及び解析モ デルを用いて実験結果の再現を試みたが、洗掘範囲 が符合しない等、再現性に課題を有する結果となっ た。そのため、今後はモデル改良等を行い、解析の精 度向上を図るとともに、護床工の配置条件等を変え た多角的な検証が必要である。

[成果の活用]

本研究成果を踏まえて、周辺条件による洗掘被災 リスクの高い橋脚の絞り込みや合理的な洗掘対策の 実施に活用に繋げていく予定である。

参考文献

1)(一財)国土技術研究センター:河川を横過す る橋梁に関する計画の手引き(案)、2009

橋梁下部構造等の信頼性設計に関する調査検討

Research on Reliability Design of Foundation, Substructure, and Retaining Structure.

| | | | (研究期間 | 令和5年 | F度~令和7年度) |
|--|--------|---------|------------|-------|-------------|
| 道路構造物研究部 構造・基礎研究室 | 室 | 長 | | 西田 | 秀明 |
| Road Structures Department | Head | | | NISHI | DA Hideaki |
| Foundation, Tunnel and Substructure Division | 主任研究官 | | 上原 | 勇気 | |
| | Senior | Researc | cher | UEHA | RA Yuki |
| | 交流研 | 究員 | | 平神 | 拓真 |
| | Guest | Researc | h Engineer | HIRA | GAMI Takuma |

NILIM has been studying the establishment of rational performance verification, investigation, and retrofit methods for foundations and structures that are designed and constructed in consideration of ground uncertainties and the interaction between the ground and structure.

In FY2023, in order to establish a method to reasonably evaluate the load-bearing capacity of the foundations of existing piers and abutments reinforced by piles, the behavior characteristics were analyzed by structural analysis.

In addition, in order to elucidate the scour mechanism to reasonably evaluate the extent of scour for each pier, we conducted a sensitivity analysis on the extent of scour by analyzing river bed fluctuations simulating a river where piers and revetment works are installed.

[研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所では、地盤の不確実性や、 地盤と構造体の相互作用等を考慮して設計・構築され る基礎や構造物について、信頼性を評価した合理的な 性能照査法や調査・補修補強法の確立に向けた検討を 進めている。

令和5年度は、増し杭により補強した既設橋脚・橋 台の基礎の耐荷力を合理的に評価できる手法の確立に 向け、構造解析による挙動特性の分析を行った。

また、橋脚毎の洗掘範囲を合理的に評価するための 洗掘メカニズムの解明に向けて、橋脚や護床工が設置 されている河川を模擬した河床変動解析を行い、洗掘 範囲にかかる感度分析を行った。

[研究内容及び研究成果]

1. 増し杭基礎における杭体のモデル化に関する検討

増し杭により補強された橋脚について、杭種組合せ や杭配列による耐荷力特性への影響を把握するため、

静的漸増載荷による非線形構造解析を行い、イベント (杭の降伏、終局等)毎に荷重・変位の関係性について 整理した。このとき、解析から得られた水平震度-水 平変位関係を用いて、上部構造の慣性力の作用位置で の水平変位が急増し始めるとき(以下、「変位急増点」 という)をlog P-log S法により求め、前述のイベン ト時の荷重・変位と比較した。

解析にあたっては、杭体の曲げモーメントと曲率の 関係について、軸力変動を考慮する(N-M-φ)モデルと、 考慮しない(M-φ)モデルでそれぞれ実施した。解析対 象とした橋脚基礎の諸元の概要を**表-1**に示す。また、



この各解析ケースにおける主なイベント(①変位急増 点、②既設杭全杭降伏、③増し杭全杭降伏、④全杭降

表-1 各解析ケースの概要

伏、5全杭終局)の際の水平震度を図-1に示す。

杭体のモデルの違いでは、イベント②~⑤について は水平震度 k_h に大きな差はなかったが、①については ケース4において大きな差が生じた。ただし、 $\log k_h$ – $\log \delta$ 関係の勾配の変化が大きい上位 3 点で比較する と、順番は前後するが殆ど同じ変化点を示していた。 また、既設杭・増し杭の全杭が全塑性又は終局すると きの水平震度の差異は比較的小さく、杭種の組合せの 違いによる差異は特に見られなかった。

なお、卓越する杭体の曲げモーメント分布が地中部 曲げのケースでは、変位急増は全て鉛直支持に起因す るものだった。これは、杭頭部で回転挙動が卓越する ことに起因しているものと考えられる。

以上より、杭体のモデル化の違いにより各杭の損傷 の順番は大きく異なるものの、今回の検討ケースにお いては、N-M- ϕ モデルは概ね M- ϕ モデルと同様の log k_h -log δ 関係が得られていた。

道路橋示方書では基礎に生じる塑性化があまり大き くない範囲を想定しているが、増し杭基礎は一般に基 礎の平面中心から遠くにあるため、杭体に生じる軸力 の変動が大きい。このため、軸力に応じて曲げ剛性の 変化を考慮できる N-M- φモデルとすることで、将来的 に基礎に大きな塑性化を期待するような補強法の提案 に繋がる可能性がある。

2. 橋脚周辺の局所洗掘に影響を及ぼす護床工の設置 形態にかかる解析的検討

洗掘メカニズムの解明に向け、既往の被災事例や過 去の実験結果を元に数値解析を実施した。本研究では 河川管理実務における事例も参考に、準三次元流河床 変動解析法を用いた。なお、鉛直方向の流れを算出す るにあたって、過去の研究における試行では河川分野 で一般的な二次流モデルを用いたが、洗掘形態等が実 験結果と符合しなかった。このため本研究では、渦度 方程式や鉛直方向流速方程式により、縦横断方向流速 の鉛直分布及び鉛直方向の流れを考慮できるモデルを 用いることで、良好な再現性が得られた。

再現性が確認されたモデルを用い、構造物配置条件 を変更して解析的検討を行った(**表**-2)。各ケースの橋 脚前面の通水 3600 秒後の河床近傍高さにおける流速 のベクトル分布及び河床高コンター図を図-2 にそれぞ れ示す。いずれのケースも橋脚や護床工(ケース2を 除く)の前面位置では流下方向と逆向きのベクトル分 布が生じた。発生範囲の大きさに着目すると、橋脚の 前面位置において、ケース1と3では護床工幅と同程 度の大きさであり、ケース2と4では橋脚幅と同程度 の大きさであった。また、護床工の前面位置において は、ケース2を除くいずれのケースで護床工幅と同程 度の大きさであった。なお、逆向きのベクトルが護床 工幅と同程度の大きさで生じていた箇所の分布は、局 表-2 各解析ケースの概要(洗掘)



図−2 数値解析結果

(左:河床近傍の流速ベクトル分布、右:通水後河床高)



図−3 局所洗掘深の経時変化(橋脚前面)

所洗掘の範囲が大きい箇所の分布と符合した。

次に各ケースの橋脚前面位置における局所洗掘深の 経時変化を図-3に示す。ケース1と3では通水開始と ともに河床低下が進行し、いずれも 500 秒を経過する 前に河床高が橋脚基礎下端相当に到達した。その後も 緩やかな低下を続けた。これに対してケース2と4で は河床高は橋脚基礎下端相当までは到達せず、緩やか に回復に転じた。特にケース4では 700 秒程度で初期 河床高相当まで回復している。

以上より、ケース1と3のように橋脚と護床工上流 端の距離が比較的短い場合には、橋脚の安定に係わる 大きな洗掘が生じることを確認した。また、両者の距 離が比較的大きいケース4では、護床工がないケース 2と同程度に局所洗掘が生じにくいことも確認した。

[まとめ・今後の課題]

増し杭補強後の耐荷力の合理的な評価法の提案に向 けた分析を行った。杭種組合せや杭配列の違いのほか、 地盤抵抗や杭体の曲げ剛性の不確実性等による応答値 のばらつきも大きいと推察されるため、引き続きモデ ル化の違いによる影響の検証が必要である。

また、護床工の設置形態と橋脚周辺の局所洗掘の関 係性が明らかとなった。実河川では流速等が複雑とな るため、今後はより多様な解析条件における本解析手 法の適用性の検証が必要である。

[成果の活用]

本研究成果は、既設橋梁基礎における補修補強の合 理化に向けた基礎資料として活用する予定である。

大型カルバート等の要求性能に対応した維持管理手法

及び信頼性設計に関する調査検討

Investigation of maintenance management methods and reliability design for required performance of large culverts

| | (研究期間 | 令和3年度~令和5年度) | |
|---|--|-----------------|--|
| 道路構造物研究部 構造・基礎研究室 | 室 長 | 西田 秀明 | |
| Road Structures Department | Head | NISHIDA Hideaki | |
| Foundation, Tunnel and Substructures Division | 主任研究官 | 飯田 公春 | |
| | Senior Researcher | IIDA Kimiharu | |
| | 交流研究員 | 澤口 啓希 | |
| | Guest Research Engineer SAWAGUCHI Hiroki | | |
| | 交流研究員 | 齋藤 亮 | |
| | Guest Research Engineer SAITOU Ryo | | |

In this research, we are investigating and examining the efficiency and sophistication of periodic inspections of sheds, large culverts, etc. In addition, we are conducting research and examination on rational design and construction methods according to the required performance when installing new large culverts.

In FY 2022, we used the results of periodic inspections to grasp the characteristics of deformations and analyze data on their occurrence tendencies in order to obtain the data necessary for examining methods for improving the reliability and rationalization of periodic inspections of sheds, shelters, and large culverts. In addition, in order to realize a design method that takes into account the reliability of earthwork structures, we organized the limit states and verification methods of earthwork structures, and also organized the conditions for applying the partial coefficient method.

[研究目的及び経緯]

本研究ではシェッド、大型カルバート等の定期点検 の効率化・高度化のための調査・検討を行っている。ま た、大型カルバート等の要求性能に応じた合理的な設 計法に関する検討を行っている。

令和4年度は、シェッド、大型カルバートの定期点 検の信頼性向上及び合理化の手法に関する検討に必要 な基礎資料を得るため、定期点検結果を用いて、変状 の特性把握および発生傾向に関するデータ分析を行っ た。また、大型カルバート等の信頼性を考慮した設計 法を導入するために、大型カルバート等の限界状態や 照査方法を整理するとともに、部分係数法適用に向け た条件等の整理を行った。

[研究内容及び研究成果]

シェッド、大型カルバート定期点検結果の整理分析 シェッド定期点検結果の整理分析

2 巡目(令和1~3 年度)の定期点検を実施した国管 理シェッドのうち、1 巡目点検のデータのある 520 施 設について、1 巡目から 2 巡目における施設の健全性 の診断の区分の推移を整理した(図-1)。1 巡目から 2 巡目にかけての健全性の診断の区分の推移は、シェッ ド全体では区分Ⅲ(早期に措置を講ずべき状態)が減



図-1 シェッドの健全性の診断の区分の推移

少し、区分 I (構造物の機能に支障が生じていない状態)、区分 II (予防保全の観点から措置を講ずべき状態)が増加している一方で、鋼製シェッドでは、1 巡目 で区分 I,II だった施設が 2 巡目で区分 IIとなってい る割合が多く、鋼部材を主要部材とする施設で早期の 措置の必要性が高まる傾向にある。なお、1 巡目は区分 IIIの施設で、2 巡目で区分 I,II だった施設の割合は、 RC 製で約 3 割、PC 製で約 5 割、鋼製で約 4 割であっ た。ただし、補修実施の有無は不明である。

各材質で区分Ⅱ,Ⅲが多い部材は、RC 製は頂版で約7 割、PC 製では頂版、主梁、受台で約2割程度である。 鋼製では全部材で3~4割であることに加え、他材質と 比較して区分Ⅲの部材の割合が多かった¹⁾。

一方、自由記述の所見欄の記載内容に着目すると、

※本報告は令和4年度当初予算の標記の研究課題を令和5年度に継続して得た結果をまとめたものである。



図-3 大型カルバートの各部位における健全性の診断の区分 の割合

診断の根拠が不明確で、健全性の診断の区分との関連 性がわからない事例があった。診断の根拠が明確に記 録されることで点検の信頼性が向上し、適切な分析が 行えることに繋がる。今後、健全性の診断の区分の根 拠が明確に記録されるよう、参考資料の充実を行う。

(2) 大型カルバート定期点検結果の整理分析

2 巡目(令和1~3 年度)の定期点検を実施した国管 理の大型カルバートのうち、1 巡目点検のデータのある 1436 施設について、1 巡目から2 巡目における施設の 健全性の診断の区分の推移を整理した(図-2)。1 巡目 から2 巡目にかけての健全性の診断の区分の推移は大 型カルバート全体では、区分 IIIの施設が減少し、区分 IIの施設が増加している。1 巡目で区分 III だった施設が 2 巡目で区分 I, II となった割合を見ると、場所打ちで は6 割であった。

次に、大型カルバートの各部位における健全性の診 断の区分の割合について整理した結果を図-3 に示す。

ここでは、カルバートを頂版、側壁、目地・遊間部(場 所打ち)、接合部・連結部(プレキャスト)、ウイングの 4つの部材に分け判定の割合を整理した。部材単位にお ける区分の傾向は、区分II,IIIが多い部材は場所打ちで は頂版、側壁でプレキャストでは場所打ち部材である ウイングであった。なお、1 巡目と2 巡目の割合の傾向 では、いずれの部材も区分の割合の傾向に大きな差は みられない結果となった。

2. 部分係数設計法導入に向けた荷重側の部分係数検 討のための条件整理

道路土工構造物への部分係数設計法の導入に向けて、 荷重側の部分係数の設定するための条件整理として、 現行の土工指針で設計した構造物における断面決定要



図-4 活荷重の影響程度(死荷重時に対する変化の整理)

表-1 カルバートの荷重組合せのイメージ



因となる荷重組合せについて検討した。以下、本稿で はカルバートを対象とした検討結果を示す。

検討にあたっては、1連の場所打ちボックスカルバー トの施工実績を踏まえて内空断面が幅 14m、高さ 5m ま での範囲をカバーするように 40 基を試設計した。試設 計したカルバートに対して、照査断面位置(頂版中間 部、隅角部) における発生曲げモーメントの比率 (各荷 重組み合わせ時/死荷重時)を算出し、この比率と構 造条件の関係を整理した。死荷重、土圧、活荷重の荷重 組合せに対して曲げモーメントの比率を算出し、内空 幅との関係を整理した結果を示す(図-4)。ここで、活 荷重については土工指針の活荷重の載荷方法を踏まえ て土被りと載荷範囲、大きさとして3パターンを考慮 した(表-1)。この結果、ボックスカルバートにおいて、 活荷重を含む荷重組み合わせに対しては、土被りが薄 く、躯体規模が小さいものほど活荷重の影響が支配的 となることが明らかとなった。現行の指針で示されて いない載荷条件(三次元の影響等)を含めて、活荷重の 影響が大きい載荷条件を抽出し、モンテカルロシミュ レーションを合理的に行うため、載荷条件設定の検討 を行うための基礎資料を作成する。

[成果の活用]

本研究成果等を踏まえて、更なる点検の効率化・合 理化の提案につなげていく予定である。また、大型カ ルバート等の部分係数法適用に向けて、道路土工構造 物技術基準改定への反映につなげていく予定である。

[参考文献]

1)澤口啓希、飯田公春、西田秀明:シェッド及び大型 カルバートの2巡目点検から見える健全性と変状の推 移、土木技術資料 第66巻 2024.2