ISSN　2760－0769

青木あすなろ建設　技術研究所報

ASUNARO AOKI RESEARCH REPORT

Vol.10　2025. 4

青木あすなろ建設
AsunaroAoki

青木あすなろ建設　技術研究所報

ASUNARO AOKI RESEARCH REPORT

Vol.10 2025. 4

青木あすなろ建設
AsunaroAoki

ごあいさつ

執行役員
技術研究所長
信岡 靖久

青木あすなろ建設技術研究所報 Vol.10 の発行にあたり、一言ご挨拶を申し上げます。

弊社の技術研究所報は、社是である「我が社は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。

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、技術研究報告概要に示す土木系 3 編と建築系 1 編および土木建築共通項目 1 編から構成され、社会資本の老朽化対策や継続して取り組んでいる大地震対策、建設工事における施工合理化など、建設業に求められる技術課題に対応したものとなっています。

技報の概要に掲載した、首都高速道路と長年に渡り実施しているテーマ「摩擦ダンパーを用いた橋梁の損傷制御耐震補強工法」は、首都高台場線および上野線にて 2 現場の実装を得ています。また、橋軸方向へのスライド機能を付加した発展型も「国立研究開発法人 土木研究所」における「大型振動台」実験およびその他の基礎的実験も成功裡に完了し、摩擦ダンパーの大幅な適用範囲拡大が期待されます。さらに、弊社が注力している「合理的な耐震構造システムの開発」の一環である摩擦ダンパーを用いた制震補強構法についても、施工中の物件が 1 件と継続した展開を図っています。弊社技術研究所の活動も、若手研究員の成長とともに大きな成果を得ています。多くのご指導をいただいた社内外の皆様に心より感謝いたします。

開発した技術を、どのように社会に展開寄与するかも大きな課題であり、営業・設計部門等を中心に、開発技術の社会への展開を推進しています。技術開発の成果が社会貢献として結実することは、大きな達成感が得られ、若手職員の成長に資するモチベーションとして非常に期待しております。

技術研究所職員一同、土木・建築事業本部と一体となり、より高い技術開発目標を掲げ、その成果の業務展開を通じて、社業の発展に大いに寄与することを切望いたします。

皆様には、本技報をご高覧・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。

令和 7 年 3 月吉日

目　次

1.　技術研究報告

(1)　横変位摩擦ダンパーの両端スライド部のすべり性能確認試験・・・・・・・・・・・・・・・1
下村 将之・波田 雅也・山﨑 彬

(2)　盛土の締固めの新しい管理方法の開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・8
落合 裕正・湊 太郎

(3)　撥水剤添加コンクリートの諸性状に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・14
岡 流聖・谷口 克彦

(4)　静電容量による非接触式コンクリート打込み高さ測定方法の開発・・・・・・・・・・・21
梶原 陸・村田 康平・駒田 憲司・佐藤 俊男

(5)　屋外暴露後１０年が経過した実大滑り基礎の性能確認・・・・・・・・・・・・・・・・25
土田 尭章・波田 雅也・柳田 佳伸・竹内 健一

2.　社外発表論文一覧・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・30

3.　ニュースリリース・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・32

CONTENTS

1. Technical Report

(1) **Sliding Performance Confirmation Test of Sliding Parts at both ends of Lateral Displacement Friction Damper** · 1
Masayuki SHITAMURA, Masaya HADA, Akira YAMASAKI

(2) **Development of a new Management Method for Compaction of Soil** · · · · · · · · · · · · · 8
Hiromasa OCHIAI, Taro MINATO

(3) **Study on Various Properties of Concrete with Water-Repellent Additives** · · · · · · · · · · 14
Ryusei OKA, Katsuhiko TANIGUCHI

(4) **Development of a Non-Contact Method for Measuring the Height of Concrete Placement by Capacitance** · 21
Riku KAJIWARA, Kohei MURATA, Kenji KOMADA, Toshio SATO

(5) **Loading Experiment on a Full-Scale Sliding Foundation after 10 Years of Exposure** · · · · 25
Takaaki TSUCHIDA, Masaya HADA, Yoshinobu YANAGITA, Kenichi TAKEUCHI

2. External Presented Paper List · 30

3. Introduction of Technical News · 32

1.　技 術 研 究 報 告

1. 横変位摩擦ダンパーの両端スライド部のすべり性能確認試験

Sliding Performance Confirmation Test of Sliding Parts at both ends of Lateral Displacement Friction Damper

下村将之*　波田雅也*　山﨑　彬*

－概要－

筆者らは、橋梁の固定条件の上下部接続部にダイス・ロッド式摩擦ダンパーを設置することで、常時やレベル 1 地震時には固定装置として桁ずれを防ぎ、レベル 2 地震時には制震装置として橋脚基部の応答低減を図る耐震性向上技術を実用化している。現在は、橋軸方向を可動条件とする上下部接続部の橋軸直角方向に適用可能な「横変位摩擦ダンパー」の開発を進めている（**図 1**）。

本報は、横変位摩擦ダンパーの両端に設けるスライド部のすべり性能（摩擦係数 μ）の確認を目的とした試験の概要と結果について報告する。

－技術的な特長－

横変位摩擦ダンパーは、ダンパーの両端をブラケットで挟み込んだ機構としており、スライド部（ダンパー側のスライド材とブラケット側の接触面）が低摩擦ですべることによって、橋軸方向の挙動に極力干渉せず、橋軸直角方向のダンパー反力が適切に作用する。スライド部には、μ のカタログ値が 0.1 程度の材料を使用する。しかし、屋外に設置される可能性を考慮すると、水分や土砂・塵などの「異物」がスライド部に挟まることによる μ への影響を、実験的に確認しておくことが好ましい。

本報で示す試験の結果、異物を挟まない条件では、スライド板の仕様によらずスライド部の μ が 0.09 以下であることが確認された。一方、異物が挟まった条件では μ が上昇するものの、スライド板にフッ素系のコーティングを施すことによって、μ を 0.14 以下に抑えられることがわかった（**写真 1**、**図 2**）。

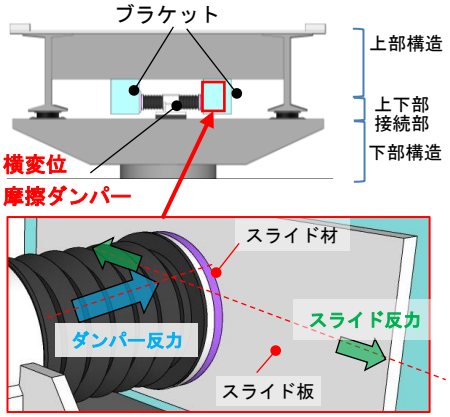


図 1　設置イメージ

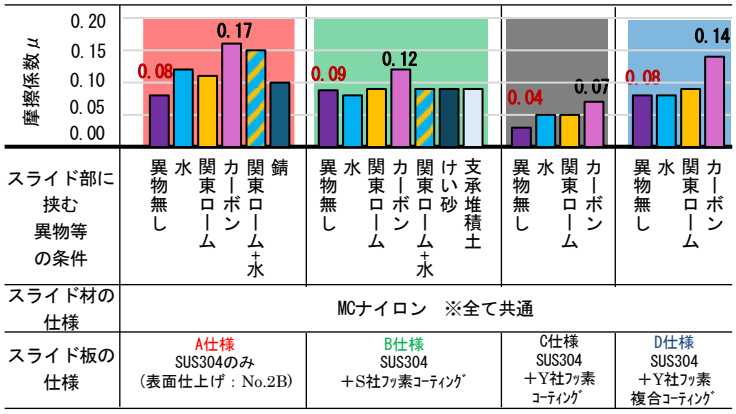
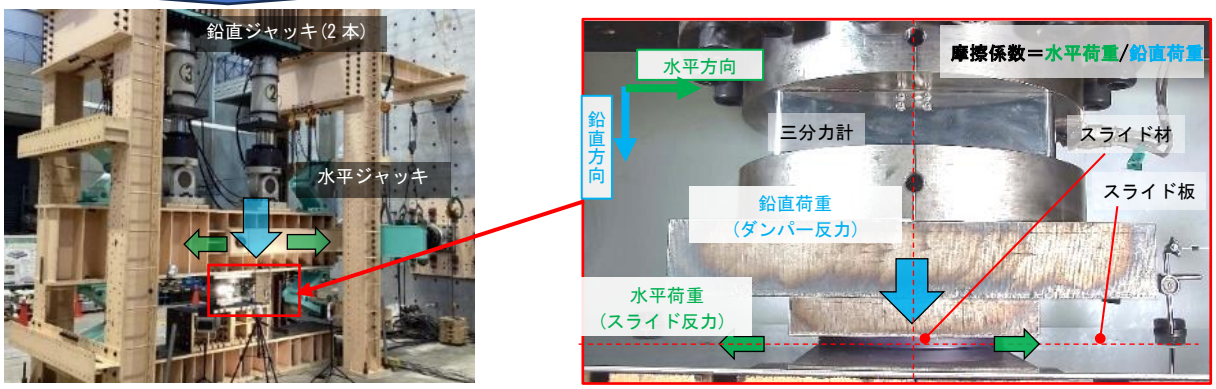


図 2 試験結果



(a) 全景　　(b) 拡大

写真 1 試験状況

*技術研究所 構造研究部 土木構造研究室

横変位摩擦ダンパーの両端スライド部のすべり性能確認試験

Sliding Performance Confirmation Test of Sliding Parts at both ends of Lateral Displacement Friction Damper

○下村　将之*　　波田　雅也*　　山﨑　彬*
Masayuki SHITAMURA　　Masaya HADA　　Akira YAMASAKI

ABSTRACT　The authors have commercialized a seismic resistance improvement technology that installs die-rod type friction dampers at the upper and lower connection parts of a bridge that are under fixed conditions, preventing girder displacement as a fixed device during normal operation or during a level 1 earthquake, and reducing the response of the pier base as a seismic control device during a level 2 earthquake. Currently, we are developing a "lateral displacement friction damper" that can be applied in the direction perpendicular to the bridge axis at the upper and lower connection parts, where the bridge axis direction is the movable condition.
This paper reports on the outline and results of a test conducted to confirm the sliding performance (friction coefficient μ) of the sliding parts installed on both ends of the lateral displacement friction damper.

Keywords：摩擦ダンパー，橋梁，制震，すべり性能確認試験
Friction damper，　*Bridge*，*Seismic control*，*Sliding performance confirmation test*

1．はじめに

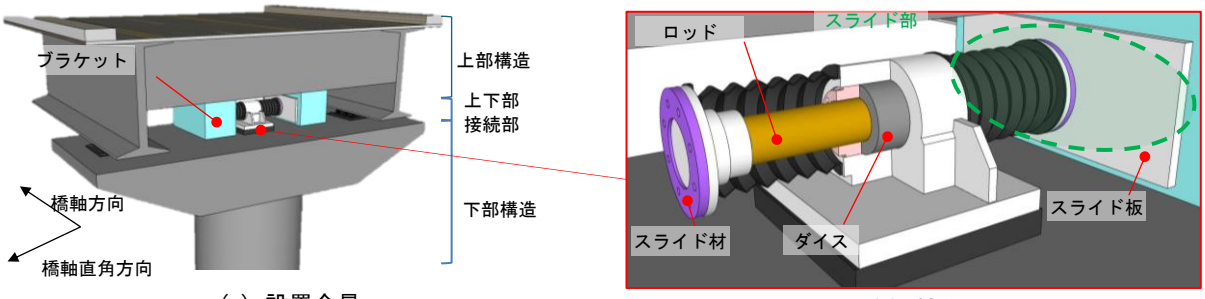
筆者らは、橋梁の固定条件の上下部接続部にダイス・ロッド式摩擦ダンパーを設置することで、常時やレベル 1 地震時には固定装置として桁ずれを防ぎ、レベル 2 地震時には制震装置として橋脚基部の応答低減を図る耐震性向上技術を実用化している [1), 2)]。現在は、橋軸方向を可動条件とする上下部接続部の橋軸直角方向に適用可能な「横変位摩擦ダンパー」の開発を進めている（**図 1**）[3)]。

横変位摩擦ダンパーは、下部構造に固定したダンパーの両端を上部構造付きブラケットで挟み込んだ機構としており、スライド部（ダンパー側のスライド材とブラケット側のスライド板との接触面）が低摩擦ですべることによって、橋軸方向の挙動に極力干渉せず、橋軸直角方向にダンパー反力が適切に作用する。スライド部には、摩擦係数 μ のカタログ値が 0.1 程度となる組み合わせの材料を使用する。しかし、屋外に設置される可能性を考慮すると、水分や土砂・塵などの「異物」がスライド部に挟まることによる μ への影響を、実験的に確認しておくことが好ましい。

本報は、横変位摩擦ダンパーの両端に設けるスライド部のすべり性能（μ）の確認を目的とした試験の概要と結果について報告する。

2．横変位摩擦ダンパーの機構

図 1(b) に横変位ダンパーの設置状況の拡大イメージを示す。横変位摩擦ダンパーの摩擦機構は、鋼製の環状のダイスと銅合金製の棒状のロッドで構成される。ダイスの内径より少し太いロッド



(a) 設置全景　　(b) 拡大

図 1　横変位摩擦ダンパーの設置状況

*技術研究所　構造研究部　土木構造研究室

をダイスに嵌め込むことで、ロッドの外周に締付け力が常に生じる。上部構造の変位によりダイス・ロッド間が摺動すると、ダイスとロッドの接触面に摩擦力が発生する。横変位摩擦ダンパーは、両端に μ が 0.1 程度のスライド材を配し、それをスライド板付きのブラケットで挟み込む構造で橋梁の上下部接続部に設置される。スライド部が低摩擦ですべることで、上部構造の挙動に極力干渉せず、橋軸直角方向の力が制震方向に適切に作用する。

3．試験概要

3.1 試験装置

本試験は、500kN 横変位摩擦ダンパーのスライド部(**図 2**)のみを抽出し、当社が保有する大型ジャッキシステムを用いて実施した(**写真 1**)。鉛直ジャッキ 2 本でダンパー反力に相当する鉛直荷重を作用させた状態で水平方向に±150mm を 2 サイクル押し引きし、その際の水平荷重(スライド反力に相当)を計測する(**図 3**、**表 1**)。なお、μ は水平荷重を鉛直荷重で除した値と定義し、2 サイクル目の平均値で評価する。

3.2 試験条件

(1) スライド部の材質

試験対象としたスライド材・スライド板の材質を**図 4** に示す。スライド材は、低摩擦で耐久性に優れ、橋梁や免震建物の剛すべり支承に用いられる MC ナイロン(ポリアミド樹脂系すべり材)[4]を

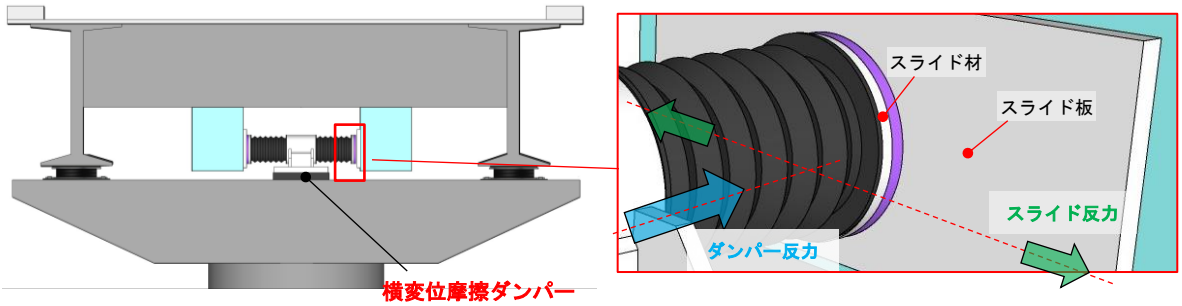
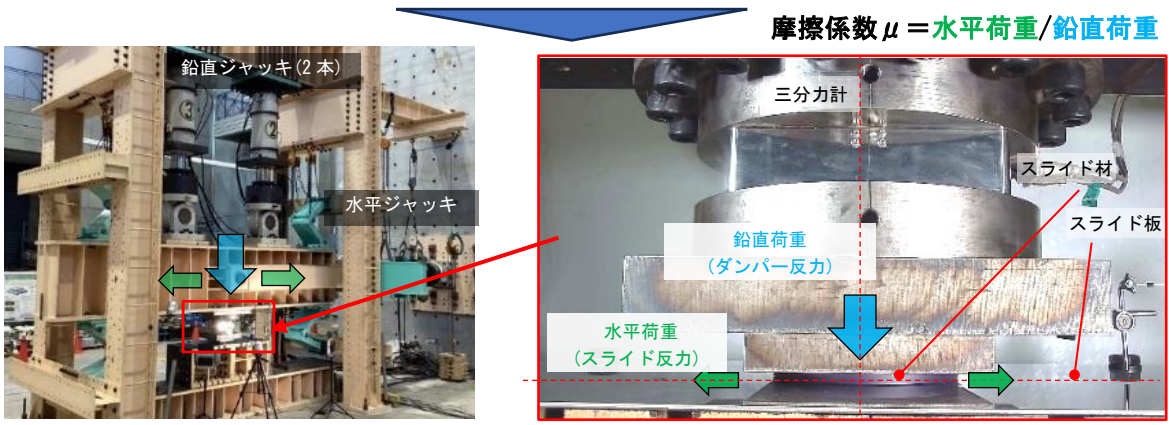


図 2　横変位摩擦ダンパーのスライド部



(a) 試験状況の全景　　(b) 試験状況の拡大

写真 1　試験装置

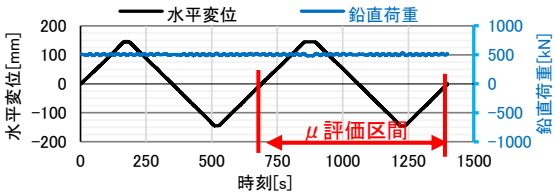
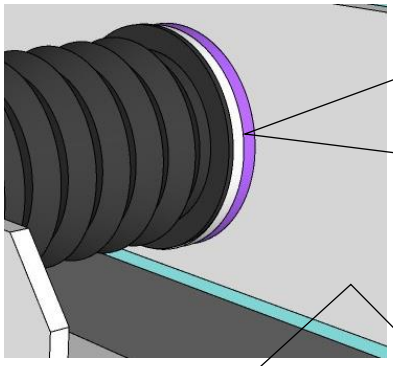


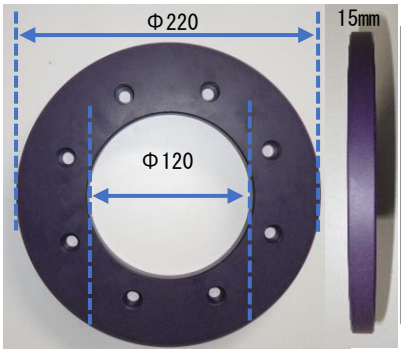
図 3　載荷波形の一例(鉛直荷重:500kN)

表 1　鉛直荷重とスライド部面圧の関係

鉛直荷重 [kN]	100	300	500	750
面圧 [MPa]	3.7	11.2	18.7	28.1
備考	面圧=鉛直荷重/スライド材表面積 500kN ダンパー用として、 鉛直荷重 500kN 時に適切な面圧(20MPa 程度)となるよう設計			

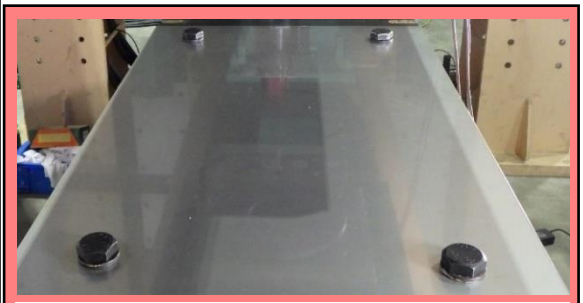


(a) 取り付け状況



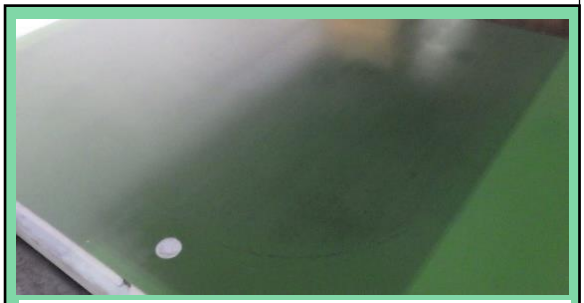
おもな物性のカタログ値 [4]	
圧縮強度	75 MPa
圧縮弾性率	3,530 MPa
動摩擦係数	無潤滑 0.11～0.13 潤滑 0.04～0.06
設計値	
表面積	26,703 mm^2
設計荷重	500 kN
設計面圧	18.7 MPa

(b) スライド材（MC ナイロン）



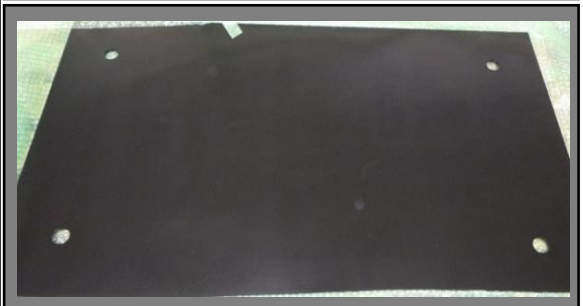
(a) A 仕様　(SUS304)

・表面処理：No.2B(一般的な光沢仕上げ)
・安価で、異物の無い状態なら摩擦係数 0.10 以下。



(b) B 仕様　(SUS304+S 社フッ素コーティング)

・実際の剛すべり支承製品に用いられている仕様。



(c) C 仕様　(SUS304+Y 社フッ素コーティング)

・SUS304＋Y 社製のフッ素樹脂コーティング
・潤滑性が高く耐食性にも優れる汎用的な仕様。

(d) D 仕様　(SUS304+Y 社フッ素複合コーティング)

・SUS304＋Y 社製のクロムとフッ素樹脂複合コーティング
・クロム系金属被膜にフッ素樹脂を複合させた、耐久性に優れる仕様。

(c) スライド板の種類

図 4　試験で用いたスライド部の材質

採用し、全ての試験で共通とする。スライド板は、SUS304（A 仕様、No.2B 仕上げ）に加えて、SUS304 にフッ素樹脂等のコーティングを施すことで μ の低減と耐食性・耐久性の向上を図った仕様の 3 種類、計 4 種類とする。

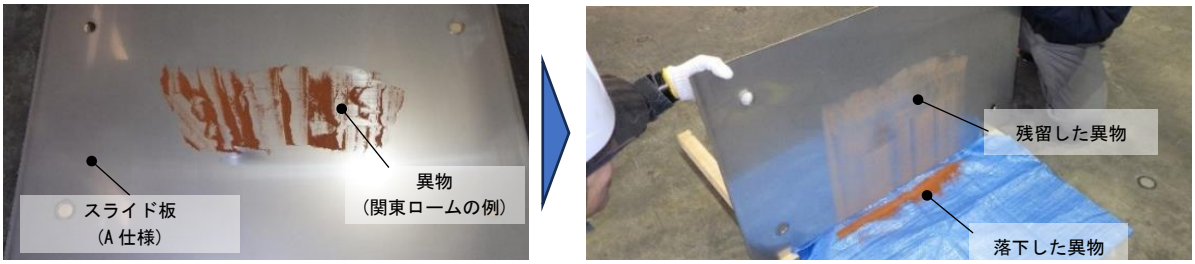
(2) 異物の条件

試験対象とした異物の条件を**表 2** に示す。「異物無し」の状態を比較対象とし、「異物有り」の条件として表中に示す 6 種類の異物を設定した。試験は、これら異物の条件に面圧の違いや水分の有無、異物の散布条件などの諸条件を組み合わせて実施した。異物は、**写真 2** のように散布した。まず、スライド板を平置きした状態で、異物 10g を試験範囲に散布する。つぎに、90 度傾けることで余分な異物を落とし、実際の設置状況を再現した。

表 2　異物の条件

試験条件			備考
異物の条件	異物無し		異物の無い状態で、各試験との比較対象
	異物有り	関東ローム	スライド板に土埃が付着した状況を想定(JIS 試験用粉体1の7種)
		カーボン	スライド板に煤が付着した状況を想定(JIS 試験用粉体の1の12種)
		けい砂	スライド板に砂埃が付着した状況を想定(JIS 試験用粉体の1の1種)
		支承堆積土	首都圏の高速道路橋梁支承部に堆積した土塵を試験粉として使用したケース
		錆	傷がついたステンレス素地を屋外暴露した結果錆が発生した状態
		水分※1	有り: 降雨時・ジョイントからの漏水を想定　無し: 乾燥時を想定
その他の条件		面圧(鉛直荷重)※2	1.9MPa ～ 18.7MPa ～ 28.1MPa (50kN ～ 500kN ～ 750kN)
		異物の散布条件※3	異物を散布した後にスライド材を設置(スライド部の周囲だけでなく、スライド材とスライド板の間に異物が挟まった状態)

※1: 関東ローム＋水分などの組合せも実施。
※2: 設計面圧は18.7MPaだが、面圧依存性などを検討するために面圧を変えた条件でも実施。
※3: スライド部の周囲のみ異物が付着した状態での試験も実施しているが、摩擦係数に影響しない結果であったため、4章の試験結果では割愛。



(a) 10g の異物をすべり板の試験範囲に散布　　(b) 90° 傾け、異物が残留した状態で試験

写真 2　異物の散布状況(A 仕様、関東ローム)

4. 試験結果

4.1 異物無し試験

(1) 摩擦係数 μ

μ と面圧の関係を図 5 に、μ と水平変位の関係を図 6 に示す。μ は、C 仕様が最も小さく、ほかの 3 種類(A 仕様、B 仕様、D 仕様)は同程度であった。設計面圧(18.7MPa)に着目すると、すべての仕様で μ が 0.09 以下であった。また、いずれの仕様ともに、面圧が大きい程に μ が小さくなる傾向(面圧依存性)が認められ、既往文献 [5]の知見と対応した。

(2) 試験後の表面状況

試験前後のスライド板の表面状況を写真 3 に示す。C 仕様のみ、試験によってコーティングが剥げて素地が露出した。ただし、剥げた後も μ の上昇が確認されなかったため、交換することなく全

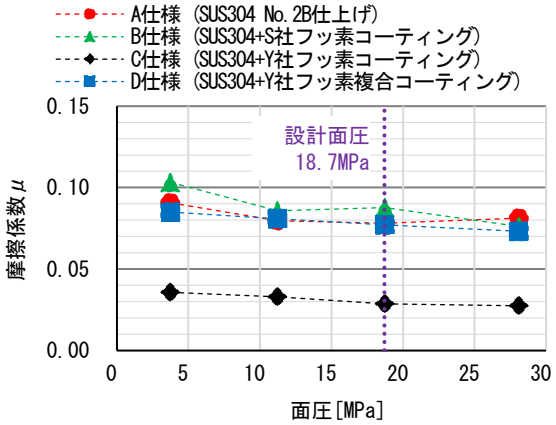
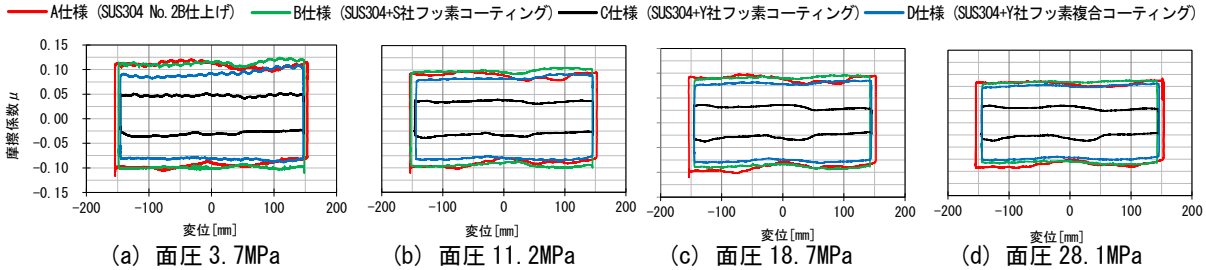


図 5　摩擦係数 μ－面圧関係(異物無し)



(a) 面圧 3.7MPa　(b) 面圧 11.2MPa　(c) 面圧 18.7MPa　(d) 面圧 28.1MPa

図 6　摩擦係数 μ－面圧関係(異物無し)

(a)　A 仕様（SUS304）　(b)　B 仕様（SUS304+S 社フッ素コーティング）

(c)　C 仕様（SUS304+Y 社フッ素コーティング）　(d)　D 仕様（SUS304+Y 社フッ素複合コーティング）

写真 3　試験状況（異物無し）

ての試験で同じスライド板を継続して使用した。

4.2 異物あり試験

(1) 摩擦係数 μ

設計面圧（18.7MPa）時に着目し、各スライド板ごとの「異物有り」条件における μ の一覧を図 7 に、各スライド板ごとの「異物無し」と「異物有り(カーボン)」を比較した μ と水平変位の関係を図 8 に示す。μ は、「異物無し」に比べて「異物有り」が大きくなる傾向があり、その傾向はカーボンの条件が最も大きかった。また、コーティングを施すことで μ の上昇が軽減されており、コーティングしない A 仕様では μ が最大 0.17 まで上昇したのに対して、コーティングした仕様 B～D では、全て μ が 0.14 以下となった。なお、先行して

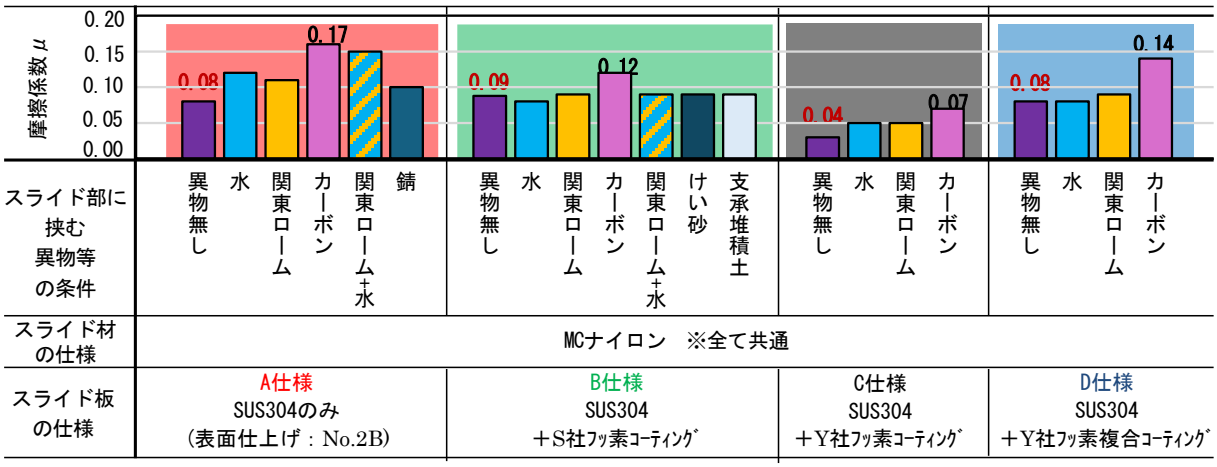
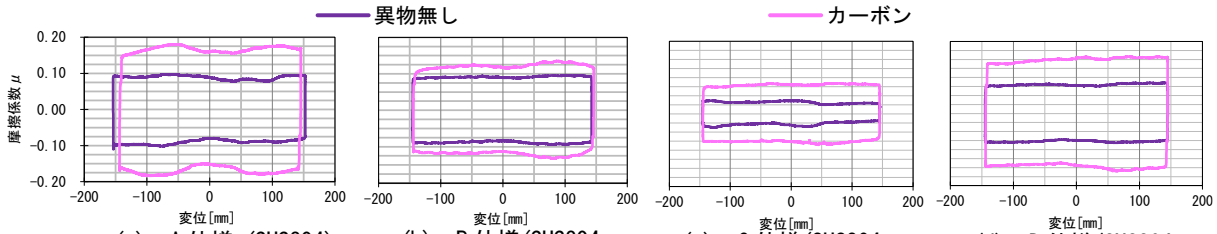


図 7　「異物無し」と「異物有り(カーボン)」の μ 一覧(面圧 18.7MPa)



(a)　A 仕様（SUS304）　(b)　B 仕様(SUS304 +S 社フッ素コーティング)　(c)　C 仕様(SUS304 +Y 社フッ素コーティング)　(d)　D 仕様(SUS304 +Y 社フッ素複合コーティング)

図 8　「異物無し」と「異物有り(カーボン)」の μ-水平変位関係の比較(面圧 18.7MPa)

(a)　A 仕様（SUS304）　(b)　B 仕様(SUS304+S 社フッ素コーティング)

(c)　C 仕様(SUS304+Y 社フッ素コーティング)　(d)　D 仕様(SUS304+Y 社フッ素金属複合コーティング)

写真 4　試験状況(異物有り(カーボン))

実施した A 仕様と B 仕様の試験結果から、異物のうちカーボンが最も厳しい条件であることがわかったため、後で実施した C 仕様および D 仕様の試験では、異物の条件を絞っている。

(2) 試験後の表面状況

異物有りの試験状況の一例として、カーボン条件における試験前後の表面状況を**写真 4** に示す。異物有りの試験では、C 仕様以外のスライド板からは傷や剥がれは確認されなかった。また、C 仕様は、前項で示した異物無し試験によって既にコーティングの剥げおよび素地の露出が生じていたが、異物有りの条件によってさらにコーティングの剥げが拡大した。ただし、この変状に起因する μ の急激な上昇は確認されなかった。

5．まとめ・今後の展望

以上、横変位ダンパー特有の「スライド部」に着目したすべり性能確認試験について示した。得られた知見を以下に示す。

(1) スライド板に異物がない条件では、スライド板の仕様によらずスライド部の μ が 0.09 以下であることが確認された。

(2) スライド部に異物(煤や土砂など)が挟まると μ が上昇するものの、スライド板にコーティングを施すことで μ の上昇を抑制でき、異物が挟まった状態でも 0.14 以下に抑えられることが確認された。

【参考文献】

1) 波田ほか：橋梁の耐震補強に用いるダイス・ロッド式摩擦ダンパーの開発，土木学会論文集 A1，Vol.75，No.2，pp.95-110，2019.5

2) 波田ほか:摩擦ダンパーを用いた既設橋脚の地震時損傷制御技術の適用，インフラメンテナンス実践研究論文集, Vol.1, No.1, pp.261-268, 2022.3

3) 須田ほか:損傷制御を目的とした橋梁用摩擦ダンパーの大型振動台実験（その 1～その 5），土木学会第 78 回年次学術講演会，CS10-115～CS10-119，2023.9

4) 三菱ケミカルアドバンスドマテリアルズ株式会社：MC ナイロン®　中型ナイロン素材　技術資料(2017_MC_CS4.indd)

5) 谷ら：ポリアミド樹脂系スライド材の各種性能確認試験，土木学会第 60 回年次学術講演会，I-259，2005.9

2. 盛土の締固めの新しい管理方法の開発

Development of a new Management Method for Compaction of Soil

落合裕正*　湊　太郎*

－概要－

本研究では、土の電気的性質から土の締固め度をリアルタイムで判定する方法を検討した。これまでに実施した現場計測の結果、土の締固め過程で土の構造が変化することにより、電気的性質（比抵抗値または導電率）が変化することが確認された。また、土の締固めが進むにつれて、測定値は土の立体構造モデル（**図 1**）で定義された理論曲線に近似した（**図 2**）。このとき、土は所定の締固め度に達したと判断できた。さらに、締固めた土の乾燥密度は、土の比抵抗値と土の立体構造モデルで定義された構造特性値から推定することが可能になった（**図 3**）。

－技術的な特長－

本研究では複合的な土質特性を有する建設発生土などを使用した盛土の締固め管理に、土の電気的性質を利用することを考えた。土を締固めると、間隙中の空気が押し出され、間隙を占める水の量が増える。これは、単位面積当たりの導電体（水）の面積が増えることを意味しており、土が締固められるのに伴い土全体の電気的性質が変化するものと考えられる。このような土の電気的性質を経時的に把握することで、土の締固め度をリアルタイムに確認できる方法を検討している。

地盤の構造特性を定量的に評価する立体構造モデル（**図 1**）は、土粒子の配向性や緻密性、間隙および間隙水の分布や連続性といった土の微視的構造の違いや変化を、並列部分と直列部分の割合によって表現している。立体構造モデルで定義している構造特性値は土の微視的構造により値が決まるため、土の締固め過程において、構造特性値が変化しない状態にある場合、それ以上土が締固められず構造が変化しない所定の締固め度に到達したと判断できる。また、乾燥密度の推定においても、この構造特性値を利用している。

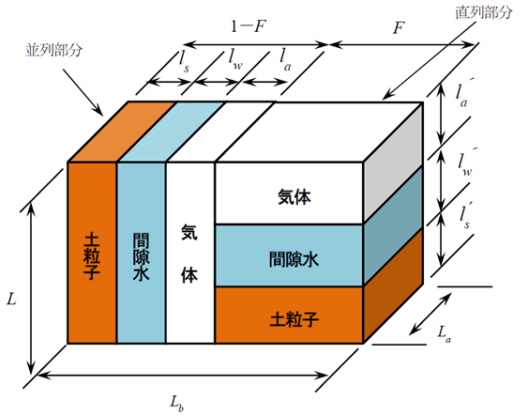


図 1　土の立体構造モデル

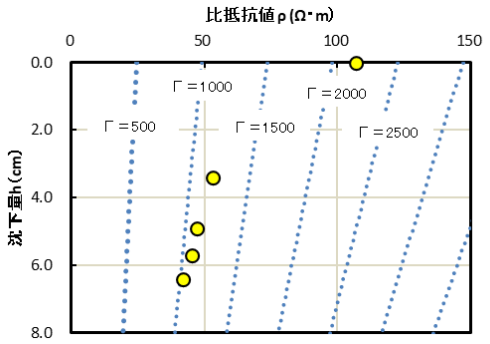


図 2　比抵抗値と沈下量の関係

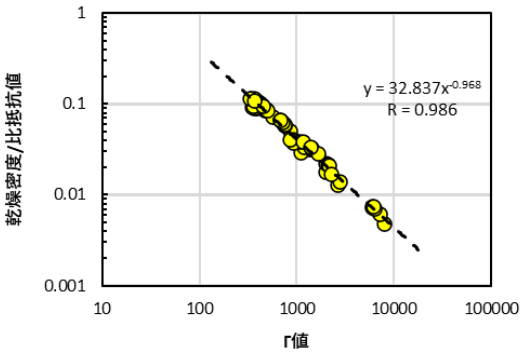


図 3　乾燥密度、比抵抗値および構造特性値の関係（85%≦S_r≦95%）

*技術研究所 材料研究部

盛土の締固めの新しい管理方法の開発
Development of a new Management Method for Compaction of Soil

○落合　裕正*　　湊　太郎*
Hiromasa OCHIAI　　Taro MINATO

ABSTRACT　A method for determining the degree of soil compaction in real time was investigated from the electrical properties of the soil in this study. From the field measurement, it was observed that the electrical properties (electrical resistivity or conductivity) changed during a compaction, because the degree of saturation of soil changed. Also, as the soil was compacted, the measured values approximated a theoretical curve which defined with soil structure model. At this time, it was determined that a designated degree of compaction has been reached. Furthermore, it was found that the dry density of the compacted soil was probably calculated with this theoretical curve.

Keywords：土の締固め，電気的性質，乾燥密度，土の立体構造モデル
Compaction of soil, Electrical properties, Dry density, Soil structure model

1．はじめに

環境意識の高まりを受けて、盛土等における建設発生土の再利用が進められている一方、様々な土質特性を有する土を盛土材料に使用することで、不安定な盛土の流出災害等も生じるなど、その締固め管理の重要性が増している。令和 4（2022）年 5 月 27 日、「宅地造成および特定盛土等規制法」（通称「盛土規制法」）が公布され、令和 5（2023）年 5 月 26 日から施行されている。この規制法は、盛土等を行う土地の用途やその目的にかかわらず、危険な盛土等を全国一律の基準で包括的に規制するものである。この規制法により、規制区域内で盛土等を行う場合には、より厳格な盛土の締固め管理が求められることになる。盛土の「締固め」は、一般的な土工の各工程の中で、唯一その品質が問われる作業であり、造成された土構造物の全共用期間を通じた安定性や要求される支持性能を左右する重要な工程である。

そこで本研究では、このような複合的な土質特性を有する建設発生土などを使用した盛土の締固め管理に、土の電気的性質を利用することを考えた。土を締め固めれば、間隙中の空気が押し出され、間隙を占める水の量が増える。これは、単位体積当たり導電体（水）の体積が増えることを意味しており、土が締固められるのに伴って、土全体の電気的性質が変化するものと考えられる。本研究では、このような土の電気的性質を経時的に把握することで、土の締固め度をリアルタイムに確認できる方法を検討した。また、土の電気的性質から、締固め度の指標となる乾燥密度を算出することも試みた。

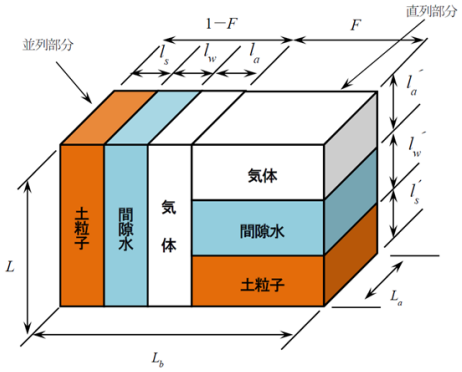


図 1　地盤の立体構造モデル [1)]

2．地盤の立体構造モデルの概要

地盤の構造特性を定量的に評価するモデルとして、**図 1** に示す土の立体構造モデルが提案されている [1)]。この立体構造モデルでは、土粒子の配向性や緻密性、間隙および間隙水の分布や連続性

*技術研究所　材料研究部

といった土の微視的構造の違いや変化を、並列部分と直列部分の割合によって表現している。詳細な説明は既往の文献 [1]を参照されたい。測定される導電率の逆数として求められる比抵抗値は、この構造モデルによって**式**（1）のように定義される。

$$\rho = \frac{R}{\left(\frac{w}{100}\right) Gs \left(1 - \frac{n}{100}\right)} \frac{\rho_{wa}}{(1-F)} = \frac{100}{\theta} \cdot R \cdot \Gamma \qquad (1)$$

ここで、ρは比抵抗値（Ω･m）、wは含水比（%）、G_sは土粒子の比重、nは地盤の間隙率、ρ_{wa}は間隙水の比抵抗値（Ω･m）、Fは構造係数（m）、θは体積含水率（%）である。Rは測定方法によって決まる測定範囲の形状係数（m）であり、4 極法の場合は電極間隔を r（m）として $R = \sqrt{2\pi} \cdot r$となる。式中のΓは、間隙水の比抵抗値ρ_{wa}と構造係数Fに関するパラメータ（Ω）であり、**式**（2）として改めて示しておく。ここでは構造特性値と呼ぶことにする。

$$\Gamma = \frac{\rho_{wa}}{(1-F)} \qquad (2)$$

一般的に、盛土材料の間隙水の比抵抗値ρ_{wa}は、締固め作業中に変化しないと考えられる。そのため、構造特性値Γ は、**図**1に示すモデルに示すように、並列部分を表す$(1-F)$の値によって決まり、土の微視的構造の特性を定量的に表すものである。

さらに、**式**（1）を**式**（3）のように変換することで、転圧に伴う沈下量と比抵抗値の関係が定義される。ここで、Hは単位面積当たりの層厚（cm）、Sは単位面積（1cm^2）、V_0は間隙水の体積（cm^3）hは沈下量（cm）、H_0は締固め前の層厚（cm）、である。

$$\rho = \frac{100}{\theta} \cdot R \cdot \Gamma = \frac{HS}{V_w} \cdot R \cdot \Gamma = \frac{(H_0 - h)S}{V_w} \cdot R \cdot \Gamma \qquad (3)$$

３．比抵抗値と沈下量の傾向

3.1 試験方法

盛土を転圧した際の比抵抗値と沈下量の傾向を確認するために、4 つの施工現場において、比抵抗値と沈下量を測定した。また、採取した盛土材料の土質試験結果などから体積含水率を算出した。比抵抗値は、市販の導電率計（Spectrum EC メーター2266FS）を用いて 1 箇所あたり 5 点の導電率を測定し、その平均値の逆数として求めた。沈下量は盛土に水糸を張り水糸から盛土までの下がりを計測、または盛土上のある点をオートレベルで計測することで求めた。なお、導電率および沈下量の測定は同一箇所にて巻き出しおよび各転圧回数毎に行った。

3.2 試験結果

各盛土で測定した比抵抗値ρと沈下量hの関係を**図** 2～5 に示す。図中には、**式**（3）による理論曲線も構造特性値Γと共に示しておく。これらの図から、転圧が進み沈下量hが増加するにつれて、比抵抗値ρが減少していることがわかる。これは、転圧が進むにつれて、間隙中の空気が排出され、盛土材料全体の飽和度が高まった結果であると考えられる。また、転圧が進むにつれて、比抵抗値ρが徐々に特定の構造特性値Γを有する理論曲線に漸近していることが認められる。それぞれの理論曲線の構造特性値Γを見ると、巻き出し時に比べて、転圧完了時の方が小さな値となっている。先述したように、構造特性値Γは、ある状態の土の微視的構造を定量的に示す値として定義されている。一般的に、盛土材料の間隙水の比抵抗値ρ_{wa}は、電解質や非電解質などが添加されない限り、締固め作業中に変化しないと考えられる。そのため、構造特性値Γは、**図** 1 に示すモデルに示すように、並列部分を表す$(1-F)$の値によって決まる。つまり、土の微視的構造に何らかの変化が起きた

時に、構造特性値Γも変わることになる。このことから、巻き出し時に比べて、転圧完了時の理論曲線の構造特性値Γが変化しているということは、締固めに伴う土の微視的構造の変化が起きていることを定量的に表現していると考えられる。また、転圧完了付近で、特定の構造特性値Γを有する理論曲線に漸近していることから、この時には土の微視的構造に大きな変化が起き難くなっており、一定の構造になりつつあることを示していると思われる。したがって、土の締固めの過程において、比抵抗値ρと沈下量hのプロットが、ある構造特性値Γの理論曲線への漸近を確認することで、盛土材料は、それ以上締固められず構造が変化しない所定の締固め度に到達したと判断できる。

導電率の測定　　沈下量の測定

写真 1　現場測定状況

4．乾燥密度の推定

4.1 試験方法

比抵抗値と乾燥密度の関係を確認するために、複数の盛土施工現場において比抵抗値と乾燥密度を測定した。また、現場で採取した盛土材料から、体積含水率を求めた。比抵抗値は、市販の導電率計（Spectrum EC メーター2266FS）を用いて 1 箇所あたり 5 点の導電率を測定しその平均値の逆数として求めた。乾燥密度は、RI 法または砂置換法により求めた。また、現場で採取した盛土材料を用いて、JIS A 1210「突き固めによる土の締固め試験」に準じた室内試験を実施し、乾燥密度と体積含水率を求めた。このとき、作製した供試体においても、市販の導電率計を用いて 1 供試体あたり 5 点の導電率を測定し、その平均値の逆数を

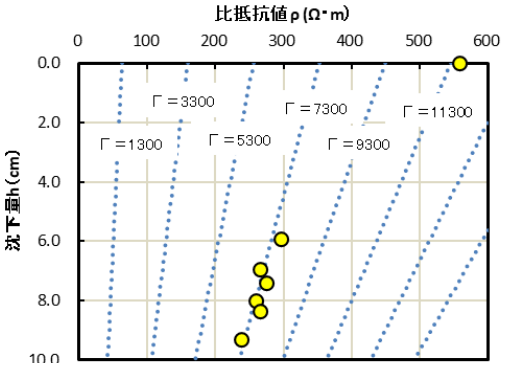


図 2　比抵抗値と沈下量の関係（盛土 1）

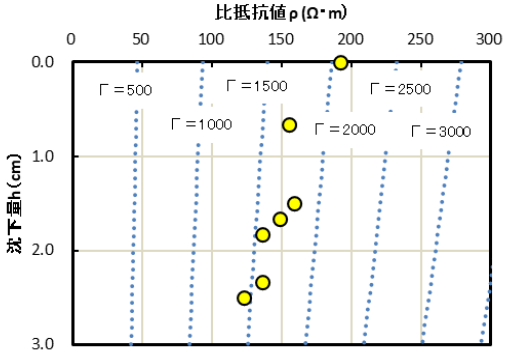


図 3　比抵抗値と沈下量の関係（盛土 2）

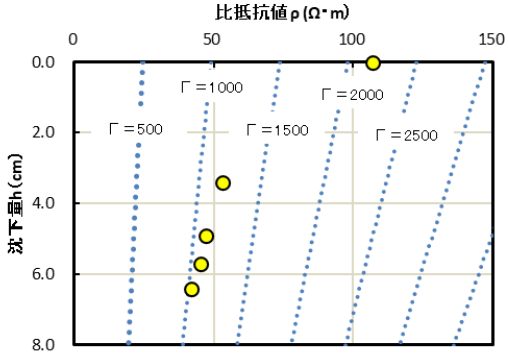


図 4　比抵抗値と沈下量の関係（盛土 3）

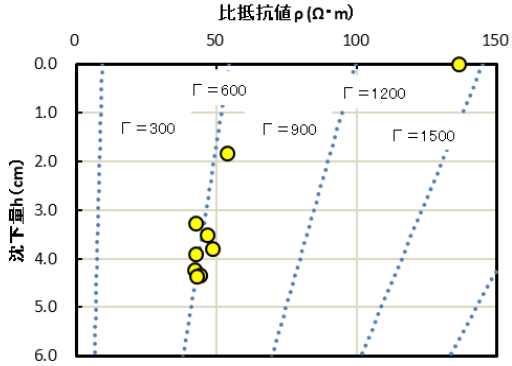


図 5　比抵抗値と沈下量の関係（盛土 4）

比抵抗値として求めた。

4.2 試験結果

複数の盛土または室内試験において求めた比抵抗値ρ、乾燥密度γ_d及び**式**（1）から求めた構造特性値Γの関係を**図** 6 に示す。また、**図** 7 は、種々の土質の最適含水比の状態における土全体に対する土粒子の体積率V_s/Vと含有水分の体積率V_w/Vとの関係を表した図である [2)]。この図には、飽和度S_rと空気間隙率v_aが一定の値の線も記載している。飽和度S_rは、土中の間隙が水で満たされている体積の割合（%）である。**図** 7 を見ると、締固め曲線がピークを示す最適含水比の状態（図中の点群）は、飽和度 90%（図中の赤線）あたりに多く分布していることがわかる [2)]。国土交通省によって定められた「品質管理基準及び規格値」では、河川土工及び道路土工での現場密度の測定において、粘性土の場合、飽和度 S_rの範囲 $85\% \leqq S_r \leqq 95\%$ を規格値としている。

以上のことから、**図** 6 に示す測定結果について、飽和度 S_rが $85\% \leqq S_r \leqq 95\%$ の範囲を満たす値のみを抽出すると**図** 8 のようになり、相関係数の値が $R = 0.986$となり、極めて強い相関性を示す結果となった。この関係を用いると、乾燥密度の推定式が次式のように求められた。

$$\gamma_d = \left(\alpha\Gamma^{-\beta}\right)\rho \qquad (4)$$

導電率の測定　　測定後の供試体

写真 2　室内試験状況

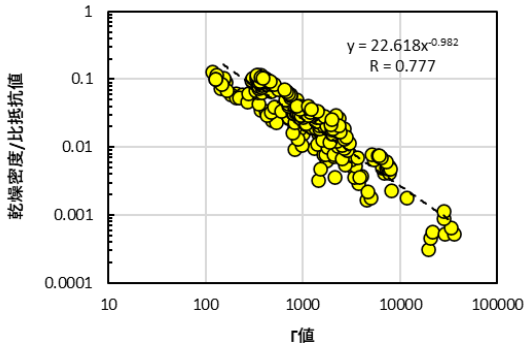


図 6　乾燥密度、比抵抗値
および構造特性値の関係

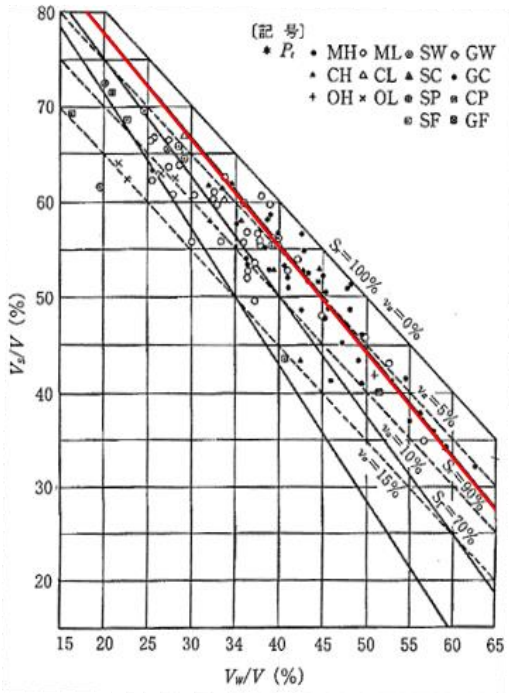


図 7　最適含水比における
空気間隙率と飽和度の分布 [2)]

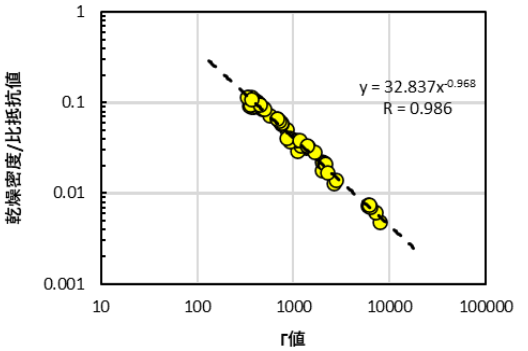


図 8　乾燥密度、比抵抗値
および構造特性値の関係
（$85\% \leqq S_r \leqq 95\%$）

ここに、γ_dは算出した乾燥密度（g/cm^3）、Γは土の構造特性を示す構造特性値（Ω）、ρは地盤の比抵抗値（Ω･m）、α及びβはこれまでの測定結果から求められる係数であり、現状では$\alpha = 32.837$、$\beta = 0.968$ という値を得ているが、今後の測定結果によりこれらの定数の値は変化するものと思われる。

以上のことから、**式（4）**を用いることで、比抵抗値および構造特性値から、より高い精度で乾燥密度を推定することが可能になったと考えられる。また、推定した乾燥密度から、密度比による盛土の品質管理も可能となると思われる。

５．まとめ

5.1 本報の知見

本報で得られた知見を以下に示す。

(1) 盛土の締固め過程における比抵抗値と沈下量を測定した結果、これらが土の立体構造モデルで定義する理論曲線に漸近することを確認した。このことから、ある土の構造を示す理論曲線に達したとき、盛土は所定の締固め度に到達したと判断出来ると考えられる。

(2) 盛土の比抵抗値と乾燥密度を測定した結果、乾燥密度の推定式である**式（4）**を得た。**式（4）**を用いることで、測定した比抵抗値、それが漸近する理論曲線の構造特性値から、乾燥密度が算出でき、密度比によるによる盛土の品質管理が可能となると思われる。

５．２ 今後の展開

今後は考案した乾燥密度の推定式の精度向上を目的として盛土の測定を継続して行っていく。また、既存の技術である RI 法や砂置換法などを用いた盛土の管理方法と本技術との比較を行い計測にかかる時間やコストの優位性を確認する。

【参考文献】

1) 福江正治，田屋直美，堀部 浩：粘土の微視的構造と比抵抗の関係，第 33 回地盤工学研究発表会発表講演集、pp.385-386、1998.

2) 久野悟郎：土の締固め，技報堂全書，pp.77-85，1963

3. 撥水剤添加コンクリートの諸性状に関する研究

Study on Various Properties of Concrete with Water-Repellent Additives

岡　流聖*　谷口克彦*

ー概要ー

本研究では、現場打ちを模擬したコンクリートに対して撥水剤(W10)をセメント質量比で 0.5%添加し、撥水剤添加コンクリートの撥水性能、フレッシュ性状、圧縮強度について検討を行った。撥水剤無添加コンクリートと比較して、撥水剤添加コンクリートはフレッシュ性状、圧縮強度に有意な差は認められなかった(**表 1**、**図 1**)。また、表面から 5mm 間隔で深さ 500mm までのすべての試験面において、撥水剤を添加していないコンクリートと比較して、水の浸透が半分以下に抑制されていることが確認された(**図 2**)。

表 1　フレッシュ性状

種別	Air(%)	SL(cm)	SLF(cm)	C.T(℃)	Tmp(℃)	CL(kg/m³)
ベース	3.2	17.5	30×30	23	19	0.04
W10(0.5%)	3.8	16.5	29.5×28.5	22	19	0.04

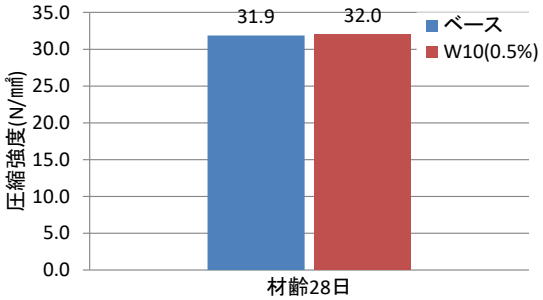


図 1　圧縮強度試験結果

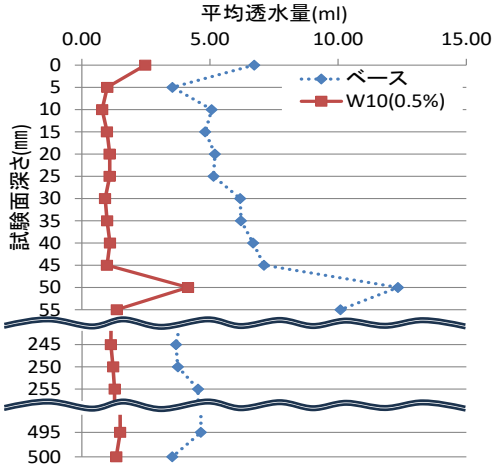


図 2　透水試験結果

ー技術的な特長ー

撥水剤添加コンクリートとは、コンクリートの練り混ぜ時に撥水剤を添加することで、コンクリート表面のみではなく内部にまで撥水性を付与するものである。表面含侵工法などでは保護できないコンクリート表面のひび割れ後にも撥水性を有することで、コンクリートの耐久性を維持させることを目的としている。本研究では、新たに開発された撥水剤(W10)をコンクリート内部に練り混ぜている。これは、コアシェルカプセル化技術を用いて開発された撥水剤である(**写真 1**)。今回は、ミキサー車のホッパーから所定量の撥水剤(W10)を投入し(**写真 2**)、高速撹拌を行った後コンクリート供試体を打設した。養生後コア抜きを実施し、各試験を実施した。

写真 1　撥水剤(W10)

写真 2　撥水剤添加状況

※本研究は、青木あすなろ建設(株)とダウ・東レ(株)との共同研究成果の一部である。
本報は、土木学会全国大会年次学術講演会(2024.09,V-22)で発表したものに、加筆・修正したものである。

*技術研究所 材料研究部

撥水剤添加コンクリートの諸性状に関する研究
Study on Various Properties of Concrete with Water-Repellent Additives

○岡　流聖*　　谷口　克彦*
Ryusei OKA　　Katsuhiko TANIGUCHI

ABSTRACT　The concrete with the water repellent which has been developed with the core-shell encapsulation technology was investigated for the water repellency (impermeability), fresh properties, and strength in this study. Compared to concrete without water repellent, concrete with water repellent had no significant differences in fresh properties and compression strength. Also, it was observed that water penetration was reduced to less than half that of concrete without water repellent in all test surfaces at 5 mm interval from the surface to a depth 500 mm.

Keywords：撥水剤添加コンクリート，透水性能，長寿命化
Water repellent-added concrete, Water permeability performance, Longer service life

1．はじめに

コンクリート構造物の長寿命化を実現するためには、早期劣化を可能な限り抑制することが必要である。この早期劣化の原因の一つとして、コンクリート中の内部鉄筋の腐食が挙げられる。鉄筋は、二酸化炭素による中性化や塩化物イオンなどの劣化因子の影響を受けることで不動態被膜が破壊され、腐食が促進されやすくなりなる。それらの劣化因子からコンクリート構造物を守るために、様々な工法が選択できるが、比較的安価で一般的に選択されているものとして、シラン系表面含浸剤を用いた表面保護工法が挙げられる。

この工法は表面含浸剤をコンクリート表面に塗布・含浸して、コンクリート表面に撥水層を形成し、劣化因子の主な侵入経路となる水の侵入を遮断することで、コンクリートと内部鉄筋を保護するものである。しかし、**図 1** に示すようにこの工法にはいくつかデメリットが存在する。シラン系の表面含浸剤は、コンクリートの表層近傍において数 mm の撥水層を形成させるものが一般的であり、この撥水層の深さ以上にひび割れが発生・進行した場合、撥水層以外は通常のコンクリートと同じものであるため、劣化因子の浸入を抑制することは困難である。また、コンクリート表面に塗布・含浸させる際には、作業員の技量次第で塗りムラや塗布量の不足が生じることや、雨天時は塗布することが出来ないもしくは所定の撥水効果を担保できないなどの問題がある。

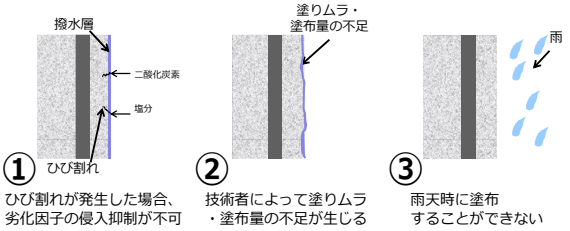


図 1　表面含侵工法デメリット

2．撥水剤添加コンクリート

撥水剤添加コンクリートとは、コンクリートの練り混ぜ時に撥水剤を添加することで、コンクリート表面のみではなく内部にまで撥水性を付与するものである。表面含侵工法などでは保護できないコンクリートひび割れ後にも撥水性を有す

*技術研究所　材料研究部

ることで、コンクリートの耐久性を維持させることを目的としている。例えば、浅本らの研究では、すでに市販されている撥水剤を混入したモルタルについて諸性状を調べている[1)]。その結果、表面撥水性を発揮し、ひび割れを有しても水分浸透を抑制できることが明らかとなっている。しかし、市販されている撥水剤を混入した場合、圧縮強度が最大で 50%程度に減少することも判明している。

写真 1　撥水剤(W10)

表 1　使用材料

記号	材料	種類	産地・銘柄	密度(g/cm^3)	給水率(%)	粗粒率(F.M)
C	ｾﾒﾝﾄ	普通ﾎﾟﾙﾄﾗﾝﾄﾞｾﾒﾝﾄ	住友大阪ｾﾒﾝﾄ㈱	3.15	-	-
W	水	地下水	茨城県つくば市	1.00	-	-
S	細骨材①	陸砂	茨城県行方市	2.58	2.38	2.69※
S	細骨材②	砕砂(石灰岩)	栃木県佐野市	2.7	1.64	
G	粗骨材	砕石2005(硬質砂岩)	茨城県つくば市	2.67	0.52	61.1%(実積率)
AD	混和剤	フローリックS【標準型】	㈱フローリック	-	-	-
WR	撥水剤	W10	ダウ・東レ㈱	-	-	-

※①:②=7:3の合成砂で計測

表 2　配合表

目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	水ｾﾒﾝﾄ比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m^3)						
				水 W	ｾﾒﾝﾄ C	細骨材① S	細骨材② S	粗骨材 G	混和剤 AD	撥水剤 WR
18±2.5	4.5±1.5	49.5	45.2	180	364	539	239	971	3.89	1.82

図 2　打設フロー

本研究では、**写真 1** に示す新たに開発された撥水剤(ここでは W10 とする)をコンクリート内部に練り混ぜ、撥水剤添加コンクリートの性質を確認するために実験を行った。ここでは、現場打ちを模擬したコンクリートに W10 を練り混ぜた際の撥水性能に与える影響を把握するとともに、フレッシュ性状、圧縮強度に与える影響についても報告する。

３．試験概要

3.1 使用材料およびコンクリート配合

本実験に使用した使用材料を**表 1** に、コンクリートの配合を**表 2** に示す。W10 はコアシェルカプセル化技術を用いて開発された撥水剤である。添加方法は後添加とし、添加量はセメント質量比で 0.5%とした。

3.2 打設フローおよび供試体概要

打設フローを**図 2** に示す。打設当日のミキサー車到着後、W10 添加前のベースコンクリートついて品質検査を実施した。その後、ベースコンクリートの打設を行った。ベースコンクリートは、1m×1m×1m の立方供試体とした。ベースコンクリート打設後、ミキサー車に残っている生コンに対して所定量の W10 をミキサー車のホッパーから投入した。投入後、ドラムを高速撹拌させて W10 を撹拌させた。撹拌後に品質検査を実施し、ベースコンクリートと同様に 1m×1m×1m の立方供試体 1 基を打設した。打設後は、ブルーシートを被せ養生を行い 10 日後に型枠の脱型を行った。その後、材齢 28 日となる時点でコア抜きを実施し、圧縮強度試験および透水試験を行った。コンクリート供試体は無筋とし、型枠設置のためのセパレータと供試体移動の際に使用するインサートのみ供試体内に設置した。コア抜きに関しては、**写真 2** に示すように、供試体の側面から計 9 か所を採取した。採取した供試体については、供試体の表面から 0mm～250mm、250mm～500mm までを透水試験用の供試体とし、500mm～700mm の部分を圧縮強度試験用とした。コア供試体については、コンクリートカッターで切断を行った。透水試験用供試体については、十分に乾燥させてから試験を行い、圧縮強度試験はコア抜きを実施した当日に行った。

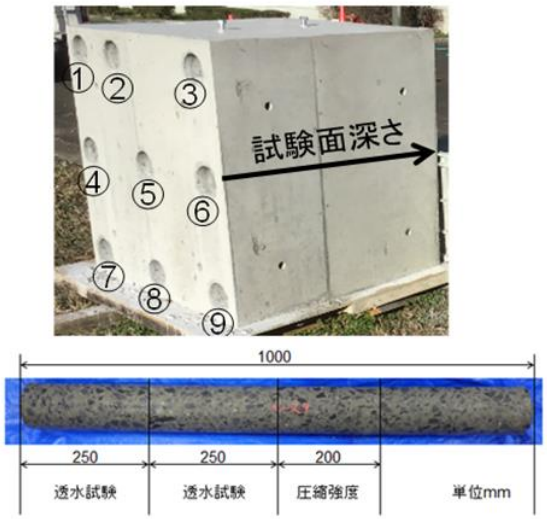


写真 2　コア抜き供試体

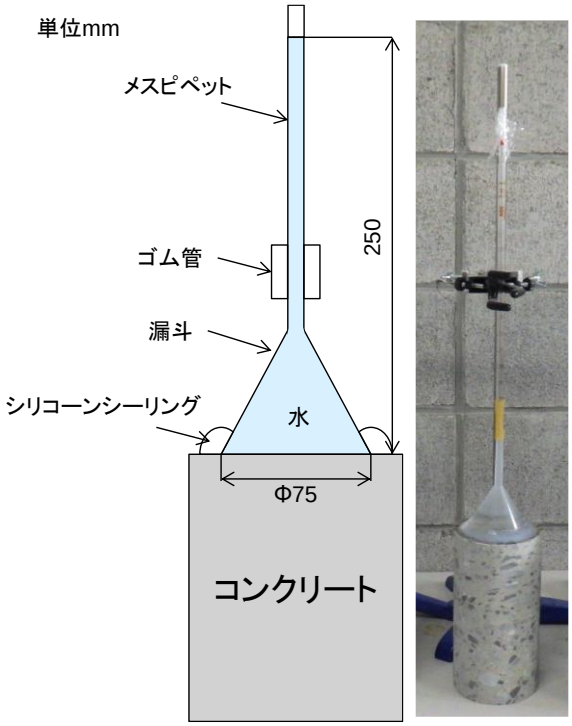


図 3　透水試験状況

3.3 試験項目

フレッシュ性状は、JIS A 1101 コンクリートのスランプ試験方法、JIS A 1128 フレッシュコンクリートの空気量試験に準拠した。

圧縮強度試験は、JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法に準拠した。試験は管理供試体が材齢 7 日、28 日で行い、コア供試体は材齢 28 日で行った。

透水試験は、JIS A 6909 建築用仕上塗材の透水試験 B 法に準拠した。試験体はコア供試体を使用し打設面で計測を行った。その後、コンクリート表面だけでなく内部の透水抑制機能を確認するために、打設面から 5mm ずつ研磨を実施し、その研磨面で透水試験を実施した。透水試験は打設供試体の中心部まで撥水性を確保しているか確認するために、試験面深さ 500 ㎜まで試験を行った。透水試験は口径 75mm の漏斗をコア供試体上面にシリコーンシーラントを用いて取り付け、ゴム管を連結部材としてメスピペットを取り付けた(**図 3**)。その後、試験面の高さが 250mm となるように注水し、24 時間後の透水量を計測した。

4．試験結果

W10 の添加前後のフレッシュ性状を**表 3** に示す。W10 の添加前と比較して、W10 の添加後は空気量が 0.6%増加したが、その他の性状については大きな変化は見られなかった。

管理供試体およびコア供試体の圧縮強度試験の結果を、それぞれ**図 4** と**図 5** に示す。なお、コア供試体については、採取した供試体の平均値を圧縮強度として示す。管理供試体では、W10 を添加したコンクリートのベースに対する圧縮強度比は、材齢 7 日では 99%程度、材齢 28 日では 95%程度となった。コア供試体では、W10 を添加したコンクリートの圧縮強度は、ベースコンクリートと同等の結果を示した。ここで、空気量増加分の強度補正[2)](空気量 1%あたり圧縮強度が 5%低下していると仮定）を行った場合、W10 を添加した供試体の補正後の圧縮強度は、管理供試体、コア供試体共にベースコンクリートと同程度となり、圧縮強度の低下は比較的軽微といえる。

表 3　フレッシュ性状

種別	Air(%)	SL(cm)	SLF(cm)	C.T(℃)	Tmp(℃)	CL(kg/m³)
ベース	3.2	17.5	30×30	23	19	0.04
W10(0.5%)	3.8	16.5	29.5×28.5	22	19	0.04

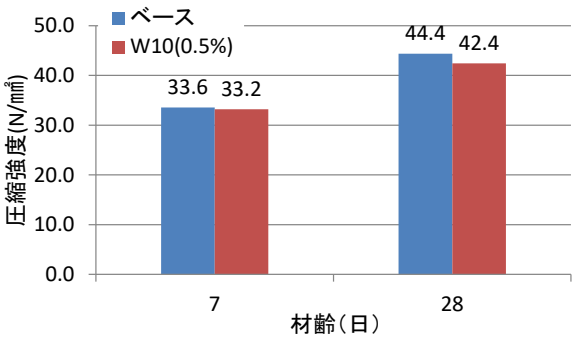


図 4　圧縮強度試験結果(管理供試体)

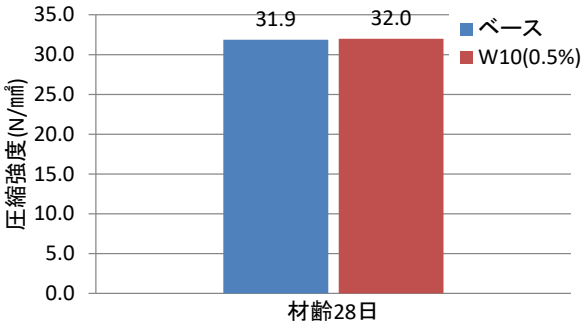


図 5　圧縮強度試験結果(コア供試体)

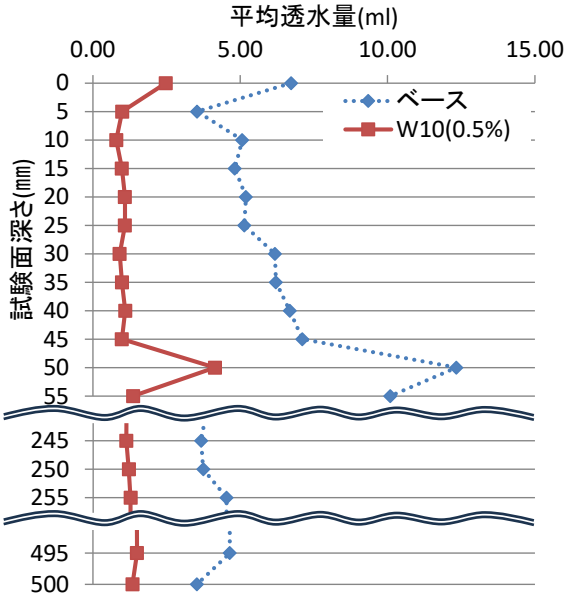


図 6　透水試験結果

4.3	2.0	2.3
2.4	3.2	2.4
2.5	1.3	2.1

試験深さ0㎜

1.0	1.1	0.8
1.0	0.9	1.0
0.9	1.1	1.2

試験深さ5㎜

0.9	0.9	0.8
0.9	0.9	0.9
0.7	0.7	0.7

試験深さ10㎜

1.1	1.1	1.0
1.3	0.9	1.0
0.9	1.0	0.8

試験深さ15㎜

1.0	1.1	0.9
0.8	1.3	0.8
0.8	1.0	0.8

試験深さ30㎜

1.1	1.7	1.5
1.1	1.8	1.2
1.2	1.5	1.3

試験深さ55㎜

1.2	1.1	1.0
1.2	1.8	1.4
1.1	1.1	1.1

試験深さ250㎜

1.2	1.9	1.2
1.2	1.9	1.3
0.8	1.2	1.5

試験深さ500㎜

図 7　各試験深さにおけるブロック別透水量(ml)

透水試験の結果を**図 6** に示す。透水試験の結果、W10 を添加したコンクリートでは、すべての試験面でベースコンクリートと比較して透水量の抑制効果を示すことが確認できた。表層部ではやや透水量が多くなっているが、これは養生期間中の乾燥などの影響により、表層の品質が低下したことが原因と考えられる。表層部からコンクリート内部に向かって 5mm ずつ研磨を実施し、その各断面で透水試験を実施したところ、ベースコンクリートと比較して透水抑制率が約 60%になることが認められた。ここで、W10 を添加したコンクリートについて、各試験深さにおける断面ブロック別の透水量の結果を**図 7** に示す。図に示す結果から、試験深さが異なる場合でも、それぞれの断面ブロックにおける透水量に大きな偏りが無いことがわかる。このことから、コンクリート全体に W10 が撹拌していると判断でき、各試験断面で撥水性能を持つと判断した。

以上のことより、現場打ち打設を模擬して作製した供試体では、コンクリート全体に撥 W10 が撹拌していること、コンクリートの諸性状に問題なく撥水性能を有することが確認できた。

5．まとめ

W10 を添加したコンクリートの試験結果より以下の所見を得た。

- W10 を添加したコンクリートは、空気量が 0.6%増加したものの、その他のフレッシュ性状については大きな変化は見られなかった。
- 圧縮強度試験では、W10 を添加したコンクリートのベースに対する圧縮強度比が、管理供試体で 95%程度となった。コア供試体については、W10 を添加したコンクリートの圧縮強度はベースコンクリートと同等の結果を示した。
- W10 を添加したコンクリートでは、ベースコンクリートと比較して全ての試験面で透水抑制率が約 60%を示した。また各試験深さにおける断面ブロック別の透水量に関しては、大きな偏りが無く、コンクリート全体に W10 が撹拌していることを確認できた。

6．今後の展開

コンクリートで問題となる劣化因子の影響については、耐凍害性能および耐塩害性能を確認するための試験も実施しており、次回報告する予定としている。今回実施した現場適用に向けた検討に加えて、コンクリート製品への適用も検討し、さらなる W10 を添加したコンクリートの実用化を図っていく。

【参考文献】

1）浅本晋吾, 吉田悠佳, 樂堯, 米田大樹 : 撥水材を混入したセメント系材料の内部撥水性と材料特性の検討, コンクリート工学論文集, 第 29 巻, pp. 11−19, 2018

2）日本コンクリート工学会 : コンクリート技術の要点' 22, 2022

4. 静電容量による非接触式コンクリート打込み高さ測定方法の開発

Development of a Non-Contact Method for Measuring the Height of Concrete Placement by Capacitance

梶原　陸*　村田康平*　駒田憲司*　佐藤俊男**

－概要－

コンクリート構造物の品質を確保するためには、要求される強度と耐久性を満たす品質のコンクリートを均質に打設することが必要である。そのためには打設中のコンクリートの打込み高さを正確に把握することが非常に重要な要素となる。しかし、トンネル覆工や RC 巻き立て工などでは、型枠内が狭隘で複雑になるため、目視による確認やレーザー距離計の設置が困難である。また、型枠内部にセンサーを設置した場合は埋め殺しとなるため、転用が不可能となる。そこで、本報ではコンクリートの打込み高さを測定する新たな方法として、コンクリートに直接接触せず、型枠外面から型枠内部の打込み高さを把握する方法について報告する。

－技術的な特長－

センサーは、導線が接続された一対の銅シートで構成されており、銅シートを型枠の外面に間隔が一定になるように設置する（**図１**）（**写真１**）。ただし、センサーは導電性がある金属性の型枠には使用できない。計測装置には、電子部品材料等の特性評価に使用される LCR メーターを用いた。

型枠の材質が異なる場合のセンサーの適応性を調べるため、木製型枠（板厚 12mm）と FRP 型枠（板厚 5mm）に非接触センサーを高さ方向に設置し、モルタル打設高さに対する静電容量の値を測定した（**図２**）（**図３**）。木製型枠と FRP 型枠の両方において、静電容量とモルタル打設高さの間に比例関係が確認でき、FRP 型枠の方が木製型枠よりも勾配が大きくなった。よって、木製型枠および FRP 型枠の両方に適用可能である。さらに、FRP 型枠の方がより高い精度で打込み高さを検出できると考えられる。

実際の規模の型枠における性能について調べるため、プラスチック管を使用してモルタル注入開始からの経過時間と静電容量の相関を確認した（**図４**）。静電容量は時間経過とともに上昇し、その上昇はほぼ比例関係にあることが確認できた。より高い打込み高さであっても、非接触式センサーによる打込み高さの検出が可能であると判断できる。

以上のことから静電容量を用いた非接触式センサーは、現場での使用においても十分に機能するものであると考えられる。

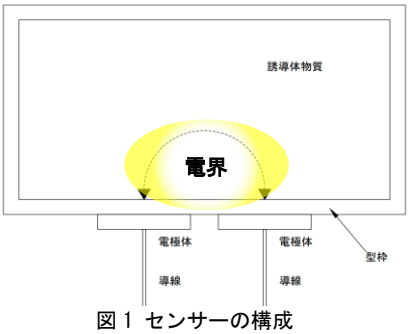


図１ センサーの構成

写真１ センサーの設置状況

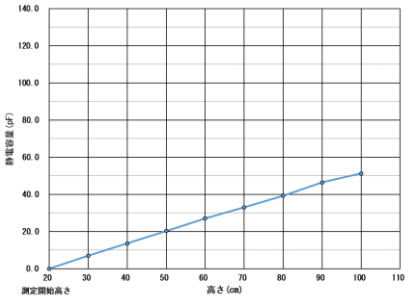


図２ 木製型枠測定結果

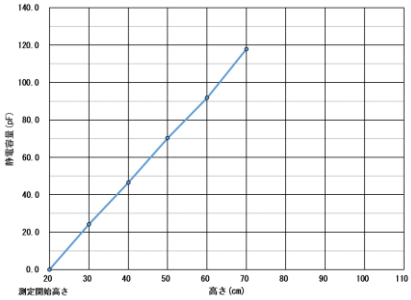


図３ FRP 型枠測定結果

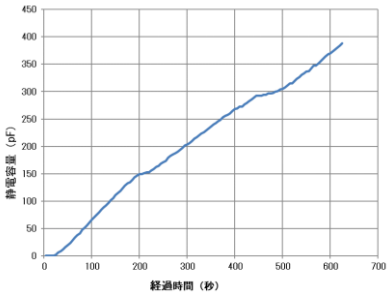


図４ 8m センサー測定結果

*技術研究所 材料研究部コンクリート研究室　**技術研究所 研究管理部

静電容量による非接触式コンクリート打込み高さ測定方法の開発

Development of a Non-Contact Method for Measuring the Height of Concrete Placement by Capacitance

○梶原 陸*　村田 康平*　駒田 憲司*　佐藤 俊男**
Riku KAJIWARA　Kohei MURATA　Kenji KOMADA　Toshio SATO

ABSTRACT　To ensure the quality of concrete structures, it is essential to accurately determine the placement height. However, in cases where the formwork is narrow and has a complex shape, conventional methods for confirming the placement height become challenging. This technology measures electrostatic capacitance by installing sensors on the external surface of the formwork, allowing for the determination of the placement height. Verification experiments on the sensors have shown that they can be applied to both wooden and FRP formworks, with particularly high measurement accuracy in FRP formworks. Furthermore, it was confirmed that the sensors remain effective even at placement heights simulating actual site conditions. These findings indicate that the non-contact sensor using electrostatic capacitance can function effectively in on-site concrete placement.

Keywords :打込高さ, 静電容量, 打設管理
Concrete placement height, Capacitance, Placement management

1. はじめに

コンクリート構造物の品質を確保するためには、要求される強度、耐久性を満足できる品質のコンクリートを均一に打設する必要がある。均質なコンクリートを得るには打上がり面がほぼ水平になるように均等にコンクリートを 40～50cm 以下の高さで打ち込み、締固めを行い、なるべく短い打重ね時間間隔で打設を行う必要がある。上記した均等な高さでの打込みや打ち重ね時間間隔の短縮を実現するうえで打設中の打込み高さを正確に把握することは非常に重要な要素である。

打込み高さを把握する手段として、型枠内部を目視で確認する方法や、型枠内にセンサーやレーザー距離計を設置するといった方法があるが、トンネル覆工や RC 巻立て工といった工事によっては高密度な配筋と複雑な形状の型枠になり、型枠内が入り組んだ状況になる場合がある。こういった、センサーの設置や直接の視認が困難な状況では、型枠内部から打込み高さを確認することは難しい。また、型枠内部にセンサーを設置した場合には、センサーが埋め殺しになり転用も不可能となる。そこで、本報ではコンクリートの打込み高さを測定する新たな方法として、コンクリートに直接接触せず、型枠外面から型枠内部の打込み高さを把握する方法について報告する。

２．技術の内容

本技術はコンクリートの持つ電気的な性質に着目し、型枠外面に貼り付けたセンサーによりコンクリートの静電容量を計測し、コンクリートの打込み高さを把握するものである。

2.1 測定原理

本技術の測定原理を**図 1**、**図 2** に示す。型枠等の外面に一対の帯状電極体からなるセンサーを狭小な平行距離を置いて配置し、高周波の交流電流を印加すると帯状電極体間に電界が発生し、コンデンサのように静電容量が生じる。

この電界内に空気よりも比誘電率が高いコンクリートや水といった誘導体物質が充填されると、充填高さが増加するとともに電極体間の静電容量の値も増加することで打設高さを検知することが可能になる。

*技術研究所　材料研究部　コンクリート研究室　**技術研究所　研究管理部

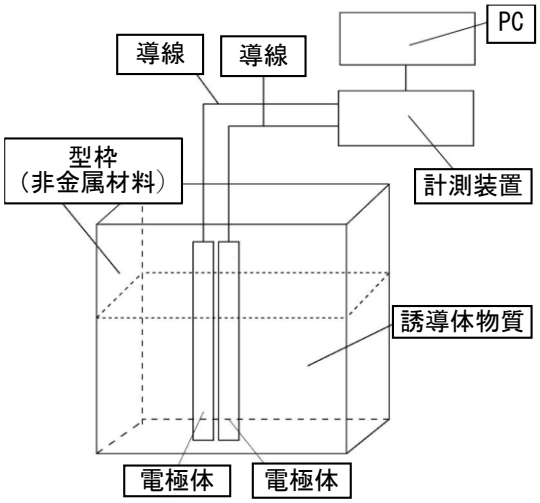


図 1　測定概略斜視図

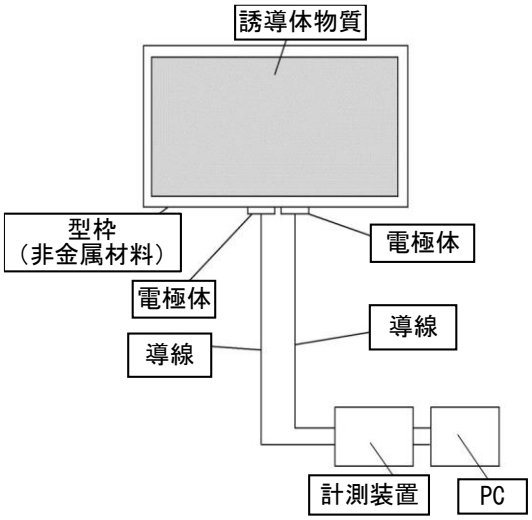


図 2　測定概略上視面図

2.2 センサーの概要

測定に使用するセンサーの概要を**写真 1** に示す。センサーは導線が接続された一対の銅シートであり、型枠の外面に設置して使用する。設置は一対の銅シート間の間隔が一定となるよう離隔を保ち配置する。

2.3 本技術の適用範囲

静電容量による非接触式高さ測定方法は型枠を隔てコンクリートの静電容量を測定することから、金属の型枠では使用できず、非金属性の型枠に使用可能な技術である。

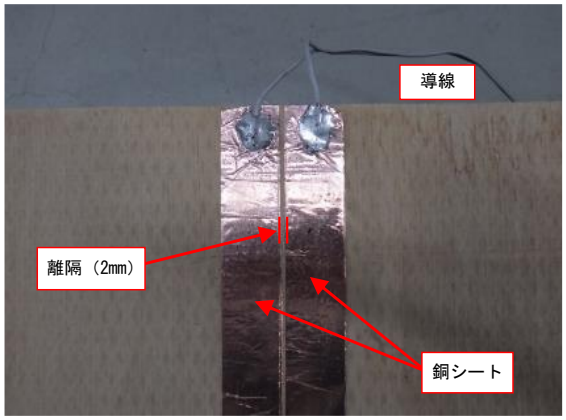


写真 1　センサー（電極体）

３．検証実験

コンクリートの打設に使用される非金属性の型枠には一般的に合板の木製型枠や、耐久性に優れた FRP 型枠が使用されているが、型枠材質の違いがセンサーの性能に与える影響は明らかになっていない。

また、これまで本非接触センサーで高さ 2m以下まで測定可能であることは検証したが、現場のコンクリート打設を想定した高さの検証は実施していなかった。

本研究では、型枠材質が異なる場合と、実規模の型枠においてのセンサー適応性を検証するためにモルタルを用いて以下の実験を実施した。

3.1 型枠材質によるセンサー性能の検証実験

この実験では高さ 1800mm の木製型枠と FRP 面を備えた型枠を製作した。このとき、型枠の板厚は木製型枠では板厚 12mm 、FRP 型枠では板厚 5mm を使用した。これらの型枠について非接触センサーを高さ方向に設置し、モルタル打設高さに対して静電容量の値を測定した。測定結果を**図 3** と**図 4** に示す。

木製型枠と FRP 型枠の両方で静電容量とモルタル打設高さの間で比例関係を確認できた。さらに、FRP 型枠は木製型枠よりも勾配が大きくなった。これは、型枠の板厚、材質や含水率等の影響が考えられ、FRP 型枠は木製型枠より精度よく打込み高さを検出できる可能性がある。

3.2 実規模レベル検証実験

先の実験により、木製型枠と FRP 型枠において非接触式センサーを用いてコンクリートの打込み高さが検出可能であることが分かった。ここでは、より高い打込み高さである場合に静電容量の検出が可能か否かを確認するため、φ100mm×8000mm のプラスチック管を用いた実験を行った。プラスチック管の比誘電率は FRP と同程度である。同管の高さ方向に長さ 8m の非接触式センサーを配置し、管内にモルタルを注入しながらモルタル高さを一定速度で上昇させた。そしてモルタルの注入開始からの経過時間とセンサーが示す静電容量の値との相関を確認した。測定結果を**図 5** に示す。

静電容量は時間経過とともに上昇し、ほぼ比例関係にあることが確認できた。よって、より高い打込み高さであっても非接触式センサーによる打込み高さの検出が可能である。この実験ではモルタルを使用したが、同じセメント系材料であるコンクリートについても同様の検出が可能であると思われる。

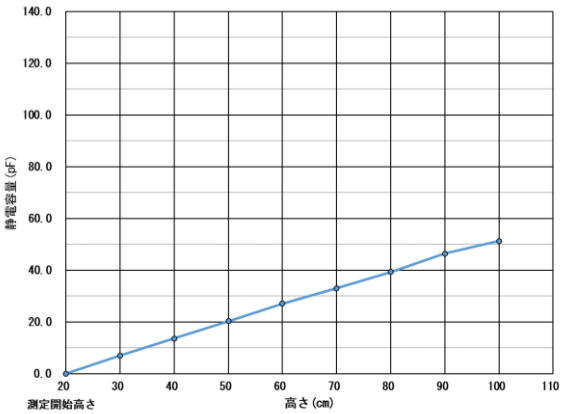


図 3　木製型枠測定結果

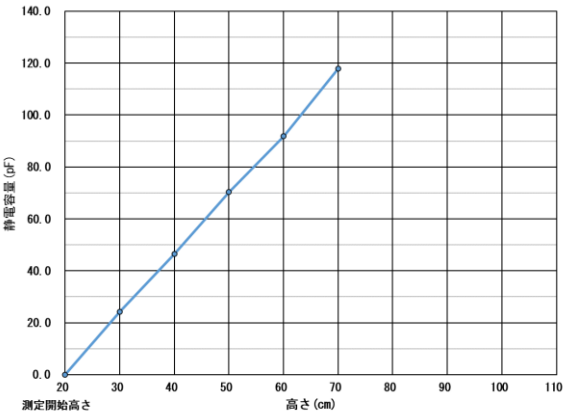


図 4　FRP 型枠測定結果

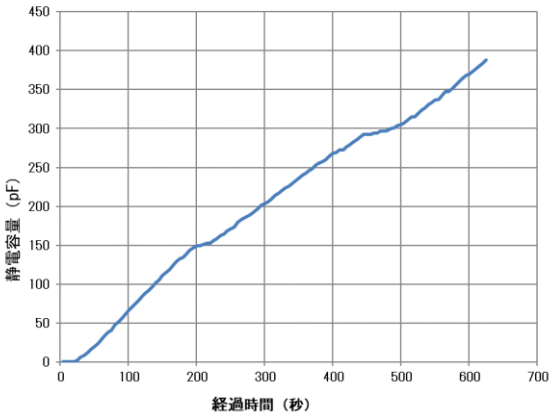


図 5　8m センサー測定結果

4．まとめ

非接触式センサーは木製型枠、FRP 型枠の両方おいて適用可能であることが分かった。併せて、FRP 型枠の方が精度よく打込み高さを検出可能であると考えられる。また、実際に現場のコンクリート打設を想定した 8m程度のより高い打込み高さのセンサーを使用した場合も静電容量の測定が可能である事が分かった。

これらのことから、静電容量を用いた非接触式センサーは現場においても十分に機能するものであると考えられる。

【参考文献】

1) 土木学会：コンクリート標準示方書［施工編］，pp.120-124，2023

5. 屋外暴露後 10 年が経過した実大滑り基礎の性能確認

Loading Experiment on a Full-Scale Sliding Foundation after 10 Years of Exposure

土田尭章*　波田雅也*　柳田佳伸*　竹内健一**

－概要－

当社独自工法である“滑り基礎構造（**図 1**）”は、コンクリート製の人工地盤と基礎板（べた基礎）との間に安価で摩擦係数の小さな摩擦材（黒鉛粉末）を塗布することにより、大地震時に上屋建物へ入力される加速度が低減される構造形式である。2013 年 10 月に、当社技術研究所の屋外ヤードにて 2 階建て RC 造戸建住宅を想定した 8m×8m 角の実大滑り基礎構造の施工および加力実験を実施し、実際の施工性および滑り性状を確認した [1]。この実大滑り基礎は、実験後にメンテナンスや解体・撤去をすることなく、屋外に暴露された状態であった。

本報では、滑り性状の経年変化を確認することを目的として、屋外暴露 10 年が経過した実大滑り基礎に対して、10 年前と同じ条件で実施した加力実験 [2]について示したものである（**写真 1**）。

－技術的な特長－

実験結果一覧を**表 1** に、摩擦係数と滑り変位の関係を**図 2** に示す。図中の黒線が施工当時（2013.11）、赤線が 10 年後（2023.11）の結果であり、摩擦係数は滑り荷重を上屋重量で除して算出している。**図 2** より、10 年後の履歴形状は，施工当時と比べて第二象限の摩擦係数が大きくなっているものの、それ以外はほぼ同じ形状であり、安定した滑り性状を発揮していることがわかる。履歴面積を滑り変位量で除した平均摩擦係数は、施工当時に比べて 7.1%上昇（施工当時：0.19⇒10 年後：0.20）したが、±10%未満の変化に留まっている。また、原点位置における切片摩擦係数は暴露 10 年前後で変化無く 0.15 のままであり、最大摩擦係数は施工当時に比べて 3.4%上昇したが 10 年後も 0.30 未満であった。

以上のことから、実大滑り基礎は、暴露 10 年後も安定した滑り性能を発揮することが分かった。

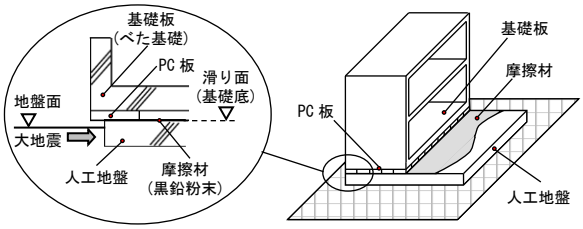


図 1　滑り基礎構造の構成

表 1　実験結果一覧

名称	上屋重量	最大変位		最大荷重		切片荷重		平均荷重	摩擦係数		
		正側	負側	正側	負側	正側	負側		最大	切片	平均
	[kN]	[mm]	[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]			
施工当時	1319	209	-202	312	-373	196	-211	250	0.283	0.154	0.190
10年後	1371	218	-217	401	-365	219	-198	279	0.292	0.152	0.203
10年後／施工当時									103.4%	98.6%	107.1%

※1 加力条件：振幅±200mm，速度 10mm/s 一定，繰返し 2 サイクル，面圧 21kN/m² 程度
※2 平均荷重は 2 サイクルの履歴面積（累積エネルギー吸収量）を滑り変位量で除した値
※3 摩擦係数＝滑り荷重／上屋重量
※4 最大摩擦係数は正負（絶対値）の最大値　※5 切片摩擦係数は正負（絶対値）の平均値

写真 1　暴露 10 年後の実大滑り基礎の加力実験

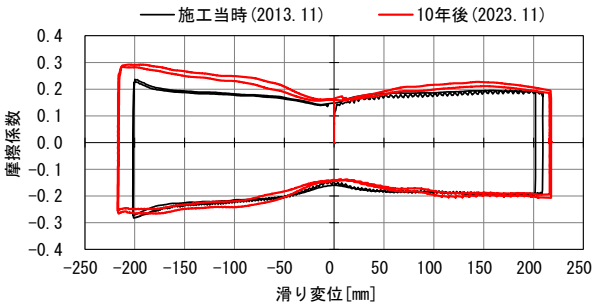


図 2　摩擦係数－滑り変位関係

1）柳田，波田，北嶋ほか：黒鉛を摩擦材とした滑り基礎構造に関する研究（その 7 実大施工実験と滑り性能確認実験），日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.491-492，2014.9
2）土田，波田，北嶋ほか：黒鉛を摩擦材とした滑り基礎構造に関する研究（その 9 暴露 10 年が経過した実大滑り基礎の加力実験），日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.833-834，2024.8

※本報は、文献 2)に加筆し再構成したものである。

*技術研究所 構造研究部　**建築生産本部 設計部

屋外暴露後１０年が経過した実大滑り基礎の性能確認
Loading Experiment on a Full-Scale Sliding Foundation after 10 Years of Exposure

○土田尭章*　波田雅也*　柳田佳伸*　竹内健一**
Takaaki TSUCHIDA　Masaya HADA　Yoshinobu YANAGITA　Kenichi TAKEUCHI

ABSTRACT　The sliding foundation is a structure in which a reinforced concrete slab is placed on top of an artificial concrete foundation whose surface is coated with graphite powder, which has a low coefficient of friction. In October 2013, construction and loading experiments were carried out outdoors on a full-scale sliding foundation structure measuring 8m x 8m, simulating a two-story RC-constructed detached house. After the experiment, this full-scale sliding foundation was left exposed to the outdoors without any maintenance. This report describes the loading experiment carried out under the same conditions as 10 years ago, with the aim of confirming the changes in sliding properties over time.

Keywords :滑り基礎, 実大実験, 黒鉛粉末, 摩擦係数, 暴露, 経年変化
Sliding Foundation Buildings, Loading Experiment on a Full-Scale, Graphite Fatigue, Coefficient of Friction, Exposure, Aging Effect

１．はじめに

本研究は、コンクリート製の人工地盤と基礎板(べた基礎)との間に安価で摩擦係数の小さな摩擦材(黒鉛粉末)を塗布することにより、大地震時に建物へ入力される加速度が低減される“滑り基礎構造(図 1, 2)”に関するものである。これまでの研究 [1),2)]により、黒鉛粉末を摩擦材とした滑り基礎の摩擦係数は 0.15～0.20 程度であり、滑り速度や面圧に依存しないこと、滑り面にすり鉢状のテーパーを設けることで滑り変位の片流れ(ドリフト)現象を抑制できるなどの知見が得られている。2013 年 10 月に、2 階建て RC 造戸建住宅を想定した実大規模(8m×8m)のテーパー付き滑り基礎構造の試験体(以降、実大滑り基礎)を屋外で施工し、加力実験によって滑り性状が確認されている。実大滑り基礎は、実験後に解体・撤去することなく、屋外に暴露された状態であった。

本報では、滑り性状の経年変化を確認することを目的として、屋外暴露 10 年が経過した実大滑り基礎に対して、10 年前と同じ条件で実施した加力実験について示す。

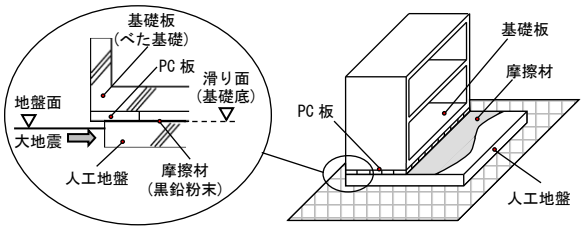


図 1　滑り基礎構造の構成

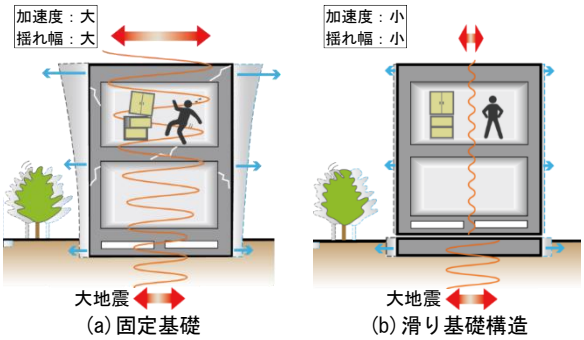


図 2　滑り基礎構造の応答低減効果

２．実大滑り基礎の概要と暴露状況

実大滑り基礎は、平面寸法 8m×8m(=64m²)、高さ 0.65m(人工地盤:0.30m, 基礎板:0.35m)である。滑り面となる人工地盤上面に 30g/m² の黒鉛粉末が塗布されている。施工の手順や状況写真は文献 2)のその 7(AIJ 大会 2014)を参照されたい。

*技術研究所 構造研究部
**建築生産本部 設計部

実大滑り基礎は 2013 年 10 月に施工し、滑り性状を確認する加力実験を行った後(**写真 1**)、残留変位の原点復旧方法の確認(**写真 2**)や、基礎板の周囲(南，北，西面)を天端まで埋戻し土で覆った場合の滑り性状の検討(**写真 3**)を行った。その後は一切の防水対策やメンテナンスを施すことなく、**写真 4** に示す様に、東方向に残留変位が約 40mm ある状態(**写真 4**(b))で、2013 年 11 月から今回の実験(2023 年 11 月)まで約 10 年に渡って屋外に暴露されていた。

なお、施工場所は、当社技術研究所(茨城県つくば市)の屋外ヤード内で、周辺に屋根の無い雨ざらしの条件である。

３．暴露１０年後の性能確認実験

加力実験のセットアップを**図 3** に、実験状況を**写真 5** に示す。10 年後の加力実験は、施工当時(暴露開始時)と同様に屋外の現地にて、人工地盤側面に反力用の架台を取り付け、2 台の油圧ジャッキ(同一油圧)によって基礎板を東西方向(西側を正)に直接押し引きする方法で行った。

上屋重量 1,371kN は、基礎板と水槽 3 台および水槽の貯水の総重量であり、滑り面の面圧 21.4kN/m^2 (=1,371kN/64m^2)は、およそ 2 階建て RC 造建物に相当する。なお、基礎板の重量(538kN)は単位体積あたり 24kN/m^3 として算出し、水槽 3 台の重量(127kN)は規格値を採用し、

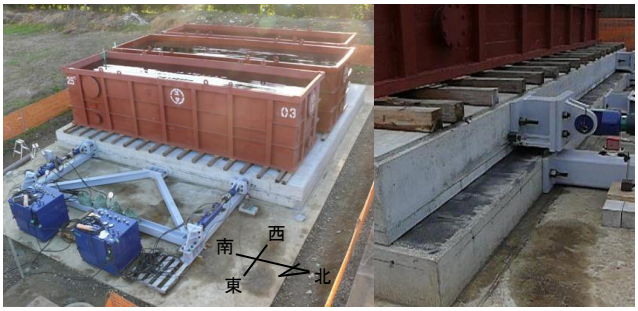


写真 1　実大滑り基礎　加力実験状況（施工当時）

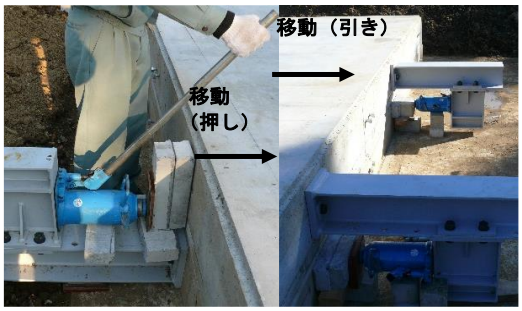


写真 2　原点復帰方法の検証状況（施工当時）

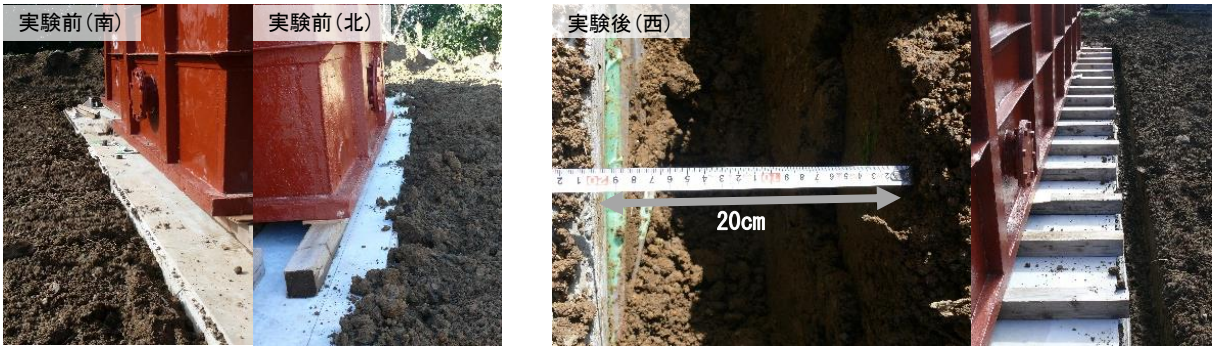


写真 3　盛土が滑り性状に及ぼす影響の検証状況（施工時）

写真 4　実大滑り基礎の暴露状況（10 年後）

貯水の重量(706kN)は実測した水位から求めた体積に 9.8kN/m³ を乗じて算出した。

加力スケジュールは振幅±200mm を正負交番に 2 サイクル、加力速度は 10mm/s 程度とした。

計測項目は滑り荷重と滑り変位(人工地盤と基礎板の相対変位)とし、各油圧ジャッキ先端に取り付けたロードセルと、巻き取り式変位計によって計測した。

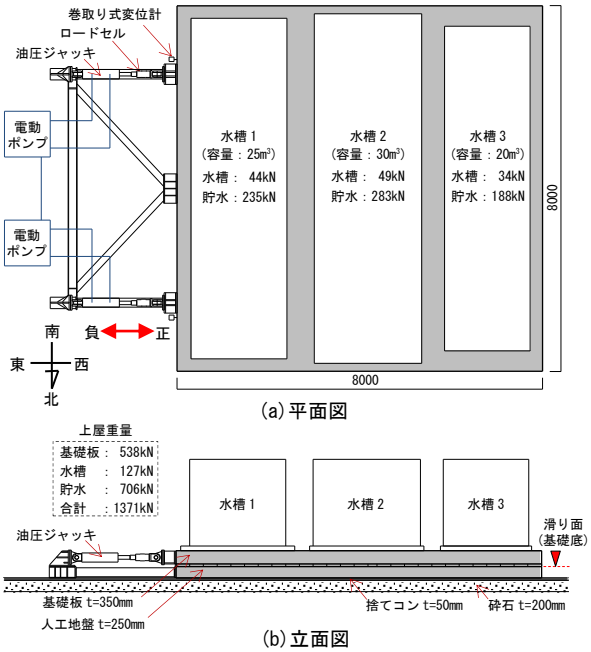


図 3　加力実験のセットアップ

写真 5　暴露 10 年後の実大滑り基礎の加力実験

4．性能確認実験の結果

4.1 滑り荷重－滑り変位の関係

実験結果一覧を**表 1** に、滑り荷重と滑り変位の関係を**図 4** に、摩擦係数と滑り変位の関係を**図 5** に示す。図中の黒線が施工当時(2013.11)、赤線が 10 年後(2023.11)の結果であり、摩擦係数は滑り荷重を上屋重量で除して算出している。

図 4 と**図 5** より、10 年後の履歴形状は、施工当時と比べて第二象限の摩擦係数が大きくなっているものの、それ以外はほぼ同じ形状であり、安定した滑り性状を発揮していることがわかる。履歴面積を滑り変位量で除した平均摩擦係数は、施工当時に比べて 7.1%上昇(施工当時：0.19⇒10 年後：0.20)したが、±10%未満の変化に留まっている。また、原点位置における切片摩擦係数は暴露 10 年前後で変化無く 0.15 のままであり、最大摩擦係数は施工当時に比べて 3.4%上昇したが 10 年後も 0.30 未満であった。

表 1　実験結果一覧

名称	上屋重量	最大変位		最大荷重		切片荷重		平均荷重	摩擦係数		
		正側	負側	正側	負側	正側	負側		最大	切片	平均
	[kN]	[mm]	[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]			
施工当時	1319	209	-202	312	-373	196	-211	250	0.283	0.154	0.190
10年後	1371	218	-217	401	-365	219	-198	279	0.292	0.152	0.203
								10年後／施工当時	103.4%	98.6%	107.1%

※1 加力条件：振幅±200mm，速度 10mm/s 一定，繰返し 2 サイクル，面圧 21kN/m² 程度
※2 平均荷重は 2 サイクルの履歴面積(累積エネルギー吸収量)を滑り変位量で除した値
※3 摩擦係数＝滑り荷重／上屋重量
※4 最大摩擦係数は正負(絶対値)の最大値　※5 切片摩擦係数は正負(絶対値)の平均値

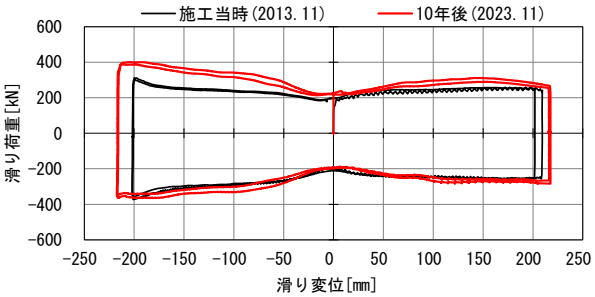


図 4　滑り荷重－滑り変位関係

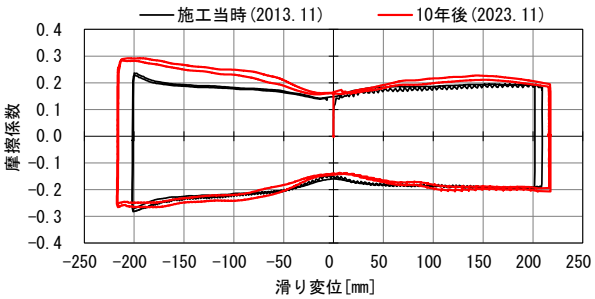


図 5　摩擦係数－滑り変位関係

4.2 滑り面の状態

10 年後の滑り面の状態を**写真 6(a)～(e)**に示す。加力中に露わとなる範囲を目視観察すると、西側の滑り面は土が混入し、水で濡れた状態となっていた(**写真 6(b), (c)**)。土は施工当時に埋戻し土の影響を検証した際に混入し、水は残留変位により人工地盤上面が露出していた箇所から雨水等が混入したものと考えられる。また、東側には土や水は混入しておらず、滑り面の状態に特異な変化は観察されなかった(**写真 6(a), (d), (e)**)。即ち、東側の様に防水処理せずとも滑り面は殆ど状態変化しないこと、西側の様に一部が土や水の混入する状態であっても滑り性状への影響は小さいことが分かった。

(a) 東側の滑り面　　(b) 西側の滑り面

(c) 西側の滑り面(人工地盤)

(d) 東側の滑り面(基礎板)

(e) 東側の滑り面(人工地盤)

写真 6　滑り面の状態(10 年後)

5．まとめ

本報では、暴露開始から 10 年が経過した実大滑り基礎に対して、滑り性状の経年変化を確認することを目的とした加力実験を行った。実験の結果、10 年後の平均摩擦係数は暴露開始時に比べて 7.1%の上昇に留まり、切片摩擦係数はほぼ変化せず、最大摩擦係数は 0.30 未満であった。また、滑り面は、防水処理せずとも状態変化しないこと、土や水が混入しても滑り性状への影響は小さかった。以上のことから、実大滑り基礎は、暴露 10 年後も安定した滑り性状を発揮することが明らかとなった。

【参考文献】

1）北嶋，波田ほか：滑り基礎構造の地震入力低減効果に関する基礎的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.313-314，2010.9

2）北嶋，波田ほか：黒鉛を摩擦材とした滑り基礎構造に関する研究(その 1～9)，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.527-532, 2012.9, pp.573-576, 2013.8，pp.489-492, 2014.9, pp.549-550, 2015.9，pp.833-834, 2024.8

2.　社 外 発 表 論 文 一 覧

（2024 年 1 月～2024 年 12 月）

(1)社外発表論文一覧（2024 年 1 月～2024 年 12 月）

講演者 （下線：AA 関係者）	論文タイトル	発表誌名	発行年月 掲載頁
落合裕正 （湊　太郎）	電気的性質を利用した締固め土の乾燥密度の推定方法	第 59 回地盤工学研究発表会	2024.07 24-7-1-01
吉原　楽 （波田雅也、竹内健一、北嶋圭二）	木造多層建物への次世代制震構造システムの有効性に関する研究	日本建築学会大会 学術講演梗概集 構造 III	2024.08 pp.49-50
岸本豪太 （村井克綺、新田　稔、伊藤　淳、李　暁赫、松田信広、井出朋孝）	高炉スラグ微粉末を高含有した再生骨材コンクリートの性状 その4　実機実験概要	日本建築学会大会 学術講演梗概集 材料施工	2024.08 pp.349-350
清水啓介 （林　晴佳、鈴木好幸、野中　英、住　学、川又　篤、古川雄太）	高炉スラグ微粉末を高含有した再生骨材コンクリートの性状 その5　実機実験における試験項目と再生骨材試験結果	日本建築学会大会 学術講演梗概集 材料施工	2024.08 pp.351-352
林　晴佳 （伊藤　淳、住　学、野中　英、高橋祐一、松田信広、井出朋孝）	高炉スラグ微粉末を高含有した再生骨材コンクリートの性状 その7　実機実験における圧縮強度試験結果	日本建築学会大会 学術講演梗概集 材料施工	2024.08 pp.355-356
村井克綺 （李　暁赫、鈴木好幸、川又　篤、岸本豪太、金子　樹、清水啓介）	高炉スラグ微粉末を高含有した再生骨材コンクリートの性状 その9　CO_2固定量と削減効果の試算結果	日本建築学会大会 学術講演梗概集 材料施工	2024.08 pp.359-360
鈴木好幸 （村井克綺、新田　稔、住　学、高橋祐一、唐沢智之、松田信広、岸本豪太、金子　樹、清水啓介）	再生骨材の実製造プロセスにおけるCO_2固定量に関する研究 その1　研究目的と試験概要	日本建築学会大会 学術講演梗概集 材料施工	2024.08 pp.361-362
古川雄太 （林　晴佳、吉野　玲、伊藤　淳、野中　英、山下紘太朗、李　暁赫川又　篤、大賀智史、井出朋孝）	再生骨材の実製造プロセスにおけるCO_2固定量に関する研究 その2　CO_2固定量の結果	日本建築学会大会 学術講演梗概集 材料施工	2024.08 pp.363-364
土田尭章 （波田雅也、柳田佳伸、竹内健一、北嶋圭二）	黒鉛を摩擦材とした滑り基礎構造に関する研究 その9　暴露10年が経過した実大滑り基礎の加力実験	日本建築学会大会 学術講演梗概集 構造 II	2024.08 pp.833-834
柳田佳伸 （石鍋雄一郎）	最下層に柱脚を有する鋼構造梁降伏型剛接骨組の損傷分布則 その４　柱脚の復元力特性に着目した骨組第1層の損傷集中指数	日本建築学会大会 学術講演梗概集 構造 III	2024.08 pp.861-862
杉山浩隆 （波田雅也、奥野陸人、竹内健一、中西三和、安達　洋、北嶋圭二）	折返しブレース芯材の局部座屈挙動に関する実験的研究 その7　剛域長さの再評価と単調圧縮載荷実験結果の検討	日本建築学会大会 学術講演梗概集 構造 III	2024.08 pp.1217-1218
奥野陸人 （波田雅也、杉山浩隆、竹内健一、中西三和、安達　洋、北嶋圭二）	折返しブレース芯材の局部座屈挙動に関する実験的研究 その8　繰返し載荷時における局部座屈区間の変形性能	日本建築学会大会 学術講演梗概集 構造 III	2024.08 pp.1219-1220
波田雅也 （関　祥汰、西海翔太、奥野陸人、竹内健一、中西三和、安達　洋、北嶋圭二）	中鋼管降伏タイプの折返しブレースの構造特性に関する実験的研究 その3　実大実験の概要と芯材降伏タイプの実験結果	日本建築学会大会 学術講演梗概集 構造 III	2024.08 pp.1221-1222
関　祥汰 （波田雅也、西海翔太、奥野陸人、竹内健一、中西三和、安達　洋、北嶋圭二）	中鋼管降伏タイプの折返しブレースの構造特性に関する実験的研究 その4　中鋼管降伏タイプの実験結果	日本建築学会大会 学術講演梗概集 構造 III	2024.08 pp.1223-1224
梶原　陸 （村田康平、駒田憲司、佐藤俊男）	静電容量による非接触式コンクリート打ち込み高さの測定方法の開発	土木学会全国大会 第 79 回 年次学術講演会	2024.08 CS9-08

講演者 （下線：AA 関係者）	論文タイトル	発表誌名	発行年月 掲載頁
山﨑　彬 （波田雅也、木村浩之、下村将之、副島直史、石原陽介、須田郁慧、山本一貴、張　広鋒）	損傷制御を目的とした橋梁用摩擦ダンパーの大型振動台実験 その6　スライド部の遊間	土木学会全国大会 第 79 回 年次学術講演会	2024.08 CS10-118
波田雅也 （木村浩之、山﨑　彬、下村将之、副島直史、石原陽介、須田郁慧、山本一貴、張　広鋒）	損傷制御を目的とした橋梁用摩擦ダンパーの大型振動台実験 その7　ダンパー2方向設置	土木学会全国大会 第 79 回 年次学術講演会	2024.08 CS10-119
東川奏馬 （岡村宏一、岡　流聖、駒田憲司、水上拳斗、山下浩二、行本朋弘、越野慧也）	ダブルブラスト工法のコンクリート打継処理への適用調査	土木学会全国大会 第 79 回 年次学術講演会	2024.08 V-21
岡　流聖 （谷口克彦、阪下智之）	現場打ち模擬による撥水剤添加コンクリートの諸性状に関する研究	土木学会全国大会 第 79 回 年次学術講演会	2024.08 V-22
村田康平 （上田容平、赤星賢太郎、藤井隆志）	高橋脚コンクリート施工に用いた特殊型枠（Doka 型枠）の温度ひび割れ制御効果	土木学会全国大会 第 79 回 年次学術講演会	2024.08 VI-495
赤星賢太郎 （上田容平、村田康平、藤井隆志）	高橋脚施工における鉛直長距離圧送のコンクリート品質への影響	土木学会全国大会 第 79 回 年次学術講演会	2024.08 VI-504
中川茅乃 （谷口克彦）	打継処理の工夫によるコンクリート品質確保の検討	土木学会全国大会 第 79 回 年次学術講演会	2024.08 VI-1181
谷口克彦 （中川茅乃）	表面含侵材の塗布によるコンクリート打継部の品質確保の検討	土木学会全国大会 第 79 回 年次学術講演会	2024.08 VI-1182
柳田佳伸	鋼構造梁降伏型剛接骨組における柱脚形式に着目した強震時の損傷特性（その2）	日本地震工学会・第 18 回年次大会―2024	2024.12 A-21-5, 20240056

(2)各専門誌、雑誌（2024 年 1 月～2024 年 12 月）

執筆者 （下線：AA 関係者）	タイトル	専門誌名 雑誌名	発行年月 掲載頁
落合裕正 （湊　太郎）	電気的性質を利用した複合土質の新しい締固め管理　小型・軽量な計測器で盛土の乾燥密度を容易に測定	日刊建設工業新聞	2024.04.24
山本一貴 （右高裕二、波田雅也）	可動支承に適用可能な摩擦ダンパーの開発　大型振動台による３方向の動的加振実験	総合土木技術誌 土木施工	2024.08 pp.112-115

3. ニュースリリース

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（2024 年 1 月～2024 年 12 月）

(1) 発明の名称「免震制動装置」
登録日：2024 年 3 月 25 日

(2) 発明の名称「セメント系物質の充填管理方法」
登録日：2024 年 7 月 17 日

(3) 発明の名称「杭頭免震構造およびその構築方法」
登録日：2024 年 8 月 13 日

(4) 発明の名称「配筋検査装置及び配筋検査方法」
登録日：2024 年 8 月 29 日

(5) 発明の名称「鉄筋コンクリート杭構造」
登録日：2024 年 10 月 24 日

(6) 発明の名称「アンカーボルト用固定部材および固定部材セット」
登録日：2024 年 12 月 6 日

2.技術研究所に関する記事（2024 年 1 月～2024 年 12 月）

(1) 「髙松コンストラクショングループ 東京本社ビル ―保有技術を活用した本社ビルの設計―」
（株）鋼構造出版が発行する月刊誌「鉄構技術」4 月号に「制震ダンパー」を採用した設計事例が掲載された。

(2) 「AI による配筋検査サービス ゼネコン 21 社で先行導入」
日刊建設工業新聞（2024 年 4 月 9 日付）、日刊建設通信新聞（2024 年 4 月 9 日付）にゼネコン 21 社とメーカーで共同開発した配筋検査システムの記事が掲載された。

(3) 「可動支承に適用可能な摩擦ダンパーの開発　大型振動台による 3 方向の動的加振実験」
（株）オフィス・スペースが発行する月刊誌「土木施工」8 月号に「横変位摩擦ダンパー」を用いた技術が掲載された。

(4) 「論文 8 件を発表　青木あすなろ建設」（建設通信新聞）
「1 等など 8 件　青木あすなろ建設　技術論文発表会」（日刊建設工業新聞）
建設通信新聞（2024 年 12 月 18 日付）、日刊建設工業新聞（2024 年 12 月 18 日付）に、第 21 回技術論文発表会（12 月 2 日開催）に関する記事が掲載された。

3.講演（2024 年 1 月～2024 年 12 月）

(1) 国土交通東北地方整備局「品質確保技術Ⅰ研修」にて講演（2024 年 5 月 16 日）
題　　名：コンクリートのクラックと対策
講 演 者：牛島 栄 技術研究所 担当
講演場所：東北技術事務所多賀城研究所
主　　催：国土交通省東北地方整備局企画部

(2) 国土交通東北地方整備局「品質確保技術Ⅱ研修」にて講演（2024 年 6 月 20 日）
題　　名：コンクリートの基礎知識
講 演 者：牛島 栄 技術研究所 担当
講演場所：東北技術事務所多賀城研究所
主　　催：国土交通省東北地方整備局企画部

(3) 「資源系教育コンソーシアム」にて講演（2024 年 6 月 25 日）
題　　名：①我が国の地理的リスクと BCP・BCM ②DRF-DP の開発
講 演 者：牛島 栄 技術研究所 担当
講演場所：北海道大学工学部
主　　催：SREC 資源系教育コンソーシアム（当社参画）
対　　象：九州大学・北海道大学の資源工学専攻の留学生および日本人学生

(4) 民間土木技術者 専門研修「維持管理講座」にて講演（2024 年 7 月 23 日）
題　　名：コンクリート構造物の長寿命化と維持管理
講 演 者：牛島 栄 技術研究所 担当
講演場所：滋賀県建設技術センター
主　　催：公益財団法人滋賀県建設技術センター

(5) 「第 10 回コンクリート技術交流会　パネルディスカッション「コンクリートクライシスから 40 年」と題してパネラーとして講演（2024 年 10 月 4 日）
題　　名：「コンクリートクライシスから 40 年」
講 演 者：牛島 栄 技術研究所 担当
講演場所：第一ホテル　両国
主　　催：日本コンクリート技術株式会社

(6) 「第 10 回コンクリート技術交流会　パネル展示（プレゼンテーション）」にて講演（2024 年 10 月 4 日）

題　　名：アンカーボルトの設置を補助する「アンカー留太郎®」

講 演 者：山﨑　彬　土木構造研究室　所員

講演場所：第一ホテル　両国

主　　催：日本コンクリート技術株式会社

(7) 「建設技術フォーラム 2024 in ちゅうごく セミナー発表」にて講演（2024 年 10 月 31 日）

題　　名：固定とエネルギー吸収で橋脚の耐震性能を向上させる制震デバイス『DRF ダンパー』

講 演 者：山﨑　彬　土木構造研究室　所員

講演場所：広島産業会館東展示館

主　　催：建設技術フォーラム実行委員会

4.表彰関連（2024 年 1 月～2024 年 12 月）

(1) 令和 6 年度全国大会　第 79 回年次学術講演会優秀講演者を受賞（2024 年 10 月 17 日）

論文主題：損傷制御を目的とした橋梁用摩擦ダンパーの大型振動台実験

受 賞 者：波田雅也　土木構造研究室　室長

主　　催：公益社団法人 土木学会

青木あすなろ建設技術研究所報　Vol.10 2025.4
2025 年 3 月 31 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 4-8-2
電話　03（5419）1011

青木あすなろ建設

AsunaroAoki