

## 令和2年度 調査研究助成事業「成果報告書」の発刊にあたって

少子高齢化、人口減少時代を迎える中、近年における洪水被害の激甚化や広域化への対応とともに、長引く新型コロナウイルスへの感染拡大防止対策が重視されています。

そのため、安全・安心の確保に配慮した質の高い更なる社会資本整備の効率的かつ効果的な推進が求められています。

このような状況下、今回の調査研究成果が建設事業に反映され、建設事業に関する調査研究が促進されることが今後の豊かで安全・安心な社会生活の実現に寄与するものと確信しております。

一般社団法人九州地域づくり協会では、平成15年度より、九州地方の地域特性を踏まえた土木技術的な課題について、大学・国立工業高等専門学校を対象にした土木技術等の調査研究等を行う研究者に対して、若手研究者の育成にも考慮した一般公募を行い、調査研究の一部を助成しています。

その間、本調査研究より、新技術・新材料の開発や特許申請などがなされるなど、その成果が着実に現れ、当協会の活動は土木技術に携わる研究者より期待されています。

本成果報告書は、令和2年度の調査研究助成の応募13件より、研究等助成審査委員会において採択された3件の助成対象課題について、その成果報告（概要版）を収録したものです。

ご一読頂き、皆様の知識と技術の幅を広げるための参考として活用いただければ幸いです。

今後とも、当協会の研究開発制度に対し、格別のご理解、ご支援を賜りますようお願い申し上げます。

令和3年8月吉日

一般社団法人 九州地域づくり協会  
企画部

# 令和2年度 調査研究助成事業成果報告書

## 目次

1. 調査研究助成事業について	
1 - 1 助成事業の概要	3
1 - 2 募集、応募状況	4
1 - 3 助成テーマの選定結果	5
1 - 4 研究等助成審議委員会名簿	6
(令和2年度 九州地域づくり協会調査研究等助成事業)	
2. 審議委員会及び報告会の経緯	7
3. 発表課題と評価の概要	11
4. 報告会講評	15
5. 成果報告 (概要版)	
令和2年度 調査研究等助成者	
5 - 1 連続波高出力レーザー処理による重度腐食部材の損傷蘇生と防食皮膜の高耐久性化の実現	21
九州大学大学院工学府 都市環境システム工学専攻 庄 樹森	
5 - 2 詳細解析による地震時複合荷重作用下の鋼製支承の挙動と終局状態の解明	27
九州大学大学院工学研究院 社会基盤部門 玉井 宏樹	
5 - 3 太陽光の効率的利用による下水道管きょ内の有機物分解技術の開発	33
熊本大学 くまもと水循環・減災研究教育センター 地下水循環部門 伊藤 紘晃	

## 1. 調査研究助成事業について

# 【 令和2年度 調査研究助成事業 募集要項 】

## 1-1 助成事業の概要

### 1、[趣 旨]

国際化、情報化等の進展に伴い、国民のニーズが多様化する中で、適切な国土管理及び円滑な社会資本整備の進め方などに寄与するために、土木技術全般に関わるハード及びソフト両面についての調査研究とし、若手研究者の育成も兼ねて、九州地区の大学・工業高等専門学校に対して募集し、それに要する費用を助成するものです。

### 2、[募集テーマ]

#### 1)一般テーマ

土木技術全般に関わる新分野の取り組み等のハード及びソフト両面についての調査研究とします。

#### 2)特定テーマ

##### ①地域の活性化・再生

人口の減少、高齢化や産業の衰退などにより悩む地域の活性化、地域の自立を図る基盤整備、魅力ある観光地の創出、よりコンパクトな市街地への再生、コミュニティによる活力あるまちづくりなどが求められています。

そこで(1)社会的課題解決に向けた住民、NPO、大学、行政が連携して、取り組むまちづくり

(2)観光などの産業振興や高齢社会及び訪日外国人を支援する社会資本づくりとそのあり方

(3)地方創生、過疎地域の活性化対策

などの幅広い分野におけるハード及びソフト両面からの調査研究とします。

##### ②インフラの老朽化対策及び生産性向上方策

政府は2013年を「社会資本メンテナンス元年」と位置づけ、これまでにインフラ長寿命化基本計画に基づき行動計画や具体的な点検・修繕計画を展開中です。

さらに国土交通省では、2016年を「※生産性革命元年」と位置付け、社会全体の生産性向上につながるストック効果の高いインフラ整備・活用や、関連産業の生産性向上、新市場の開拓を支える取組を加速化しています。

これらを踏まえたインフラの老朽化対策における堅実な取組み及び生産性向上方策の取組みに対するハード及びソフト両面からの調査研究とします。

(※国土交通省HP [http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/sosei\\_point\\_tk\\_000021.html](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/sosei_point_tk_000021.html) 参照、

「国土交通省生産性革命プロジェクト」にてパンフがダウンロード出来ます)

##### ③九州地域等における防災・減災対策

近年の激甚化している災害により全国で大きな被害が頻発している状況から、平成30年12月14日に「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策 ※」が閣議決定されており、九州地域等におけるハード対策及びソフト対策として社会インフラを預かる関係機関の備え方や市民への働きかけ、さらにはボランティアのあり方など、多くの切り口からの調査研究とします。

(※ 国土交通省HP [http://www.mlit.go.jp/report/press/sogo01\\_hh\\_000028.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/sogo01_hh_000028.html) 参照)

### 3、[応募方法]

応募する研究の目的、研究の内容、研究の特色、予想される効果等についての様式に準じて作成し、提出して下さい。

### 4、[応募対象者]

九州地区の国・公・私立の各大学・工業高等専門学校 of 研究者(ポストドクター及び博士後期課程在籍の学生を含む)。

### 5、[助成内容]

一件あたりの助成額は、**100万円以内**とし、助成件数は**5件程度**とします。

なお、助成件数及び金額については、応募状況に応じて、多少の変更を行う場合があります。

また、文部科学省科学研究助成金の内定者及びその他の助成金受領者については、できるだけ多くの研究者に助成したいとする趣旨から、採択の可否、助成金額について検討します。

### 6、[決定通知]

応募された案件については、実現性や研究開発による効果等の観点から学識経験者、有識者等で構成された審議委員会において審査を行い、助成対象者を選定します。

#### 1-2 募集・応募状況

##### (1) 募集

公募((一社)九州地域づくり協会のホームページ)において募集を実施した。

##### (2) 募集状況

表-1、表-2に示すとおり、特定テーマ11件、一般テーマ2件の合計13件の応募があった。

##### (3) 応募件数表

表-1

応募者	特定テーマ	一般テーマ	計
九州各県の国・公・私立各大学の研究者	11	1	12
九州各県の国立工業高等専門学校の研究者	0	1	1
計	11	2	13

#### (4)テーマ別応募件数

表-2

テーマ	特定テーマ	一般テーマ	計
(一般)土木技術全般に関わる新分野の取り組み等のハード及びソフト両面についての調査研究	0	2	2
(特定)地域の活性化・再生	1	0	1
(特定)インフラの老朽化対策及び生産性向上策	5	0	5
(特定)九州地域等における防災、減災対策	5	0	5
計	11	2	13

#### 1-3 助成テーマの選定結果

選定は、申請者の要件、募集テーマとの整合性等について、令和2年3月4日、研究等助成審議委員会を開催し、申請されたテーマの内容、提案技術の地域性や・現場ニーズ、実現性や期待される効果等について審査を行い、表-3に示す3課題を選定し、その助成を決定した。

表-3

研究テーマ	研究課題名	大学名	申請者名
特定	連続波高出力レーザー処理による重度腐食部材の損傷蘇生と防食皮膜の高耐久性化の実現	九州大学大学院工学府 都市環境システム工学専攻	庄 樹森
特定	詳細解析による地震時複合荷重作用下の鋼製支承の挙動と終局状態の解明	九州大学大学院工学研究院 社会基盤部門	玉井 宏樹
特定	太陽光の効率的利用による下水道管きょ内の有機物分解技術の開発	熊本大学 くまもと水循環・減災研究教育センター 地下水循環部門	伊藤 紘晃

## 2. 審議委員会及び報告会の経緯





◆九州地域づくり協会 研究等助成審議委員会 (令和元年10月21日(月))  
調査研究等助成に関する募集要領及び募集テーマについて



◆九州地域づくり協会 研究等助成審議委員会 (令和2年3月4日(水))  
調査研究等助成の選考検討等





◆九州地域づくり協会 調査研究助成報告会  
理事長あいさつ



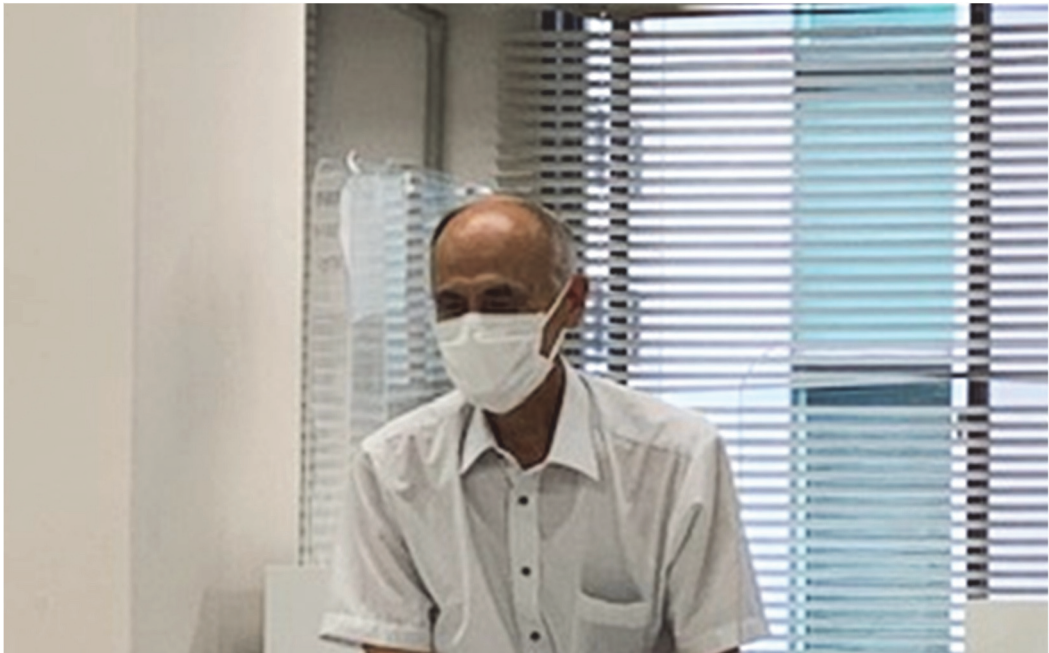
◆九州地域づくり協会 調査研究助成報告会 (令和3年8月27日(金))  
令和2年度 九州地域づくり協会 調査研究助成の報告

### 3. 発表課題と評価の概要

## 調査研究報告会での発表課題と評価の概要

発表課題と発表者	成果のポイントと評価	備考
◆R2年 調査研究等助成者		
<p>連続波高出力レーザー処理による重度腐食部材の損傷蘇生と防食皮膜の高耐久性化の実現</p> <p>(九州大学大学院 庄氏)</p>	<p>国内外で初の現場施工可能な連続波高出力レーザー処理に従来手法と他の素地調整的手法を組み合わせることで、孔食底部の塩類と腐食生成物を除去することで、重度に腐食した部材の損傷蘇生と防食皮膜の高耐久性化を実現する新しい技術手法を確立した。</p> <p><b>【評価】</b>            錆や塩化物の除去について、高い除去効果が期待出来るが、今後、施工性やコスト面とともに、塗装の耐久試験等の検証が必要である。</p>	
<p>詳細解析による地震時複合荷重作用下の鋼製支承の挙動と終局状態の解明</p> <p>(九州大学大学院 玉井氏)</p>	<p>代表的な橋梁上部の鋼製支承を対象に、3次元の有限要素法による詳細モデルを用いた静的及び動的接触解析により、地震時に想定される複雑な荷重下における破壊プロセスや終局状態を明らかにした。</p> <p><b>【評価】</b>            今日の数値シミュレーションにより、各構成要素の弱点を明確にできた他、補強すべき構成要素やその補強方法の提案に繋がり、鋼製支承の耐震補強や設計のあり方を検証するうえで重要なものとなった。            今後は、いかに地震時において橋梁上部工を守るため、どの様に支承のみを壊して対処するかが課題となる。</p>	
<p>太陽光の効率的利用による下水道管きよ内の有機物分解技術の開発</p> <p>(熊本大学 伊藤氏)</p>	<p>今後の下水道管きよの長寿命化に資するため、太陽光等の光エネルギーを利用して下水道管きよ内の硫化水素発生を抑制することが重要となる。このため、効率的な諸条件を調べ、十分な効果を発揮するための要件を明確にした。</p> <p><b>【評価】</b>            今後のメンテナンスフリーの観点から維持管理の省コスト化を図り、下水道施設の長寿命化を図るための研究である。            今後、光エネルギーの必要量など、更なる実用化に向けた研究が必要である。</p>	

## 4. 報告会講評



### 講評（角 知憲 研究等助成審議委員長）

今回、報告いただいた3件について全体の講評を述べさせていただきます。

- ①連続波高主力レーザー処理による重度の腐食部材の損傷対策と防食皮膜の高耐久性化の研究。
- ②数値シュミレーションによる地震時の橋梁上部工における支承の挙動と終局破壊プログラム解明の研究。
- ③今後の下水道メンテナンスに視点をあてた太陽光を利用した下水道管渠内の硫化水素等の有機物分解・除去の新技术開発。

それぞれ3件とも、土木工学における繊細な研究や新たな視点からの研究への取り組みであり、すばらしい成果報告を聞くことができました。

これらの研究は、新たな取り組みであり、研究が十分に煮詰まっていない部分もあるようですが、今後、更なる研究や改善を行い、それぞれ研究のブラッシュアップを続けて頂きたいと願っています。

皆様、本日は、ありがとうございました。

## 5. 成果報告（概要版）

5 - 1

連続波高出力レーザー処理による重度腐食部材の  
損傷蘇生と防食皮膜の高耐久性化の実現

九州大学大学院工学府 都市環境システム工学専攻

庄 樹森



# 連続波高出力レーザー処理による重度腐食部材の損傷蘇生と防食皮膜の高耐久性化の実現

## 1.まえがき

近年，橋梁などの鋼構造物において，飛来海塩や凍結防止剤が付着する雨洗作用がほとんど無い部位に著しい腐食損傷が多数生じている．一旦，著しい腐食損傷が生じると塗装塗替え時の鋼素地調整により腐食孔底部の塩類や腐食生成物を除去することは極めて困難になる．その結果，これらが鋼素地に残置されることで，塗膜下腐食が早期にかつ局部的に発生・進行し，部材貫通に至ることがある．本研究では国内外で初の現場施工可能な連続波高出力レーザー処理に従来手法と他の素地調整的手法を組み合わせることで，除去難度が極めて高い孔食底部の塩類と腐食生成物を除去し，重度腐食した部材の損傷蘇生と防食皮膜の高耐久性化を実現するための新しい技術手法を確立する．重度腐食した鋼部材に対するレーザーの前後処理とレーザー処理の組み合わせの有効性，レーザー処理した鋼材の力学性能に対する本技術手法の適用性と処理後の防食皮膜（塗装，溶射）の付着性能を明らかにすることで，重度腐食した部材の損傷蘇生と防食皮膜の高耐久性化を学際的視点で評価した．

## 2.研究概要

### 2.1 連続波レーザー素地調整

本研究で使用したレーザーは，照射されたレーザーを高速で回転するプリズムを透過させることで，局所的な照射しかできないレーザーの欠点を解消し，広範囲にむらなくレーザー照射することができる．本試験のレーザー処理を Fig.1 に示す．レーザーの条件はレーザーそのものの出力，走査速度およびレーザー照射密度（単位面積あたりに照射されるレーザーの総熱量）で決定される．レーザー自体の出力が大きいほど，また走査速度が小さいほどレーザー照射密度は大きくなる．

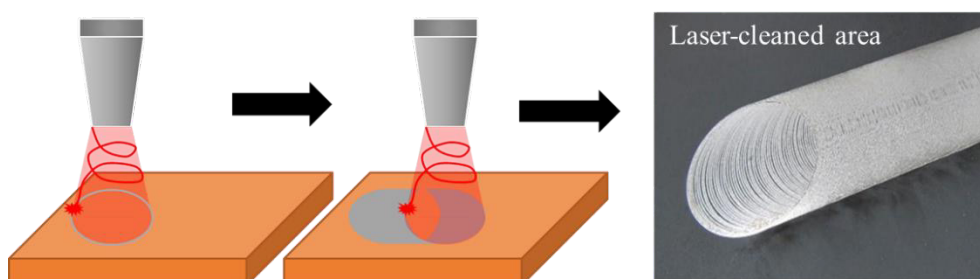


Fig.1 Mechanism of corrosion under coating due to insufficient surface treatment.

### 2.2 レーザーと前処理組み合わせの有効性

レーザーと前処理方法二つ（ダイヤモンドディスクと回転ブリストルツール）組み合わせで表面処理を行った．鹿児島島の沿岸地域で 41 年間暴露されたロックシェッドから取り外された鋼製部材を表面処理に使用した．Fig.2 に示すように，レーザー洗浄の前

に、ダイヤモンドディスクと回転ブリストルツールを前処理として使用して、これら 2 つの表面の外側の錆層をそれぞれ除去した。レーザー条件は出力 3 kW で決められた。前処理した鋼材表面の残留塩分とレーザー照射後の残留塩分結果から、レーザー表面処理によって残留塩分を大部取れることが分かった。SEM-EDX の結果も組み合わせ処理した鋼材表面に残留塩分がほぼないことを証明した。回転ブリストルツールを使用して腐食生成物を除去すると、レーザー照射後の表面の清浄度が向上した。ダイヤモンドディスクグラインダーによる前処理により処理効率は向上したが、レーザー照射後の表面塩分濃度は高くなっている。両方の処理ケースは孔食内の汚染物質を除去し、再塗装に適切な表面粗さを提供する。

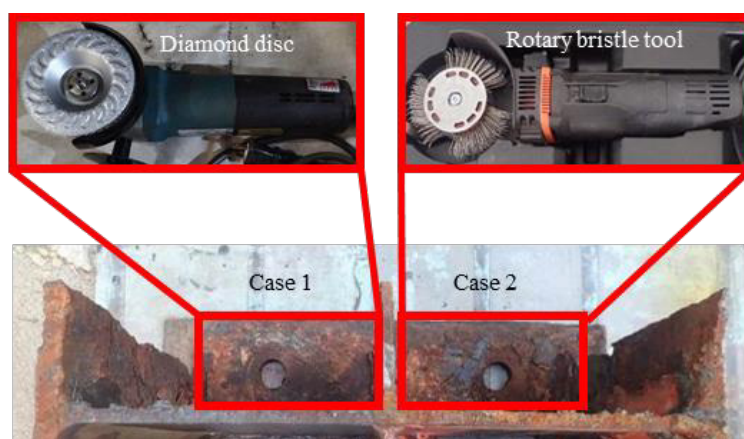


Fig.2 Surface treatment specimen.

### 2.3 鋼部材に対する本技術手法の適用性

引張試験体の供試鋼材には、普通鋼 JIS G3106 SM400A (400×60×12mm) と普通鋼 JIS G3106 SM490A (400×60×9mm) の長手試験片を用いた。これらを JIS Z2201 1 号 A 試験片の規格に基づき加工した。試験体の外観を Fig.3 で示す。レーザーによる熱影響を評価するためにエッチング試験を実施した。本研究では腐食液に硝酸とエタノールの混合水溶液（ナイトール）を用いた。硝酸はエタノールに対して 5% 混合した。レーザーによる熱影響を評価するためにビッカース硬さの測定を行った。



Fig.3 Laser-treated tensile test coupon.

照射密度が  $2.56 \times 10^3 \text{ J/cm}^2$  と  $4.62 \times 10^3 \text{ J/cm}^2$  の場合、レーザー処理した鋼板はブラスト処理した鋼板に比して伸びがそれぞれ 12%，41% 程度小さいが、それ以外の機械的性質についてはレーザー処理とブラスト処理で同程度である。照射密度が  $2.56 \times 10^3 \text{ J/cm}^2$  と

$4.62 \times 10^3 \text{ J/cm}^2$ の試験体は、レーザー照射の重複部で破断しており、破断面はほとんど変形しておらず、また引張強度に至ってから破断までの伸びが小さかった。照射密度が  $2.56 \times 10^3 \text{ J/cm}^2$  と  $4.62 \times 10^3 \text{ J/cm}^2$  の硬さ分布は、レーザー重複部がそれ以外の部位に比してそれぞれ 6%、31% 程度高いことから 2 つの部位の境界部で応力集中が発生していたと考えられる。本研究では試験体に確実に入熱するためにレーザー照射の重複部が生じる照射の手法を採用したが、実際の構造物ではレーザー処理は局所的に施すため、重複部が生じることはない。以上のことからすべてのレーザー条件とブラスト処理の機械的性質に有意差はなく、この観点からはレーザー処理に問題ないと推察される。

## 2.4 表面処理した鋼材に対する防食皮膜（塗装，溶射）の付着性能

一般的にブラスト処理による鋼素地表面は凹凸が複雑でアンカー効果により塗膜付着強度が向上するが、レーザー処理後の塗膜付着強度および溶射の付着強度については未だに明らかになっていない。したがって、本研究ではレーザーおよびブラスト素地調整した試験体の塗膜付着強度を測定し、比較および考察を行った。試験体は、各条件でレーザー処理後に 1) 直接塗装したもの、2) ガーネットでブラストしたのち塗装したもの、3) 溶融アルミナでブラストしたのち塗装したもの、4) ガーネットでブラストしたのち溶射したもの、5) 溶融アルミナでブラストしたのち溶射したものの合計 5 種類を用いた。

塗膜付着性能について、塗膜とレーザー素地の付着試験では塗膜内部で凝集破壊が発生したため、塗膜と鋼素地の正確な付着力は測定できなかったが、塗膜の凝集力に比して大きな付着力があることは確認された。溶射と鋼素地の付着力について、レーザー後のブラストは溶融アルミナで行う方が、付着力が大きくなる。また、レーザーの照射密度が小さいと一般部と重複部の表面性状の差が小さいため、レーザー処理後の表面特性がブラストした後の表面特性に影響を及ぼさず、鋼素地が等方性を有するため付着力が高くなると推察される。

## 3.まとめ

本研究では、レーザー処理による素地調整が鋼素地の表面性状、機械的性質および付着性能に与える影響を検討することで、レーザー処理した鋼材の引張強度や降伏応力等の機械的性質を表すパラメータ、塗膜付着力を測定し、検討した。

- 1) レーザーと前処理を組み合わせた方法の検証実験結果は、この方法が重度腐食した鋼材に対して優れた錆除去と残留塩除去効果を持っていることを示した。
- 2) レーザーを照射した鋼材は、ブラスト処理の鋼材に比して伸び以外のパラメータの差は 5% 程度かそれ以下で同程度であるが、レーザー照射密度が  $2500 \text{ J/cm}^3$  を超えると伸びが有意に低下する。
- 3) 素地調整した表面の塗膜と溶射の付着性能について、十分の付着力を有する。残留塩分が少ないため、高耐久性化の防食皮膜が期待できる。

5 - 2

詳細解析による地震時複合荷重作用下の  
鋼製支承の挙動と終局状態の解明

九州大学大学院工学研究院 社会基盤部門

玉井 宏樹

# 「詳細解析による地震時複合荷重作用下の鋼製支承の挙動と終局状態の解明」報告書概要

九州大学大学院 玉井 宏樹

## 1. まえがき

2016年熊本地震において橋梁や関連部材に多数の被害が生じた。なかでも上部工と下部工の接合部である支承部（特に鋼製支承）は上下部相対変位や相対速度の影響によって、様々な破壊形式を示し、九州自動車道に位置する木山川橋のように橋梁全体の機能に影響を及ぼす事例も多数報告された。（例えば、図-1~3参照）鋼製支承は機能や目的に応じて多数の種類が存在するが、それらに共通していることは、構成要素が多く、地震時荷重作用下において多数の構成要素が動的接触状態になり複雑な応力状態を呈するため、破壊に至る過程や終局状態を定量的に把握した上で設計・設置されているものではないということである。しかし、熊本地震の被害状況からの教訓として、今後、復旧性の観点からそれらの終局状態の把握、補強の観点から破壊過程の解明は非常に重要であると言える。

そこで、本研究では、代表的な鋼製支承であるピン支承、BPB支承（固定）を対象として、3次元有限要素法による詳細なモデル化を用いた静的及び動的接触解析を実施することで、地震時に想定される複雑な荷重下における破壊過程や終局状態を明らかにする。



図-1 上脊の脱落



図-2 ピン抜け出し



図-3 サイドブロックの破損

## 2. 研究概要

### 2.1 対象とした鋼製支承と詳細解析モデル

本研究では、種々ある鋼製支承の中から、ピン支承とBPB支承（密閉ゴム支承板支承）の固定型に着目して詳細な検討を行うこととした。対象とした各支承は日本道路協会標準設計に基づいたものとし、表-1に各支承の設計条件を示す。また、それぞれの3次元CAD図を図-4に示す。

表-1 対象支承の設計条件

反力	ピン支承	BPB 支承
全反力 (kN)	1533	1500
死荷重反力 (kN)	1200	975
橋軸方向水平力(地震時) (kN)	706	1736
橋軸直角方向水平力(地震時) (kN)	430	868
上揚力(地震時) (kN)	243	293

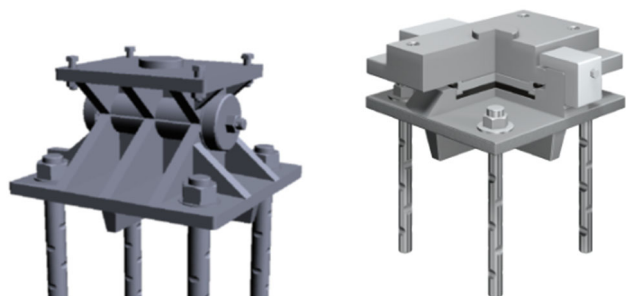


図-4 各支承の全体図（左：ピン支承，右：BPB 支承）



本研究では、CAD 図面をインポートし、FEM のメッシュを作成することで、各支承の多数の構成要素を忠実に再現した。それぞれの解析モデル図を図-5 に示す。各構成要素間は接触モデル及びせん断摩擦モデルを導入することで力の伝達を精緻に解くこととした。なお、終局状態まで確認するために、3次元非線形有限要素解析コードを用い、アップデートラグランジュ法を用いた大変形解析を行った。

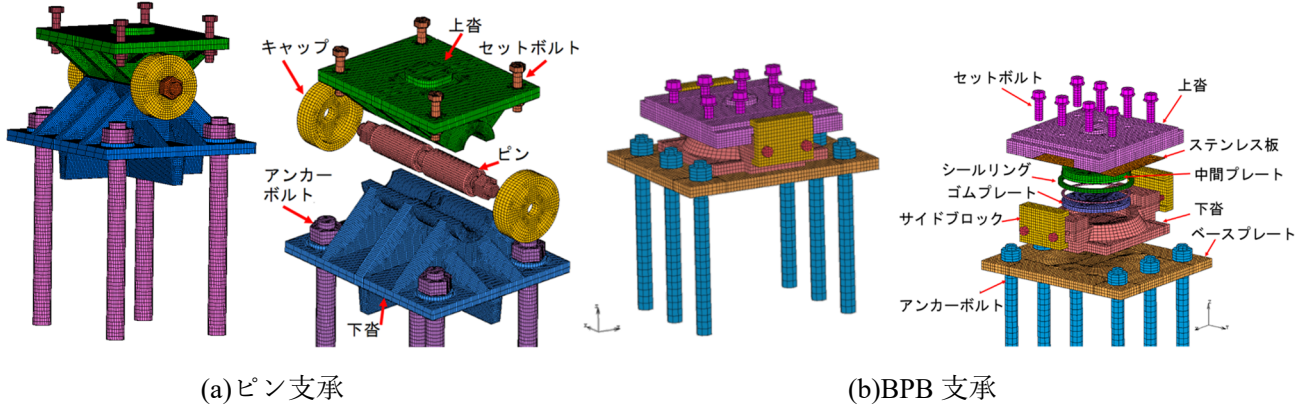


図-5 解析モデル図

2.2 妥当性確認

既往の実験を参照し、本解析モデルの妥当性を確認したところ、図-6～7 に示すようにピン支承、BPB 支承ともに概ね良好に再現できていることを確認した。(詳細については報告書に記載。)

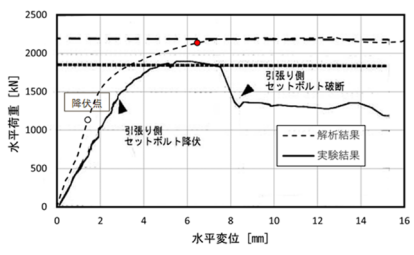


図-6 ピン支承の結果比較

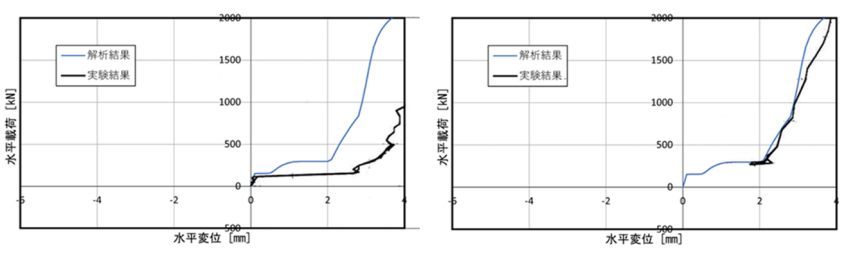


図-7 BPB 支承の結果比較  
(上巻とストッパーの接触前 (左図), 後 (右図))

2.3 鋼製支承の終局状態及び破壊過程

ピン支承と BPB 支承の終局状態及び破壊過程を明らかにするために、地震時に想定される複合荷重として、死荷重、上揚力、水平荷重 (橋軸方向, 角度 30°, 45°, 60°, 橋軸直角方向 (図-8 参照)), 回転の組み合わせにより多数設定し、それらの荷重が静的に作用することを想定したプッシュオーバー解析を実施した。

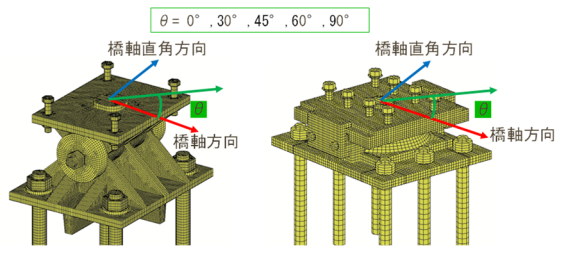
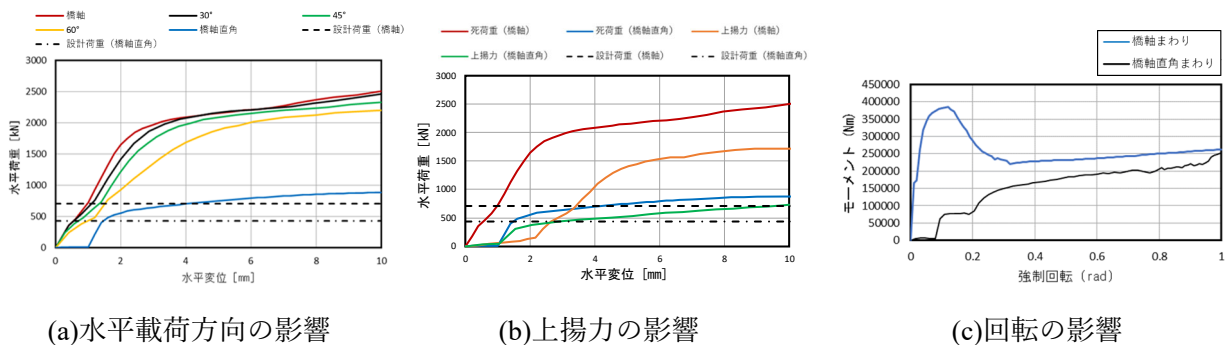


図-8 水平荷重方向について

結果の一例として、図-9 にピン支承の結果として、水平荷重方向の影響や上揚力の影響を確認するために水平荷重-水平変位の関係の比較図、そして、回転の影響を確認するために、モーメントと回転角の関係の比較図を示す。同様に図-10 は BPB 支承である。また、図-11 にはピン支承の終局時の応力分布と推定される破壊過程を代表して示す。以上のように、終局耐荷性能や破壊過程を明らかにするとともに、これらの結果から、両支承とも水平荷重方向が 45° を境に耐荷性能や破壊過程が変わること、また、BPB 支承はピン支承よりも上揚力への抵抗力が高いことなどを明らかとした。

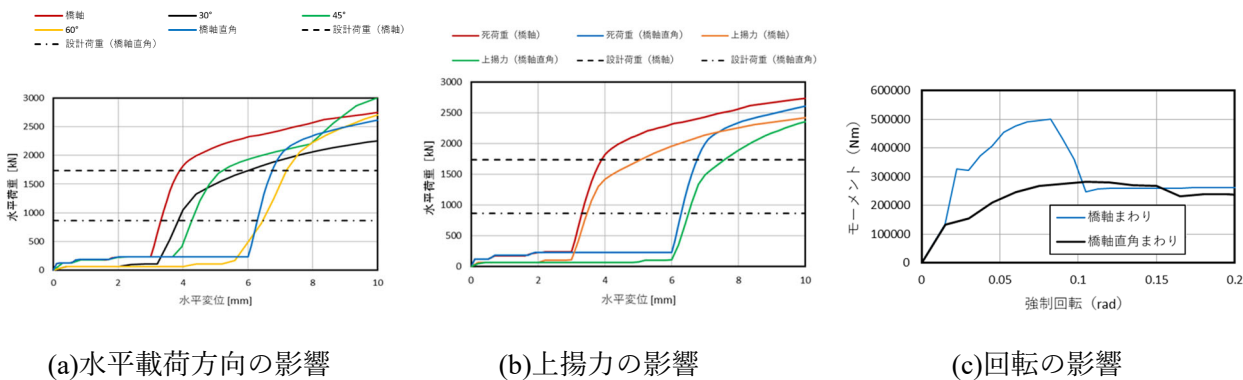


(a)水平荷重方向の影響

(b)上揚力の影響

(c)回転の影響

図-9 ピン支承の結果

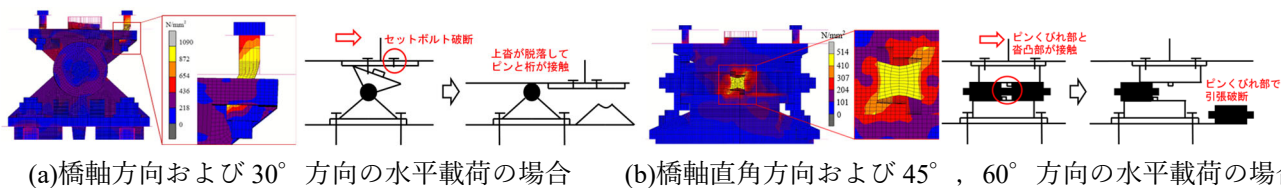


(a)水平荷重方向の影響

(b)上揚力の影響

(c)回転の影響

図-10 BPB 支承の結果



(a)橋軸方向および 30° 方向の水平荷重の場合

(b)橋軸直角方向および 45° , 60° 方向の水平荷重の場合

図-11 ピン支承で推察される破壊過程

### 3. まとめ

本研究で得られた成果を以下に記す。

1. 3次元非線形有限要素法を用いて、鋼製支承であるピン支承とBPB支承（固定）の詳細なモデルを作成し、その妥当性を確認し、十分な精度で実験時の挙動を評価できることを明らかとした。
2. 妥当性が確認された詳細解析モデルを用いて、地震時に想定される複合荷重を複数設定し、それらの荷重が作用するピン支承とBPB支承の耐荷性能及び破壊過程を明らかにした。
3. 両支承とも、水平荷重方向は45°を境に、支承に作用する荷重伝達経路が変わり、終局時の破壊挙動に影響を及ぼすことがわかった。
4. 上揚力の影響により、ピン支承の水平耐荷力は大きく低下するものの、BPB支承はほとんど低下しないことがわかった。
5. 両支承とも橋軸直角方向周りに比べ、橋軸方向周りの回転に対する抵抗が大きいことが確認できた。

本研究の成果は、多くの構成要素の弱点を明確にする他、補強すべき構成要素の選定やその補強方法の提案に繋がるものであり、鋼製支承の耐震補強や設計のあり方を考える上で重要な資料になるものと考えられる。残念ながら、助成期間内で動的耐荷性能に関する詳細な検討が完了しなかつたものの、今後、動的耐荷性能についても明らかにしていけば、地震時の支承の破壊過程をより詳細に示すことができるだろう。



5 - 3

太陽光の効率的利用による下水道管きよ内の  
有機物分解技術の開発

熊本大学 くまもと水循環・減災研究教育センター  
地下水循環部門  
伊藤 紘晃

## 太陽光の効率的利用による下水道管きょ内の有機物分解技術の開発

熊本大学 くまもと水循環・減災研究教育センター

伊藤 紘晃

### ① まえがき

日本の少子高齢化や人口減少が進む中、下水道施設においては、コストの削減、適切なマネジメント計画、施設の長寿命化といった維持管理技術の高度化が求められている。下水道管きょの耐用性における問題の一つとして、硫酸還元菌による硫化水素の生成を起点にして生じるコンクリートの劣化がある。硫酸還元は、有機物を酸化して硫酸を還元する反応であり、有機物を効果的に分解することができれば硫化水素の発生抑制につながる。

本研究においては、少子高齢化と人口減少が進む将来において求められる省コストの技術として、光による有機物分解に着目した。光照射による有機物の分解は、天然の有機物自身の光反応によっても生じ得るが、光触媒を併用することが効果的であると考えられる。また、光反応によって生じる高活性の活性酸素種は、その不安定さ故に全ては有機物の分解に寄与しないが、近年開発された鉄-マンガン触媒のフェントン様反応を用いれば、活性酸素種を再生成し、有機物の分解効率を高められると期待できる。これらのことを踏まえ、本研究においては、光エネルギーを利用して下水道管きょ内の硫化水素発生を抑制するための複数の条件の効率を調べ、十分な効果を発揮するための必要要件を明らかにすることを目的とした。

本研究は一般社団法人九州地域づくり協会の令和二年度調査研究助成事業の助成を受けて実施された。研究費用の助成に深く感謝申し上げます。また、下水汚泥試料の取得にあたりご協力くださった機関の方々に篤く御礼申し上げます。

### ② 研究概要

下水処理場に収集された汚泥を密閉型の角柱容器に用意し、触媒の投入と太陽光の導入を行い、硫化水素等の硫黄化合物、有機物量の指標である揮発性・不揮発性の浮遊固形物、生物活性に係る指標である pH、酸化還元電位、温度の挙動を観察した。試験は四回行い、一回の試験につき、数日間にわたってこれらの挙動を観察した。太陽光の導入方法は、紫外光の透過性を有する液体ライトガイド、紫外光は透過しないが低コストのプラスチック光ファイバー、比較的広い範囲に光を導入する L 字型の高純度アルミニウム光ダクトの三通りの方法を、地下部分に太陽光を導入できる手法とし

て用いた。また、紫外光の透過性を有する石英板を通して容器の上面全面からの多量の光が照射される条件、および、完全に遮光して太陽光を導入しない条件についても観察を行った。触媒は、可視光における光活性を有するバナジン酸ビスマス触媒、光反応に付随する電子の授受に関与するセピオライト、フェントン様の反応により過酸化水素からヒドロキシルラジカルを発生させる鉄-マンガン-セピオライト触媒を用意し、それぞれの試験において異なる触媒の使用条件を試した。

試験の結果、いずれの試験においても、太陽光を導入した条件の方が、太陽光を導入しなかった条件と同等かそれよりも大きい硫化水素の発生量が観察され、太陽光によって有効に硫化水素の発生が抑制された結果は得られなかった。この背景として、太陽光の導入には有機物の分解効果のみではなく、汚泥中の硫化物種を硫化水素として気相に放出させる効果があることが示唆された。このことを含め、今後の太陽光利用による硫化水素発生抑制手法の確立に寄与し得る以下の知見が得られた。

- (一) 太陽光を全面から照射することで多量の光を導入した場合には、冬季であっても汚泥中の有機物の分解が促進されていた。
- (一) 太陽光には、汚泥中に存在する揮発性硫化物あるいは金属硫化物が硫化水素となって気相に放出される反応を促進する効果があり、また、この反応には紫外光が寄与している可能性が示唆された。このことは、特に光量が十分でないときに注意する必要がある。一方で、この硫化水素の放出は鉄-マンガン-セピオライト触媒のフェントン様反応によって抑制できる可能性が示唆された。
- (二) 高強度の光が照射されれば、硫酸還元菌の働きが抑制されることが示唆された。本試験地の熊本市においては、十月以上の日照量があれば、太陽光を全面から照射した場合に硫酸還元菌の働きが抑制されると考えられる。

### ③ まとめ

本研究においては、下水処理場に収集された汚泥に、触媒を併用しながら太陽光を導入することによって、有機物を光分解し硫化水素の発生を抑制できるかを検証した。その結果、光量が大きければ顕著な有機物の分解が生じるが、一方で、光量次第では硫化物種からの硫化水素気体への変換が促進されることが示された。太陽光による硫化水素の発生抑制技術を確立するには、硫化物種の光反応特性についての知見を深めながら、触媒のさらなる有効な活用と、十分な光量を導入するための手法について検討していく必要がある。