

# 青木あすなろ建設 技術研究所報

ASUNARO AOKI RESEARCH REPORT

Vol.4 2019.4



青木あすなろ建設 技術研究所報

ASUNARO AOKI RESEARCH REPORT

Vol.4 2019. 4



## ごあいさつ

執行役員  
技術研究所長  
牛島 栄



青木あすなる建設技術研究所報 Vol.4 の発行にあたり、一言ご挨拶を申し上げます。

当社の技術研究所報は、弊社の社是である「我が社の持てる技術を駆使し、ハイクオリティでローコストな商品を提供して、お客様の期待を満足裏に完遂し、もって社業の発展を通じて社会に貢献することを使命とする C&C (Consultant&Construct) カンパニーである。」に示されるよう、企業ブランドを研究開発を通して支える大切な技術資料となっています。

この小冊子は、公的研究機関や土木系・建築系を有する大学および民間のお客様に寄贈することにしております。一般的に、建設会社は IR 活動を通して業績をご評価頂いておりますが、研究開発の成果の公表もまた、建設会社としての弊社の本業や新たな事業領域への挑戦する姿を社会に示す有益な機会と捉えています。

今回の技報は、土木系 4 編と建築系 3 編および共通系 2 編から構成されており、社会資本の老朽化対策や建設工事における合理化施工、想定される大地震対策など、建設業に求められる技術課題に対応したものとなっております。

技報の概要に掲載したテーマでは、土木分野では建築分野での施工実績が多くある摩擦ダンパーを土木用に改良して、首都高速道路（株）との足掛け 6 年に渡る共同研究テーマ「既設橋梁の耐震性向上技術に関する研究」として実施したダイスロッド式摩擦ダンパーや摩擦サイドブロックが実用化の目途が立ち、実際に現場で初めて施工されることになるなど、これまで真摯に開発してきた技術が大きく羽ばたくことになったことは、技術者冥利に尽き感無量です。

さらに建築分野では、「耐震天井工法」や「複合型露出柱脚工法」が建築技術性能証明を取得し現場への展開がはじまりました。共通分野では施工品質の確保や施工の合理化に伴う技術開発も進展しています。

技術研究所職員一同は技術本部や土木・建築本部と一体となって、より高い技術開発目標を持ち始めその成果を業務に展開をはじめたところです。

皆様には、本書をご高覧・ご活用して頂くとともに、今後とも従来にも増して、弊社および技術研究所へのご支援・ご指導・ご鞭撻をよろしくお願い申し上げます。

平成 31 年 3 月



# 目 次

## 1. 技術研究報告概要

- (1) AA-TEC工法の施工事例・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1  
柳田佳伸
  - (2) 複合型露出柱脚の弾塑性要素に関する実験・・・・・・・・・・・・ 2  
寺内将貴・柳田佳伸・新井佑一郎・石鍋雄一郎
  - (3) 鋼管コイルばねを用いた大型免震緩衝装置の加力実験・・・・・・・・ 3  
新井佑一郎・柳田佳伸・石鍋雄一郎
  - (4) 橋梁用“ダイス・ロッド式摩擦ダンパー”の水没試験・・・・・・・・ 4  
波田雅也・木村浩之・山崎 彬
  - (5) “ダイス・ロッド式摩擦サイドブロック”の防せい防食機能の検証・・・・・・・・ 5  
木村浩之・波田雅也・山崎 彬
  - (6) 「排気排水・注入ホース」を用いた覆工コンクリート天端部の充填性向上技術と適用事例  
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6  
駒田憲司・中山 清・上野 斉・石戸善明
  - (7) ダブルチャンバー式加圧透水・透気試験機(WAPP)法での透水試験適用事例  
その1 壁構造模擬供試体用いた透水試験の測定事例・・・・・・・・・・・・ 7  
後藤佳子・牛島 栄・谷口克彦・村田康平
  - (8) 道路トンネルの維持管理の現状と関連する技術開発動向、それ等の課題・・・・・・・・ 8  
湊 太郎・牛島 栄
  - (9) 超音波横波トモグラフィ装置による RC 建造物の非破壊試験に関する基礎的検証・・・・・・・・ 9  
新井佑一郎・坂本浩之・三上創史・柳田佳伸・佐藤俊男・牛島 栄
- ## 2. 社外発表論文一覧・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
- ## 3. ニュースリリースの紹介・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14

## CONTENTS

### 1. Outline of Technical Report

- (1) Construction Example of “AA-TEC” Construction Method . . . . . 1  
 Yoshinobu YANAGITA, Koichi SAGUCHI, Minoru MATSUSHIMA, Masahisa OTA
- (2) Experimental Study on Elastic-Plastic Element of Composite Exposed-type Column Bases  
 . . . . . 2  
 Masaki TERAUCHI, Yuichiro ARAI, Yoshinobu YANAGITA, Yuichiro ISHINABE
- (3) Experiment of Large Scale Buffer Device for Seismic Isolation Using Steel-tube Coil Spring  
 . . . . . 3  
 Yuichiro ARAI, Yoshinobu YANAGITA, Yuichiro ISHINABE
- (4) Submersion test of “Die and Rod Type Friction Damper” for Bridges . . . . . 4  
 Masaya HADA, Hiroyuki KIMURA, Akira YAMASAKI
- (5) Anticorrosive Function of “Die and Rod Type Friction Side Block” . . . . . 5  
 Hiroyuki KIMURA, Masaya HADA, Akira YAMASAKI
- (6) The Technique and Application of Improvement of Filling Properties of Lining Concrete Top  
 End Part by 「Exhaust and Drainage・Injection Hose」 . . . . . 6  
 Keiji KOMADA, Kiyoshi NAKAYAMA, Sai UENO, Yoshiaki ISHIDO
- (7) The Application Example of the Water Permeability Test Using Double-chamber Water/Air  
 Pressure Permeability Tester (WAPP) Method ( Part 1 ) The Mock Wall Specimen . . . . . 7  
 Yoshiko GOTO, Sakae USHIJIMA, Katsuhiko TANIGUCHI, Kohei MURATA
- (8) Current Status, Trends of Technical Development and Their Problems for Road Tunnel Maintenance  
 . . . . . 8  
 Taro MINATO, Sakae USHIJIMA
- (9) Basic Study on Non Destructive Test of RC Structures Using Ultrasonic Tomography Device  
 . . . . . 9  
 Yuichiro ARAI, Hiroyuki SAKAMOTO, Souchi MIKAMI, Yoshinobu YANAGITA,  
 Toshio SATO, Sakae USHIJIMA
- 2. External Presented Paper List . . . . . 10**
- 3. Introduction of Technical News . . . . . 14**



# 1. 技術研究報告概要



# 1. AA-TEC 工法の施工事例

## Construction Example of “AA-TEC” Construction Method

柳田佳伸\* 佐口光一\*\* 松島稔\*\*\* 太田雅久\*\*\*\*

### —概要—

著者ら<sup>\*1</sup>は、水平震度 2.2G に対応する 1 ユニット<sup>\*2</sup>当たり、9,000N の水平許容耐力を有する吊り長さ 1.5m まで対応する耐震天井工法（AA-TEC 工法）を開発した。2018 年 3 月には吊り長さを 3.0m まで適用拡大し、建築技術性能証明（ビューローベリタスジャパン(株)）を 2 社共同<sup>\*1</sup>で更新している。

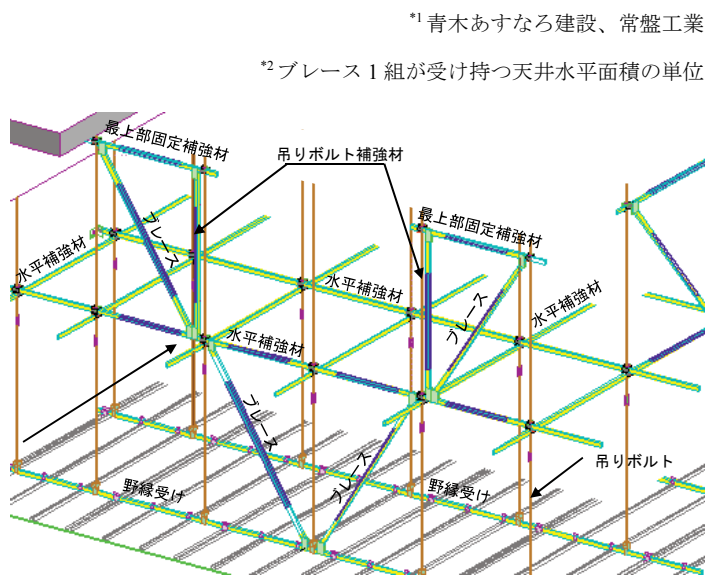
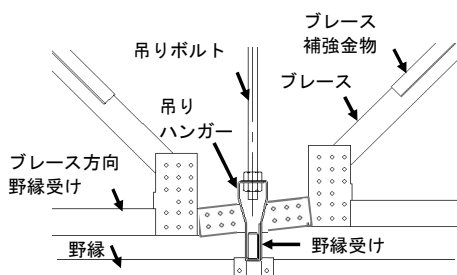
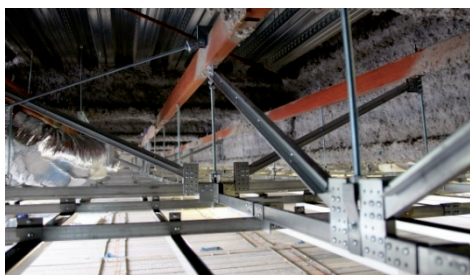
2018 年 6 月には特定天井に対応する耐震天井として、水平震度 2.2G に対応する AA-TEC 工法が採用され施工実施に至っている（写真 1）。本報では、今回施工した AA-TEC 工法の設計および施工内容について報告する。

### —技術的な特長—

AA-TEC 工法は、主として径 12mm の吊りボルトと角形鋼管（ブレース・野縁受け）で構成されている。ブレースには弱軸方向への座屈を防止するための補強材を設けている。また、各部材同士は専用金物により両側から挟み込むように接合されるため、偏心が生じにくい部材構成を実現している。

一般的な耐震天井では、ブレース材の座屈により最終破壊に至る場合が多い。この場合、ブレース材の座屈耐力によって耐震天井の水平許容耐力が決定される。AA-TEC 工法の場合、ブレースは補強金物の効果により座屈を生じ難く、ブレース下端の野縁受けが強軸方向にせん断破壊することが実験（図 1）により確認されている。

吊り長さ 1.5m を超える場合には、図 2 に示すように吊りボルトの中央に水平補強材を設置することで、9,000N の水平許容耐力を有する。水平補強材には角形鋼管を用いており、吊りボルトピッチごとに格子状に設置される。水平補強材同士は吊りボルトと共に専用金物によって一体的に接合することで、安定した構造を形成する。さらに水平補強材の端部を構造躯体に接合することで、水平補強材より上部の構造は、固定天井に近い状態を形成する。水平補強材より上部の構造を安定させたことで、吊り長さ 1.5m 以下の AA-TEC 工法と同等の耐震性能を発揮する。



<sup>\*1</sup> 青木あすなろ建設、常盤工業

<sup>\*2</sup> ブレース 1 組が受け持つ天井水平面積の単位

\*技術研究所 構造研究部 建築構造研究室 \*\*建築技術本部 耐震事業部

\*\*\*東京建築本店 工事部 \*\*\*\*常盤工業(株)

## 2. 複合型露出柱脚の弾塑性要素に関する実験

### Experimental Study on Elastic-Plastic Element of Composite Exposed-type Column Bases

寺内将貴\* 柳田佳伸\* 新井佑一郎\* 石鍋雄一郎\*\*

#### —概要—

複合型露出柱脚は、従来の露出型柱脚の降伏形式であるアンカーボルト降伏型にベースプレート降伏要素を付加した柱脚である。2018年10月31日にビューローベリタスジャパン(株)で建築技術性能証明を取得した。

本報では、それぞれの降伏形式を形成する弾塑性要素(図1)に着目し、複合型露出柱脚において、内側のアンカーボルトのみが降伏する試験体や外側のベースプレートのみが降伏する試験体および在来型露出柱脚への補強を模擬した試験体の加力実験について報告する。

#### —技術的な特長—

複合型露出柱脚は、図1に示すように従来のアンカーボルト降伏要素を形成する内側のアンカーボルト、ベースプレートとベースプレート降伏要素を形成する外側のアンカーボルト、ベースプレートから構成される。これらの弾塑性要素がほぼ同時に降伏するように設計することで、それぞれの単純累加により、柱脚の耐力および回転剛性を評価することができ、アンカーボルト降伏型特有のスリップ型の履歴特性が改善されることを確認している(図2)。

本報の実験では、アンカーボルト降伏要素のみを形成した試験体と在来型露出柱脚を比較し、それぞれの履歴形状が、一致するような結果を得た(図3)。このことから、複合型露出柱脚特有のベースプレート形状がアンカーボルト降伏要素に与える影響は少ないと考えられる。また、外ベースプレートのみが降伏する試験体では、最大点指向型の履歴形状となった(図4)。

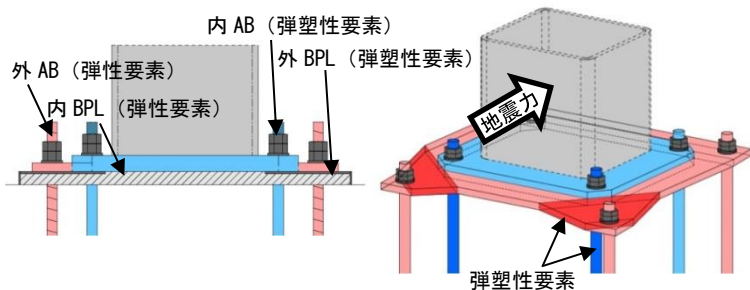


図1 複合型露出柱脚の構成部材と弾塑性要素の概念図\*1, \*2

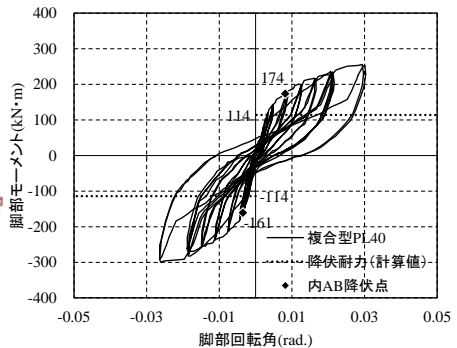


図2 内BPL40型 M-θ 関係図\*1

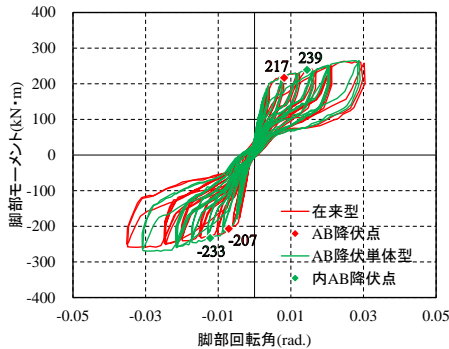


図3 在来型とAB降伏単体型 M-θ 関係図\*1

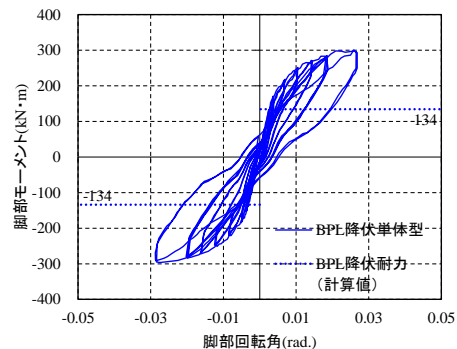


図4 BPL降伏単体型 M-θ 関係図\*2

\*1 AB=アンカーボルト、\*2 BPL=ベースプレート

※本報の内容一部は、日本建築学会大会学術講演概要集(2018.09.pp.1331-1332)で発表済みである。

### 3. 鋼管コイルばねを用いた大型免震緩衝装置の加力実験

Experiment of Large Scale Buffer Device for Seismic Isolation Using Steel-tube Coil Spring

新井佑一郎\* 柳田佳伸\* 石鍋雄一郎\*\*

#### —概要—

免震緩衝装置は、免震建物が設計想定を超える地震動を受けた際に、擁壁に衝突する事象を防止するための装置である。本報装置の特徴は、独自の部材である「鋼管コイルばね」を用いることで、ゴムなどの特殊装置を用いずに、鋼材のみで装置が構成されていることである。装置が鋼材のみで構成されるため、安価であり、さらに品質管理が容易という利点がある。装置の基本的な性能は、既報の小型試験体を用いた実験により確認済みである。しかし、実建物への適用を行うためには、装置容量が 1000kN 程度の大容量装置もラインナップする必要がある。本報では、装置の実用化のために必要な大容量化を実現するために、鋼管コイルばねを大口径化した試験体を製作し、加力実験を行った。

#### —技術的な特長—

本報の免震緩衝装置は、独自部品である「鋼管コイルばね」を用いている。鋼管コイルばねは、一般的な円形鋼管にらせん状の切込みを入れ、ばねとして挙動させるものである。本報実験では、鋼管コイルばねに STK400 ○-318.5×14.3 を用い、切込みのピッチを径と同等の 318mm とすることで、装置容量が 900kN の大型装置を製作した。また、鋼管コイルばねを用いて緩衝機能を発揮させるためには、ばねに引張加力が生じる際のねじり変形を拘束する機構が必要である。本装置は、ねじり変形拘束機構は、繰り返し加力時の性能を高めるための改良を行っている。改良は、摺動面に硬度と強度が高い熱処理鋼材を取り付け、高荷重時の摺動面食い込みを防止するものである。大型緩衝装置試験体の概略図を図 1 に示す。実験により得られた履歴形状（荷重 - 変形関係）を図 2 に示す。また、荷重上昇時の無次元化剛性と鋼管径の関係を図 3 に示す。得られた実験結果より、鋼管径が履歴形状に与える影響が明らかになり、設計用の履歴モデルの作成が可能となった。

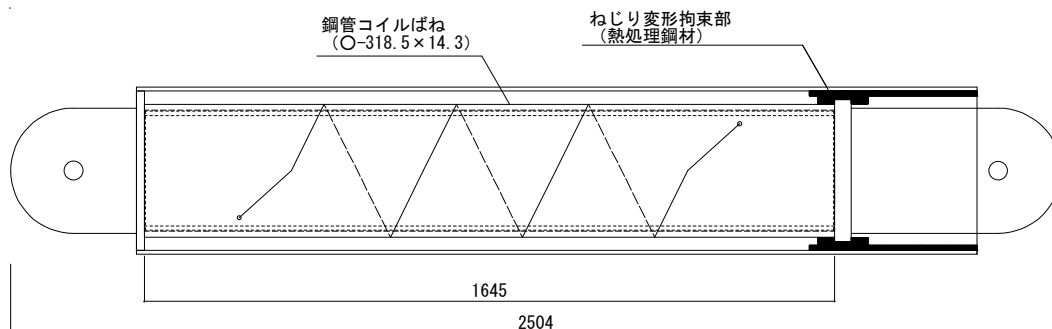


図 1 大型免震緩衝装置試験体

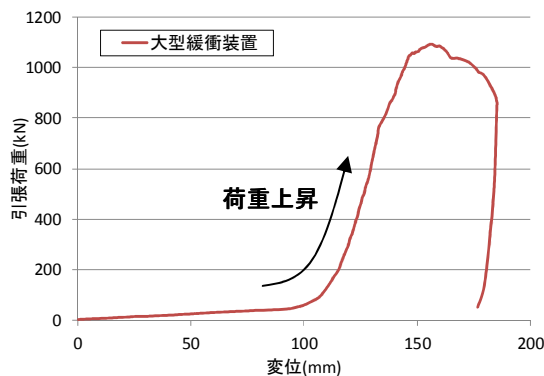


図 2 荷重 - 変形関係

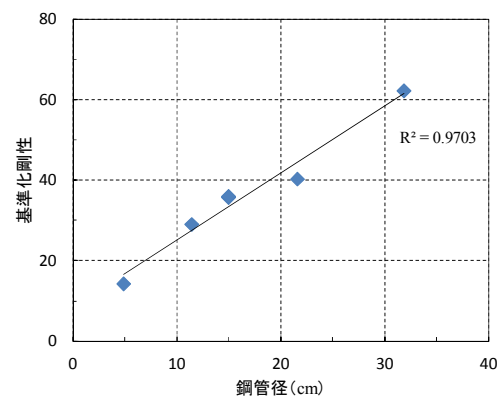


図 3 無次元化剛性 - 鋼管径関係

\*技術研究所 構造研究部 建築構造研究室 \*\*日本大学

## 4. 橋梁用“ダイス・ロッド式摩擦ダンパー”の水没試験

Submersion test of “Die and Rod Type Friction Damper” for Bridges

波田雅也\* 木村浩之\* 山崎 彬\*

### —概要—

筆者らは、“ダイス・ロッド式摩擦ダンパー(以下、摩擦ダンパー)”を既設橋梁の支承部に設置して耐震性の向上を図る耐震補強工法を提案している(図1)。摩擦ダンパーは、建築物の耐震補強用として多数の適用実績を有するとともに、複合サイクル促進試験や暴露試験により優れた長期耐久性を有することが確認されている。しかし、橋梁への適用に際して、設置環境が建築物より過酷である可能性を考慮すると、より様々なシチュエーションを想定して耐久性を把握することが望まれる。また、近年の被害等の増加を鑑みると、橋梁に設置した摩擦ダンパーが水没する可能性も否定できない(写真1)。

本報では、摩擦ダンパーが水没した後にL2地震動に襲われるという低確率の事象を「想定外」で片づけられないために、水没試験を実施して摩擦ダンパーの防水性や耐水性を検証した(図2)。

### —技術的な特長—

摩擦ダンパーは、ダイス(金属環)とロッド(金属棒)の接触面に生じる摩擦力を利用したダンパーであり、完全剛塑性に近い履歴形状を有する。また、ダンパー内部に水や塵が浸入しないように、各所にOリングやシーリングによる防水・防塵処理を施している(図3)。

本報で述べる検証実験の結果、24時間以上水没させてもダンパー内部に一切の水滴が浸入せず、防水・防塵処理の仕様が適切であることを確認した(図4)。また、前述の防水処理を施さず、意図的にダンパー内部が長時間水に浸かった状態を再現しても履歴曲線(荷重-変位関係)の変化は小さく、実用上十分な耐水性を有することを確認した。



図1 摩擦ダンパーを用いた既設橋梁の耐震補強工法



【出典】2013年9月13日朝日新聞デジタルより  
[http://www.asahi.com/national/gallery/20130916\\_typhoon/\\_14.html](http://www.asahi.com/national/gallery/20130916_typhoon/_14.html)

写真1 冠水被害の事例(渡月橋\_2013年台風18号)

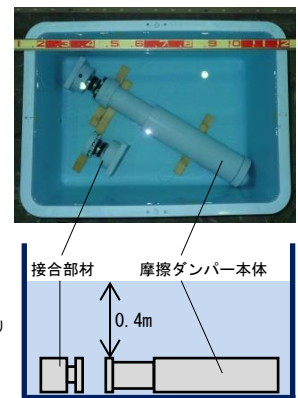


図2 水没試験状況

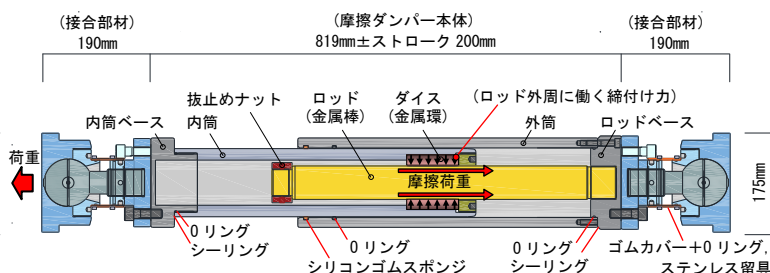


図3 摩擦ダンパーの機構および防水・防塵仕様

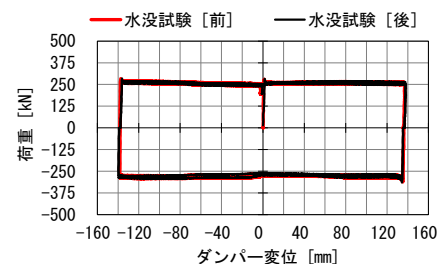


図4 水没試験前後の履歴曲線

※本報は、首都高速道路(株)と青木あすなろ建設(株)の共同研究「既設橋梁の耐震性向上技術に関する研究」に関する研究成果の一部である。

\*技術研究所 構造研究部 土木構造研究室

## 5. “ダイス・ロッド式摩擦サイドブロック”の防せい防食機能の検証

### Anticorrosive Function of “Die and Rod Type Friction Side Block”

木村浩之\* 波田雅也\* 山崎 彬\*

#### —概要—

筆者らは、制震ダンパーとして多数の実績を有するダイス・ロッド式の摩擦機構を応用することで、橋梁サイドブロックの各個撃破を回避するダイス・ロッド式摩擦サイドブロック(以下、摩擦サイドブロック)を開発している(図1)。摩擦サイドブロックは所定の荷重に達すると摩擦機構がリミッターとして機能し、その後一定の摩擦抵抗力を保持する。摩擦抵抗力を取付けボルトの破断荷重未満に設定することで、脆性破壊を生じさせずに荷重が他のサイドブロックに分配され、各個撃破を回避する。

橋梁の支承部は、滞水や塵埃等が堆積しやすいことから、摩擦サイドブロックには適切な防せい防食の機能が求められる。そこで、周辺部品をステンレス製やゴム製とし、接合部にOリングを内蔵することでダイス・ロッドを密閉する構造とした(写真1)。本報では、摩擦サイドブロックに対して複合サイクル試験(塩水噴霧・湿潤・熱風乾燥の繰り返し)を実施し、防せい防食機能を検証した。

#### —技術的な特長—

複合サイクル試験による環境促進の結果、以下の知見が得られた。

- 1) 200日間の複合サイクル試験の結果、摩擦サイドブロックの外観に錆の発生・進行が見られたものの、内部に水や気体が浸入した痕跡はなく、高い密閉性を有することが分かった(写真2)。
- 2) 摩擦荷重の変化は、試験前と比べて平均荷重が+1.5~-3.9%、最大荷重が+10.8~-0.2%と小さかったことから、摩擦サイドブロックは適切な防せい防食機能を有することが分かった(図2、図3)。

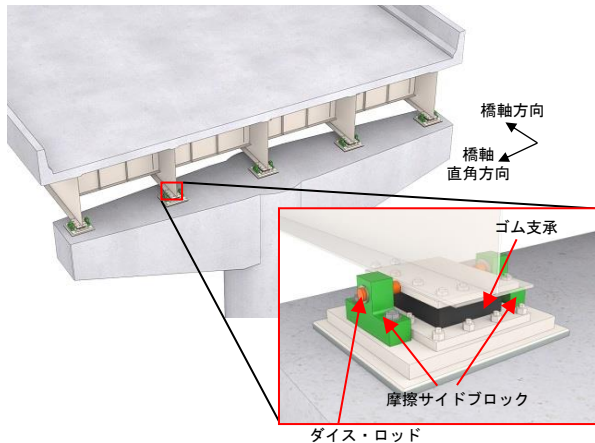


図1 摩擦サイドブロックの設置状況イメージ



写真1 摩擦サイドブロックの構成部品

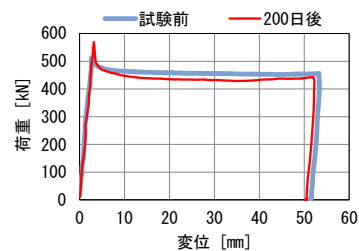


図2 複合サイクル試験前後の荷重-変位関係



写真2 試験体の変化

(左：試験前、右：複合サイクル試験 200日後)

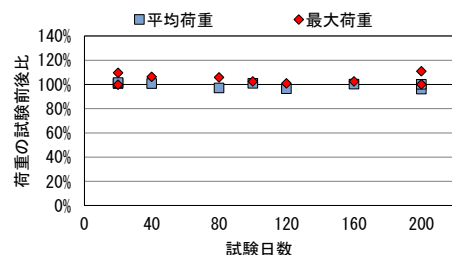


図3 各試験体の摩擦荷重の変化

※本報は、首都高速道路(株)と青木あすなろ建設(株)の共同研究「既設橋梁の耐震性向上技術に関する研究」に関する研究成果の一部である。

\*技術研究所 構造研究部 土木構造研究室

# 「排気排水・注入ホース」を用いた覆工コンクリート天端部の充填性向上技術と適用事例

The Technique and Application of Improvement of Filling Properties of Lining Concrete Top End Part by 「Sucking Air and Drainage Injection Hose」

駒田 憲司\* 中山 清\*\* 上野 濟\*\*\* 石戸 善明\*\*\*

## —概要—

トンネル覆工コンクリートの天端部の打込みには吹上げ方式が採用されている。天端部は背面に空洞を残さずコンクリートを充填することが重要であるとされているものの充填状況を目視確認できないため、充填不足や打設にともなう巻き込み空気・ブリーディング水の残留などにより、背面空洞の発生や密実性の低下など不具合が生じやすい。従来技術では、エア抜きホースなどで巻き込み空気・ブリーディング水を吸引排除する方法や、グラウトホースなどで充填材を注入する方法により充填性を確保する方法がある。そこで筆者らは打設時に生じる空気・ブリーディング水を吸引して排除する機能と、吸引後の空隙に充填材を注入する機能を併せ持った「排気排水・注入ホース」を開発した。本報では排気排水・注入ホースの概要ならびに実トンネルへの適用事例について述べる。

## —技術的な特長—

排気排水・注入ホースは、ホース壁面の開口部を可能な限り大きくしたメッシュホースに、空気とブリーディング水は通し、セメント粒子は通さない地盤改良の圧密促進等に用いられるフィルターシートを10mmラップでらせん状に巻いたものである。排気排水・注入ホースは、コンクリート打設時には真空ポンプに接続し、吸引の負圧によりフィルターシートのラップ部が閉じ、空気と水を通すフィルターシートから巻き込み空気、ブリーディング水を排気排水する。さらに打設後は、グラウトポンプに接続して注入圧によりラップ部が開き充填材を空隙部等に注入することができる。

本報ではダムの本体工事に先立つ仮排水トンネル（総延長 496.5m）の覆工コンクリートに排気排水・注入ホースを適用した事例について述べる（図-3）

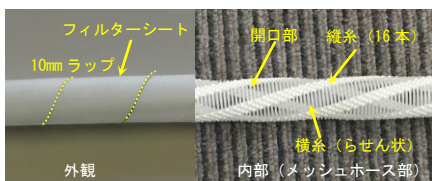


写真-1 コンクリート打設時の排気排水のイメージ

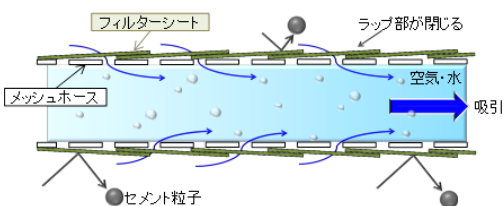


図-1 コンクリート打設時の排気排水のイメージ

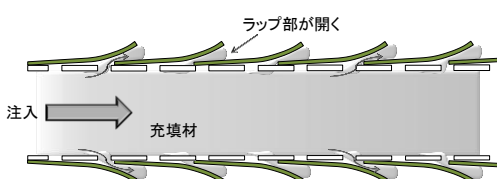


図-2 コンクリート打設後の注入のイメージ

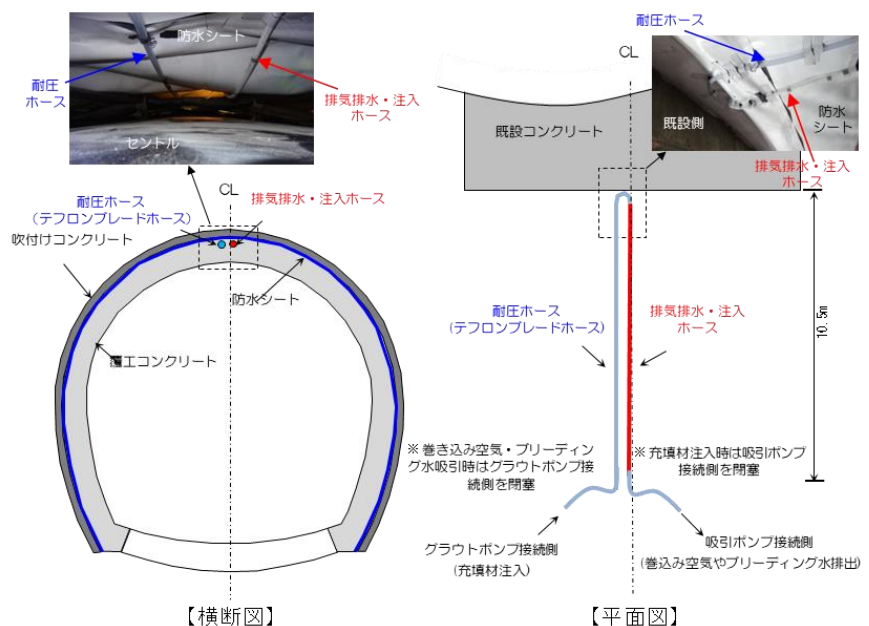


図-3 排気排水注入ホースの配置および施工状況

\*土木技術本部エンジニアリング事業部 \*\*東京土木本店立野ダム仮排水路作業所  
\*\*\*九州地方整備局 立野ダム工事事務所



## 7. ダブルチャンバー式加圧透水・透気試験機(WAPP)法での透水試験適用事例

### その1 壁構造模擬供試体

The Application Example of the Water Permeability Test Using Double-chamber Water/Air Pressure Permeability Tester (WAPP) Method ( Part 1 ) The Mock Wall Specimen

後藤佳子\* 谷口克彦\* 村田康平\*\* 牛島 栄\*\*\*

#### —概要—

コンクリート構造物の施工品質を確保することが「公共工事の品質確保の促進に関する法律」より求められており、その品質評価手法の確立が重要となる。しかし、多くの場合その測定はコンクリート構造物を対象に非破壊で実施されなければならない。現在、コンクリート構造物の耐久性を評価する指標の1つである水密性を現場で非破壊測定する方法が着目されている。本開発では、その方法としてダブルチャンバー式加圧透水・透気試験機(WAPP)を用いた透水試験(以下、WAPP法という)を適用し、評価手法への利用検討を進めている。本報では、その適用例として壁構造模擬供試体での測定結果を報告する。

#### —WAPPを用いた透水試験の概要—

WAPPを用いた透水試験は、コンクリート表面に設置した測定用チャンバーから、所定の圧力下(標準水圧:55kPa)で水を透水させた際の透水量を測定し、右記の式より表面透水係数P値を求め水密性を評価するものである。非破壊かつ現場での測定が可能であり、操作が簡易的であることが特徴として挙げられる。

#### 〈表面透水係数P値算出式〉

$$P = \frac{G\rho w^2}{2tA^2P_u} \times 10^{-4}$$

P: 表面透水係数 ( $\times 10^{-10}$  m/s)

G: 重力加速度 ( $m/sec^2$ )

$\rho$ : 水の単位体積重量 ( $g/cm^3$ )

w: 透水量 ( $cm^3$ )

t: 透水時間 (sec)

A: 内側チャンバーの断面積 ( $cm^2$ )

$P_u$ : 透水水圧 (kPa)

#### —壁構造模擬供試体における測定—

壁構造模擬供試体は、3種類の配合からなり、測定面により施工条件(型枠・剥離剤条件、養生条件)が異なる。WAPP法の測定結果から、透水量の経時変化を確認することができ、表層透水係数P値が測定できることを確認した(図1参照)。本報におけるWAPP法の測定結果より、今回測定した壁構造模擬供試体は初期の条件(配合や施工条件)よりその後の設置環境などの影響を複合的に受けているという考察が得られた。

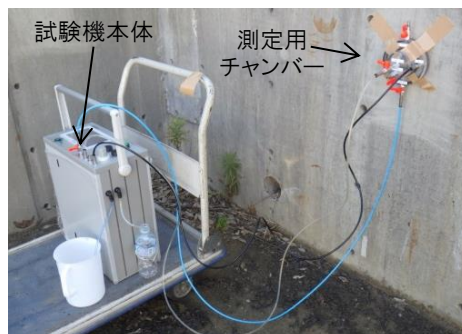


写真1 WAPP法の実施状況

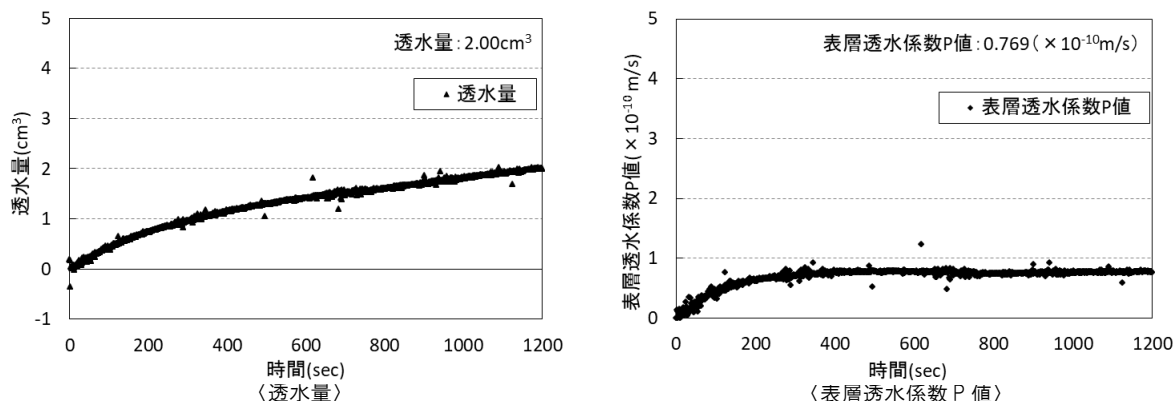


図1 透水量および表層透水係数P値の経時変化例

※本報の内容は、既発表論文(コンクリート構造物の非破壊検査シンポジウム論文集(Vol.6)pp.171-174,2018.8)に図を加え、再構成したものである。

\*技術研究所 材料研究部 新材料研究室

\*\*技術研究所 材料研究部 コンクリート研究室

\*\*\*執行役員 技術研究所長

---

## 8. 道路トンネルの維持管理の現状と関連する技術開発動向、それらの課題

Current Status, Trends of Technical Development and Their Problems for Road Tunnel Maintenance

湊 太郎\* 牛島 栄\*\*

---

わが国の総面積の 70 %以上は、山地や丘陵からなる非常に急峻で複雑な地形を有し、島国であり山国でもあると言える。このような山地や丘陵などの障害物を超えて人や物の往来を可能とする道路トンネルは、わが国の交通インフラの要である。また、平成 30 年（2018 年）北海道胆振東部地震や未だ記憶に新しい東北地方太平洋沖地震などに伴う大規模な震災、大型台風の来襲による豪雨・浸水被害など、毎年のように災害に見舞われる我が国では、防災対策および危機管理の面からも道路の役割が重要視されている。

その一方で、多くの尊い命が犠牲となった平成 24 年（2012 年）12 月 2 日に発生した中央自動車道の笹子トンネル天井板落下事故は、供用開始後 35 年を経過していたこともあって、社会インフラの老朽化問題に対する国民の高い関心と呼ぶとともに、社会インフラに対する信頼性が揺らぐ契機となった。これらのことから、国土交通省をはじめとしてインフラ長寿命化計画（行動計画）に基づき、道路構造物に関連する法令の改正、必要な基準やマニュアルの作成、定期点検の実施と健全性の診断・評価、それらに基づく個別施設計画の策定が進められている。これら構造物の補修・補強に関する材料や工法についても、省工程、材料の高性能化、可視化などが図られている。

しかしながら、総じてインフラの維持管理・更新の役割を担っている地方自治体では、関連する予算や人材の不足などが相まって、適切な維持管理が実施されず供用中の構造物では、インフラ老朽化による危険性が増していることは否めない。場合によっては、供用が不可能な状態となっている構造物も少ない。道路トンネルでは、対象となるトンネルの約 70 %しか点検が完了しておらず、そのうち基礎自治体である市区町村に限れば 40 %しか点検が完了していない。そのため、道路トンネルの個別施設計画の策定済みが、国や高速道路会社が 100 %であるのに対し、市区町村では 27 %にとどまっている。

今後、道路トンネルなどの構造物の円滑な維持管理体制を構築するためには、その重要性を認識し、日進月歩の維持管理に関する知識や技術情報を的確に把握し保有する人材の定期的かつ計画的な育成と確保が求められる。また、迅速かつ的確に構造物の点検・調査・診断・評価が実施可能な技術も、早期に実現される必要がある。これら技術は、簡便な方法で実施でき、要する費用も安価でなければならない。現在、道路トンネル内を法定速度で走行しながら、覆工コンクリートなどの画像データを収集する点検車、ドローンを利用して車両の通行を妨げず点検・調査を行う技術などが開発され提案されている。このような点検・調査技術が実用化されるのに伴い、膨大な構造物の情報が収集されることになるが、これらを効率的にかつ的確に診断・評価することは、現状の人的資源では非常に困難であると言わざるを得ない。そのため、今後は AI を利用した画像診断システムなど、より効率的で効果的な診断・評価システムの確立が必要になるものと考えられる。

これらの内容に関しての道路トンネルの現状と課題を整理し、今後求められる技術や人員育成などについて私見を述べた。

---

\*技術研究所 材料研究部 新材料研究室 \*\*執行役員 技術研究所所長

## 9. 超音波横波トモグラフィ装置によるRC構造物の非破壊試験に関する基礎的検証

### Basic Study on Non Destructive Test of RC Structures Using Ultrasonic Tomography Device

新井佑一郎\* 坂本浩之\*\* 三上創史\*\* 柳田佳伸\* 佐藤俊男\*\*\* 牛島栄\*\*\*\*

#### —概要—

社会インフラの長寿命化が求められる今日において、鉄筋コンクリート構造物の改修工事の需要は土木・建築ともに増加している。RC構造物の改修では、既存躯体にアンカー穴削孔やはつり作業が行われるため、内部状況を事前に把握し工事計画を立てることが求められる。これに対し、想定外の位置に鉄筋や電気配管があり、削孔穴と干渉するなどのトラブルが多く発生している。一般に、RC構造物の内部を知るためには、電磁誘導法や電磁波レーダーが用いられるが、調査範囲は深さ 10～20cm 程度であり、十分な能力を有しているとは言えない。そこで、本研究では新しい非破壊試験法として、超音波横波トモグラフィ装置を用い、鉄筋の検出を行った。さらに、試験装置から得られるせん断波速度  $V_s$  の値を用いて、若材齢コンクリートの弾性波伝搬速度を調査し、従来の縦波の弾性波速度  $V_p$  と比較した。この結果から、せん断波速度  $V_s$  を用いてコンクリート品質を調査するための基本的な検討を行った。

#### —技術的な特長—

本論で用いる超音波トモグラフィ装置は、写真 1 で示すように装置底面に超音波横波を起振・受信するセンサが  $4 \times 12 = 48$  個取り付けられている。センサから起振される超音波の周波数は 50kHz (標準値) であり、通常非破壊試験で用いられる超音波法 (縦波, 2～5MHz) と比較して低い。一般に、非破壊試験法では波の周波数が低くなると透過能力が高くなるが、探査精度は低くなる。この問題を解決するため、図 1 で示すように複数のセンサで起振・受信を繰り返し、経路数を増加させ、周波数を上げることなく精度を向上させている。また、多経路の反射波を検出するため、従来の試験法では対応できなかったダブル配筋の検出も可能となる (図 2)。

本試験法は、検出時にせん断波の伝搬速度  $V_s$  の値を得ることができるため、コンクリート強度などの品質評価を検出と同時にすることもできる。これにより、RC構造物内部の状態と、コンクリート品質を同時に計測できるようになるため、調査・診断業務の省力化に貢献できる。



写真1 装置のセンサ配置状況



図1 超音波横波伝搬のイメージ

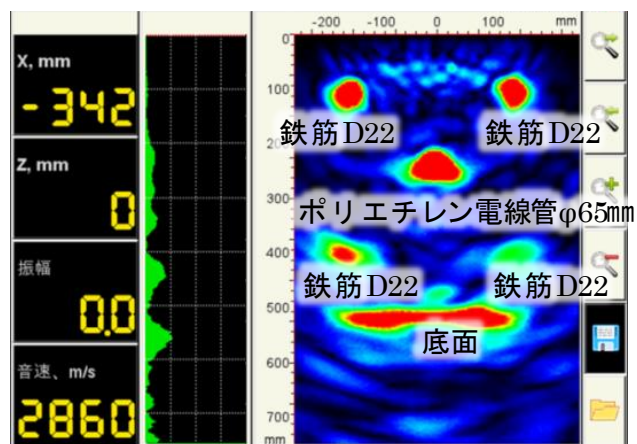


図2 ダブル配筋床版 t=500mm の検出例

\*技術研究所 構造研究部 建築構造研究室 \*\* (株)地球システム科学 \*\*\*技術研究所 企画管理室  
\*\*\*\*執行役員 技術研究所長



## 2. 社外発表論文一覧（2018年1月～2018年12月）



## (1)社外発表論文(査読有)一覧(2018年1月~2018年12月)

講演者 (下線:関係者)	論文タイトル	発表誌名	発行年月 掲載頁
寺内将貴 (松寄達弘、 <u>劉 翠平</u> 、 <u>牛島 栄</u> )	外ねじ式構造パイプサポートの軸圧縮耐荷挙動に関する実験的研究	コンクリート工学年次論文集第40巻	2018.6 pp.381-386

## (2)社外発表論文(査読無)一覧(2018年1月~2018年12月)

講演者 (下線:関係者)	論文タイトル	発表誌名	発行年月 掲載頁
松寄達弘 ( <u>劉 翠平</u> 、 <u>牛島 栄</u> )	アルミニウム合金製強力サポートの軸圧縮実験	日本建築学会関東支部研究報告集 I	2018.3 pp.206-208
新保拓海 (小山大樹、坂本駿仁、北嶋圭二、久保田雅春、山崎康雄、 <u>波田雅也</u> 、三塩洋一、山崎信宏)	レンズダンパーを取り付けたRC造間柱の構造性能に関する実験的研究 (その3 エネルギー吸収性能に関する検討)	日本建築学会大会学術講演梗概集、構造 II	2018.7 pp.265-266
坂本駿仁 (小山大樹、新保拓海、北嶋圭二、名取祥一、山崎康雄、 <u>村井克綺</u> 、石渡康弘)	レンズダンパーを取り付けたRC造間柱の構造性能に関する実験的研究 (その4 解析モデルの概要および解析結果)	日本建築学会大会学術講演梗概集、構造 II	2018.7 pp.267-268
<u>土田堯章</u> (沖野貴久、竹内健二、 <u>波田雅也</u> 、関口聖也、北嶋圭二、中西三和、安達 洋)	テーパー付き滑り基礎構造建物の加振実験 (その6 剛性偏心建物の立体骨組解析モデル)	日本建築学会大会学術講演梗概集、構造 II	2018.7 pp.985-986
沖野貴久 ( <u>土田堯章</u> 、 <u>竹内健二</u> 、 <u>波田雅也</u> 、関口聖也、北嶋圭二、中西三和、安達 洋)	テーパー付き滑り基礎構造建物の加振実験 (その7 解析結果と実験結果の比較および解析スタディ)	日本建築学会大会学術講演梗概集、構造 II	2018.7 pp.987-988
<u>波田雅也</u> (山本圭太、永野恭史、藤田勇汰、 <u>竹内健二</u> 、北嶋圭二、中西三和、安達 洋)	折返しブレースの座屈拘束メカニズムに関する研究 (その1 限界軸力Ncの誘導と検証実験の概要)	日本建築学会大会学術講演梗概集、構造 III	2018.7 pp.735-736
山本圭太 ( <u>波田雅也</u> 、永野恭史、藤田勇汰、 <u>村井克綺</u> 、北嶋圭二、中西三和、安達 洋)	折返しブレースの座屈拘束メカニズムに関する研究 (その2 検証実験の結果)	日本建築学会大会学術講演梗概集、構造 III	2018.7 pp.737-738
高村皓輝 ( <u>波田雅也</u> 、山本圭太、 <u>村井克綺</u> 、 <u>竹内健二</u> 、北嶋圭二、中西三和、安達 洋)	折返しブレースの構造建物の構造特性に関する研究 (その4 折返しブレースの構造建物の設計フローと試設計)	日本建築学会大会学術講演梗概集、構造 III	2018.7 pp.739-740
柳田佳伸 (林 晴佳、石鍋雄一郎)	埋込型柱脚を有する鋼構造梁降伏型剛接骨組の損傷分布に関する研究	日本建築学会大会学術講演梗概集、構造 III	2018.7 pp.825-826
新井佑一郎 (柳田佳伸、寺内将貴、石鍋雄一郎)	複合型露出柱脚の設計に用いる曲げ耐力式	日本建築学会大会学術講演梗概集、構造 III	2018.7 pp.1329-1330
寺内将貴 (柳田佳伸、新井佑一郎、石鍋雄一郎)	複合型露出柱脚の耐力・回転剛性の累加要素に関する実験的研究	日本建築学会大会学術講演梗概集、構造 III	2018.7 pp.1331-1332
<u>劉 翠平</u> ( <u>牛島 栄</u> )	集中荷重を受ける2辺単純支持のRCスラブの耐荷挙動に関する解析的検討	日本建築学会大会学術講演梗概集、構造 IV	2018.7 pp.439-440

講演者 (下線：関係者)	論文タイトル	発表誌名	発行年月 掲載頁
木村浩之 (波田雅也、牛島 栄、蔵治賢太郎、松 原拓朗、久保田成 是)	摩擦サイドブロックの環境促進実験による腐食耐久性に関する検討	土木学会第73回年次学術講演概要集、第I部門	2018.8 pp.625-626
山崎 彬 (波田雅也、木村浩 之、牛島 栄、蔵治 賢太郎、松原拓朗、 久保田成是)	1200kN級の“大容量ダイス・ロッド式摩擦ダンパー”の開発	土木学会第73回年次学術講演概要集、第I部門	2018.8 pp.631-632
波田雅也 (木村浩之、牛島 栄、蔵治賢太郎、松 原拓朗、久保田成 是)	橋梁の制震化に用いるダイス・ロッド式摩擦ダンパーの速度依存性	土木学会第73回年次学術講演概要集、第I部門	2018.8 pp.639-640
新井佑一郎 (坂本浩之、三上創 史、牛島 栄)	超音波横波トモグラフィ装置による配合が異なるRC壁の鉄筋探査事例	土木学会第73回年次学術講演概要集、第V部門	2018.8 pp.343-344
後藤佳子 (谷口克彦、村田康 平、牛島 栄)	施工条件の異なる高流動コンクリート構造物の材齢22年における中性化深さ	土木学会第73回年次学術講演概要集、第V部門	2018.8 pp.369-370
谷口克彦 (村田康平、牛島 栄、内海幸幸)	機能性混和剤を用いたセメント硬化体の微細構造特性	土木学会第73回年次学術講演概要集、第V部門	2018.8 pp.393-394
坂本浩之 (三上創史、新井佑 一郎、佐藤俊男、牛 島 栄)	超音波トモグラフィ装置を用いたコンクリート内部の非破壊・調査事例	コンクリート構造物の非破壊検査シンポジウム論文集 (Vol.6)	2018.8 pp.113-116
後藤佳子 (牛島 栄、谷口克 彦、村田康平、豊福 俊泰)	ダブルチャンバー式加圧透水・透気試験機(WAPP)を用いた透水試験の測定事例	コンクリート構造物の非破壊検査シンポジウム論文集 (Vol.6)	2018.8 pp.171-174
新井佑一郎 (柳田佳伸、寺内将 貴、石鍋雄一郎)	複合型露出柱脚の設計用曲げ耐力式の提案	第15回地震工学シンポジウム論文集	2018.11 pp.2439-2448
波田雅也 (藤本和久、小林健 一郎、牛島 栄、蔵 治賢太郎、和田 新)	摩擦ダンパー付き橋梁模型の振動台実験	第15回地震工学シンポジウム論文集	2018.11 pp.3389-3396
○豊福俊泰 峰村富夫、野中 英、後藤佳子	ダブルチャンバー式加圧透水・透気試験機(WAPP)による表層コンクリートの水密性検査法に関する研究	日本非破壊検査協会平成30年秋季講演大会講演概要集	2018.11 pp.39-42
劉 翠平 (藤本和久、牛島 栄)	鋼板巻立補強の円形断面RC橋脚の耐震照査に関する解析的考察	第36回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会、第I部門	2018.11 pp.56-59
寺内将貴 (柳田佳伸、新井佑 一郎、石鍋雄一郎)	複合型露出柱脚の降伏機構に関する実験的研究	平成30年度日本大学理工学部学術講演会予稿集、B(構造・強度部会)	2018.12 pp.95-96
関口聖也 (土田堯章、北嶋圭 二、中西三和、安達 洋)	テーパー付き滑り基礎構造建物の応答性状に関する研究 (その6 剛性偏心建物の立体骨組解析モデル)	平成30年度日本大学理工学部学術講演会予稿集、B(構造・強度部会)	2018.12 pp.39-40
土田堯章 (関口聖也、北嶋圭 二、中西三和、安達 洋)	テーパー付き滑り基礎構造建物の応答性状に関する研究 (その7 解析結果と実験結果の比較および解析スタディ)	平成30年度日本大学理工学部学術講演会予稿集、B(構造・強度部会)	2018.12 pp.41-42



講演者 (下線：関係者)	論文タイトル	発表誌名	発行年月 掲載頁
<u>波田雅也</u> (山本圭太、村井克 綺、竹内健二、北嶋 圭二、中西三和、安 達 洋)	折返しブレースの座屈拘束メカニズムに 関する研究 (その1 限界軸力 $N_c$ の誘導と検証実験の 概要)	平成30年度日本大学工学部学術 講演会予稿集、B(構造・強度部 会)	2018.12 pp.47-48
山本圭太 ( <u>波田雅也</u> 、村井克 綺、 <u>竹内健二</u> 、北嶋 圭二、中西三和、安 達 洋)	折返しブレースの座屈拘束メカニズムに 関する研究 (その2 検証実験の結果)	平成30年度日本大学工学部学術 講演会予稿集、B(構造・強度部 会)	2018.12 pp.49-50
村井克綺 ( <u>波田雅也</u> 、 <u>竹内健</u> 二、山本圭太、北嶋 圭二、中西三和、安 達 洋)	折返しブレース付き鉄骨造建物の構造特 性に関する研究 (その4 折返しブレース構造建物の設計 フローと試設計)	平成30年度日本大学工学部学術 講演会予稿集、B(構造・強度部 会)	2018.12 pp.51-52

## (3)各専門誌、雑誌(2018年1月～2018年12月)

執筆者 (下線：関係者)	タイトル	専門誌名、雑誌名	発行年月
<u>生島 栄</u>	ずいそう 城めぐり	セメント・コンクリート、No.861	2018.11 pp.16-17



### 3. ニュースリリースの紹介



## ニュースリリースの御紹介

青木あすなろ建設株式会社が取得した技術等に関する記事をニュースリリースとして御紹介致します。

### 1.取得した特許（2018年1月～2018年12月）

#### (1) 発明の名称「緩衝装置」

登録日：2018年2月2日

#### (2) 発明の名称「免震構造およびその構築方法」（拡頭杭免震構法）

登録日：2018年4月27日

#### (3) 発明の名称「杭頭ピン接合構造」

登録日：2018年12月21日

### 2.取得した技術（2018年1月～2018年12月）

#### (1) 一般名称「複合型露出柱脚」

2018年10月31日にビューローベリタスジャパン(株)の建築技術性能証明（第BVJ-PA18-001号）を取得した

### 3.技術研究所に関する記事（2018年1月～2018年12月）

#### (1) 耐震化に革命を!!ダイスとロッドの摩擦を利用した「橋梁耐震工法」

政策総合研究所が発行する総合提案誌「日本の新技術・新工法」第387号（2018年1月20日発行）に、「摩擦ダンパーを用いた橋梁耐震工法」および「ダイス・ロッド式摩擦サイドブロック」に関する記事が掲載された。

#### (2) 若葉台第1共同住宅3 - 4耐震改修工事完成（日刊建設工業新聞）

日刊建設工業新聞（2018年3月30日付）に、「制震ブレース工法を用いた耐震補強工法」を採用した耐震改修工事完了の記事が掲載された。

#### (3) 地震動を効率良く減衰「摩擦ダンパーを用いた橋梁耐震工法」（日刊建設通信新聞）

日刊建設通信新聞（2018年4月26日付）に、「摩擦ダンパーを用いた橋梁耐震工法」に関する記事が掲載された。

#### (4) 防災・減災に貢献する各社技術「摩擦ダンパーを用いた橋梁耐震工法」（日刊建設産業新聞）

日刊建設産業新聞（2018年5月31日付）に、「摩擦ダンパーを用いた橋梁耐震工法」に関する記事が掲載された。

(5) 親子連れ 100 人が参加 - つくばちびっこ博士 2018 - (日刊建設産業新聞)

100 人の小中学生招待 - つくばちびっこ博士で青木あすなる技研公開 - (建設通信新聞)

速乾セメントでペン立て作り - 青木あすなる建設小中学生に技研公開 - (日刊建設工業新聞)

日刊建設産業新聞 (2018 年 8 月 8 日付)、建設通信新聞 (2018 年 8 月 16 日付)、日刊建設工業新聞 (2018 年 8 月 17 日付) に、当社技術研究所が参加する「つくばちびっこ博士 2018」に関する記事が掲載された。

(6) 愛知の高校生招き技術研究所見学会 (日刊建設工業新聞)

高校生が技研を訪問 - 文科省の SSH 事業で - (日刊建設産業新聞)

耐震技術など説明 - 技研に高校生招く - (建設通信新聞)

日刊建設工業新聞・日刊建設産業新聞 (2018 年 8 月 28 日付)、建設通信新聞 (2018 年 8 月 31 日付) に、スーパーサイエンスハイスクール事業による「県立岡崎高等学校」の技術研究所見学の記事が掲載された。

(7) 「多様な計測管理技術を用いてシールド切替型推進工法により施工」

(株) 土木工学社が発行する月刊誌「トンネルと地下」9月号に「グラウト材料の検知方法」を用いた技術が掲載された。

(8) 土木・建築で 13 件 - 青木あすなる建設技術論文発表会 - (日刊建設工業新聞)

技術発表会 - 揺るぎない技術力を - (建設通信新聞)

技術力の継続に注力 - 第 15 回技術論文発表会 - (日刊建設産業新聞)

青木あすなる建設 論文発表会で 13 件発表 (建通新聞)

日刊建設工業新聞・建設通信新聞・日刊建設産業新聞 (2018 年 10 月 24 日付)、建通新聞 (2018 年 10 月 25 日付) に、2018 年 10 月 23 日に開催した技術論文発表会に関する記事が掲載された。

(9) ダイス・ロッド式摩擦ダンパー (DRF・DP) - 首都高速台場線におけるロッキング橋脚を有する橋梁の耐震補強に採用される制震デバイス -

(株) 建設図書が発行する月刊誌「橋梁と基礎」12月号に「摩擦ダンパーを用いた橋梁耐震工法」に関する記事が掲載された。

3. 講演 (2018 年 1 月～2018 年 12 月)

(1) コンクリート構造物の施工と維持管理

NPO 法人グリーンアース ((社) 沖縄県コンサルタント協会、(社) 沖縄県建設業協会協賛) より講演を依頼され、執行役員 技術研究所所長牛島栄は 2018 年 5 月 19 日に宜野湾マリンセンターにおいて「コンクリート施工の留意点」・「コンクリートのひび割れ制御」・「コンクリート構造物の維持管理の留意点」を講演した。

(2) 品質確保技術 II 研修

国土交通省東北地方整備局企画部より講演を依頼され、執行役員 技術研究所所長牛島栄は2018年5月23日に宮城県多賀市にある東北技術事務所多賀城研修所において「コンクリートの基礎知識」を講演した。

(3) 品質確保技術 I 研修

国土交通省東北地方整備局企画部より講演を依頼され、執行役員 技術研究所所長牛島栄は2018年6月26日に宮城県多賀市にある東北技術事務所多賀城研修所において「コンクリートのクラックと対策」を講演した。

(4) 専門研修【維持管理】講座

(公財)滋賀県建設技術センターより講演を依頼され、執行役員 技術研究所所長牛島栄は2018年9月26日に(公)滋賀県建設技術センターにおいて「社会インフラの老朽化対策」に関して、道路橋とトンネルを例に講演した。

(5) ソフトウェア進化と保守のシンポジウム

ソフトウェア・メンテナンス協会より講演を依頼され、執行役員 技術研究所所長牛島栄は2018年11月15日に江東区東大島文化センターにおいて「迫りくる社会インフラの危機つくるから守へ」を講演した。東京大学名誉教授登坂博行先生による「豪雨による河川氾濫と土砂災害のリスク」も講演され、その後、インフラセンサーや解析ソフトの面から、ソフトウェアとの関連を議論した。

4.表彰関連(2018年1月～2018年12月)

(1) 2018年11月12日、土木学会が主催する平成30年度土木学会全国大会第73回年次学術講演会において、新井佑一郎が優秀講演賞を受賞。

受賞講演内容：非破壊試験法部門「超音波横波トモグラフィ装置による配合が異なるRC壁の鉄筋探査事例」





青木あすなろ建設 技術研究所報  
CD-ROM

ASUNARO AOKI RESEARCH REPORT  
Vol.4 2019.4





青木あすなろ建設 技術研究所報  
本 CD-ROM の利用にあたって

本 CD-ROM は、青木あすなろ建設技術研究所報 Vol.4 2019 として技術研究概要を PDF に収録したものです。CD-ROM は、以下のいずれかの環境でご覧いただくことができます。

ブラウザ Microsoft Internet Explorer 11.0 以降 また Firefox 43.0 以降

Adobe Reader

※Adobe Reader は <http://www.adobe.com/jp/> でダウンロードすることができます。

起動方法

CD-ROM 内の「index.html」ファイルをダブルクリックして下さい。



青木あすなろ建設技術研究所報 Vol.4 2019  
2019年3月26日発行

編集 青木あすなろ建設株式会社技術研究所  
茨城県つくば市要 36-1  
電話 029 (877) 1112

発行 青木あすなろ建設株式会社  
東京都港区芝4丁目8番2号  
電話 03 (5419) 1011

印刷 トーヨー企画株式会社  
東京都千代田区飯田橋 1-5-8 アクサンビル 2階  
電話 03 (3262) 6605

