



**GRI**

Geo-Research Institute

# ANNUAL REPORT

---

**2022**

2022.10.1 ~ 2023.9.30



## 目 次

1. トップメッセージ .....	1
2. 業務実績 .....	5
3. 研究成果 .....	9
4. 技術研究発表会 .....	19
5. 技術トピック .....	21
6. GRI Sustainable Action (GSA)の紹介 .....	23

# 1. トップメッセージ

## ・2022 年度業務全体の総括

(株)地域地盤環境研究所(株式 GRI)は、財団法人 地域地盤環境研究所(現 一般財団法人 GRI 財団)より、地盤解析、調査、計測部門を分社化して2009年4月より本格的に始動し、はや15年が経過しました。この間、弊社の母体である(一財)GRIとともにGRIグループとして、地盤の地域特性と環境保全についての調査研究および地盤解析技術と調査・計測技術にもとづいた総合コンサルティングをおこない、地盤に対する良きアドバイスをご提供し、社会に貢献できるような日々、努力を重ねてまいりました。

このアニュアルレポートでは、2022年度(2022年10月1日～2023年9月30日)を振り返り、弊社の業務実績や研究成果等をご報告いたします。

### (1) 業務実績

弊社の主な業務内容としては、地盤・地下水・構造物の解析業務、地盤調査・試験、現場計測工法を用いた施工管理業務であり、2022年度は総売上件数69件、総売上高410百万円(前年524百万円)を計上しましたが、収益としては、前年に比べて大幅な減収となってしまいました。これは、弊社が関わる多くの土木工事において工程が遅延し、予定していた業務が年度内に実施できなかったこと、また、その代替業務が受注できなかったことが大きな要因となっています。この反省を踏まえ、業務状況の変化に対して柔軟な対応と積極的な営業活動ができるよう、2023年10月より、社内体制を変革し、日々の業務に望んでおります。

### (2) 研究成果

今年度は実現場における地盤解析と現場計測管理を中心に8編の論文投稿をおこないました。地盤解析に関する論文では、解析に中井顧問考案のSubrounding tij modelを用い、実現場に適用した事例として紹介しています。

### (3) 技術研究発表会

弊社では、毎年、日頃の業務成果を広く社員に共有、若手社員のプレゼン能力の向上を目的として技術研究発表会をおこなっています。今年は全11編が発表され、若手から技術顧問の先生方まで活発な意見交換がおこなわれました。

### (4) 技術トピック

今回は、計測機器メーカーと共同で開発した「パッド式土圧計」、「ユニバーサル変位計」の開発経緯について発案者である橋本会長に語っていただきました。これらの計測器は、シールドトンネルの実現場における作用荷重と変形状況を把握する上で非常に有用であり、これまでに多くの成果を挙げてきました。

### (5) GSA 紹介

弊社では、社会とともに持続的に成長・発展する未来へのサステナビリティ活動(GSA)を推進し、持続可能な開発目標(SDGs)を支援する活動に取り組んでいます。本レポートでその活動の一部を紹介いたします。

現在、関西地域では、淀川左岸線2期および延伸工事、新名神高速道路、なにわ筋線、大阪府地下河川、大阪湾岸道路西延伸等、地盤に係る土木工事が進められており、その先には北陸新幹線、名古屋～大阪間 リニア中央新幹線が計画されています。これらの地下工事は、構造物の大規模化、大深度化、超近接施工、断層変位の影響等、これまでとは異なる技術的課題を克服しなければならないものばかりです。弊社は、地盤に関わる技術集団として、実現場に即した総合的なコンサルティングをおこない、良きアドバイスを提供できるよう、努力してまいります。

代表取締役 長屋 淳一



## GRI は、地盤を友とする

### 調査・解析・計測等を集約した技術集団です。

#### 経営理念

我々は、地盤を友とする調査・計測・解析等を集約した技術集団であり、技術もアイデアも新発想で地盤環境問題に対処する優れた技術を提供します。

*We have Superior Technology and New Vision.*

#### 事業目的

地盤構成物質の工学的研究を行い、地盤工学の進歩に貢献すると同時に、地盤の調査・試験・解析・計測及び施工管理等の一環した技術を地盤工学やプロジェクトの実務に活かすことによって、建設工事や防災工事の合理的、経済的向上、発展に寄与します。また、地震、地すべりなどの地盤災害、構造物の維持管理または地盤環境保全に向けての技術集積によって、人々に安全で快適な生活環境を提供します。

#### 会社概要

商号 株式会社 地域 地盤 環境 研究所(英文表記 Geo-Research Institute)  
所在地 本社 〒540-0008 大阪市中央区大手前 2 丁目 1 番 2 号  
東京事務所 〒113-0034 東京都文京区湯島 1 丁目 8 番 4 号  
名古屋事務所 〒464-0856 名古屋市千種区吹上 1 丁目 1-8-706

設立年月日 昭和 53 年 8 月 18 日

資本金 3,000 万円

取締役会長 橋本 正

代表取締役社長 長屋 淳一

登録事業 建設コンサルタント業 建 31 第 3704 号 / 土質及び基礎部門

地質調査業 質 01 第 2493 号

建設業 大阪府知事許可(般-31)第 131877 号 / とび・土木工事業

労働者派遣事業登録 派 27-304118

社員数 30 名

有資格者数 技術士(建設部門):4 名 博士(工学):5 名 地質調査技士:1 名  
一級土木施工管理技士:5 名 測量士:2 名 地盤品質判定士:2 名

顧問 立命館大学 総合科学技術研究機構 上席研究員 小山 幸則

(就任順) 名古屋工業大学名誉教授 中井 照夫

中国同済大学教授 朱 合華

早稲田大学非常勤講師 早稲田大学招聘研究員 小西 真治

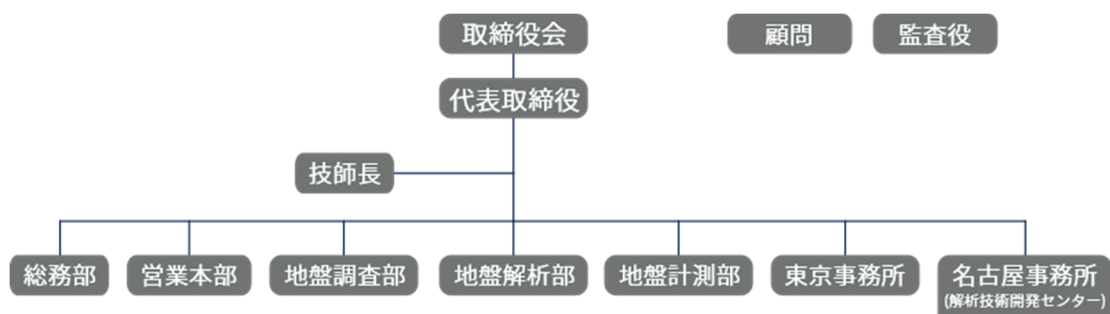
一般財団法人 GRI 財団 技術顧問 塩谷 智弘

一般財団法人 GRI 財団 代表理事 三村 衛

#### 事業内容

1. 地質・地盤調査，現場計測および評価
2. 地盤材料の試験及び評価
3. 土木・建設及び防災に関する技術解析，技術指導及び設計・施工管理
4. 地下水地盤環境の保全に関する調査，計測，解析及びコンサルティング
5. 建設副産物や産業廃棄物の処分及びリサイクル資源の有効活用を考慮した環境事業
6. 建造物や地盤構造物の維持管理に関わる調査，修復及び技術コンサルティング
7. とび・土木工事の設計，施工，監理，請負
8. 前各号に関する機器器具の製造，販売及び技術，製品の輸出入
9. 前各号に関する品質・安全・施工管理を主体とした役務提供
10. 労働者派遣事業
11. 前各号に附帯関連する一切の業務

#### 組織



# 地域地盤環境研究所(GRI)グループ

(株)地域地盤環境研究所は、2009年に財団法人地域地盤環境研究所(現：一般財団法人GRI財団)より、地盤解析部門と調査・計測部門を分社化して本格的に始動しました。現在は、地域地盤環境研究所(GRI)グループとして、(一財)GRI財団とともに多くの国内外の大学や研究機関と密な連携をとり、技術レベルの向上および専門技術の習得を通して、現場のニーズに応えられるよう日々努力しています。

\*) 2023年(令和5年)7月、(一財)地域地盤環境研究所は、(一財)GRI財団に名称を変更いたしました。

## ・GRIグループの沿革

一般財団法人 GRI 財団		株式会社 地域地盤環境研究所
土質試験サービス機関として尼崎に発足	1958年07月	
大阪府より財団設立許可を取得、財団法人 大阪土質試験所となる	1960年04月	
事務所を尼崎市から大阪市西区・大阪科学技術センタービルに移転、尼崎事務所を土質試験室とする	1963年08月	
福岡市に福岡事務所を開設	1978年08月	(財)大阪土質試験所の出資により、(株)ジオテクトロニクス・インターナショナルを設立し、本店を尼崎市杭瀬南新町に置く
大阪市西区に阿波座事務所を開設	1982年10月	社名を株式会社 地盤工学研究所に改称
大阪市西区に梅田ビルを取得し、同ビルに阿波座事務所を移転	1987年07月	
財団法人 地域 地盤 環境 研究所に名称を変更	1996年05月	大阪市西区立売堀の梅田ビルに本社を移転
東京都文京区に東京事務所を開設	1999年10月	
土質試験室を神戸市東灘区に移転しジオテクラボとする	2002年08月	
	2006年10月	社名を株式会社 地域 地盤 環境 研究所に改称
	2009年04月	(財)地域 地盤 環境 研究所から地盤工学研究部門、東京事務所、福岡事務所等の事業譲渡を受け、社員数27名で本格的始動
	2011年05月	阪神高速技研株式会社と共同出資で阪申土木技術諮詢(上海)有限公司を開設
一般財団法人 地域 地盤 環境 研究所に名称を変更	2013年04月	名古屋市に名古屋事務所(解析技術開発センター)を開設
	2015年06月	大阪市中央区大手前の国民會館・住友生命ビルに本社を移転
阿波座事務所を大阪市中央区に移転し、大手前事務所とする	2015年07月	
一般財団法人 GRI 財団に名称を変更	2023年07月	

## ・GRIグループの組織編制とコンサルティングへの取り組み

一般財団法人 GRI 財団	株式会社 地域地盤環境研究所
<b>研究開発部門</b> <b>地震防災 G</b> ・強震動予測と地震防災に関する調査研究 <b>地質地震 G</b> ・地盤情報データベースの構築と地盤特性の研究 ・地域の地質環境に関する調査研究 <b>地盤工学ラボ</b> ・土質・岩石・建設材料試験	<b>技術部門</b> <b>地盤調査部</b> ・地盤調査、工事・施工管理、維持管理 <b>地盤解析部</b> ・地盤工学に関する種々の解析及び技術コンサルティング <b>地盤計測部</b> ・地盤計測、工事・施工管理、維持管理 <b>東京事務所</b> } ・各地域における地盤工学に関する調査・計測・解析 <b>名古屋事務所</b> }

★地盤の地域特性と環境保全についての調査研究およびコンサルティング

★地盤解析技術と調査・計測技術に基づいた総合コンサルティングおよび研究開発

現場と研究の積極的な交流を基礎に

- 地域の地盤特性および地盤環境問題を把握し
- 適切に対処するための情報発信基地となり
- 複雑な地盤問題に関するドクターとして

土に対する良きアドバイスをご提供し、社会に貢献いたします



本社

〒540-0008 大阪市中央区大手前 2 丁目 1 番 2 号 国民會館大阪城ビル 4F  
TEL : 06-6943-9705 FAX : 06-6943-9709



アクセスマップ

東京事務所

〒113-0034 東京都文京区湯島 1 丁目 8 番 4 号 山川ビル 2F  
TEL : 03-3812-4792 FAX : 03-3812-4793



アクセスマップ

名古屋事務所(解析技術開発センター)

〒464-0856 名古屋市千種区吹上 1-1-8 SOHIA IZUMO 706  
TEL : 052-734-4426 FAX : 052-734-4426



アクセスマップ



会社情報はこちらからも  
ご確認ください。

<https://geor.co.jp/company/>

## 2. 業務実績

当社は、地盤解析技術と調査計測技術にもとづいた総合コンサルティングです。

### 【事業目的】

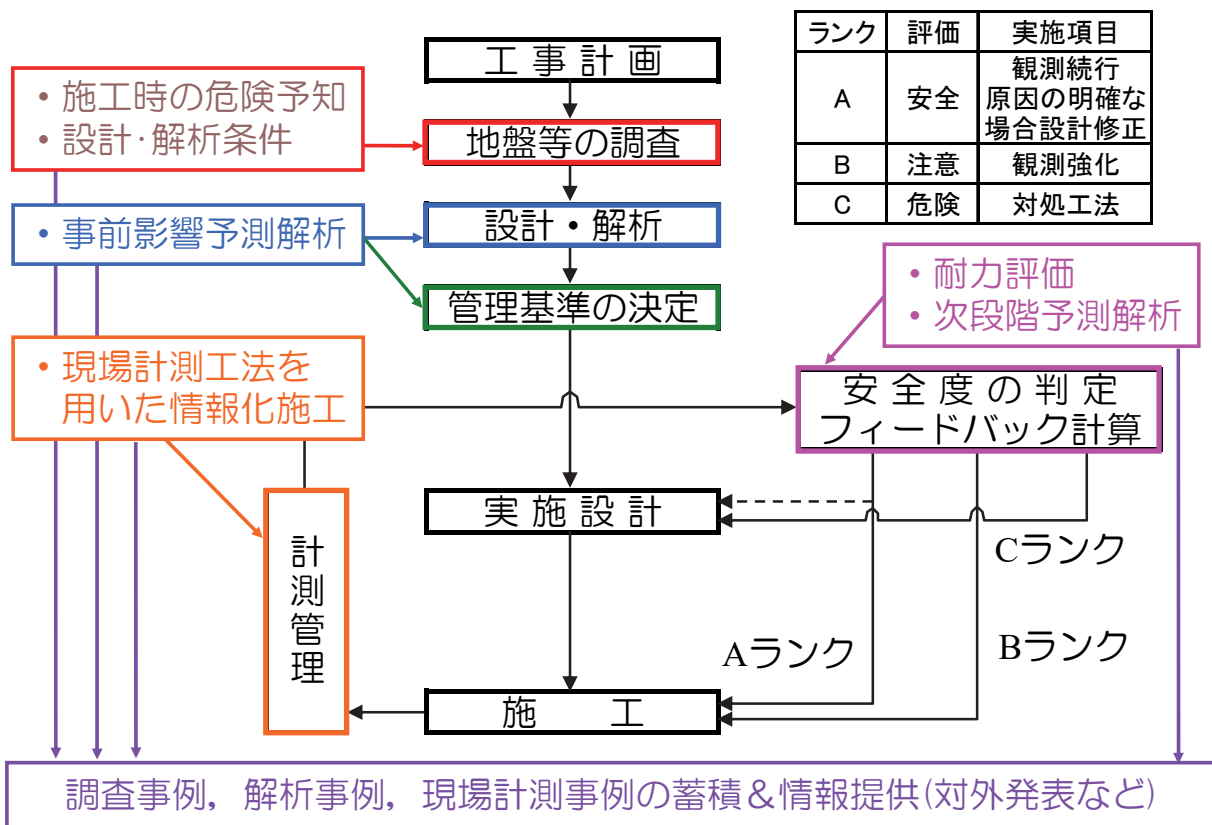
地盤構成物質の工学的研究を行い、地盤工学の進歩に貢献すると同時に、**地盤の調査・試験・計測・解析及び施工管理等の一環した技術**を地盤工学やプロジェクトの実務に活かすことによって、建設工事や防災工事の合理的、経済的向上、発展に寄与します。

また、地震、地すべりなどの地盤災害、構造物の維持管理または地盤環境保全に向けての技術集積によって、人々に安全で快適な生活環境を提供します。

### [知恵袋としての GRI]

地盤・地下水・構造物の解析

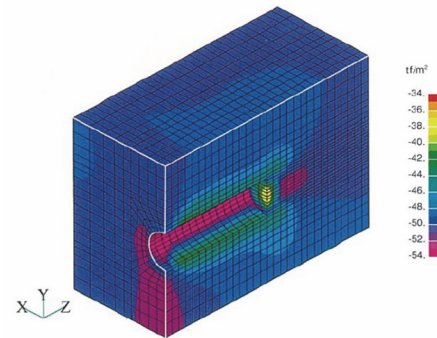
地盤調査・試験  
現場計測工法を用いた施工管理



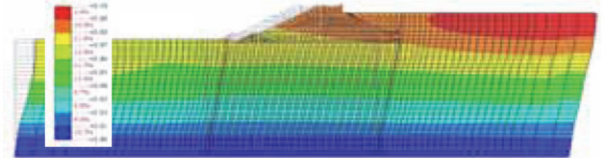


## 1. 地盤・地下水・構造物の解析技術

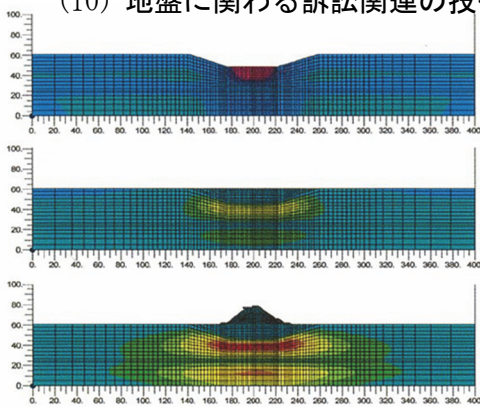
- (1) 地盤掘削や盛土等の地盤変形解析
- (2) 埋め立て、盛土や地下水位低下等による圧密沈下解析
- (3) 自然斜面や切土、盛土、法面を対象とした斜面安定解析
- (4) 開削工事における土留め壁変形解析
- (5) 施工時荷重を考慮したトンネル構造物等の応力解析
- (6) 近接施工時の地盤・構造物の近接影響検討解析
- (7) 地下水や降雨浸透等を対象とした浸透流解析
- (8) 地下工事を対象とした地下水流動保全解析
- (9) 地震時の液状化現象等に関する動的解析
- (10) 地盤に関わる訴訟関連の技術資料作成



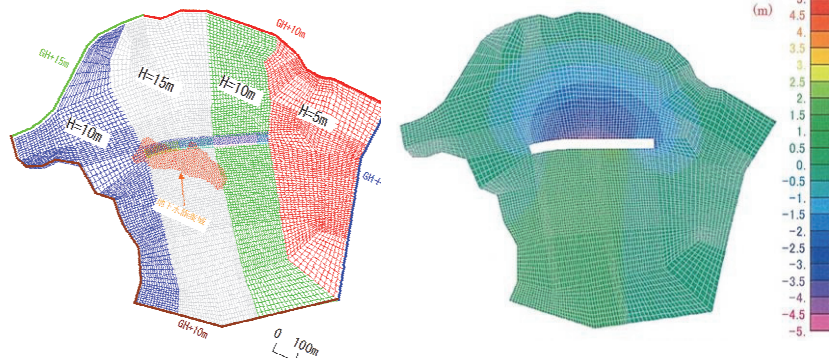
【3次元地盤変形解析例(地盤内応力変化分布)】



【護岸の動的解析例(変位分布図)】



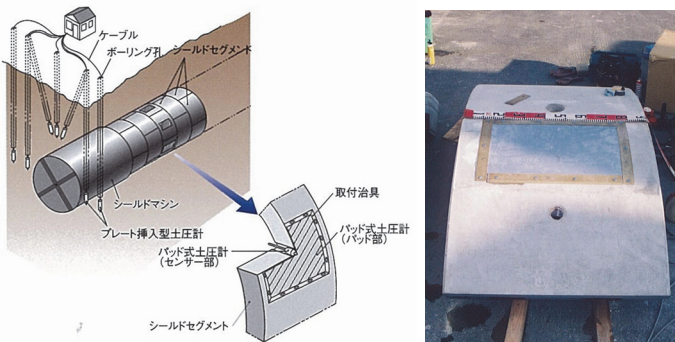
【圧密沈下解析例(地盤内の過剰間隙水圧の変化)】



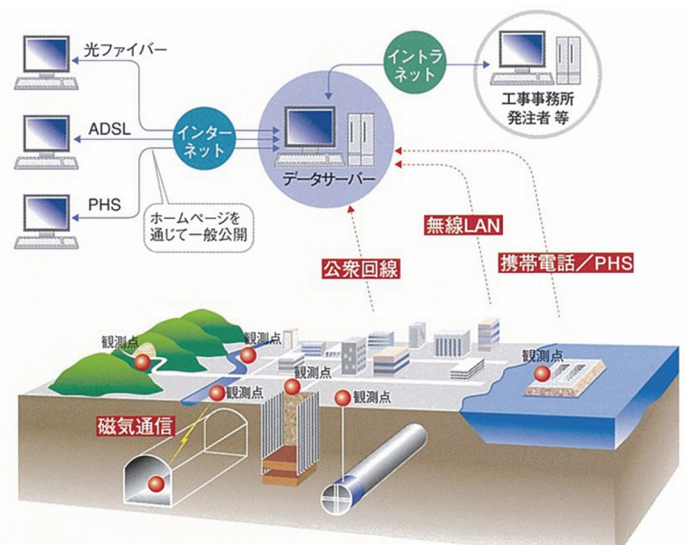
【地下水流動阻害に伴う浸透流解析結果例(右：水位変動量)】

## 2. 地盤調査・試験と現場計測工法を用いた施工管理

- (1) 地質・地盤調査
- (2) 音響トモグラフィを用いた高精度地盤調査
- (3) 地盤内の磁気探査、空洞探査
- (4) 土留め壁等遮水壁の遮水効果調査
- (5) 工事に関わる水質・土壌環境調査
- (6) 近接施工時の計測施工管理
- (7) 土留め掘削やトンネルにおける計測施工管理
- (8) 地盤・構造物のGPS変状計測管理
- (9) 地すべり調査・観測
- (10) Webサーバーを用いた広域自動計測システム



【トンネル覆工作用圧測定器(パッド式土圧計)の開発】



【Webサーバーを用いた広域自動計測システム】

(1) 2022 年度部門別発注件数，受注高および発注者別売上高の内訳

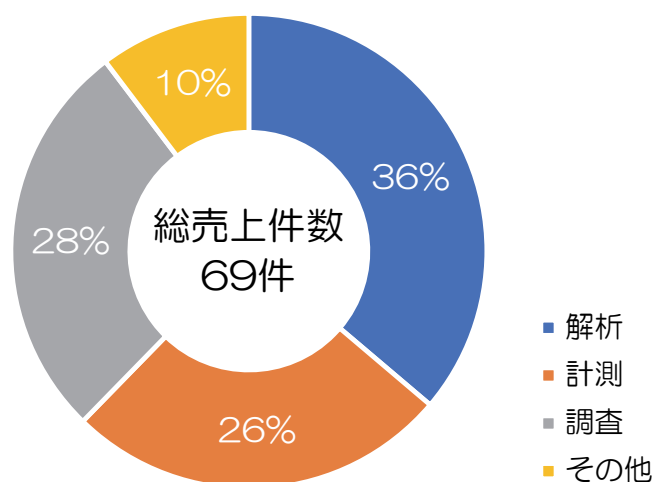


図 2.1 部門別受注件数内訳(2022 年度(2022.10.1~2023.9.30))

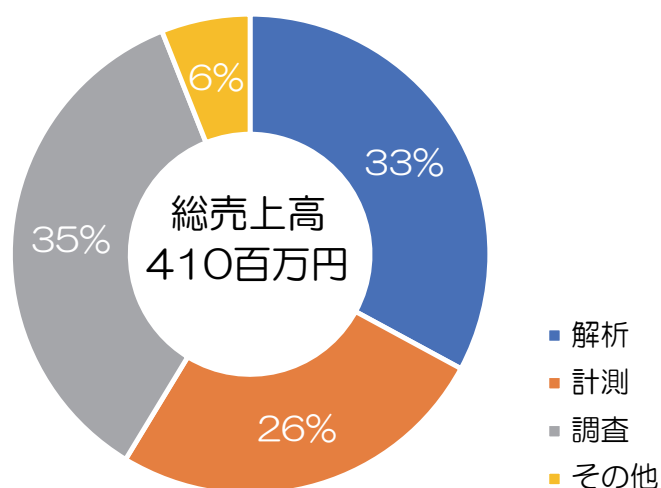


図 2.2 部門別受注高内訳(2022 年度(2022.10.1~2023.9.30))

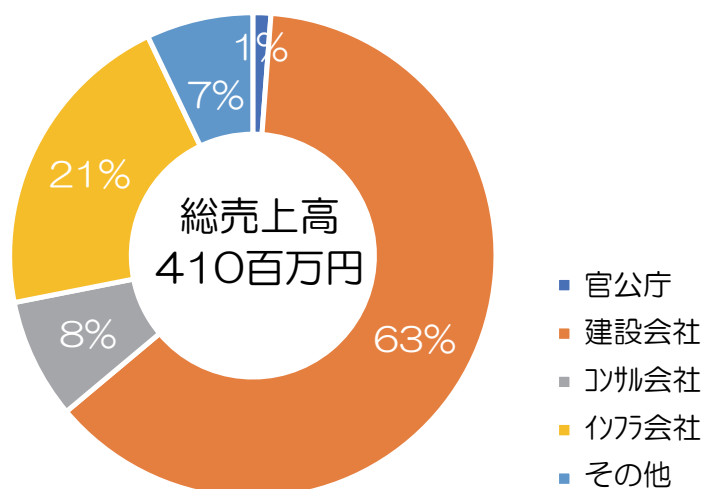


図 2.3 発注者別受注高内訳(2022 年度(2022.10.1~2023.9.30))



(2) 過去5年間の部門別、発注者別売上高の一覧

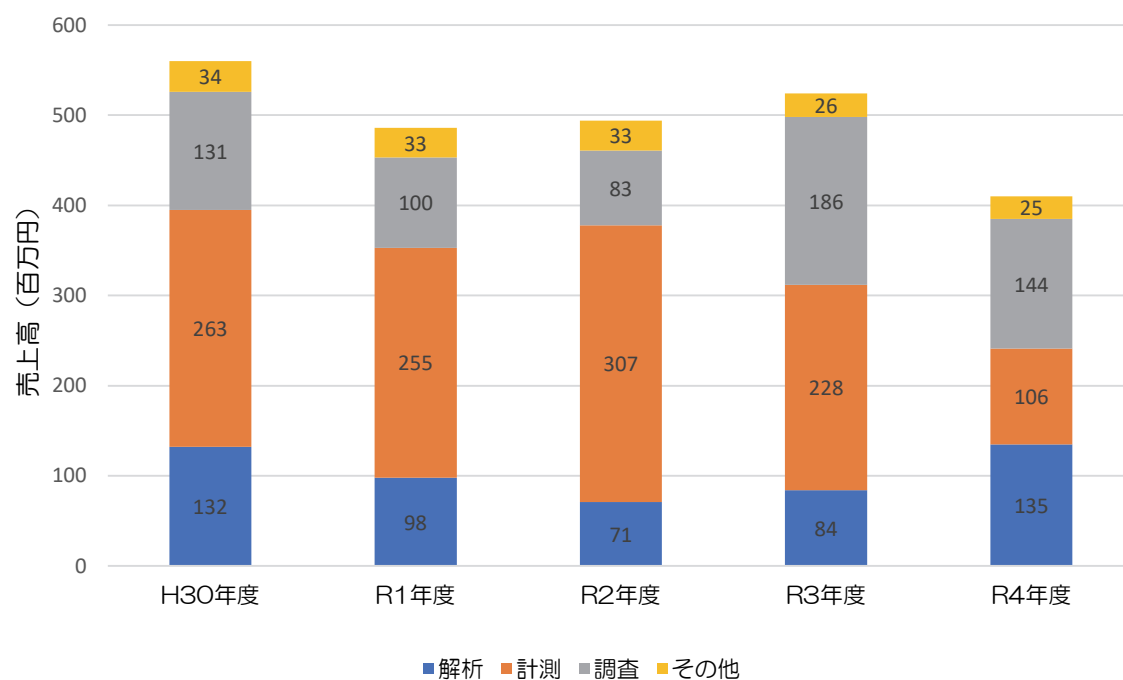


図 2.4 過去5年間の部門別受注高一覧(2018(平成30)年度～2022(令和4)年度)

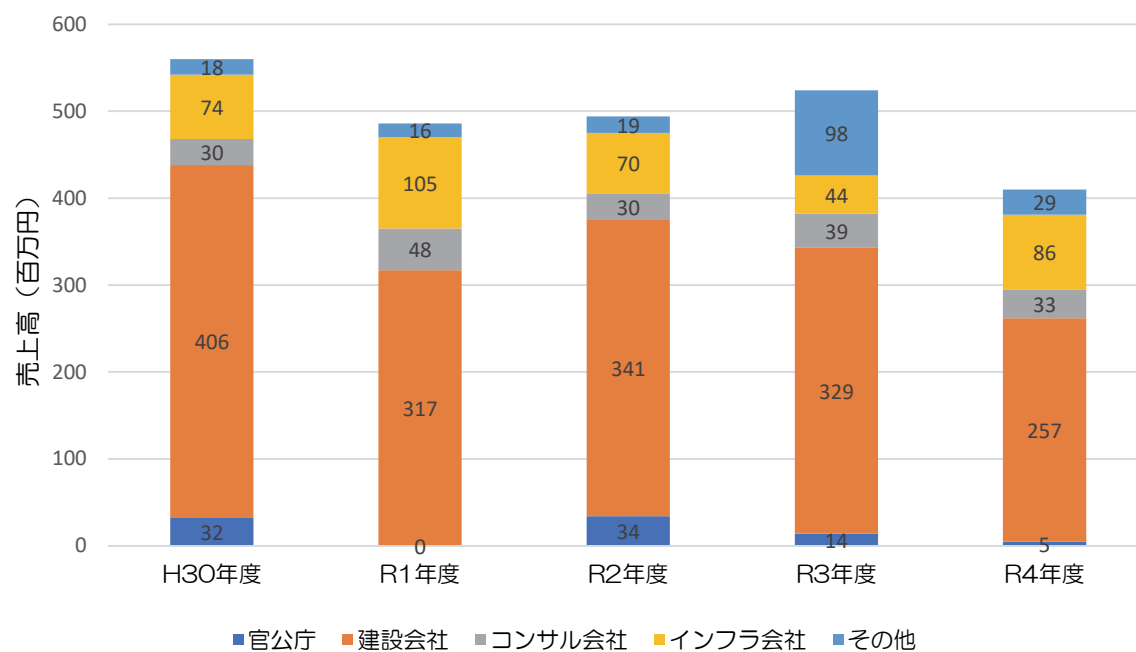


図 2.5 過去5年間の発注者別受注高一覧(2018(平成30)年度～2022(令和4)年度)

### 3. 研究成果

以下に、2022年(令和4年)10月1日～2023年(令和5年)9月30日までに当社スタッフが関係した対外発表論文リストを示します。

表 3.1 当社研究成果一覧表(2022年(令和4年)10月1日～2023年(令和5年)9月30日)

題目：数値解析を用いた低強度地山区間における長尺鋼管先受工法の検討（その1:Subloading tij modelを用いた弾塑性 FEM 解析の有効性確認）	
発行年：	2023年
著者名：	稲垣 祐輔, 稲垣 太浩, 外木場 康将, 板谷 裕次, 初谷 樹弥, 中井 照夫
掲載誌：	第78回土木学会年次学術講演会
分類：	地中構造物・トンネル・シールド, 数値解析
題目：数値解析を用いた低強度地山区間における長尺鋼管先受工法の検討（その2:弾塑性 FEM 解析を活用した長尺鋼管先受工法の地表面沈下抑制効果）	
発行年：	2023年
著者名：	稲垣 太浩, 外木場 康将, 岩崎 光, 稲垣 祐輔, 初谷 樹弥, 中井 照夫
掲載誌：	第78回土木学会年次学術講演会
分類：	地中構造物・トンネル・シールド, 数値解析
題目：大深度・長距離シールド掘削工事における高架橋の計測管理	
発行年：	2023年
著者名：	豊田 孝宏, 原 信行, 内田 泰彦, 木村 克彦, 山内 雅基
掲載誌：	第78回土木学会年次学術講演会
分類：	地形・地質, 現場計測, 地中構造物・トンネル・シールド
題目：高架橋基礎杭直下のシールド掘削工事における近接影響評価	
発行年：	2023年
著者名：	山内 雅基, 稲垣 祐輔, 中井 照夫, 原 信行, 内田 泰彦
掲載誌：	第78回土木学会年次学術講演会
分類：	地形・地質, 基礎と杭, 地中構造物・トンネル・シールド, 数値解析
題目：デジタルツインによる土圧シールドの現場計測工法	
発行年：	2023年
著者名：	岩崎 好規, 伊藤 肇, 長屋 淳一, 今西 肇
掲載誌：	第58回地盤工学研究発表会
分類：	現場計測, 土留め掘削・変形・土圧・アンカー, 地中構造物・トンネル・シールド
題目：土圧シールドの切羽土圧除荷試験による主働土圧の設定	
発行年：	2023年
著者名：	岩崎 好規, 伊藤 肇, 今西 肇, 長屋 淳一
掲載誌：	第58回地盤工学研究発表会
分類：	現場計測, 土留め掘削・変形・土圧・アンカー, 地中構造物・トンネル・シールド

題目：上下併設の大断面シールドが既設トンネルに与える影響	
発行年：	2022 年
著者名：	奥 要治, 土橋 浩, 堀地 紀行, 長屋 淳一, 張 升翼, 小泉 淳
掲載誌：	土木学会論文集 C, Vol.78, No.4
分類：	現場計測 , 地中構造物・トンネル・シールド , 数値解析
題目：夢洲2区土地造成工事における地盤変状の把握と管理について	
発行年：	2022 年
著者名：	大月 一真, 西口 松男, 伊藤 一典, 大島 昭彦, 白神 新一郎, 稲垣 祐輔, 譽田 孝宏
掲載誌：	Kansai Geo-Symposium 2022 地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム 論文集
分類：	地形・地質 , 現場計測 , 地盤の応力と変形・支持力 , 数値解析



当社論文の掲載ページです。  
<https://geor.co.jp/research/>

## 数値解析を用いた低強度地山区間における長尺鋼管先受工法の検討 (その1: Subloading $t_{ij}$ model を用いた弾塑性 FEM 解析の有効性確認)

中日本高速道路株式会社 正会員 稲垣 太浩 (株)地域地盤環境研究所 正会員○稲垣 祐輔  
 (株)奥村組 正会員 外木場康将 (株)地域地盤環境研究所 初谷 樹弥  
 (株)奥村組 正会員 板谷 裕次 (株)地域地盤環境研究所 正会員 中井 照夫

### 1. はじめに

本検討のトンネルの坑口部は古墳群が存在し、トンネル周辺地山は強度の低い崖錐堆積物 (dt 層) と風化砂岩 (Ss-w1 層) で構成される。そのため、坑口小土被り区間ではトンネル掘削時に地表面沈下が生じ、古墳群への影響が懸念されることから、長尺鋼管先受け工法 (以下、AGF 工法) による補助工法を適用した。従来、AGF 工法の仕様を選定するにあたり、ボーリングコア等の調査結果に基づく標準設計パターンの適用や、N 値等から換算した地盤推定値を用いた梁-バネモデルや 2 次元弾性 FEM 解析による検討がおこなわれてきた。しかし、当該トンネル坑口部の地盤は走向・傾斜ならびに風化も見られる非常に複雑な機構を持つ地質構成であることから、標準設計パターンや弾性計算による方法だけでは、合理的かつ経済的な AGF 工法の仕様にならないことが懸念された。そこで今回、従来の N 値からの地盤推定に加え、新たに詳細な力学試験を実施し、さらにその結果をより適切に表現できる 3 次元弾塑性 FEM 解析を採用した検討を実施した。本稿は、詳細な力学試験に基づく地盤物性値のフィッティングと弾塑性 FEM 解析の有効性確認について報告する。

### 2. 当該現場の地盤条件と AGF 工法の概要

本検討箇所の地質は中生代ジュラ紀の美濃帯上麻生ユニットに相当し、砂岩と泥岩で構成される地山である。坑口付近は、10~30° の比較的緩傾斜の竹林であり、場所によって、表層崩壊地形や崖錐堆積物の分布が散見される。当該トンネル坑口部周辺の地層構成と AGF 工法の設置位置を図-1 に示す。また、坑口部の地質状況を写真-1 に、標準貫入試験の結果を表-1 に示す。坑口部のトンネル掘削箇所は、崖錐堆積物 (dt 層)、強風化砂岩 (Ss-w1 層) および風化砂岩 (Ss-w2 層) で構成され、dt 層は代表 N 値 6 程度の緩い地盤、Ss-w1 層および Ss-w2 層は代表 N 値 100 以上を示すが、風化が激しい箇所の Ss-w1 層の N 値は 14 を示すなど非常に大きなばらつきが見られた。当該現場の AGF 工法の概要を図-2 および表-2 に、施工状況を写真-2 に示す。上記に示す地盤条件に対して、坑口部の AGF 工法 (図-1 における AGF-1) を適切に配置し、地表面沈下を確実に 30mm 以内に抑制することが求められる。径 114.3mm、長さ 21.5m の注入式鋼管フォアパイリングを、天端を中心に 180 度の範囲にわたり、2 段配置した。

### 3. 弾塑性構成モデル (Subloading $t_{ij}$ model) の概要

本検討の解析では、地盤の構成則に Subloading  $t_{ij}$  model<sup>1)</sup>による弾塑性構成モデルを適用した。Subloading  $t_{ij}$  model は、地盤の力学挙動を粘性土と砂質土に区分することなく統一的なパラメータで表現でき、さらに中間主応力を的確に評価できるモデルである。従って、風化も見られ非常に複雑な機構を持つ当該地盤において、トンネル掘削時の 3 次元応力分布も的確に表現できる。

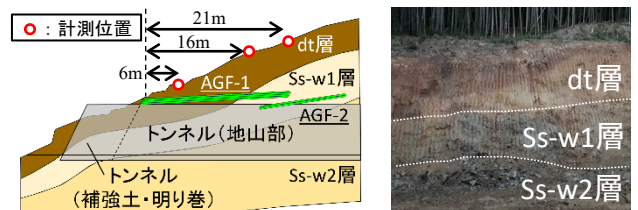


図-1 地層構成と AGF 設置位置 写真-1 坑口部の地質状況  
表-1 標準貫入試験の結果一覧

地層名	標本数	平均 N 値	最小 N 値	最大 N 値	変動係数	代表 N 値
dt 層	10	10	0	24	1.3	6
Ss-w1 層	12	146	14	300	1.6	100
Ss-w2 層	3	171	150	214	4.6	153

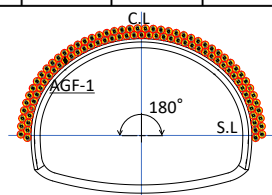


図-2 AGF 工法概要  
表-2 AGF 工法仕様一覧

仕様	AGF-1	AGF-2
径 (mm)	114.3	114.3
長さ (m)	21.5	12.5
範囲 度	180	120
段数 段	2	1

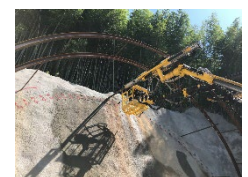


写真-2 施工状況

キーワード 山岳トンネル, 3次元弾塑性有限要素法, Subloading  $t_{ij}$  model

連絡先 〒540-0008 大阪市中央区大手前2丁目1番2号 (株)地域地盤環境研究所 TEL:06-6943-9706 FAX:06-6943-9709

### 4. 力学試験と地盤物性値の同定

当該地盤は N 値にばらつきがあるため、N 値からの地盤推定値を使用した解析では、結果に大きな影響を及ぼすため、乱れの少ない試料を採取し力学試験を実施した。力学試験は全ての層で行い、コアの状態ならびに物理試験の結果から、dt 層はCU条件での三軸圧縮試験、Ss-w1層とSs-w2層はCD条件での三軸圧縮試験を適用した。これらの力学試験の結果を元に要素シミュレーションを実施した(図-3)。要素シミュレーションは同一パラメータで拘束圧のみを変化させた結果であるが、拘束応力(密度)に拘わらず試験結果を十分に再現できており、トンネル掘削に伴う実地盤の挙動が表現可能と判断できる。土質パラメータを表-3に示す。

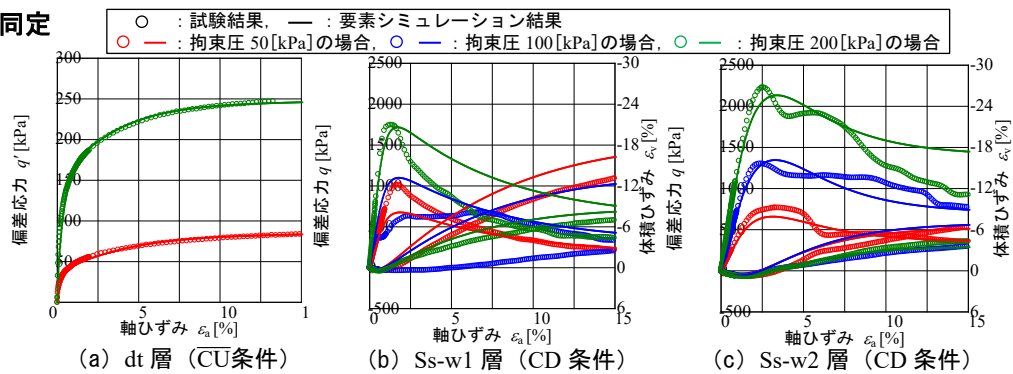


図-3 要素シミュレーション結果(応力-ひずみ関係)

表-3 Subloading  $t_{ij}$  model 土質パラメーター一覧

土層	弾性材料パラメータ							弾塑性材料パラメータ						
	単位体積重量 $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	弾性係数 $E$ [kN/m <sup>2</sup> ]	静止土圧係数 $K_0$	圧縮指数 $\lambda$	膨潤指数 $\kappa$	大気圧下の間隙比 $N$	極限状態主応力比 $Rcs$	降伏局面パラメータ $\beta$	過圧密特性を表現するパラメータ $a$	過圧密特性を表現するパラメータ $ka$	自然堆積構造特性を表現するパラメータ $Qw$	自然堆積構造特性を表現するパラメータ $bw$	自然堆積構造特性を表現するパラメータ $kb$	間隙比 $e$
dt層	17.9	4200	0.5	0.120	0.010	0.78	4.1	1.5	10	100.0	7.0	10.0	2.0	0.621
Ss-w1層	20.2	36000	0.5	0.120	0.002	0.78	4.4	1.6	200	0.0	30.0	1.0	0.0	0.427
Ss-w2層	21.9	95000	0.5	0.080	0.003	0.50	8.0	1.5	100	1.0	0.0	0.0	0.0	0.325

表-4 構造諸元

(a) トンネル支保工							(b) 改良体				
要素タイプ	弾性係数 $E$ [kN/m <sup>2</sup> ]	単位体積重量 $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	断面面積 $A$ [m <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント $I$ [m <sup>4</sup> ]	板厚 $d$ [m]	ポアソン比 $\nu$	注入剤弾性係数 $Ei$ [kN/m <sup>2</sup> ]	間隙比 $e$	注入率 $\lambda$	改良部弾性係数 $E$ [kN/m <sup>2</sup> ]	
長尺鋼管	ビーム $2.0 \times 10^8$	77.0	$1.45 \times 10^3$	$2.20 \times 10^{-6}$	—	—	dt	400000	0.62	0.38	158655
鋼製支保工	ビーム $2.0 \times 10^8$	77.0	$4.72 \times 10^3$	$2.00 \times 10^{-5}$	—	—	Ss-w1	400000	0.43	0.30	366298
吹付け工	シェル $3.4 \times 10^6$	23.0	—	—	0.20	0.20	Ss-w2	400000	0.33	0.25	268514

要素シミュレーションは同一パラメータで拘束圧のみを変化させた結果であるが、拘束応力(密度)に拘わらず試験結果を十分に再現できており、トンネル掘削に伴う実地盤の挙動が表現可能と判断できる。土質パラメータを表-3に示す。

### 5. 弾塑性構成モデル (Subloading $t_{ij}$ model) の有効性確認

本検討に用いる Subloading  $t_{ij}$  model のパラメータ以外の物性値を表-4に、3次元FEM解析モデル図を図-4に示す。地盤および地盤改良はソリッド要素、AGFおよび鋼製支保工は梁要素、吹付け工はシェル要素でモデル化し、側方境界は鉛直自由、下方境界は完全固定とした。なお、比較計算として、N 値からの推定値を使用した弾性計算をあわせて実施する。坑口から10m掘削時における地表面沈下分布図を図-5に示す。坑口から15mの範囲では、弾性解析より弾塑性解析の地表面沈下量が小さく、坑口から15m以降では弾性解析と弾塑性解析ではほぼ同じ結果となった。また、坑口から6m位置における地表面沈下量は弾性解析より弾塑性解析の方が計測値をおおむね表現できることもわかった。これは、掘削対象土層が坑口から15mの範囲はdt層、それ以降ではSs-w1層であり、低強度であるdt層のモデル化が弾性解析と弾塑性解析で乖離があったものと考えられ、低強度層のモデル化が実挙動を再現する上で重要であることが確認できた。

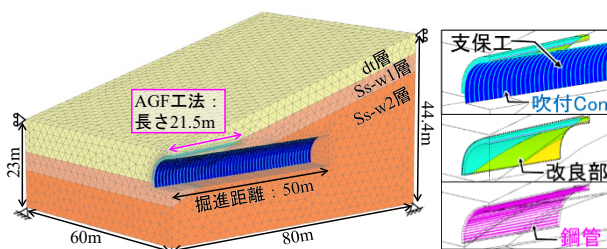


図-4 3次元FEM解析モデル

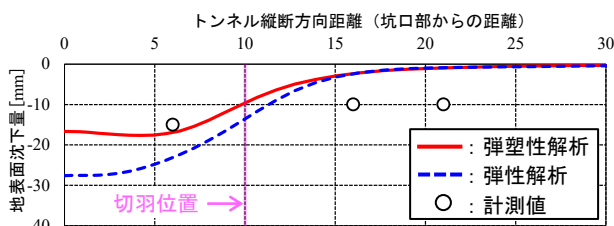


図-5 坑口から10m掘削時における地表面沈下分布図

### 6. まとめ

低強度地山区間のトンネル掘削において、詳細な力学試験と Subloading  $t_{ij}$  model を用いた3次元弾塑性FEM解析(PLAXIS)による地表面沈下の検討を実施した。計測結果との比較から、特に低強度層に対して、詳細な力学試験とそれに基づく高度な解析手法を用いることが実挙動を再現する上で重要であることを確認した。

### 参考文献

1) Nakai, T., H. M. Shahin, Kikumoto, M., Kyokawa, H., F. Zhang, and M. M. Farias : A simple and unified three-dimensional model to describe various characteristics of soils, *Soils and Foundations*, 51(6), pp.1149-1168, 2011.



## 数値解析を用いた低強度地山区間における長尺鋼管先受工法の検討 (その2：弾塑性 FEM 解析を活用した長尺鋼管先受工法の地表面沈下抑制効果)

中日本高速道路株式会社 正会員 稲垣 太浩  
 (株)地域地盤環境研究所 正会員 稲垣 祐輔  
 (株)地域地盤環境研究所 初谷 樹弥

(株)奥村組 正会員○外木場康将  
 (株)奥村組 正会員 岩崎 光  
 (株)地域地盤環境研究所 正会員 中井 照夫

### 1. はじめに

低強度小土被りの地山区間において、合理的かつ経済的な長尺鋼管先受け工法（以下、AGF 工法）の仕様選定を行うためには、複雑な地盤条件を反映した検討を行うことが重要である。その検討方法として、詳細な力学試験とそれに基づく Subloading  $t_{ij}$  model を用いた 3次元弾塑性 FEM 解析が有効であることを確認した<sup>1)</sup>。本稿では、その 3次元弾塑性 FEM 解析を使用して、先受け鋼管の設置範囲と段数をパラメータとした数値解析を複数パターン実施した。これらの結果の比較から、AGF 工法適用時のトンネル掘削による地表面沈下の発生機構の解明、ならびに合理的かつ経済的な AGF 工法の仕様選定のアプローチについて報告する。

### 2. 数値解析による AGF 工法の効果の確認

トンネル掘削時の地盤状態を適切に表現できる Subloading  $t_{ij}$  model による 3次元弾塑性 FEM 解析 (PLAXIS) を適用した。解析モデルを図-1 に示す。解析モデルは半断面でモデル化し、境界条件は、側方にトンネル SL から 4D 以上、下方にトンネル下端から 1D 以上を取り、側方境界を鉛直自由、下方境界を完全固定とした。地盤材料パラメータは、現場付近から採取した乱れの少ない試料による三軸圧縮試験結果から決定した。解析の物性値は参考文献 1) に記載の値を採用した。

解析ケースを表-1 に示す。解析は 4 ケース実施し、AGF なし (Case1) に対し、AGF の段数と設置範囲を変化させた 3 ケースを実施した。AGF の設置範囲は、天端を中心に 120 度の範囲 (低強度地盤の dt 層途中まで) と 180 度の範囲 (比較的強度のある地盤の Ss-w1 層層境付近まで) を、180 度の範囲では AGF を 1 段と 2 段の場合を想定した。

### 3. 解析結果と考察

図-1 の着目点における掘削距離と地表面沈下の関係を図-2 に示す。横軸はトンネル上半における切羽の進行距離であり、トンネル掘進に伴う地表面沈下の経時変化を表している。図-2 より全てのケースでトンネル掘進に伴い地表面沈下が進行することが確認でき、坑口部では AGF180 度・2 段 (Case4) が最も地表面沈下を抑制していることがわかる。一方、AGF 中間部では、AGF180 度・1 段 (Case2) と AGF120 度・2 段 (Case3) がほぼ同じ変位抑制効果を示し、AGF 先端部では AGF を採用した全てのケースで同じ変位抑制効果となった。次に、偏差ひずみの分布を図-3 に示す。同図は上半掘削 9m 時点におけるトンネルセンターでの縦断方向の偏差ひずみの分布である。全てのケースにおいて低強度層である dt 層の切羽前面に偏差ひずみが集中していることがわかる。また、AGF なし (Case1) では、切羽前面に発生した偏差ひずみが地表面まで伝達するのに対し、AGF 工法を採用した全てのケー

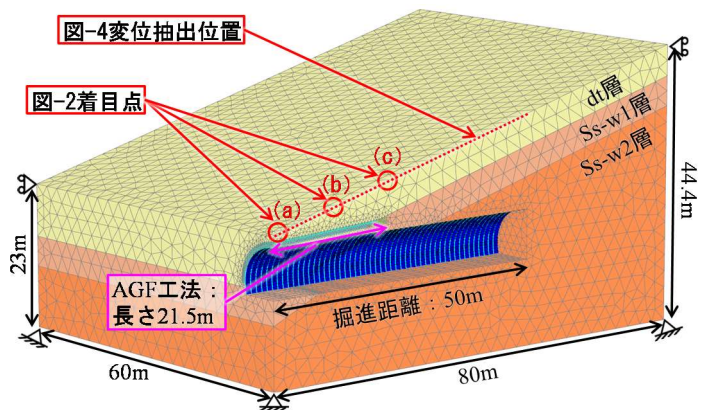
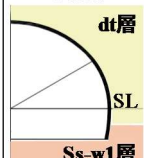
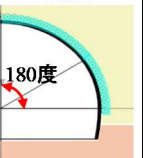
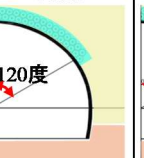
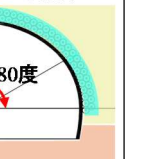


図-1 FEM 解析モデル図

表-1 解析ケース

	Case1	Case2	Case3	Case4
ケース & 概略図				
AGF 範囲	設置なし	180度	120度	180度
段数	設置なし	1段	2段	2段

※概略図は坑口部の断面を示す

キーワード 山岳トンネル, 注入式長尺鋼管先受工法, 3次元弾塑性有限要素法  
 連絡先 〒108-8381 東京都港区芝 5-6-1 (株)奥村組 TEL:03-5427-8041 FAX:03-5427-8114



スにおいて、AGFにより切羽前面の偏差ひずみの地表面への進展が抑制されたことも確認できる。偏差ひずみの集中は dt 層で顕著であることから、掘削地盤の大半が dt 層である坑口付近で最も AGF による沈下量の差が生じ、比較的強度を有する Ss-w1 層が多くなるにつれ沈下量の差が無くなったものと考えられる。以上より、地盤強度の差による偏差ひずみの集中や分布状況がわかれば、経済的な AGF の仕様の選定が可能であると考えられる。

上半 20m 掘削時のトンネルセンターでの縦断方向における地表面沈下の分布を図-4 に示す。坑口部から約 5m の範囲において、AGF180 度・1 段 (Case2) ならびに AGF180 度・2 段 (Case4) と AGF120 度・2 段 (Case3) で沈下分布が異なる結果となった。図-5 に坑口から 3m 地点のトンネル横断面の偏差ひずみの分布を示す。同図 (i) の箇所において、Case3 では dt 層の途中までしか補強していないため、補強範囲外の dt 層 (トンネル側部) で偏差ひずみが発達しているが、Case2 および Case4 では dt 層と Ss-w1 層の層境付近まで補強したため大きな偏差ひずみが発達しなかったことが要因として考えられる。また、トンネル縦断方向において、dt 層および Ss-w1 層は地表面に沿って傾斜しており、Case3 においても坑口から 10m の位置では AGF 端部が Ss-w1 層に貫入している (図-6 参照)。その結果、坑口部から離れた位置での地表面沈下に明瞭な差異は見られなかったものと考えられる。以上から、地表面付近の地盤強度が低い場合、AGF 工法の設置範囲は偏差ひずみが地表面に進展しない範囲まで広げることが重要であることを確認した。

#### 4. まとめ

Subloading  $t_{ij}$  model を用いた 3 次元弾塑性 FEM 解析により、AGF 工法の効果について検討した。解析結果から、当該トンネル現場における AGF 工法による地表面沈下の抑制効果や、鋼管の設置範囲や段数に応じて、地表面へ進展する偏差ひずみに差異が生じることを確認した。今回の解析結果からもわかるように、AGF 工法の配置が 120 度 2 段と 180 度 1 段ではほぼ同じ効果が期待できる等、地山条件を詳細に表現できる検討手法を用いれば、合理的かつ経済的な AGF 工法の仕様決定が可能となる。今後、トンネル現場の地表面形状ならびに施工ステップを詳細に模擬した解析と計測結果から、トンネル掘削時における坑口部の挙動解明をおこなう予定である。

#### 参考文献

1) 稲垣他：数値解析を用いた低強度地山区間における長尺鋼管先受工法の検討 (その 1)，第 78 回土木学会年次学術講演会，投稿中，2023.9

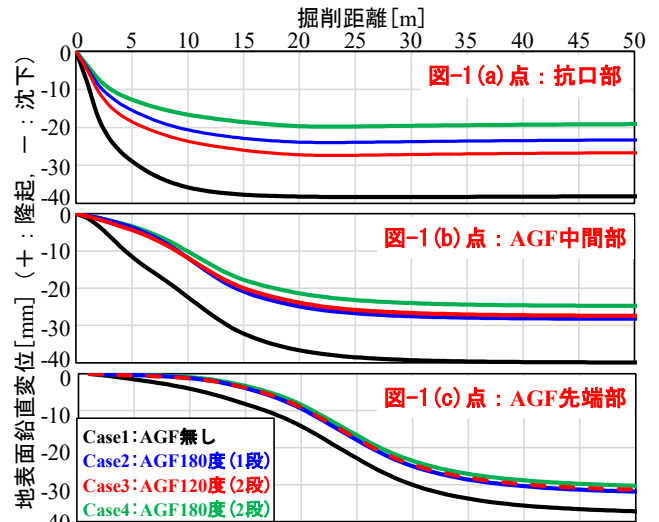


図-2 着目点の地表面沈下と掘削距離の関係

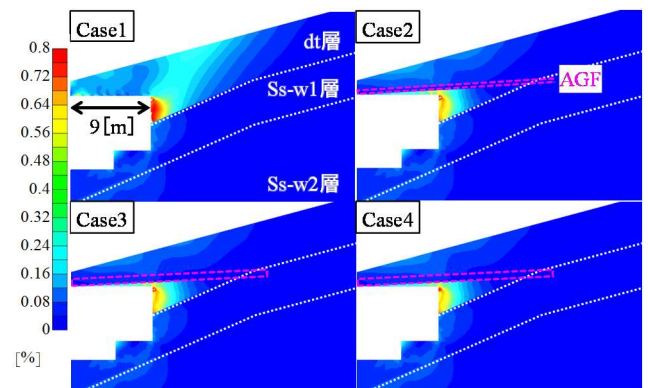


図-3 トンネル縦断方向の偏差ひずみカウンター図

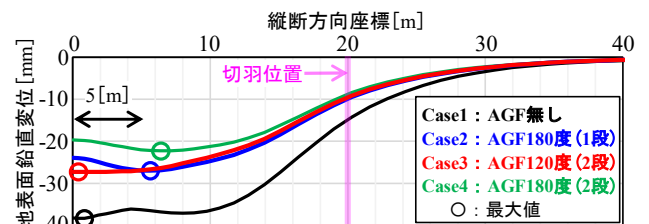


図-4 上半 20m 掘削時の各地表面地点での沈下量分布

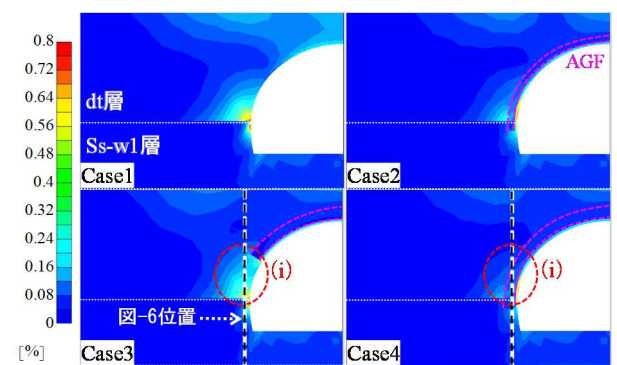


図-5 トンネル横断面偏差ひずみカウンター図

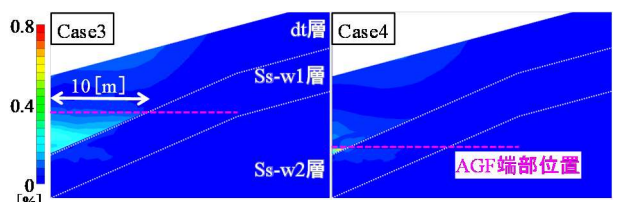


図-6 トンネル側部縦断方向の偏差ひずみカウンター図

## 大深度・長距離シールド掘削工事における高架橋の計測管理

大成建設 正会員 原 信行, 内田 泰彦  
地域地盤環境研究所 正会員 ○譽田 孝宏, 木村 克彦, 山内 雅基

**1. はじめに** 名古屋中央雨水幹線下水道築造工事(その2)および(その3)工事は、大深度(土被り厚約50m)かつ長距離(総延長約5km)のシールド掘削工事であり、このうち延長約3kmにわたって名古屋高速道路に平行しており、その高架橋基礎杭(以下、橋脚杭)下端部との最小離隔は1D程度(約7.5m, D:シールド外径)である。高水圧下における全断面砂礫層のシールド掘進であり、橋脚杭下部を近接施工することから、高架橋への影響が懸念された。ここでは、大深度・長距離シールド掘削に伴う高架橋への影響を抑制するために実施した計測管理について示す。

**2. 工事概要** 本工事は、図-1左側の発進立坑より南下した後、外堀通り菊井町交差点からは東進し、更に江川線を南下する雨水幹線トンネルを泥土圧式シールド工法(シールド外径 $\phi$ 6,510mm, 合成セグメント外径 $\phi$ 6,350mm)で施工するものである。本幹線は、既設の雨水貯留施設から導かれた雨水を連続排水しながら貯留する「流下貯留方式」の貯留管(貯留量:104,000 $\text{m}^3$ )であり、敷設深度が名古屋市内において最大規模の雨水貯留施設である。

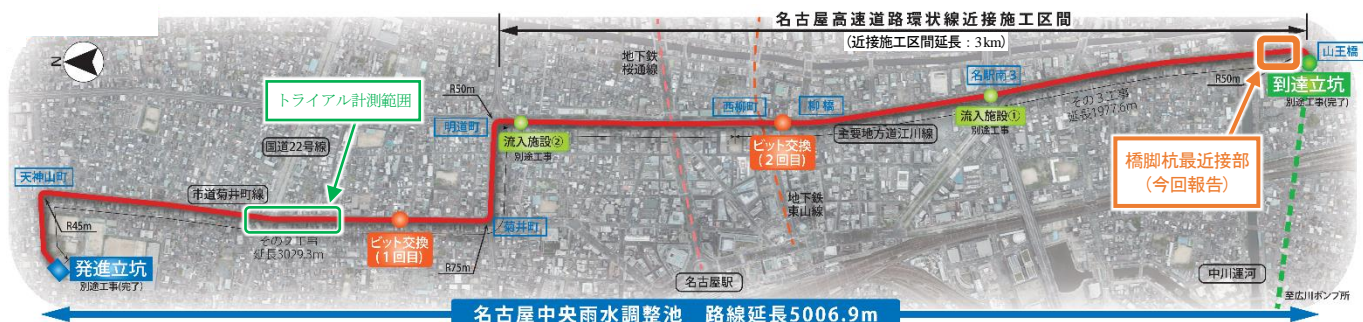


図-1 平面図

**3. 地盤概要** 橋脚杭最近接部の断面図とボーリング柱状図を図-2に示す。地表から盛土層(B), 沖積層である南陽層(As), 洪積層である熱田層(D3U, D3L)が出現し、シールドトンネルは、洪積層である海部・弥富累層の砂礫層(Dmg, N値60以上, 最大礫径は $\phi$ 100~150mm)に位置する。Dmgは、橋脚杭の支持層となる良く締まった洪積砂礫地盤であるが、本シールド掘削に伴う応力解放が進行すると崩れる危険性がある。近傍の現場透水試験結果より、透水係数は $1.7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ と大きく、平衡水位はGL-3mと高い状態にある。一方、橋脚杭下部に位置する層厚約12mの洪積粘性土層(D3L-c)は、過圧密状態(OCR=2~3)にあることから、シールド掘進時に発生した過剰間隙水圧の消散に伴う圧密沈下は、発生し難い状態にある。

**4. 施工管理計画** 施工管理計画は、事前予測解析結果<sup>1)</sup>やトライアル計測結果に基づいて立案した(表-1参照)。

**(1) 切羽管理** 切羽圧は、シールド掘進時の切羽安定や橋脚杭への影響を抑制するため、緩み土圧に基づいた主働土圧に水圧等を加算して設定した。事前予測段階では、切羽通過時の沈下量が小さかったことから、実施工の切羽圧は事前予測時と同じとした。なお、加泥材は、主な掘削土層が良

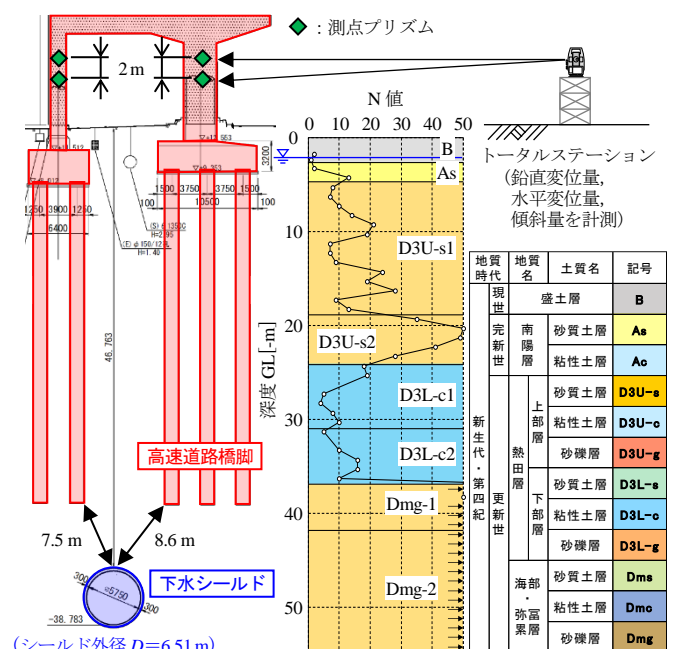


図-2 検討断面図(最近接部)

連絡先 〒540-008 大阪府大阪市中央区大手前 2-1-2 国民會館大阪城ビル 4F TEL: 06-6943-9706



く締まった砂礫層であり、高水圧下での掘進であることから、塑性流動性・止水性の向上を目的としたアクリル系水溶性ポリマーを主成分とする加泥材を選定した。

**(2) 裏込め注入管理** 裏込め注入圧は、橋脚杭への影響を抑制するために、水圧以上の圧力を設定した。事前予測解析では、裏込め注入圧の最大値を(水圧+100 kPa)に設定したが、テール通過時に沈下量が許容値に近づいたため、実施工では(水圧+230 kPa)まで大きくした。裏込め注入率は、テールボイド計算量の130%を基本とした。なお、裏込め注入は、テール通過0.5ring後(セグメント幅1.2m)にセグメントから注入する即時裏込め注入方式を採用した。

### 5. 現場計測工法を用いた計測管理

橋脚杭に最近接する断面において実施した計測管理は、高架橋部に測点プリズムを2点設置し、鉛直変位量、水平変位量(2方向)をトータルステーションにより5分ピッチで自動計測した(図-2参照)。なお、計測管理値は、事前計測結果を踏まえて、計測機器の測定誤差や対象橋脚の気象変化による変動等の自然変動量を考慮して設定した。

橋脚杭の変位に関する経時変化図を図-3に示す。先行沈下や切羽前沈下は0.5 mm程度であったことから、実施工における切羽圧管理は適切であったと考えられる。一方、シールド通過時沈下は、徐々に増加して約1.0 mmに達した。これは、セグメント組立時のシールドジャッキ引抜き操作に伴って、シールドの微小な変動(ピッチング等の変化)や振動、切羽圧の僅かな低下により、シールド近傍の応力バランスが変化して生じたものと考えられる。テール通過以降の挙動(テールボイド沈下や後続沈下)は、自然変動幅内の変化を確認したものの一定の沈下傾向等はなく微小な変位量にとどまり、計測管理値内に収束したまま計測を終了した。

表-1 施工条件と橋脚杭沈下量(事前予測解析と実施工)

		事前予測解析	実施工
施工条件 [kPa]	切羽圧	主働土圧(緩み土圧) +水圧+20(変動圧 <sup>*1</sup> )	
	最大裏込め注入圧	水圧+100	水圧+230
沈下量 [mm]	切羽通過時	1.5	約0.5
	テール通過時	4.9	0.5~1.0
	テール通過半年後	8.6	約1.0 <sup>*2</sup>
許容沈下量[mm]		6.0	
判定		NG	OK

\*1: 掘進中のカッター回転や排土に伴う変動を考慮した切羽圧変動

\*2: 計測終了時(テール通過1か月半後)の値

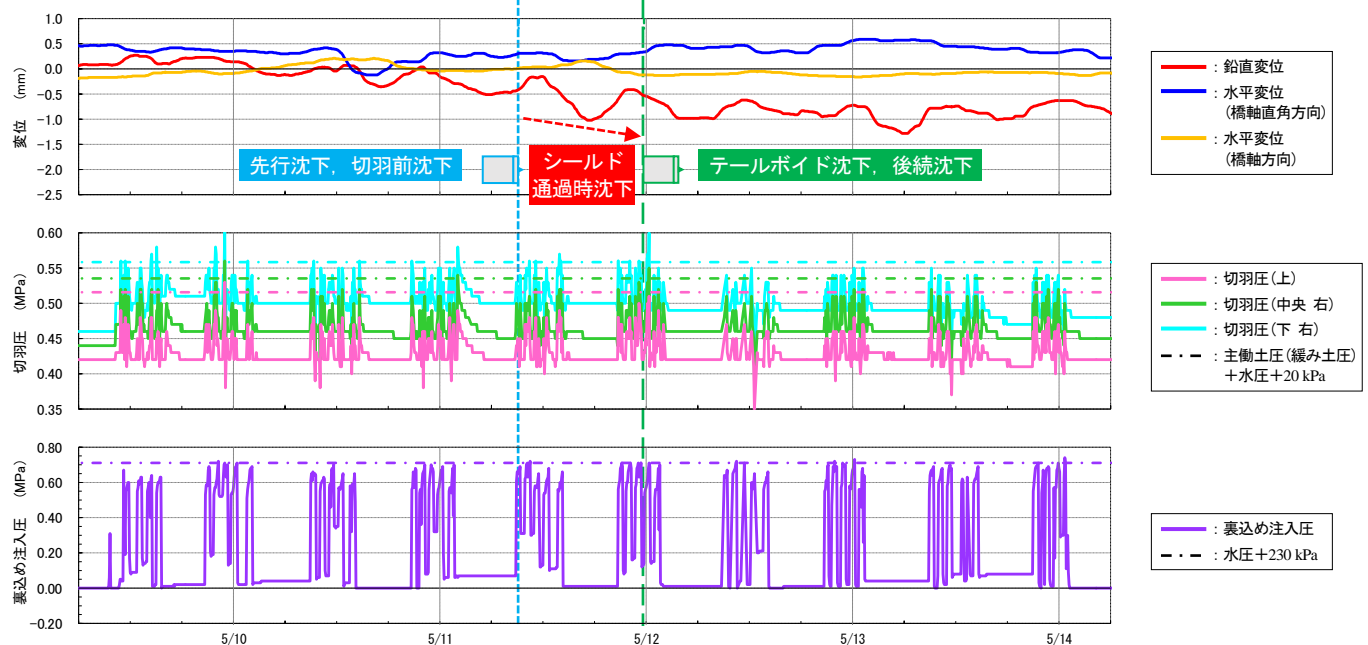


図-3 橋脚杭の変位量とマシンデータに関する経時変化図

**5. おわりに** 橋脚杭の最近接断面において高架橋への影響を計測管理した結果、シールド掘進に伴う高架橋の変位を十分に抑制することができた。これは、事前予測解析結果やトライアル計測結果に基づいて立案した施工管理計画に沿ってシールド掘進条件を適切に設定できた結果である。今後、当該工事のような大深度で全断面砂礫層の掘削条件下であっても、今回同様に慎重な計測管理を実施することによって、安全な近接施工を実施したい。

**参考文献** 1) 山内他: 高架橋基礎杭直下のシールド掘削工事における近接影響評価, 土木学会全国大会第78回年次学術講演会(投稿中), 2023.

## 高架橋基礎杭直下のシールド掘削工事における近接影響評価

地域地盤環境研究所 正会員 ○山内 雅基, 稲垣 祐輔, 中井 照夫  
大成建設 正会員 原 信行, 内田 泰彦

**1. はじめに** 名古屋中央雨水幹線下水道築造工事(その2)および(その3)工事は、大深度(土被り厚約50m)かつ長距離(総延長約5km)のシールド掘削工事であり、このうち延長約3kmにわたって名古屋高速道路に平行しており、高架橋基礎杭(以下、橋脚杭)下端部との最小離隔1D程度(約7.5m, D:シールド外径)である。高水圧下における全断面砂礫層のシールド掘削に伴い、掘削領域から橋脚杭に向かってせん断変形が進展し、高架橋へ影響がおよぶことが懸念された。ここでは、事前に実施した弾塑性有限要素解析(以下、FEM解析)の結果と、高架橋に対する現場計測結果<sup>1)</sup>との比較について示す。

**2. 解析条件** 有限要素メッシュ図を図-1に示す。FEM解析は、平面ひずみ条件下で図に示す変位境界および水理境界のもと、弾塑性構成モデル(Subloading  $t_{ij}$  model)<sup>2)</sup>に基づいた弾塑性解析コード(FEM  $t_{ij}$ -2D)を採用し、土~水連成解析を実施した。解析に用いた地盤材料パラメータを表-1に示す。本解析モデルは、砂も粘土も同じパラメータを用いて地盤の弾塑性挙動を表現できる特徴を有している。砂・砂礫土層のパラメータは、乱れた試料を再構成した供試体を用いた三軸圧縮試験

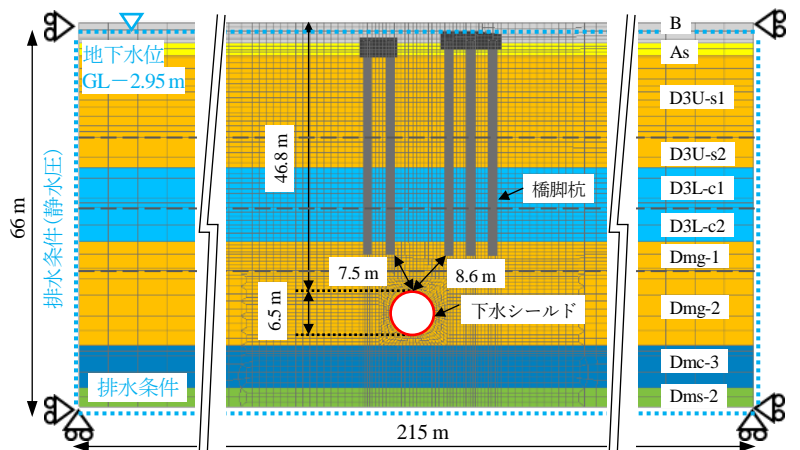


図-1 有限要素メッシュ図

表-1 地盤材料パラメータ

土層	基礎情報					圧密特性		せん断特性		過圧密特性	自然堆積構造特性		
	層厚 [m]	N値	単位体積重量 $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	弾性係数 E [kN/m <sup>2</sup> ]	透水係数 k [m/s]	圧縮指数 $\lambda$	膨潤指数 $\kappa$	大気圧下の間隙比 N	極限状態の主応力比 $Rcs$	降伏曲面形状パラメータ $\beta$	密度と拘束圧のパラメータ $a$	ボンディング効果を表すパラメータ $b$	仮想上の密度増加初期値 $\omega_0$
B	2.95	2	18.3	5,600	$9.96 \times 10^{-7}$	0.0400	0.0040	1.09	3.40	1.1	50.0	0.0	0.0
As	2.05	8	17.2	22,400									
D3U-s1上	4.20	10	17.0	28,000									
D3U-s1下	10.00	16	17.4	44,100									
D3U-s2	5.25	41	17.5	114,800	0.0700	0.0070	1.03		1.2				
D3L-c1	6.85	11	17.3	30,800	$5.00 \times 10^{-9}$	0.1700	0.0050	1.34	4.56	1.9	200.0		0.5
D3L-c2	5.90	11	17.6	30,800	$2.20 \times 10^{-9}$	0.2000	0.0050	1.38	5.09	1.5	100.0	10.0	0.4
Dmg-1	4.95	83	19.9	232,400	$1.67 \times 10^{-4}$	0.0400	0.0040	0.61	4.00	1.6	200.0	0.0	0.0
Dmg-2	13.00	100	19.5	280,000				0.58	4.50	1.2			
Dmc-3	7.30	11	17.0	30,800				$1.10 \times 10^{-8}$	0.1400	0.0050			
Dms-2	3.20	85	17.6	238,000	$1.67 \times 10^{-4}$	0.0400	0.0040	0.58	4.50	1.2	0.0	0.0	0.0

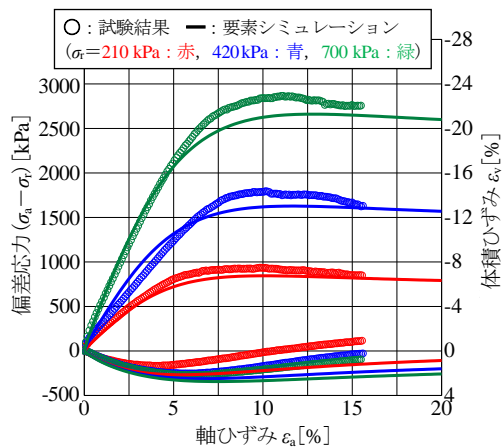


図-2 要素シミュレーション結果例(Dmg-2) (三軸圧縮試験(CD条件)の応力~ひずみ関係)

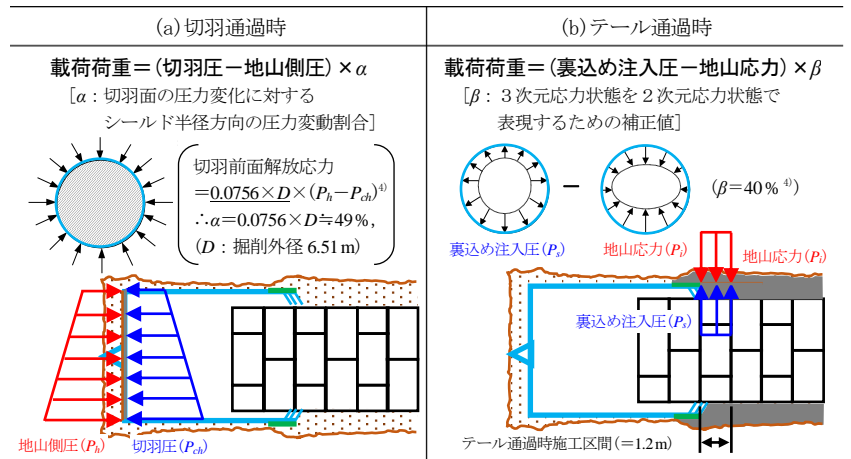


図-3 施工時荷重を考慮した荷重モデル

キーワード シールドトンネル, 大深度, 砂礫地盤, 近接施工, 弾塑性構成モデル

連絡先 〒540-008 大阪府大阪市中央区大手前 2-1-2 国民會館大阪城ビル 4F TEL : 06-6943-9706

結果(CD条件)と孔内水平載荷試験結果から決定した。例として、掘削対象土層であるDmg-2の要素シミュレーション結果を図-2に示す。一方、粘性土層のパラメータは、乱れの少ない試料を用いた定ひずみ速度圧密試験結果と三軸圧縮試験結果(CU条件)から決定した。比較のために実施した弾性解析では、N値を用いて $E=2800 \times N(\text{kN/m}^2)^{0.3}$ より変形係数を設定し、弾塑性解析で得られたシールド内空変位を強制変位として作用させた。初期応力は、両解析とも弾塑性解析結果を使用し、荷重モデルは、施工時荷重(切羽圧と裏込め注入圧)と地山応力の差圧変動に着目したモデル<sup>4)</sup>(図-3参照)を設定している。なお、本解析ではトンネル覆工剛性を考慮していない。

**3. 解析結果** テール通過時における弾塑性解析結果と弾性解析結果の比較を図-4～図-5に示す。偏差応力( $\sigma_1 - \sigma_2$ )分布は、弾塑性解析および弾性解析ともにトンネル側部において大きくなる傾向を示した。これは、裏込め注入圧と地山応力の関係が、トンネル側部ではバランスしたものの、トンネル上部では差圧が大きくなって沈下した結果と考えられる。一方、偏差主ひずみ( $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$ )分布は、弾塑性解析ではトンネルの両肩部から橋脚杭下端部に向かって局所的に進展しているのに対して、弾性解析ではトンネル全周にわたって発達する傾向であった。このような弾塑性解析に見られるようなせん断変形に伴う局所的なひずみの進展傾向は、弾性解析では表現が困難である。

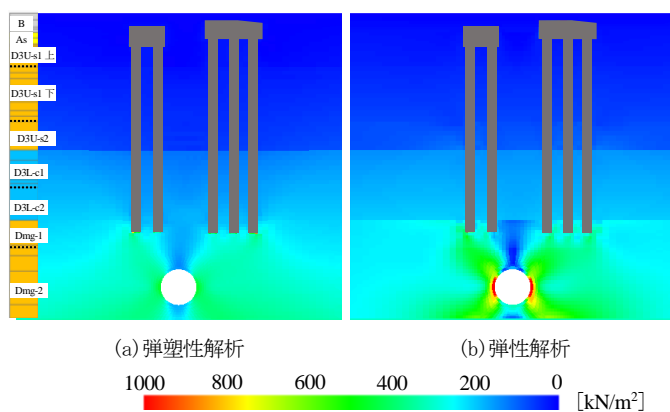


図-4 偏差応力( $\sigma_1 - \sigma_2$ )コンター図

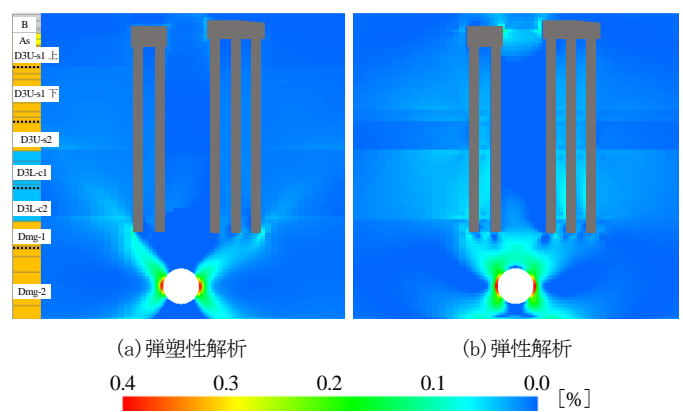


図-5 偏差主ひずみ( $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$ )コンター図

**4. 計測結果との比較** 高架橋の計測結果<sup>1)</sup>を図-6に示す。

実施工では、切羽通過時から沈下が発生し、テール通過時に0.5～1.0 mmの沈下を示したのち、若干の日変動は見られたものの許容値内に収束した。解析値は、計測値と同様、シールド通過に伴ってトンネル直上地盤の沈下が進行する傾向を示しており、切羽通過時には定量的にも適切に評価できた。テール通過時の沈下量については、解析値の方が計測値よりも大きい結果になった。これは、事前予測段階で設定した補正値 $\beta$ が実挙動時に比べて大きかった、つまり、3次元的な裏込め注入圧による影響を2次元状態に変換する際の補正を大きく設定した影響が原因の1つとして考えられる。トンネル掘削問題の定量的な評価については、今後3次元解析が必須と言える。

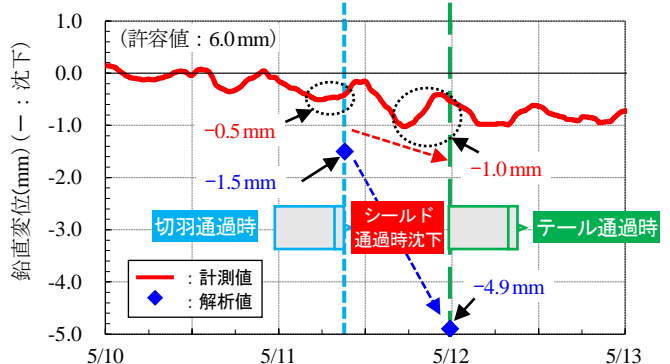


図-6 高架橋の鉛直変位量に関する経時変化図

**5. おわりに** 本施工は、橋脚杭直下において高水圧下で全断面砂礫層を大深度・長距離シールド掘進する難易度の高い施工であったが、トンネル周辺地盤の応力～ひずみ関係を適切に表現できる地盤構成モデルを用いた弾塑性FEM解析を実施することによって、通常良く用いられる弾性解析では表現できない各施工段階におけるせん断変形の進展、つまり、砂・砂礫地盤における弾塑性的な挙動を事前に確認することができた。また、本解析手法は、シールド掘進時における施工時荷重を考慮した荷重モデルを採用しており、実施工におけるシールド掘進管理に直結させて検討できることから、有用性は高いと考える。

**参考文献** 1)原他:大深度・長距離シールド掘削工事における高架橋の計測管理,土木学会全国大会第78回年次学術講演会(投稿中),2023. 2)Nakai, T., H. M. Shahin, Kikumoto, M., Kyokawa, H., F. Zhang, and M. M. Farias: A simple and unified three-dimensional model to describe various characteristics of soils, *Soils and Foundations*, pp.1149-1168, 2011. 3) (公社)日本道路協会:道路橋示方書(IV下部構造編)・同解説, p.188, 2017. 4)崎谷他:大断面,超近接併設シールドトンネル設計手法の提案,土木学会トンネル工学報告集, Vol.24, II-8, 2014.

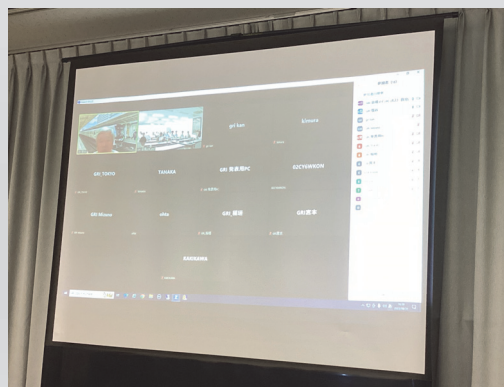
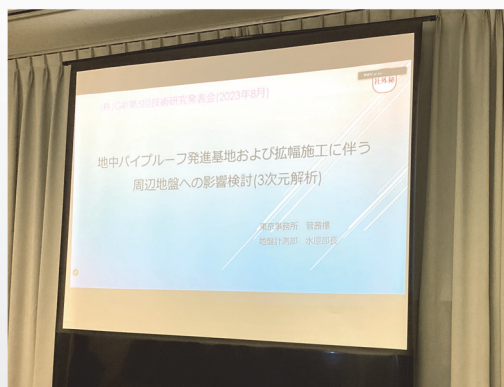


#### 4. 技術研究発表会

令和5年8月31日(木)に令和5年度技術研究発表会(今年度から名称変更)をおこないました(国民會館大阪城ビル12階小会議室およびWebによるハイブリッド開催)。

当社では、日頃の業務で得られた成果を広く所員に共有するとともに、技術職員のプレゼン能力および質疑応答対応能力の向上を目指して毎年社内発表をおこなっており、レビュアーから業務遂行における留意点などのアドバイスを受けることで、社内全体の技術力向上、業務成果の資質向上に努めています。また、得られた知見の一部を対外発表することにより、広く情報発信をおこなっています。

当日の技術研究発表会では、若手からベテランまで多岐分野にわたるテーマで全11編が発表され、昨年度以上にレベルの上がった発表会となりました。



#### ハイブリッド型を採用

当社の技術研究発表会は、対面・オンラインを併用したハイブリッド型を採用しています。これにより、当日会場に参加できない社員も参加が可能となり、社員全員で有意義なディスカッションができました。



## (1) チャレンジコース

- ・ 1 件あたり 20 分程度(12 分発表終了, 20 分質疑応答終了, 最大 30 分)

表 4.1 チャレンジコース発表者一覧表

題 目	発表者	連名者
線路下開放型推進における刃口前面地盤の安全性基準検討	山内 係長 (地盤解析部)	譽田 部長 (地盤解析部)
地中拡幅断面のパイプルーフ発進基地施工に伴う周辺地盤への影響検討	管 主任研究員 (地盤解析部)	水原 部長 (地盤計測部)
埋立浚渫土層シールド施工におけるトライアル計測管理	宮本 研究員 (地盤計測部)	松本 次長 (地盤計測部)
門真守口トライアル計測における計測管理	小村 研究員 (地盤計測部)	松本 次長 (地盤計測部)
一級河川水無瀬川の地下水調査について	久松 研究員 (地盤調査部)	亥野 研究員 (地盤調査部)
3次元地盤モデルの解説と水無瀬川での作成事例	亥野 研究員 (地盤調査部)	久松 研究員 (地盤調査部)

## (2) トライアルコース

- ・ 1 件あたり 10 分程度(7 分発表終了, 10 分質疑応答終了, 最大 15 分)

表 4.2 トライアルコース発表者一覧表

題 目	発表者	連名者
既設洞道からの間隙水圧計設置	木村 課長 (東京事務所)	書川 所長 (東京事務所)
回転立坑における到達隔壁と発進架台の健全性確認計測について	田中 研究員 (東京事務所)	書川 所長 (東京事務所)
3次元浸透流解析を用いた地盤改良体の遮水効果検証	川本 研究員 (地盤解析部)	山内 係長 (地盤解析部)
桜島～西島幹線下水管渠築造におけるメタンガス調査	松岡 研究員 (地盤調査部)	植田 技師長 (地盤調査部)
大阪のユニークな地層ー上町台地周辺地盤についてー	劔村 研究員 (地盤計測部)	松本 次長 (地盤計測部)

## 5. 技術トピック

### 「GRIの技術開発」

## — 何が起きているのか 常に知ろうとする努力 —



取締役会長 橋本 正



計測機器の開発についての  
詳しい内容はこちらから

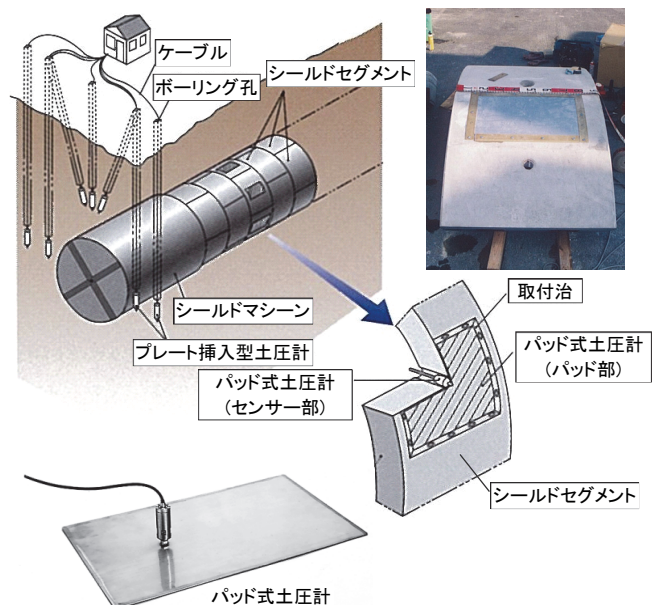
当社 GRI は、計測機器メーカーと共同で「パッド式土圧計」や「ユニバーサル変位計」等の新しい計測機器の開発をおこなってきました。その技術開発に携わってこられた橋本会長に、開発まで道のりや開発への想いや開発秘話についてお話を伺いました。

#### Q1. 技術開発に至った経緯について教えてください。

GRI では、1990 年頃まで主にシールド工事に伴う地盤の挙動計測と変形解析を中心に研究・受託業務を進めてきましたが、当時、シールドの施工時荷重によるトンネル覆工への影響が顕在化しており、シールド施工時のトンネル覆工に作用する荷重と変形の関係性を知る必要がありました。また、土木学会シールドトンネル標準示方書に記述されている作用圧や覆工設計の考え方は、主に開放型シールドトンネルをベースにしたもので、「土圧式や泥水シールドトンネルにおいてもこの設計基準値でよいのか？」という疑問を持ち、現場の実態把握が必要だと感じました。しかし、知ろうとする目的に適った計測技術がなかったため、既存技術の改良や新規技術の開発の必要性を考えるようになりました。アイデアを実現させるため、賛同し協力してもらえる発注者や企業に参加して頂いて、「三方よし（売り手よし、買い手よし、世間よし）」の理念で技術開発をおこなった結果、「パッド式土圧計」や「ユニバーサル変位計」の計測機器が誕生しました。

#### Q2. 「パッド式土圧計」の開発について教えてください。

当時、シールドトンネルの覆工に作用する圧力を計測する従来の土圧計は、精度や信頼性に問題がありました。そこでトンネル覆工作用圧を正確に測定できる薄くて大型受圧面を有する「パッド式土圧計」を(株)共和電業殿等と共同で開発しました<sup>1)</sup>。このパッド式土圧計は、非圧縮性特殊オイルを袋状の薄板ステンレス受圧板内に封入し、裏込め注入圧やテールブラシ圧などの施工時荷重や長期土圧変化を自動計測できるようにしました。開発時には、実セグメントを用いたテールブラシシールドによる引抜きや載荷試験を実施し、安全性、信頼性を確認すると共に、テール通過時の施工時荷重の実験と評価にも役立てる事ができました<sup>2)</sup>。



トンネル覆工作用圧測定器(パッド式土圧計)の開発

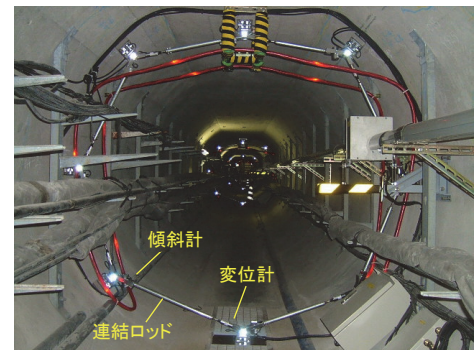
### Q3. 「ユニバーサル変位計」の開発について教えてください。

シールド施工時にトンネルの内空変位を測定する場合、従来では、伸縮計や傾斜計などを用いていました。しかし、シールドの後続設備の関係から小スペースでシンプルな設置方法でかつ高精度な自動計測可能な計測手法が望まれていたため、坂田電機(株)殿の協力を得て「ユニバーサル変位計」を開発しました<sup>3)</sup>。このユニバーサル変位計は、伸縮ロッドに取り付けられた軸方向変位計と傾斜計で構成されており、様々な形状の二次元変形を測定することができます。トンネル壁面から内側へのはみだし量が小さいので、トンネル掘進作業への影響が少ないため、常時自動測定ができるのが特徴となります。

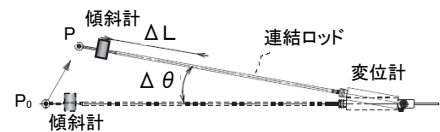
開発段階においては、計測器の仕様、信頼性、設置方法を念頭に研究開発し、精度を上げるための実験を重ね性能検査を実施しました。

実績としては、常磐新線つくばトンネル<sup>4)</sup>で初めて採用した後、東京の日本堤幹線の急曲線下水シールド<sup>5)</sup>や阪神高速大和川線の超近接シールドトンネルの変形測定<sup>6)</sup>など多くのトンネル現場で使用されました。

ユニバーサル変位計は、その名のとおり自在局面に沿って計器を設置でき、しかもZ方向にも傾斜計を取り付けることによって3次元変形計測が可能となります。また、トンネルの計測だけでなく斜面や曲線状構造物などの2次元～3次元計測への展開も考えています。

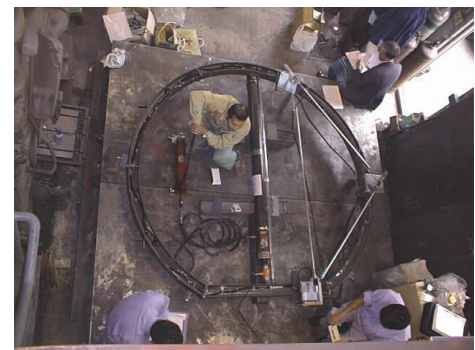


トンネル断面への取付け状況写真



P<sub>0</sub>がPに移動した場合の変位量は、連結ロッドの伸縮量 $\Delta L$ と回転角度 $\Delta \theta$ を測定し、計算することによって導き出されます。

測定原理



当時の実験状況写真

### Q4. 開発技術者としての想いや次世代へのメッセージをお願いします。

現場で何が起きているのかを常に知ろうとする努力が重要だと思います。特に、地盤の中の動きは目で見る事が出来ないため、地盤調査や現場計測から得た情報をしっかりと理解することが大事であります。調査計測から得られた情報は、施工情報とともに予測解析技術を通じてより正確な現場の実態把握につながり、地盤・構造物の安全性や近接構造物の変形管理や設計の妥当性の評価が可能となります。このようなトータルコンサルティングができるところが、GRIの強みだと思っています。

次世代に伝えたいことは、現場について貪欲に学んでほしいという事です。そうすることで自然と好奇心と関心を持つようになり、地盤工学の知識が蓄積されると共に、色々な発想や興味生まれてきます。壁にぶつかり辛い事もあると思いますが、楽しめるように努力し、失敗を恐れず積極的にチャレンジして頂きたいです。

#### 引用文献

- 1) 橋本, 他: パッド式シールドセグメント用土圧計の開発, 第28回土質工学研究発表会, pp.2055-2058, 1993.
- 2) 有泉, 他: シールド洞道に働く施工時荷重に関する分析, トンネル工学研究論文・報告集, 第9巻, pp.181-186, 1999.
- 3) 橋本, 他: 連結ユニバーサル変位計の開発, 第2回最近の地盤計測技術に関するシンポジウム発表論文集, pp.11-14, 2000.
- 4) 小野, 他: 連結ユニバーサル変位計を用いたトンネル断面の変形挙動計測, 第39回地盤工学研究発表会, pp.1681-1682, 2004.
- 5) 譽田, 他: 急曲面シールド掘進に伴うトンネル覆工挙動の現場計測, トンネル工学報告集, 第15巻, pp.347-354, 2005.
- 6) 伊佐, 他: 大断面シールドトンネル覆工挙動に与える超近接併設影響の検討, トンネル工学報告集, 第28巻, II-7, 2018.



## 6. GRI Sustainable Action(GSA)の紹介

私たち、(株)地域 地盤 環境 研究所(GRI)の企業理念は、「最新の技術とアイデアを駆使して社会基盤の建設と保全に貢献」することにあり、その一環として社会とともに持続的に成長・発展する未来へ向けてサステナビリティ活動(GSA)を推進しています。

GRIは、持続可能な開発目標(SDGs)を支援するため、身近な取り組みはもちろん、事業を通じて様々な社会課題を解決することを目指し、以下の内容に取り組んでいます。

### (1)「関西エコオフィス宣言」事業所に登録

関西広域連合が実施している「関西エコオフィス運動」に賛同し、節電の励行、ごみの再資源化、タブレット使用によるペーパーレス化など身近なところからの省エネルギーや地球温暖化防止対策活動に取り組んでいます。



関西広域連合 HP

### (2)エコキャップ運動への参加

ペットボトルキャップの分別回収をおこない、キャップを回収事業団体へ提供しています。集められたキャップはリサイクル素材に変えられ、その売却益が開発途上国などの世界の子どものためのワクチン購入代金となります。この活動は、リサイクルの促進、CO<sub>2</sub>の削減、開発途上国の医療支援、障がい者・高齢者雇用促進に貢献しています。

2022年度キャップ回収実績

重量	13.0 kg
個数	約 5,590 個
寄付額	130 円※1)
ポリオ(小児まひ)ワクチン	6.5 人分相当※3)
BCG(結核)ワクチン	18.6 人分相当※3)
CO <sub>2</sub> 削減量	41.0 kg※2)

※1) 1kg=10円 ※2) 3,150g/kgで換算

※3) 寄付額分に換算



NPO 法人 エコ・ワクチン協会 HP



### (3)健康促進活動「おおさか健活マイレージ アスマイル」に企業登録

社員の健康促進を図るため、大阪府が提供する「おおさか健活マイレージ アスマイル」サービスを導入しています。スマートフォンアプリを活用し、毎日の健康づくり活動を記録し、社員の継続的な健康づくり促進を図っています。



アスマイル HP



# GRI

Geo-Research Institute

株式会社 地域 地盤 環境 研究所

●お問い合わせ先

総務部 06-6943-9705(代表)

<https://geor.co.jp/>



本社

〒540-0008 大阪市中央区大手前2丁目1番2号 国民會館大阪城ビル4F

TEL:06-6943-9705 FAX:06-6943-9709

東京事務所

〒113-0034 東京都文京区湯島1丁目8番4号 山川ビル2F

TEL:03-3812-4792 FAX:03-3812-4793

名古屋事務所

〒464-0856 名古屋市千種区吹上1丁目1-8 SPHIA IZUMO 706

TEL:052-734-4426 FAX:052-734-4426