

領域 4 : コスト構造を改革し、
道路資産を効率的に形成する (つくる)

部分係数設計法の適用性向上に関する調査検討

Study on the enhancement of partial factor design for road bridges

(研究期間 平成 29 年度～32 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室
Road Structures Department
Bridge and Structures Division

研究官 河野 晴彦
Researcher Haruhiko KOUNO
交流研究員 中邨 亮太
Guest Research Engineer Ryota Nakamura

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer
交流研究員
Guest Research Engineer

白戸 真大
Masahiro SHIRATO
宮原 史
Fumi MIYAHARA
高山 文郷
Fumisato TAKAYAMA
横田 剛
Go Yokota

The performance of a whole bridge system is usually evaluated as individual parts, because there are no standards to evaluate the system reliability considering the evolution of plasticity at parts. This study seeks a standard design method to evaluate the bridge performance as a system including loads and load combinations as well as the limit states of structural members.

〔研究目的及び経緯〕

H29.7 に道路橋示方書が改定され、従来の許容応力度法が廃止され、部分係数法が導入された。また、限界状態設計法が導入され、橋全体としての評価が可能であるように橋全体系として求める性能が明確化された。橋の耐荷性能は、一般に、橋の限界状態を部材の限界状態で代表させ、部材単位で照査するという設計体系となった。部材毎の照査に用いる制限値には部分係数を考慮することとされ、限界状態の評価にかかわる統計的な信頼性を考慮する部分係数のみならず、ぜい性的であるかどうかなど部材の非弾性挙動の違いを考慮する部分係数も考慮された。一方で、部材の損傷や破壊が橋全体に与える影響も加味し、橋全体系での性能を直接評価する方法は未だ確立していない。部材単位の設計を合理化しつつも不測の事態に対しても橋全体として粘り強い形式を創出したり、既設橋梁の性能をよりの確に評価できると考えられる。

そこで、本研究では、設計供用期間中に橋が置かれる稀な荷重同時載荷状況に対応する荷重の組合せや載荷方法、並びに、部材の限界状態を詳細に設定し、部分係数を評価するための載荷試験法も含めた限界状態の評価手順を一般化することを目的とし、橋全体系の性能を直接評価するために用いる橋の置かれる稀な荷重同時載荷状況について、荷重シミュレーションにより検討を行った。

〔研究内容及び研究成果〕

1. 荷重シミュレーション

橋全体系の限界状態を直接捉え、橋の耐荷性能を評

価するための方法は未だ確立されていない。一部の部材が損傷したのちの橋全体系の耐荷力の冗長性はリダンダンシーやロバストネスと呼ばれることも多く、内外で研究が進められており、個別の研究ではリダンダンシーやロバストネスの評価が試みられた事例もある。そこでは、活荷重を想定した鉛直荷重、または、地震の影響を想定した横荷重など、一つの種類の荷重を漸増させて部材の塑性化が進行、拡大する過程が評価されていることが殆どである。しかし、実際の橋は、複数の荷重の同時載荷状況に置かれる。

現在の道路橋示方書で考慮されている設計状況は、組合せ荷重により主要部材が受ける荷重効果の 100 年最大値に着目したときに、主には 100 年最大値分布の非超過 95%程度に相当する状況を代表するものである。これに対して、平成 29 年度は、主要部材の単位だけでなく主要部材どうしの相対的な動きによる立体的な挙動の影響を受けやすい 2 次部材にも着目し、また、組合せ荷重の最大値としての確率水準をさらに大きくしたときにも着目し、荷重効果として支配的な影響を与える荷重組合せを把握することを試みた。対象とした橋種を表-1 に示す。

図-1 に荷重シミュレーションの概念図を、表-2 に考慮した荷重の種類と確率分布モデルを示す。荷重シミュレーションとは、荷重の同時載荷過程を B-C モデルと呼ばれる確率過程でモデル化したモンテカルロシミュレーションである。ここで結果を示すシミュレーションでは、交通流特性に特別な仮定を行った。平成 22 年の道路交通センサスデータによ

表-1 対象橋梁

No	形式	橋長	No	形式	橋長
1	鋼 3 径間連続多主鈑桁橋	143m	6	鋼単純トラス橋	97m
2	鋼 3 径間連続少数鈑桁橋	131m	7	鋼単純ニールセンローゼ橋	125m
3	鋼 3 径間連続箱桁橋	161m 曲線橋	8	鋼斜張橋	270m
4	PC2 径間連結桁橋	84m	9	RC7 径間連続ゲルバー桁橋	176m
5	鋼 3 径間連続細幅箱桁橋	151m 曲線橋	10	PC5 径間連結桁橋	182m

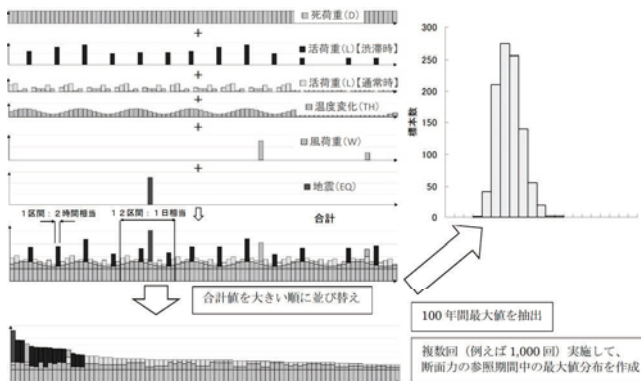


図-1 荷重シミュレーションの概念図

表-2 荷重の種類とそれぞれの発生頻度

荷重の種類	発生頻度 (1年間)	発生時刻	規模 (荷重の大きさ)
永続作用 死荷重(D)	全区間	死荷重の確率分布モデルを用いてt=0にて100年間の初期値を確率的に与える。その後の100年間は一定とする。(次の100年ではt=0にて更新する。)	
変動作用	活荷重(L) 【洪滞時】 【通常時】	【洪滞時】730区間 【通常時】洪滞時以外	平均大型車混入率を10%、30%、または50%とした車両列スナップショットを確率的に構成し、与える
	温度変化の影響 (TH)	全区間	日最大・最小値を6区間ごとに交互に与え、その他の区間は正弦波で補間する。
	風荷重(W) 【季節風】	12区間	ポアソン過程による
	風荷重(W) 【台風】	台風発生期 6~10月の中で 3区間	ポアソン過程による
	地震の影響(EQ)	12区間	ポアソン過程による
雪荷重(SW)	積雪期 12~3月の 全区間	道路橋示方書・同解説(平成24年)I共通編2.2.12解説に示される十分圧縮された雪の上を自由に車両が通行する場合による確定値	

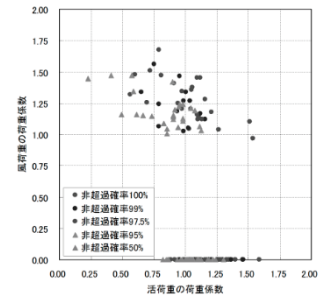
れば一般的な国道であっても大型混入率として30%程度を想定することで大型車の同時載荷状況として安全側になることが殆どであるが、ここでは、100年の間に変動する大型車混入率を平均したときに60%になるように設定した。これは、稀な車両の分布がより生じやすいようにすることを意図したものである。

2. 荷重係数の傾向

図-2には、活荷重と風荷重の組み合わせに着目して、結果をまとめた。桁橋では横桁などに、トラス

橋では斜材に、ニールセンローゼ橋や斜張橋ではケーブルにおける断面力に着目している。荷重係数は、シミュレーションで抽出された断面力標本を取り上げたときに、そこに占める各荷重の寄与分毎に、設計基準で考慮している特性値に対して算出される断面力に対する比率をとったものである。1より大きければ、設計基準で考慮している特性値の寄与分よりも大きな規模の荷重が断面に影響を与えていることになる。荷重シミュレーションの結果、荷重組み合わせとして、主にD+EQ, D+L+Wなど、死荷重D, 活荷重L, 風荷重W, 地震の影響EQの組み合わせが見られた。ここで着目した橋種や部材では、温度変化の影響THを受けにくいため、部材が受けた荷重効果として現れてなかった。

今回のシミュレーションでは活荷重の同時載荷状況としては相当に厳しい状況を想定しているが、得られた活荷重係数は、ほとんどの場合、現在の道路橋示方書で考慮されている1.25が安全側になっている。しかし、各部材の断面力100年最大値分布において着目する非超過確率を99%やそれよりも大きくすると、稀には、活荷重に対する荷重係数は1.50程度と見積もられたケースもあった。また、活荷重と風荷重が重なっているときも、それぞれ無視できない



100年最大値分布
図-2 荷重係数の傾向

大きさ(たとえば1.0程度)の荷重係数が同時に得られるケースもあった。したがって、橋の全体系で耐荷性能を評価するにあたっては、鉛直荷重のみの組合せでは橋の性能を必ずしも的確に捉えられない可能性がある。また、荷重漸増載荷によりリダンダンシーを評価する場合にも、鉛直荷重のみだけ、または、水平荷重のみだけの漸増載荷だけでなく、鉛直荷重と水平荷重を組み合わせた荷重漸増載荷パターンが必要となる可能性があることが分かった。

3. まとめ

橋全体系としての耐荷性能を直接評価するためには、活荷重のみではなく水平荷重も同時に組み合わせさせて載荷し、漸増させるなども必要である可能性を確認した。引き続き、様々な観点でシミュレーションを行い、データを蓄積する必要がある。

【成果の活用】

本研究で得られた成果は、道路橋示方書等、技術基準改定のための基礎資料として活用予定である。

部材連結部の損傷制御及び信頼性に関する調査検討

Study on the damage control reliability of bridge joints and members

(研究期間 平成 27-30 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

Road Structures Department

Bridge and Structures Division

主任研究官 猪狩 名人

Senior Researcher Meito IGARI

研究官 河野 晴彦

Researcher Haruhiko KOUNO

交流研究員 横田 剛

Guest Research Engineer Go Yokota

室長

Head

主任研究官

Senior Researcher

交流研究員

Guest Research Engineer Fumisato TAKAYAMA

交流研究員

Guest Research Engineer Ryota NAKAMURA

白戸 真大

Masahiro SHIRATO

宮原 史

Fumi MIYAHARA

高山 文郷

Fumisato TAKAYAMA

中邨 亮太

Ryota NAKAMURA

NILIM studies the use of high strength materials in bridge design with high strength joints. In 2017, elasto-plastic finite element analyses have been conducted to estimate the ultimate behavior of composite girder using high strength steel. The result shows that the ultimate behavior should differ with difference in YT ratio of steel.

〔研究目的及び経緯〕

道路橋の設計の合理化には、高強度材料の活用が期待される。高強度材料を用いることで部材寸法の縮減を図るにあたっては、その接合についても高強度化による合理化が必要である。また、高強度材料は機械的性質が通常材料と異なることから、部材、接合ともに終局挙動の把握が重要である。本研究では、高強度ボルトや片側施工ボルトによる接合強度や耐久性、桁と床版をつなぐ接合部の挙動、および、高強度材料を用いた合成桁の挙動について調査を行い、設計基準化のための基礎データの蓄積を図っている。H29.7 に道路橋示方書が改定され、限界状態設計法が導入された。橋の耐荷性能は、一般に、橋の限界状態を上部構造及び部材等の限界状態で代表させ、部材単位で照査するという設計体系となった。この部材単位での照査にあたっては、上部構造全体系に及ぼす影響も踏まえ、設定される必要があるが、塑性化後の上部構造の挙動は十分に明らかとなっていない。平成 29 年度は、高強度鋼材を合成桁に適用するにあたっての課題や設計上の留意点を把握するために弾塑性 FEM 解析を行い、材質の違いによる桁の塑性化後の挙動の違いを評価した。

〔研究内容及び成果〕

1. 対象橋梁とモデル化

一般的な 3 径間連続鋼合成 2 主桁橋の中央支間を対象にした。材料の塑性化だけでなく、塑性化する断面の橋軸方向の広がり、床版や接合部への負担など橋として挙動の違いを把握できるように、床版も一体でモ

デル化した。また、対称性を仮定し、図 1 のとおり単純化したモデルとした。断面諸元は、数値解析で考慮する使用材料の違いによらず一定とした。支間中央部（図 1 では自由端側）に載荷したときには、支点上（仮想固定端側）の桁断面の局部座屈による非弾性挙動が生じると考えられる。

主桁及び横桁はシェル要素、床版をソリッド要素でモデル化した。鋼材の材質が与える影響に着目するため、主桁と横桁は材料非線形性を考慮したが、床版についてはコンクリートのみの剛性を考慮した弾性体としてモデル化し、桁と床版は剛結合とした。桁の残留応力は最大で $0.3\sigma_y$ (σ_y は降伏応力度) とし、桁の初期不整形は局部座屈モードに適合するように与えた。

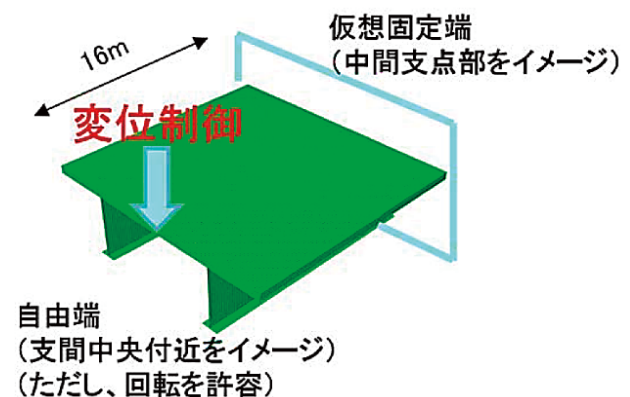


図 1 解析モデル概要と荷重載荷点

2. 解析条件

使用鋼材は普通鋼材の SM490Y、SM570 及び高機能鋼材の SBHS500、SBHS700 の 4 ケースを使用した場合を想

定した。鋼材の応力ひずみ関係は、引張試験の引張試験結果のデータをもとに降伏棚ありの場合はn乗硬化則による近似、降伏棚なしの場合は直線近似によりモデル化した。SM570とSBHS700を例にモデル化したものを図2に示す。降伏棚の有無や、降伏比(降伏強度/引張強度)が異なり、高強度鋼材は、降伏棚が顕著ではなく、また、降伏後の強度増加が少ない(降伏比が大きい)傾向がある。

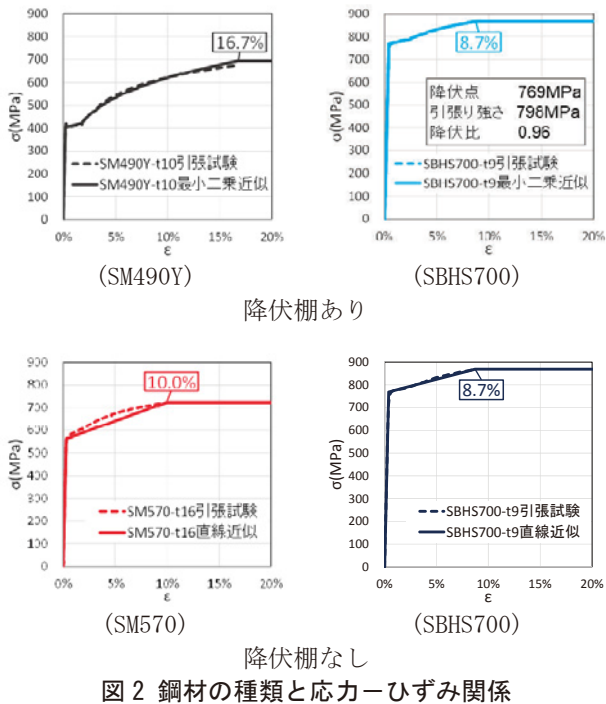


図2 鋼材の種類と応力-ひずみ関係

3. 解析結果

支間中心点で鉛直下向きの変位を漸増させた。得られた荷重-変位曲線を図3に、それを初降伏時の荷重 P_{y0} と変位 U_{y0} でそれぞれ無次元化したものを図4に示す。材料の降伏、局部座屈が生じるが、いずれのケースにおいても材料は引張強さには達しなかった。無次元化した結果を示す図4から分かるように、最も強度の高いSBHS700の引張試験結果を応力ひずみ関係に考慮したケースにおいては、材料の初降伏直後に荷重は最大に達し、その後、荷重低下も他のケースに比べると顕著であった。この現象は、座屈が支配的な性質であり、材料の塑性域の挙動の違いが全体系に及ぼす影響が小さいと想定されたところであるが、数値解析結果は、最大荷重点を超えたあとの挙動に材料の挙動の違いが表れる傾向を示した。

図5には、変位量が桁高の15%(400mm)に達した時の桁の塑性域を比較している。材料の違いにより塑性域の広がり方が変わっている。ここでは、床版、床版

と桁の接合部は単純に剛結合を仮定しているが、本来的にはこれらの荷重分担は、桁の塑性域の広がりによって変化すると考えられる。今後、床版や床版・桁接合部の挙動にも着目した検討が必要であると考えられる。

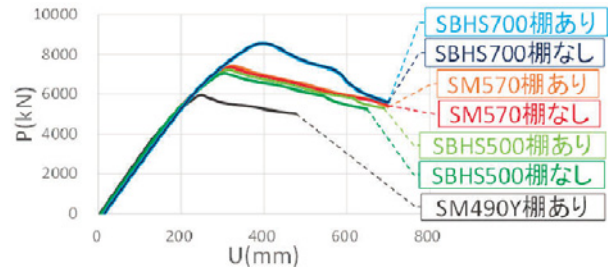


図3 荷重-変位曲線

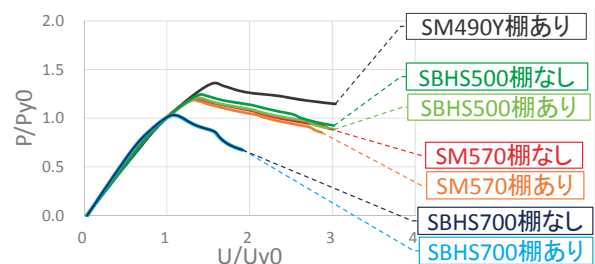


図4 無次元化後の荷重-変位曲線

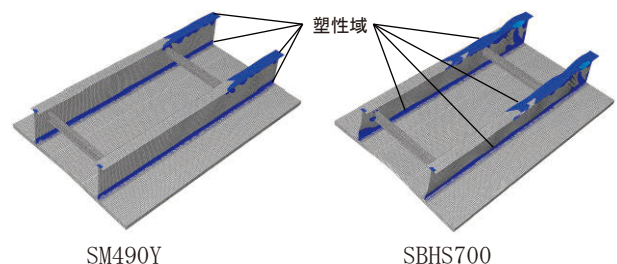


図5 桁高の15%変位したときの塑性域

4. まとめ

道路橋示方書では、ぜい性的な挙動をする部材については、最大強度点を超えないことを照査するための制限値を安全側に設定するための部分係数が考慮されている。今後、高強度材料を適用するにあたって、降伏比と余剰耐力の関係について、さらに検討を進める必要がある。また、今後、桁・床版接合部や床版の非線形挙動が全体系の挙動に与える影響が、今回の数値解析結果に与える影響についても検討し、桁・床版接合部の設計法の提案に反映する必要がある。

[成果の活用]

道路橋の部材設計及び接合部設計に関する技術基準に反映する予定である。

土工構造物等の要求性能に対応した変状評価、 性能向上に関する調査検討

Study on deformed state evaluation according to required performance and performance improvement of substructures

(研究期間 平成 29 年度～31 年度)

道路構造物研究部 構造・基礎研究室
Road Structures Department
Foundation, Tunnel and Substructures Division

室長	間渕 利明
Head	Toshiaki MABUCHI
主任研究官	西田 秀明
Senior Researcher	Hideaki NISHIDA
主任研究官	藤山 一夫
Senior Researcher	Kazuo FUJIYAMA
研究官	木村 崇
Researcher	Takashi KIMURA

With regard to road substructure, technical standards were established in 2014 and the required performance was shown, but concrete checking methods corresponding to required performance are not sufficient. In this study, we investigate and investigate the purpose of preparing the basic data necessary for considering the method of evaluating the function as roads of the section where the road earthwork structure exists.

〔研究目的及び経緯〕

道路土工構造物については、平成 26 年度に新築又は改築に関する一般的技術基準が制定され要求性能が示されたが、要求性能に対応した具体的な照査手法は明確に規定されていない。本研究では道路土工構造物が存する区間の道路としての機能を評価する手法を検討する上で必要となる基礎資料の作成を目的に調査検討を行っている。

平成 29 年度は、災害復旧に関する設計資料等により擁壁・カルバートの被災復旧状況と道路の通行機能への影響との関係を整理し、設計上の留意事項を抽出した。また、擁壁を有する盛土のり面崩壊モデルを用いて、円弧すべり法に基づく安定計算、ニューマーク法による滑動変位量を試算し、擁壁の変位による道路の通行機能への影響を把握した。加えて、擁壁・カルバートの設計事例から設計における具体的な配慮事項や照査手法について整理した。

〔研究内容及び成果〕

1. 擁壁・カルバートの被災状況

擁壁・カルバートを用いて復旧した道路の災害復旧に関する資料454件のうち、被災前の構造形式が、擁壁のものが167件、カルバートのものが6件であった。擁壁の被災要因では、降雨56%、河川浸食37%で、両者で93%を占めた。降雨被災94件のうち、88%が表流水・排

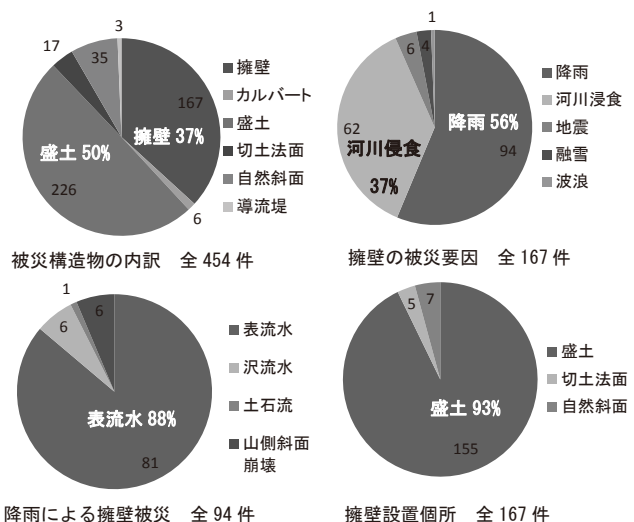


図-1 被災構造物の種類別と被災要因

水に起因していた。被災擁壁の93%が盛土上に設置されたものであった。(図-1 参照)

また、災害復旧資料から交通規制を緩和すると判断した要因の分析を試みた。今回用いた災害復旧資料では、被災構造物の諸元、応急復旧工事、最終変更の工事内容、交通規制実施状況を追跡できない場合が多い。そのため、災害復旧資料単独の資料収集では、被災構造物の性能と道路通行機能への影響を分析することが困難であった。道路管理者へのヒアリングで得られた

約30件の交通規制を変更すると判断した要因の分析から、全面通行止めから片側交互通行等への規制緩和の判断は、道路土工構造物の機能回復より、緊急輸送路や通学路指定の有無など、道路利用形態や道路の重要度が重視されていることがわかった。

2. 擁壁の交通機能への影響にかかる試算

降雨時及び地震時を対象とした試算を実施した。降雨時のケースでは、円弧すべり法に基づく安定解析と弾塑性FEM解析を使用した。地震時のケースでは、ニューマーク法により地震時の滑動変位量を算出し、擁壁の変状が通行機能へ及ぼす影響について検討した。

2.1 降雨時の検討結果

擁壁高、水位及び背面盛土の内部摩擦角を変化させて試算した擁壁の変状によるすべり面（赤線）と路面への影響範囲（路肩からの距離）の結果を図-2に示す。水位の影響が最も大きく、水位低の場合にはすべり面は発生しない。一方、擁壁高 $h=5\text{m}$ 、内部摩擦角 $\phi=30^\circ$ のケースで、路面への影響範囲は、水位中で 13.7m 、水位高で 27.1m となり、1車線もしくは2車線の広い範囲に影響を及ぼす結果となった。擁壁高 $h=10\text{m}$ の試算においても同様の傾向であった。

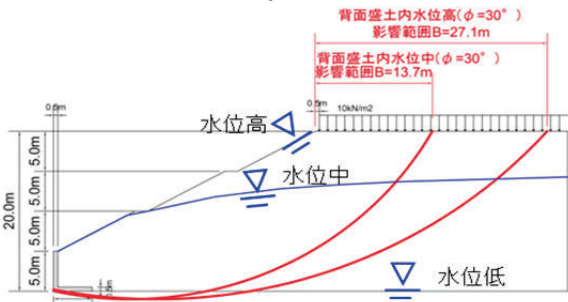


図-2 擁壁の変状が路面に及ぼす影響の範囲 (壁高 $h=5\text{m}$)

2.2 地震時の検討結果

擁壁高と滑動変位量の関係を図-3に示す。なお、背面盛土のせん断強度については、ひずみ軟化を考慮した場合についても試算を行なった。

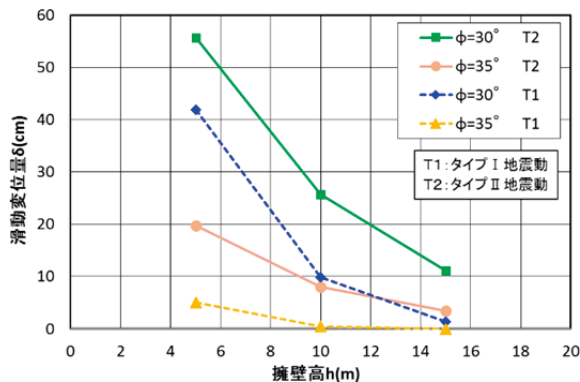


図-3 地震時の擁壁高と滑動変位量の影響

同じ盛土高において擁壁高が高くなるとすべり円弧が深くなり滑動変位量が減少すること、ひずみ軟化を考慮した試算（内部摩擦角 $\phi=30^\circ$ と $\phi=35^\circ$ にて比較）では締め固められた盛土のピーク強度が高い方が滑動変位量は小さいことを確認した。

2.3 弾塑性FEM解析の検討結果

擁壁高 $h=5\text{m}$ の滑動時の最大せん断ひずみ分布を図-4に示す。本試算より、擁壁高が低く路面からの離隔が大きい程、擁壁の滑動・転倒が路面に及ぼす影響が小さいことを確認した。

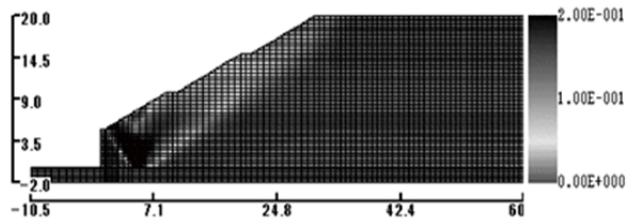


図-4 弾塑性 FEM 解析結果 ($h=5\text{m}$ ・滑動)

3. 擁壁・カルバート等の設計に関する整理

過去3年間の詳細設計の事例（直轄）をもとに、従来の設計手法の適用が困難な大型擁壁（高さ 8m 超）および「道路土工カルバート工指針」に示される「従来型カルバート」の適用範囲外の事例を抽出し、設計における照査手法について整理した。

3.1 擁壁の設計事例

擁壁の構造形式や地盤改良の有無などを考慮して事例を抽出し、照査手法を整理した。擁壁工指針に示された設計震度を用いた震度法による安定計算による照査事例が多く、ニューマーク法やFEM残留変形解析は盛土設計以外では実施されていない。

3.2 カルバートの設計事例

場所打ち・プレキャスト、ボックス・門型・アーチならびに基礎地盤の改良の有無、基礎形式などを考慮して事例を抽出し、照査手法を整理した。「下水道施設の耐震対策指針」（平成26年日本下水道協会）に準拠した応答変位法の採用事例が多かった。内空が本線やランプの事例では、地盤と構造物の非線形性を考慮した応答震度法や動的解析の適用例もあった。しかし、縦断方向の検討例および盛土による残留沈下、側方流動による地盤変状の影響を評価した例はなかった。

【今後の課題と成果の活用】

今後は、道路土工構造の要求性能に対する設計法の確立のために、さらに被災メカニズムを分析し、変形性能照査手法等に関する検討が必要である。

これらの検討成果は、道路土工構造物技術基準に定められた要求性能に対応した設計法の構築に活用する。

道路特性に応じた舗装の要求性能に関する調査検討

Study on pavement serviceability requirement based on road characteristics

(研究期間 平成28年度～30年度)

道路構造物研究部 道路基盤研究室
Road Structures Department,
Pavement and Earthworks Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

久保 和幸
Kazuyuki Kubo
谷口 聡
Satoshi Taniguchi
船越 義臣
Yoshiomi Funakoshi

This study aims to promote performance specification and advanced techniques of pavement construction. This fiscal year, repair cycle on the actual road was investigated to verify the performance of each repair method, and overseas literature survey was conducted to grasp overseas situation of required pavement performance and so on. As these results, no deference was found depending on the repair cycle and breakage level. Besides, this study confirmed that cracking, rutting and IRI were general indicators even internationally.

[研究目的及び経緯]

本課題では平成13年6月に制定された「舗装の構造に関する技術基準」のフォローアップを行うため、舗装の要求性能に関する研究を実施し、舗装工事の性能規定化を推進する他、舗装に関する新技術についても普及促進を図ることを目的としている。

平成29年度は、諸外国における舗装要求性能等の状況を把握するため文献調査、並びに補修工法別の性能を検証するため実道での修繕サイクルを調査した。

[研究内容及び研究成果]

1. 舗装の要求性能に関する海外文献調査

1.1 概要

舗装の要求性能に関する下記の各種項目について、海外文献調査を実施した。

- ① 維持修繕戦略(舗装の点検及び管理目標の設定/補修時における設計方法/維持修繕戦略の決定方法/維持修繕工法)
- ② 予防保全(意義、目的/タイミング/工法/効果)

1.2 調査対象地域の選定

調査対象地域は、国内外の調査資料の参照、文献・論文のインターネット検索により候補を複数抽出したうえで、調査項目を極力網羅し、個別調査項目に関する公表ベースの記載内容が具体的であると判断したドイツ(バイエルン州)、アメリカ(カリフォルニア州ロサンゼルス市)、ニュージーランドを選定した。

1.3 各国の舗装管理方法の調査結果

各国の舗装管理に関する調査結果を表1に示す。各国の点検項目でIRI、わだち掘れ、ひび割れが評価項目として採用されており、世界的に見ても一般的であることが確認できた。また、予防保全についてはロサンゼルス市において、PCIと呼ばれる総合指標により舗装の状態を把握しているが、状態の悪い箇所を優先的に補修する方針から転換し、図1に示すように予防保全として予算配分を「維持(表面処理・オーバーレイ等)に80%」、「修繕(打換え等)に20%」としている等の取り組みが行われており、2015年には対2005年比で「良い」状態の舗装が5%上昇する等の成果を挙げている。

表1 各国の舗装管理に関する調査結果

	ドイツ (バイエルン州)	アメリカ (カリフォルニア州ロサンゼルス市)	ニュージーランド
点検項目	IRI、わだち掘れ、ひび割れ、仮想水深、グリップ、パッチ補修箇所等	IRI、わだち掘れ等	すべり抵抗、IRI、わだち掘れ、きめ深さ、寄り
点検頻度	4年毎	3年毎	毎年
評価方法	測定データをもとに算出した総合評価点より対策必要性を判断	PCIスコアをもとにした5段階評価	平坦性、わだち掘れ、路面のきめ(テクスチャ)、すべり抵抗等を指標として設定
記録方法	バイエルン道路情報システム(BAYSIS)への登録	舗装マネジメントシステム(MicroPAVER)へ登録	舗装管理システム(RAMM)への登録及び各種記録シートの活用
公表内容	バイエルン道路情報システム(BAYSIS)の一部を一般公開	市道路局ホームページで、過年度及び当該年度における補修実施に関する情報や現在の状況を公開	舗装状態レポートに調査結果を公表

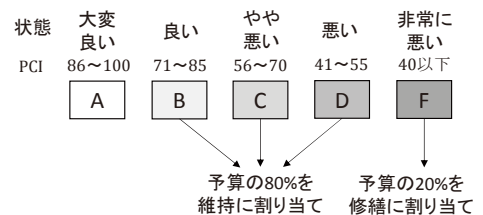


図1 予算配分計画の概念図(ロサンゼルス市)

2. 舗装修繕状況及び補修工法別標準使用年数

2.1 概要

平成26年度に集計された「舗装工事データ」と「路面性状データ」をマッチングして「解析対象区間データ」を作成し、アスファルト舗装（以下「As舗装」）、ポーラスアスファルト舗装（以下「Po舗装」）について、補修理由や補修工法、道路特性の組合せにて標準的な年数（以下、「標準使用年数」）等を整理した。

2.2 舗装修繕状況

表2に示すように、補修理由はAs舗装、Po舗装とも1～5位は同じで、1位は「ひび割れ」であった。Po舗装は、ひび割れ理由の補修延長割合がAs舗装より高く、かつわだち掘れ理由の補修延長割合は低い結果となった。

表2 補修理由の上位5工法と補修延長割合

順位	As舗装	Po舗装
1	ひび割れ(40%)	ひび割れ(46%)
2	破損その他(22%)	破損その他(25%)
3	わだち掘れ(19%)	わだち掘れ(8%)
4	占用復旧(2%)	占用復旧(3%)
5	平坦性(1%)	平坦性(2%)

()内は補修延長割合

交通区別では、As舗装を例にとると、図2に示すようにN5,N6,N7交通では、補修に至る供用年数15年未満の割合が半数を超えていたことから、大型車交通量が多いほど、供用年数が短くなる傾向が見られた。

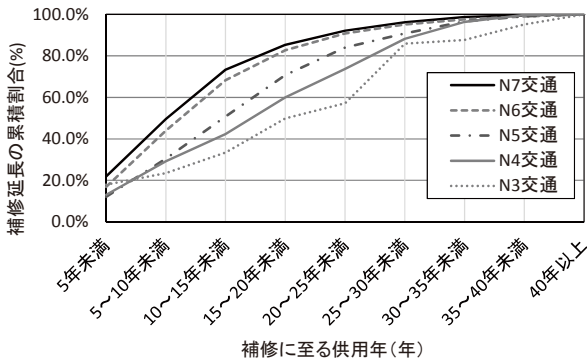


図2 交通区別の補修に至る供用年数別補修延長累積割合 (As舗装)

2.3 補修工法別標準使用年数の把握・整理

2.3.1 上位5工法

補修時に適用された上位5工法を抽出した結果を表3に示す。1位はAs、Po舗装ともに切削オーバーレイであり、As舗装の6割、Po舗装の8割を占めている。なお、2位以下はAs舗装とPo舗装で適用工法に違いが見られた。

表3 補修理由の上位5工法と補修延長割合

順位	As舗装	Po舗装
1	切削OVL(63.2%)	切削OVL(79.1%)
2	薄層OVL(11.7%)	打換え(9.4%)
3	切削薄層OVL(10.3%)	表層・基層打換え(5.7%)
4	OVL(9.7%)	OVL(3.9%)
5	打換え(5.2%)	上層路盤打換え(2.0%)

()内は補修延長割合
OVL: オーバーレイ

2.3.2 補修工法別標準使用年数の把握・整理

補修直前の路面性状値との組合せにて、解析ケースを設定し、各ケースの標準使用年数（補修に至る供用年数の平均的な値）を把握したところ、いずれの組合せも概ね10～20年であることがわかった。（表4参照）

表4 補修工法別・ひび割れ率階級別の標準使用年数の把握 (As舗装、切削オーバーレイ工法)

ケース	一般/雪害区分	交通区分	補修直前の路面性状値	標準使用年数(年)	レコード数	補修延長(km)	補修延長割合(路面種別ごと)
As 1	一般	C交通	ひび割れ率20%～25%	16.3	239	13.6	7.0%
As 11	一般	D交通	ひび割れ率20%～25%	15.6	152	9.0	4.6%
As 2	一般	C交通	ひび割れ率25%～30%	14.5	151	8.3	4.3%
As 12	一般	D交通	ひび割れ率25%～30%	12.8	97	5.8	3.0%
As 3	一般	C交通	ひび割れ率30%～35%	14.8	78	5.0	2.6%
As 13	一般	D交通	ひび割れ率30%～35%	14.8	44	3.2	1.7%
As 4	一般	C交通	ひび割れ率35%～40%	12.5	81	4.7	2.4%
As 14	一般	D交通	ひび割れ率35%～40%	13.3	46	2.9	1.5%
As 5	一般	C交通	ひび割れ率40%～	15.7	117	7.7	4.0%
As 15	一般	D交通	ひび割れ率40%～	12.7	46	2.5	1.3%
As 21	雪害	B交通	ひび割れ率20%～25%	17.9	56	4.1	2.1%
As 31	雪害	C交通	ひび割れ率20%～25%	12.1	270	15.0	7.8%
As 41	雪害	D交通	ひび割れ率20%～25%	13.6	66	4.1	2.1%
As 22	雪害	B交通	ひび割れ率25%～30%	18.9	50	4.3	2.2%
As 32	雪害	C交通	ひび割れ率25%～30%	13.5	194	10.0	5.2%
As 42	雪害	D交通	ひび割れ率25%～30%	13.5	78	4.7	2.4%
As 23	雪害	B交通	ひび割れ率30%～35%	19.7	29	2.1	1.1%
As 33	雪害	C交通	ひび割れ率30%～35%	12.3	134	7.3	3.8%
As 43	雪害	D交通	ひび割れ率30%～35%	13.4	52	3.4	1.7%
As 24	雪害	B交通	ひび割れ率35%～40%	19.8	23	2.0	1.0%
As 34	雪害	C交通	ひび割れ率35%～40%	13.1	86	4.3	2.2%
As 44	雪害	D交通	ひび割れ率35%～40%	13.1	33	2.1	1.1%
As 25	雪害	B交通	ひび割れ率40%～	20.5	54	4.4	2.3%
As 35	雪害	C交通	ひび割れ率40%～	13.3	112	6.9	3.5%
As 45	雪害	D交通	ひび割れ率40%～	14.3	110	7.9	4.1%

注) D,C,B交通はそれぞれN7,N6,N5交通を指す

3. まとめ

舗装の要求性能等に関する海外の状況としては、ひび割れやわだち掘れ等の管理指標が世界的に見て一般的であることや、予防保全重視の例が確認できた。また、国内の実道における修繕サイクルを調査した結果、大型車交通量が多いほど標準使用年数が短くなる傾向が見られた。

次年度は、構造特性毎に発生する舗装の不具合調査・整理する他、これまでの調査結果をもとに、舗装種別や道路構造に応じた舗装の要求性能等について検討を進める予定である。

[成果の活用]

研究成果については、舗装点検要領等の技術基準の改定等に反映予定。

設計基盤地震動と地盤震動特性の評価手法の検討

Study on design bedrock earthquake motion and evaluation of ground shaking characteristics
(研究期間 平成 27～29 年度)

道路構造物研究部 道路地震防災研究室
Road Structures Department
Earthquake Disaster Management Division

室長
Head
研究官
Researcher
研究員
Research Engineer

片岡 正次郎
Shojiro KATAOKA
猿渡 基樹
Motoki SARUWATARI
石井 洋輔
Yosuke ISHII

Design bedrock earthquake motion is required for seismic design based on ground-structure earthquake response analysis. This study aims to evaluate ground shaking characteristics during major earthquakes and propose design bedrock earthquake motions taking account of the characteristics.

【研究目的及び経緯】

既設道路橋基礎の耐震補強の際、地盤と一体での照査により合理的な補強設計が可能となるものがあることから、基盤面の地震動の特性値（以下、設計基盤地震動）の設定が求められている。本研究は、取得した強震記録の分析により地盤震動特性を評価し、平成 29 年道路橋示方書で規定されているレベル 2 地震動（以下、L2 地震動）をはじめ、現行の耐震基準と整合する設計基盤地震動の提案を目的としている。

29 年度は、過年度に提案したものを含めた設計基盤地震動の素案を用いて地表面の地震動を算出した。さらに、地盤と橋を一体モデルとした地盤－橋全体系で耐荷性能の照査を実施し、現行基準との整合を確認するとともに、照査の際に留意すべきパラメータの設定等を把握した。また、道路施設に設置された強震計の点検と地震記録の回収を行った。

【研究内容】

1. 地表面の地震動の評価

検討した地震動の加速度応答スペクトルを図-1 に示す。過年度提案した設計基盤地震動ケース 1 の他、ケース 2 および L2 地震動(I 種地盤)を用いて、それぞれを入力した際の地表面地震動のばらつきを確認した。基盤面で得られている波形に対し、加速度応答スペクトルに一致するように振幅調整した入力波（以下、基盤地震動）を、27 波作成した。それらを道路橋示方書に示される耐震設計上の地盤種別 I～III 種地盤の地盤モデル 15 ケースの基盤位置で作用させ、地表面地震動を算出し、解析結果を L2 地震動と比較した。

2. 基盤地震動を用いた耐荷性能の照査

地盤と橋脚等で同時に地震観測を実施している橋梁

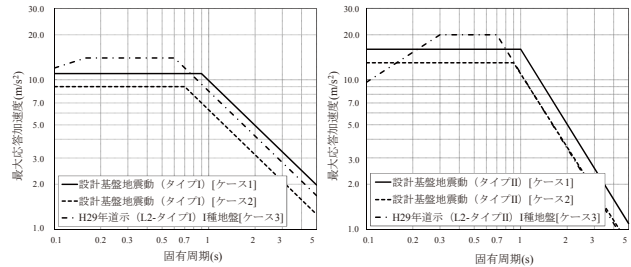


図-1 検討した地震動の加速度応答スペクトル

(2 橋)を対象に、周辺地盤－基礎構造－橋脚－支承－上部構造系の動的解析モデル（以下、解析モデル）を作成した。検討対象の一つで、国総研で強震計を設置した杭基礎を有する橋梁の解析モデルを図-2 に示す。解析モデルは、地盤は平面ひずみ要素、橋の上部構造は線形はり要素、杭基礎はファイバー要素でモデル化した。地盤の動的変形特性は、N 値より既往文献で提案されている算出式で求めた値を用いた。作成した解析モデルの再現性を確認するため、今年度対象橋梁で実測された強震記録を入力地震動とした地震応答解析を行った。さらに、算出した解析値が実測値に近づくように解析モデルを修正した。

基盤地震動(27 波)を用いて、基盤位置で作用させる地震応答解析を行い、基盤地震動を用いた照査を実施した。地表面の地震動を算出し、解析結果を L2 地震動と比較したほか、地盤と基礎構造物の地震応答に着目し、曲率等で現行の照査を満たしているか確認した。

【研究成果】

1. 地表面の地震動の評価

I 種地盤の地盤モデルの解析結果を図-3 に示す。設計基盤地震動ケース 1 を作用させた場合は、タイプ I, II とも固有周期 0.3～0.7s 付近で L2 地震動と同等の値が得られた。I 種地盤のような固い地盤は、

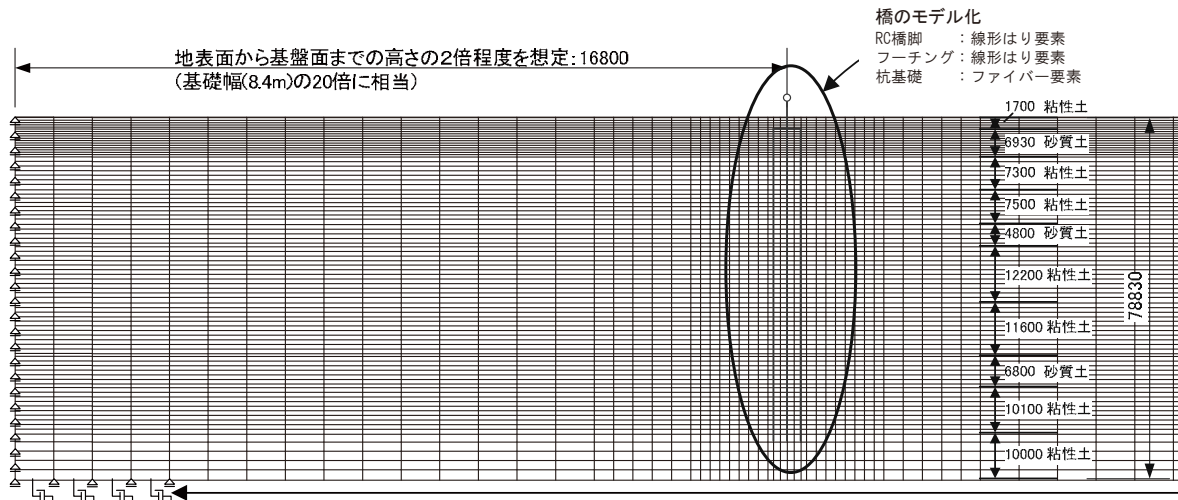


図-2 検討対象とした解析モデル（右側一部省略、単位 mm）

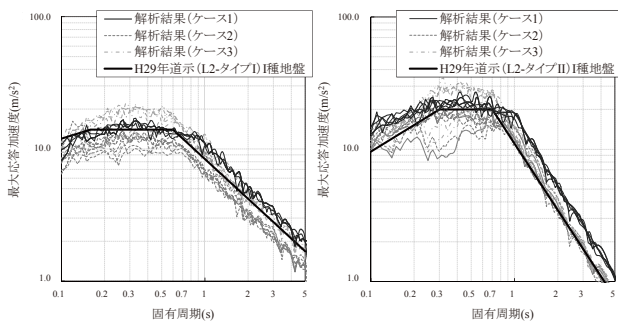


図-3 I 種地盤の地盤モデルより算出した地表面の地震動の加速度応答スペクトル

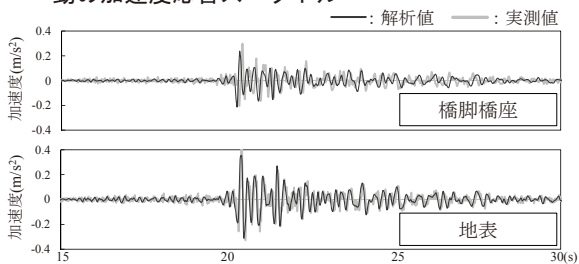


図-4 実測された強震記録を入力地震動とした地震応答解析結果と実測値の比較（H29. 11. 11. 1:38 宮城県沖）

各設計基盤地震動のケースごとで近似する傾向が得られたが、III 種地盤のモデルで算出した地震動は図-3 に示した結果よりばらつきが多かった。ばらつきの発生要因に、使用した III 種地盤のモデルで、地盤の最大せん断ひずみが大きくなる層がみられたことが挙げられる。最大せん断ひずみが大きくなる軟弱地盤では、パラメータの設定に留意する必要がある。

2. 基盤地震動を用いた耐荷性能の照査

実測された強震記録を入力地震動とした地震応答解析を実施し、解析モデルの再現性を確認した。そして、支承の特性を踏まえ、実測値に近似するように解析モデルのパラメータを調整した。解析値と実測値の比較を図-4に示す。調整した解析モデルは、実際の地震応答をある程度再現できている。

基盤地震動での照査を行い、地表の地震動や杭の応答を算出した。設計基盤地震動ケース1を入力した際の杭の曲率での照査結果を図-5に示す。タイプI, IIの曲率とも終局曲率 ϕ_u を超えることがなく、最大でも ϕ_u の

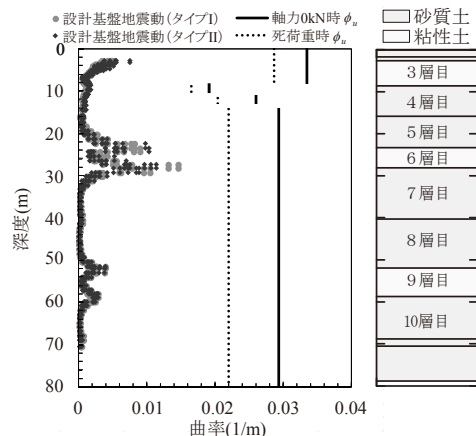


図-5 設計基盤地震動ケース1を作用させた場合の杭の地震応答（曲率に着目）

60~70%程度である。ただし、深度20~30m付近に着目すると、他の地層と比較して曲率が大きくなる箇所も存在する。これは、対象橋梁がIII種地盤に架橋されていることから、1. の解析結果同様、地盤の最大せん断ひずみが大きくなる層が原因であると考えられる。基盤地震動を用いた照査は、地盤の最大せん断ひずみが解析結果に大きく影響を与えることが考えられ、解析時に最大せん断ひずみの影響を精度よく再現することが重要である。

27~29年度は、取得した強震記録の分析により設計基盤地震動を提案し、照査に用いる際の留意点を考察した。今年度の成果を踏まえ、設計基盤地震動を用いた照査手法の提案に向け、以下の検討が必要である。

- ① 地盤の最大せん断ひずみを精度よく再現できるようにする地盤パラメータの把握
- ② ①を踏まえた地盤-橋全体系の照査に用いる地盤パラメータの設定および設定に必要な地質調査の内容
- ③ 設計基盤地震動を用いた耐震設計の導入の影響

[成果の活用]

地盤のパラメータの設定による解析結果の影響等、地盤地震動特性の評価手法を取りまとめた上で、設計基盤地震動を用いた既設道路橋の照査法の体系化を行い、道路橋耐震補強便覧等に成果を反映する。

道路事業における入札・契約制度の改善効果の評価に関する検討

Study on the evaluation of improvement effect on the bidding and contracting system

(研究期間 平成 28~30 年度)

社会資本マネジメント研究センター 社会資本マネジメント研究室

Research Center for Infrastructure Management Construction and Maintenance Management Division

室長 中尾 吉宏

Head, Yoshihiro NAKAO

主任研究官 菊田 友弥

Senior Researcher, Tomoya KIKUTA

研究官 鈴木 貴大

Researcher, Takahiro SUZUKI

交流研究員 大沼 孝之

Guest Research Engineer, Takayuki ONUMA

主任研究官 富澤 成実

Senior Researcher, Narumi TOMISAWA

研究官 島田 浩樹

Researcher, Hiroki SHIMADA

交流研究員 尾浦 猛人

Guest Research Engineer, Taketo OURA

The Quality and Cost Based Selection (QCBS) has merits such as improvement of quality of infrastructures through the competition not only by price bidding but also by advantage of technical proposal. The objective of this study is to develop evaluation methods for improvement effects of the QCBS.

〔研究目的及び経緯〕

「公共工事の品質確保の促進に関する法律」の成立を契機に、国土交通省発注の工事では、平成 17 年度より総合評価落札方式を拡大し、現在では、ほぼ全ての工事で同方式を適用している。また、調査・設計等業務においても、平成 20 年度より発注方式の 1 つとして同方式を本格導入している。

国土技術政策総合研究所では、工事及び調査・設計等業務の入札・契約制度を研究しており、国土交通省の各地方整備局等から情報収集した入札・契約の実施状況をモニタリングすることにより、これまでの改善策の効果計測や、新たな課題の抽出等を行っている。本稿では、工事の入札・契約に関する動向、制度改善に向けた取組の分析結果を報告する。

〔研究内容及び成果〕

1. 入札・契約の実施状況

国土交通省発注工事においては、平成 19 年度以降ほぼ全ての直轄工事で総合評価落札方式が適用されており、平成 25 年度からは契約タイプを技術提案評価型(S型、A型)と施工能力評価型(I型、II型)に大きく区分した運用を開始

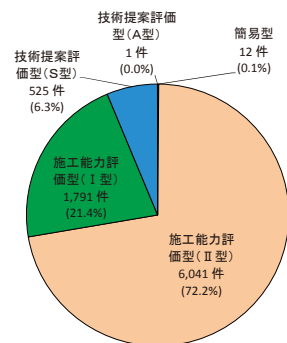


図-1 H28 年度の実施状況

している。平成 28 年度の実施状況を図-1 に示す。契約タイプ別で最も多いのは施工能力評価型(Ⅱ型)の 6,041 件、続いて施工能力評価型(Ⅰ型)の 1,791 件であり施工能力評価型が総合評価落札方式適用工事全体に占める割合は 9 割を超えている。

2. 評価項目に関する分析

本稿では、より工事条件等に合った適切な技術力の評価項目等を検討するため、発注件数の大部分を占める施工能力評価型に着目し、評価項目(企業の能力等、技術者の能力等)やその配点(割合)、評価結果等に関する分析を行った結果を平成 29 年度成果の一例として報告する。

2.1 分析対象データ

対象データは、地方整備局等(各地方整備局、北海道開発局、内閣府沖縄総合事務局)の平成 26 年度~平成 28 年度契約工事のうち施工能力評価型の主要 4 工事種

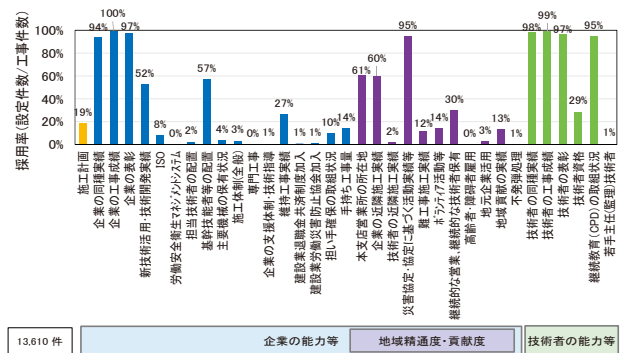


図-2 評価項目別の採用率

別(一般土木、アスファルト舗装、鋼橋上部、プレレスト・コンクリート) 13,610 件の中から、採用率(設定件数/工事件数)90%以上の評価項目(「企業・技術者の実績」「企業・技術者の成績」「企業・技術者の表彰」「CPDの取得状況」「災害協定等」)が全て設定されている工事(11,692件)とした。(図-2 参照)

2.2 評価項目の配点状況

施工能力評価型(I型)では、事務的負担軽減のため簡易な施工計画を「可」又は「不可」で評価しているが、一部で加点評価を行っている工事もあることから加点評価の有無で区分し評価項目の配点(割合)内訳を整理した(図-3)。①施工計画を加点評価しない工事の配点シェアは、「企業の能力等+地域精進度・貢献度」と「技術者の能力等」が同等であり、②施工計画を加点評価する工事では、「企業の能力等」と「技術者の能力等」が同等に設定されている。

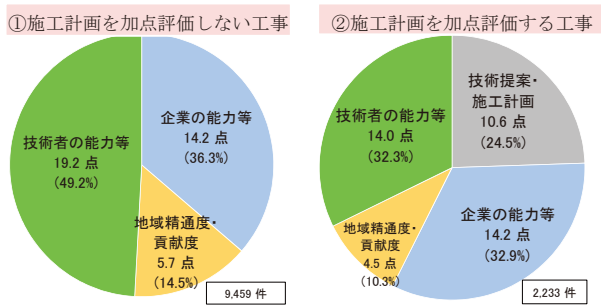


図-3 評価項目の配点(割合)内訳

2.3 落札者の決定要因として影響のある評価項目

図-3のデータ件数が多い①に着目し、競争参加者の評価項目別の得点(率)の状況を分析した結果を図-4に示す。評価項目別に入札時の得点率が高い競争参加者に着目すると、地域精進度・貢献度では、高得点者の割合が多く、落札者と非落札者の得点率の差は付きにくい。また、企業の能力等、技術者の能力等では、落札者と非落札者の得点率の差が付き易く、特に配点割合が高い技術者の能力等が、落札者の決定要因とし

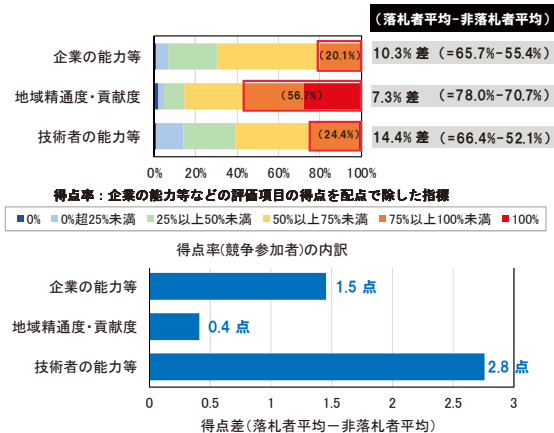


図-4 評価項目の得点(率)の状況

て影響が大きい評価項目と考えられる。

2.4 評価項目の得点率と完成時の工事成績の関係

落札者の入札時の評価と完成時の工事成績の関係を図-5に示す。企業の能力等、技術者の能力等のいずれも入札時評価の得点率が高いほど完成時の工事成績が高まる傾向が見られることから、工事的目的物の品質確保に寄与する評価項目と考えられる。一方、地域精進度・貢献度については、入札時評価の得点率が高いほど完成時の工事成績が高まる顕著な傾向は見られないものの、地域のインフラを支える企業の育成・確保の観点から重要な評価項目と考えられる。

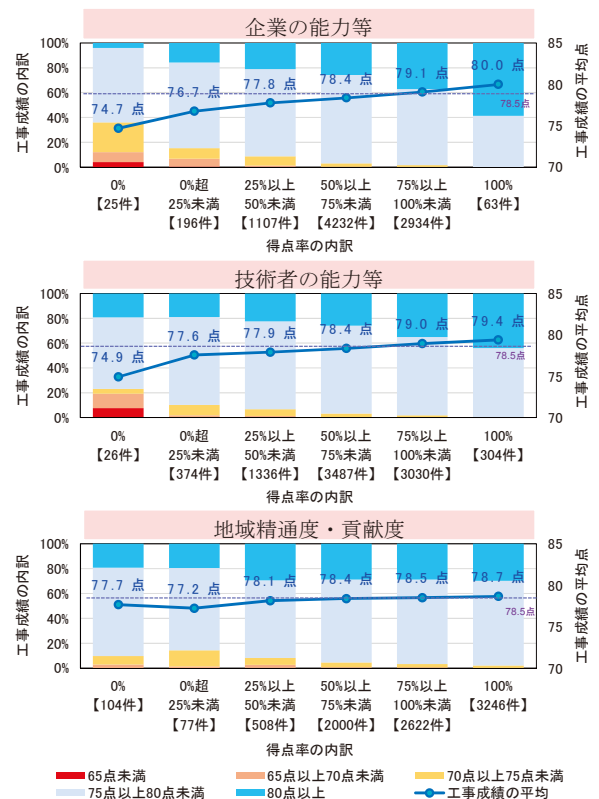


図-5 落札者の入札時評価と完成時の工事成績の関係

※採用率90%以上の項目を全て設定している工事(11,692件)のうち、工事成績が評定済みの8,557件の工事を対象に整理

[成果の活用]

国土交通省発注の工事の入札・契約の実施状況については、年次報告としてとりまとめ「総合評価方式の活用・改善等による品質確保に関する懇談会」に報告するとともに、ウェブサイト上 (http://www.nilim.go.jp/lab/peg/sougou_hinkakukon.html) で公表した。

また、今回の分析は、品質を確保しながら担い手確保や働き方改革等の政策推進に関連した評価項目を今後いかに取り入れていくかの検討等に活用していく。

CIM 展開のための 3 次元データ利活用の高度化に関する調査

Research on highly utilizes 3D data for spread CIM

(研究期間 平成 29～31 年度)

社会資本マネジメント研究センター
社会資本情報基盤研究室
Research Center
for Infrastructure Management
Information Platform Division

室長	関谷 浩孝
Head	Hiroataka SEKIYA
主任研究官	青山 憲明
Senior Researcher	Noriaki AOYAMA
研究官	川野 浩平
Researcher	Kohei KAWANO
交流研究員	北川 大喜
Guest Research Engineer	Daiki KITAGAWA

The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism is working on the introduction and diffusion of CIM (Construction Information Modeling / Management). In this research, the authors study the inspection simulation of bridges, the management method of inspection results, and the information sharing of the entire construction production process.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、インフラの安全安心と建設生産性の向上を図るために 3 次元モデルを活用した建設生産システムを構築し、公共調達の品質向上、コスト縮減、維持管理の高度化を達成することを目標として、CIM (Construction Information Modeling / Management) の導入普及に取り組んでいる。具体的には、CIM 導入推進委員会を設置し、CIM の運用に関する基準として「CIM 導入ガイドライン」や「CIM 事業における成果品作成の手引き」等を策定してきた。

しかしながら、3 次元モデルの利活用については、設計・施工段階での利活用が進み、その有効性も確認されつつあるが、維持管理での利活用および建設生産プロセス全体で 3 次元モデルを円滑に利活用する方法やその有効性については、未だ十分な検証が行われていない。

そこで、本研究では、3 次元モデルの維持管理における利活用場面として、橋梁点検が確実に実施できる構造物の設計を支援する事を目的とした橋梁 3 次元モデルの点検等シミュレータや、橋梁点検の結果を効率的に管理するシステムの機能要件および運用案を検討する。また、建設生産プロセス全体で 3 次元モデルを情報共有する情報共有システムの機能要件および運用案について検討を実施するものである。

〔研究内容〕

1. 点検等シミュレータの機能要件・運用方法の検討

本検討では、点検等シミュレータで必要となる機能

を明らかにするため、点検等シミュレータの利用場面と、利用場面に応じた利用目的を整理した。また、従来の橋梁設計や点検計画立案の場面で要点となる項目を整理し、点検等シミュレータが確認すべき項目とそれに対応した機能要件を整理した。

2. 点検結果を CIM モデル上で効率的に管理するシステムの機能要件・運用方法の検討

本検討では、橋梁点検の結果を CIM モデル上で効率的に管理する方法を整理するため、点検記録結果をテキストデータと非テキストデータに分類し、格納フォルダの構成および CIM モデルへの紐付け方法の比較案を作成した。

3. 建設生産プロセス全体での情報共有システムの機能要件・運用方法の検討

本検討では、国内外の 3 次元モデルを閲覧できる既存の情報共有システムを調査した。また、建設生産プロセス全体での情報共有システムの利用場面とそれに対応した機能要件を整理した。

〔研究成果〕

主な研究成果の概要を以下に示す。

(1) 点検等シミュレータの利用場面及び機能要件

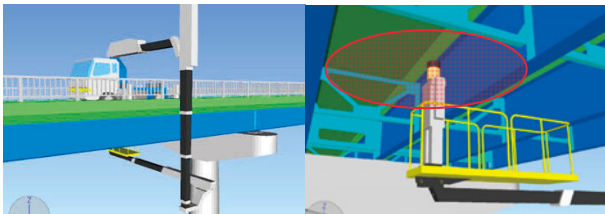
点検等シミュレータの利用場面を表-1 に示す。また、点検等シミュレータが確認すべき項目の整理結果の抜粋を表-2、それに対応した機能要件の抜粋を図-1 に示す。

表-1 点検等シミュレータの利用場面

利用場面①	設計者が、維持管理の点で設計の品質を証明する（点検路、点検口、点検作業車などの各方法で近接目視可能な範囲の割合を示すなど）。
利用場面②	道路管理者が、パトロールカーによる通常巡回や徒歩による定期巡回等に併せて日常的に行われる点検を確実に実施出来ることを確認する。
利用場面③	点検業者が、点検作業計画の立案に利用する。

表-2 確認項目（一部抜粋）

設計時の検討内容	確認項目
橋梁点検車を用いた点検方法	<ul style="list-style-type: none"> 橋面の状況（歩道の有無、防護柵高さ等） 設置位置の路面状況（歩道上は設置不可等） 配置可能箇所の表示。 橋梁点検車の稼働範囲



- 各規格の橋梁点検車をモデル化し、CIMモデル上で作業半径やブームの移動等を再現することができる。
- 既設構造物と橋梁点検車のブームが干渉しているかチェックすることができる。
- 橋梁点検車による近接目視可能な範囲を表示することができる。

図-1 点検等シミュレータの機能要件（一部抜粋）

(2) 点検結果を CIM モデル上で管理する方法の比較案

本検討では、表-3 に示す 2 つの比較案を作成した。比較案では、点検結果の紐付け方法を「外部リンク」と「モデル付与」、紐付けする単位を図-2 に示す「構造全体」、「構成分単位」および「部材単位」の 3 つに分類し、それに対する「紐付け方法」と点検対象の「紐付け単位」によって大別した。

表-3 点検結果を CIM モデル上で管理する方法案

点検区分		ケース 1	ケース 2
定期点検	紐付け方法	外部リンク	外部リンク
	紐付け単位	クラス 2 (構成分単位)	クラス 1 (構造全体)
個別の点検結果	紐付け方法	モデル付与	外部リンク
	紐付け単位	クラス 3 (部材単位)	クラス 2 (構成分単位)

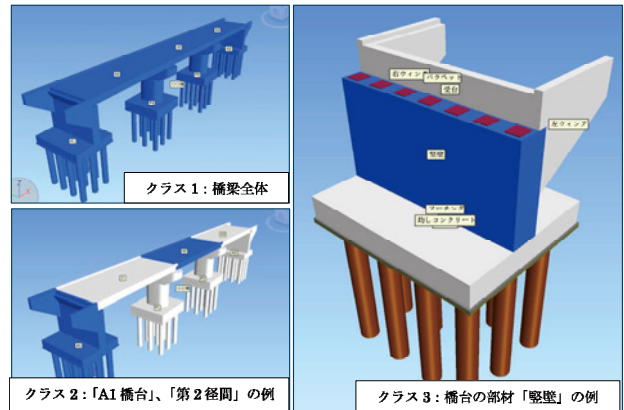


図-2 橋梁の紐付け単位（クラス構造）の例

(3) 建設生産プロセス全体での情報共有システムの利用場面及び機能要件

情報共有システムを利用する場面の整理結果を図-3、場面ごとに必要な機能要件を表-4 に示す。

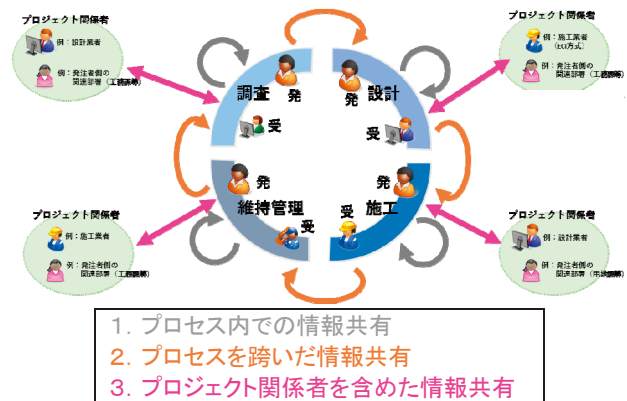


図-3 情報共有システムを利用する場面の整理結果

表-4 場面ごとに必要な機能要件（一部抜粋）

利用場面	必要な機能要件
プロジェクト関係者を含めた情報共有	<ul style="list-style-type: none"> 受発注者間の資料貸与・提出を効率化できること。(例：共有フォルダに類する機能) 関係者間のコミュニケーションを円滑化できること。(例：掲示板に類する機能) 発注者からの指示事項、受注者からの連絡事項をモデル上に追記・共有できること

【成果の活用】

「建設生産プロセス全体での情報共有システムの利用場面及び機能要件」は、平成 30 年 3 月に公開した「業務履行における受発注者間の情報共有システムの機能要件」に検討成果の一部を反映した。また、「点検等シミュレータの利用場面及び機能要件」、「点検結果を CIM モデル上で管理する方法の比較」は、今後は現場試行を通じて更なる検証を実施し、実務への反映を図る。

道路整備等の生産性向上に資するロボット及び ICT 技術の利活用に関する調査

Survey on utilization of robot and ICT technology that contributes to productivity improvement such as road construction

(研究期間 平成 28～31 年度)

社会資本マネジメント研究センター
社会資本施工高度化研究室
Research Center
for Infrastructure Management
Advanced Construction
Technology Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

森川 博邦
Hirokuni MORIKAWA
杉谷 康弘
Yasuhiro SUGITANI
川邊 好世
Yoshitugu KAWABE

In this research, on high-density measurement point cloud data acquired in three-dimensional ground-breaking survey and three-dimensional work progress management, the specification of the software which processes data and the method to make effective use in supervision and inspection was considered.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、i-Construction 施策として、平成 28 年度から ICT 土工を、平成 29 年度から ICT 舗装工を導入している。これら ICT 活用工事では、①3 次元起工測量、②3 次元設計データ作成、③3 次元出来形管理等の施工管理、④3 次元データの納品の各段階で ICT 技術を活用することとしている。

本研究では、3 次元起工測量や 3 次元出来形管理等において使用される 3 次元座標計測技術のうち、高密度（10cm 四方に 1 点以上）での座標計測が可能な、空中写真測量（無人航空機）やレーザースキャナーで取得した計測点群データについて、データ処理を行うソフトウェアの仕様や、監督・検査で有効活用する手法について検討を行った。

〔研究内容・研究成果〕

1. 多点計測技術を用いた出来形管理に関するソフトウェア要求仕様書等の作成

データ量の多い点群データを出来形管理で使用するためにはデータを処理するソフトウェアが必須である。そのため、必要な機能が搭載され、かつデータ処理プログラムのロジックが適正であるソフトウェアが市場に供給される必要がある。そうした環境を整えるため、ソフトウェアに必要な機能について要求仕様を作成するとともに、ソフトウェアが適切に動作することを確認するためのサンプルデータ、確認手順等を作成した。

(1) ソフトウェア要求仕様書の作成

「地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（舗装工事編）」（以下「要領」という）に基づいて

施工される舗装工事において、計測データを処理するためのソフトウェアが備えるべき機能を要求仕様として整理した。ソフトウェアは、点群処理ソフトウェア、出来形帳票作成ソフトウェア、出来高算出ソフトウェアで構成されている。それぞれのソフトウェアの機能及びデータの処理フローを図-1～3 に示す。舗装工事の出来形管理において特に注意すべきところは、①出来形管理を「厚さ」で管理する場合と、「標高較差」で管理する場合があること、②出来形管理の対象が、下層路盤、上層路盤、基層、表層と層状にあること、③点群データから評価に使用する代表点を抽出する方法が複数あること等がある。ソフトウェアベンダーがソフトウェアを作成する際に、これらの内容を適切に理解し、間違った解釈をすることがないように注意して仕様を整理した。

(2) 機能確認のためのサンプルデータの作成

サンプルデータは、ソフトウェアに入力する入力データ（図-1～3 で「入力」に該当するデータ）と、その入力データを要求仕様書に則って正しく処理した場合の正解値（図-1～3 で「出力」に該当する値や帳票）で構成されている。サンプルデータは、図-4 の道路設計に対して、実際の出来形を想定して計測点群データ等を作成した。計測点群データの一例を図-5 に示す。要領に従い、10cm 四方に 1 点の密度で配置し、それぞれの点に 3 次元座標（x, y, z 座標）を付与している。これらを出来形帳票作成プログラムで処理した場合の帳票の正解例は図-6 のようになる。

(3) 機能確認ガイドラインの作成

ソフトウェアベンダーの開発したソフトウェアが要求仕様を満たしているかどうかの確認は、開発者がサ

ンプルデータを使って自主的に行うことを想定している。そのため、サンプルデータの仕様や、サンプルデータを使った確認手順、チェックリストを作成した。

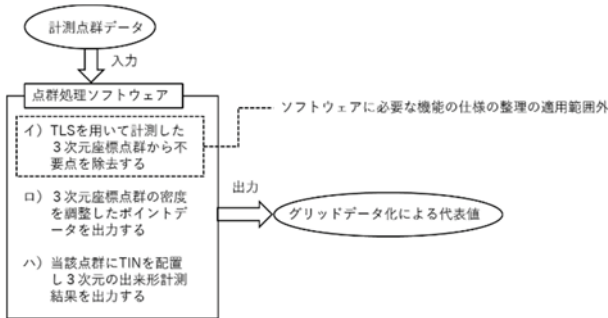


図-1 『点群処理ソフトウェア』の機能

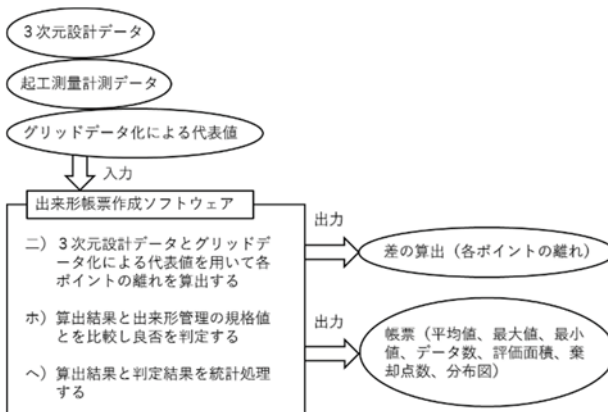


図-2 『出来形帳票作成ソフトウェア』の機能

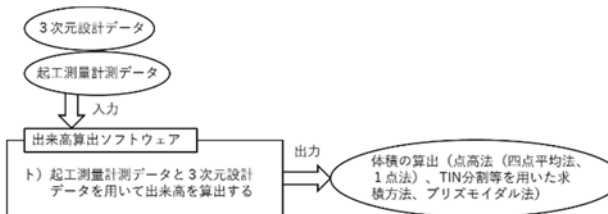


図-3 『出来高算出ソフトウェア』の機能

2. 監督・検査で活用するソフトウェアの検討

ICT活用工事では、3次元設計や3次元出来形管理が行われているが、監督員や検査官が確認するときには、図-6のような2次元（紙で印刷できる形式）の情報で活用されることが多い。そのため、監督・検査で3次元情報をタブレット等の情報機器で手軽で便利に使えるソフトウェアの機能について検討を行った。最低限必要と考えられる機能を表-1に示す。

【成果の活用】

要求仕様等は、平成30年度に業界団体との意見交換等を行った上で、「多点計測技術を用いた出来形管

理に関するソフトウェアの機能要求仕様書（ICT舗装工事編）」として公表する予定である。

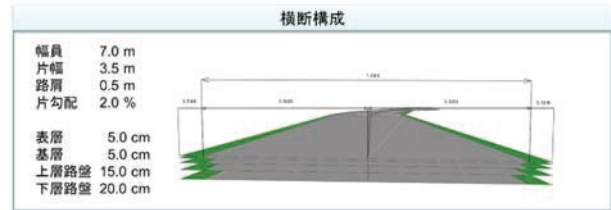


図-4 サンプルデータ（道路設計）

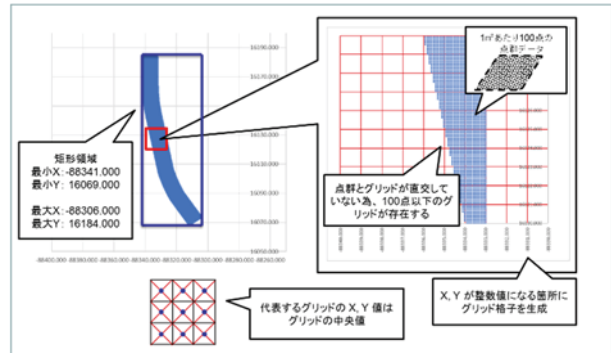


図-5 サンプルデータ（計測点群データ）

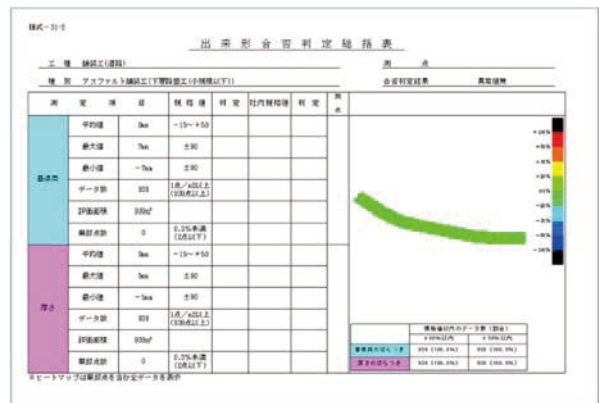


図-6 サンプルデータ（出来形管理帳票）

表-1 ソフトウェアの機能一覧

項目	内容
①点群データの読み込み	CSV、LAS、LandXML（色、反射強度） 複数ファイル
②点群の表示機能	拡大、縮小、移動、回転 複数ファイル（個別、全体）
③設計データの読み込み	TSF-XML
④設計データの表示	TIN、TSF-XML（設計形状のフレームのみ）、横断面抽出、寸法確認
⑤点群と設計データの表示	読み込んだ点群と設計モデルの表示を選択 表示した点群の色データ、反射強度で色分け表示 表示した点群やモデルを標高で色分け
⑥横断面の抽出、横断面上の寸法、設計との標高差	横断面を任意設定して指定 設計モデルの線・交点から指定
⑦立会い点ファイルの読み込み	TS等による立会の計測点の読み込み 立会写真や資料等の関連付け
⑧立会い点ファイルの表示	TS等による立会の計測点の表示 立会点と設計高さとの比較