



## 目 次

今、センターのすべきこと 中山 義久	1
12月 定例理事会	2
関西地質調査業協会新春互礼会参加報告	3
技術者紹介コーナー（第95回） 櫻井 俊也	4
【シリーズ：表彰論文②】南 幸孝 中小企業人材確保推進事業コーナー	
大型中空ねじりせん断試験機による砂の平面ひずみ状態の再現	5
【シリーズ：不確かさの実践④】	8
職場体験学習報告 中小企業人材確保推進事業コーナー	10
【自慢好学会の井戸端自慢】	11
こんな時代だから、ちょっと心に残る良い話	12
編集後記	13

### 表紙説明

今月は平成21年10月に完全閉鎖した守口試験室跡地の現状をお届けいたします。

写真上は阪神高速道路守口線と近畿自動車道の渡り線用の橋脚工事の様子です。写真の向かって右側の橋脚のある場所に守口試験室がありました。

写真下は国道1号線から庭窪郵便局前におりる分岐道路の下に今尚残っている住宅地図です。

関西土質研究センターと阿部治朗理事長の文字がこの地に確かにセンターがあったことを示しております。

（文責 中山義久、撮影日；平成23年12月13日）



## 今、センターのすべきこと

センター長 中山義久

2011年は島根県豪雪、紀伊半島豪雨、タイの大洪水など異常気象による災害。東日本大震災、ニュージーランド大地震、トルコ大地震などの大地震の発生。さらに霧島連山新燃岳、ブルサン火山などの火山噴火と地球規模での災害が頻発しております。その中でも、東日本大震災では津波により多くの尊い命が奪われ、浦安近辺での広範囲な液状化現象、福島放射能問題など復旧・復興の目処が立たない状況です。センターとしても何かの支援が出来ればと考えています。

東日本大震災被害の復旧・復興は国を挙げての事業として、第3次補正予算が執行されておりますが、素早く見える対応が国民目線として欲しいところです。現在と過去を単純に比べることはできませんが、17年前に発生した阪神大震災では、復興事業は目を見張るような速さで進み、今や当時の面影を見ることはできません。学会等が主体となってその歴史的事実を風化させないための取り組みも有るようです。

建設関連産業をとりまく経済状況は時代とともに大きく変化しており、特に地質調査業の受注は公共事業に大きく依存しているにも関わらず、低入札業務が多発し、品質保証も懸念されているようです。その中で生きる当センターとしては、特に変わったことはすべきでなく、今出来ることを実行することしか出来ませんが、時代に合致したセンターの姿が必要と考えております。これまで通り、土質試験結果の高品質化、組合員との信頼確保、適正価格の維持を軸に皆様に安心できる高品質の成果品と満足いただけるサービスを提供することが使命であり、それが社会貢献にも繋がると考えております。

今後もセンターが順調に継続できるよう、組織（しくみ）・人（ひと）・設備（もの）を時代に合ったように整備あるいは更新する必要があると考えております。現在、その実現のために以下のような取り組みを行っております。

現行の規定類を時代に合ったものにするため、職務体制の見直しと職名変更および給与体系の見直しを行い、就業規則・給与規定の改訂を行いました。さらに、キャリアプランの策定作業に取りかかっており、若い人たちが人生設計を描けるよう準備しております。

職員の和がセンターの力となりますので、一丸となれる意識づくりにも力を入れております。個々がそれぞれの力を十分に発揮できるよう、技術・能力を備えてもらう必要があります。そのために個々が強み・弱みを知り、目標と到達レベルを計画できる個人目標の設定と評価方法を導入いたしました。

2011年夏ころより管理職研修を月2回のペースで行い、今まで曖昧になっていた心得、権限、責任について学習しました。この研修のまとめとして、中期計画を管理職が中心となって、全職員が参加して策定を行っております。今のセンターの強み・弱みを経営全般、組織・人材、受注・営業、生産、財務・経理、その他の6項目に分けて、それぞれについて分析し、中期計画としての戦略オプション設定まで進んでおります。その中で根幹となる設備投資として、動的三軸試験、圧密試験、三軸圧縮試験などの試験機器の計画的な更新を検討しています。この研修成果が今後のセンターの道しるべの原点となり、「ここに協同組合関西地盤環境研究センターあり」を実現したいと考えています。

一層のご支援・ご協力をよろしくお願い致します。

# 関西地質調査業協会新春互礼会参加報告

センター長 中山義久

1月17日メルパルク大阪にて開催されました。当日は140名を越す参加者があり、センターからは管理職以上の6名が参加いたしました。組合員以外との情報交換の場は限られており、このような協会新春互礼会の場を利用して、組合員はもちろん出来るだけたくさんの員外の経営者や営業関係者の方々と交流を持つことも、今回の参加目的の一つと位置づけております。

開会の挨拶で関西協会 荒木繁幸理事長が、紀伊半島豪雨災害調査では、協会員の一丸となった協力体制で迅速に対応できたことを報告されました。国土交通省近畿整備局 大塚俊介企画部長は祝辞の中で災害調査に占める地質調査の重要度が非常に高いことを強調されておりました。乾杯は当センター高村勝年理事長が、協会と組合の連携・協調による“元気な業界の実現”を目指して声高らかに行いました。

今年の互礼会は近畿地方整備局企画部より大塚部長、山本技術調整管理官、山岡防災課長、井川技術管理課長補佐のご出席があり、最後まで臨席して頂いたことは、関西協会の近畿地方整備局に対する貢献度が向上していることを伺い知ることができました。

歓談の中で、仙台市の歓楽街がプチバブルのような賑わいがあるとの話を聞き、本格的な復興のはじまりを感じました。また、1月～2月の年度末発注で少しは忙しくなるような気配や、関西地区の地質調査業を取り巻く状況も、好転するのではないかと感じ取ることができました。

時を忘れるほど盛り上がりつつ、お開きとなりましたが、今年の互礼会は例年以上に盛り上りお酒を飲むだけの場だけではなく、日頃お目にかからない方々とも歓談できる良い機会となりました。



高村理事長 乾杯の発声



近畿地方整備局企画部の方々

## ●関西地質調査業協会(17日)

荒木繁幸理事長＝写真＝は、国土交通省との防災協定に基づき、昨年9月に起きた台風12号災害の被災地の復旧支援を行ったことについて、「協会の迅速な行動のおかげで早い段階で現場に対応できた」と振り返るとともに、今後発生が予想される東南海・南海地震にも触れ、「予想をはるかに上回る地震力が発生するこ



とも想定される。地質調査の協会員が一丸となってその対策を担うという責任感を持って活動していきたい」とあいさつした。

来賓には国土交通省近畿地方整備局企画部の大塚俊介部長や山本剛技術調整管理官、協同組合関西地盤環境研究センターの高村勝年理事長らが招かれ、大塚部長は「災害対策や復旧、復興への対応は地質調査が基本となる。今後も会員の皆さんの協力が不可欠」と期待を込めた。

建通新聞記事



所 属：株式会社ダイヤコンサルタント

氏 名：櫻井 俊也

出身地：京都府 八幡市

生年月日：1975年1月23日

私はダイヤコンサルタントに入社して4年目を迎えました。会社では営業部署で勤務しております。営業活動では移動が大変な部分ですが、乗り物に乗る事が好きな私は、多方面に出かける機会や範囲が広がり、楽しい思いをさせてもらっています。乗り物にも様々な種類があります。中でも私が好きな物は自動車です。私自身、自動車は人類が発明したモノの中で5本の指に数えられるのではないかと考えています。自動車は、多くの人が操縦でき、道が続く限り移動でき、多くの人や物の輸送も可能です。飛行機や鉄道も大変な発明で自動車以上に広範囲の移動大量輸送が可能ですが、誰しも手に入れることはできません。何よりも自動車の素晴らしいところは、多くの人が所有することができる乗り物であるというところだと思います。

私は36歳になります。クルマを乗り始めたのは18歳の秋です。その頃から数えて、私は10台のクルマを乗り継ぎました。父親が中古自動車関係の仕事をしていたのもあり、色んなクルマに出会うことができました。所有したクルマのほとんどが気に入っていますが、それらの中でも特に私が記憶に残るクルマを紹介させていただきます。

それはユーノス・ロードスターというクルマです。このクルマに出会い私のクルマ好きは確かなものになりました。このクルマはオープンカーである事が最大の特徴です。そして、そこが『カッコイイ』。天気の良い日に屋根を上げて走ると何とも言えない開放感と心地よい空気を感じることができて気持ちイイの一言。自然と笑顔にさせてくれます。海岸沿いや山道はもちろん街中でも気持ちいいです。例えば夜の都会はとてもお勧めです。他人の視線が気になるところですがそこは開き直りです。道路の街灯の光を浴びながらのドライブは映画のワンシーンを思い起こします。たまに同乗者には、風が巻き込んで物が飛んで行ったり、日中は日差しが強くて熱かったり、雨漏りがしたり、当たり前ですが夏は暑く、冬は寒いと文句を言われたものです。厚着をしておいてオープンで走るのが、お洒落な乗り方だと自分には言い聞かせていました。

高速道路を飛ばすような事は得意ではないですが、人馬一体という謳い文句通りにとても運転することが楽しいクルマでした。ハンドルを切ってコーナーを曲がるたびに自分のイメージ通りのコースにヒラリヒラリと舞うように走ります。マニュアルトランスミッションは手首を反すだけで『コクッ、コクッ』と音を立て、シフトチェンジが軽快にでき、ちょっとしたレーサー気分を味わえます。ロードスターはクルマ本来の魅力や面白さを感じさせるクルマでした。是非とも一度は乗って頂きたいとお勧めするクルマの1つです。

私は4人家族です。さすがにロードスターの様な二人乗りで狭いトランクなど実用的ではないクルマには乗ることを許してくれません。でもクルマ好きの私には運転しても楽しくなさそうな大きなクルマは勘弁したいところです。これからの人生、もう一度、ロードスターに乗れたら幸せなんじゃないかなと夢見しています。



【ユーノス・ロードスター】

次回、ご紹介させていただきます方は、中央開発株式会社の加藤智久さんです。中央開発の営業の三島さんにご相談に乗っていただきまして、快諾を頂きました。よろしくお願ひ致します。

## 大型中空ねじりせん断試験機による砂の平面ひずみ状態の再現

大型中空ねじりせん断試験機 平面ひずみ レーザー変位計 サンコーコンサルタント (株) ○南幸孝  
 山口大学工学部 中田幸男  
 山口大学工学部 兵動正幸

**1.はじめに** 中空ねじりせん断試験機は供試体形状に起因して、半径方向のせん断応力・せん断ひずみの非一様性、また供試体内外の圧力差に起因して要素性を満足した上で再現できる応力域には制限があるなどの問題がある。本研究グループでは、供試体寸法を大きくし、供試体を相対的に薄肉にすることで、これらの問題を改善し、従来の中型供試体(高さ 20cm, 内径 6cm, 外径 10cm)よりも要素性を向上させている<sup>1), 2)</sup>。また、供試体の大型化に伴い供試体内空部にレーザー変位計が設置可能となり、供試体側方変位計測システムを開発することで、供試体の詳細な挙動を把握することが可能となった<sup>3), 4)</sup>。また今回、この供試体側方変位計測システムを適応した大型中空ねじりせん断試験機を用いて、平面ひずみ状態の再現を試みた。これまで、中空ねじりせん断試験機による平面ひずみ試験は内径の測定精度に起因して主応力方向が回転する単純せん断に限られており<sup>5), 6)</sup>、供試体側方変位計測システムはそれに限らない平面ひずみ試験を可能にする。ここでは大型中空ねじりせん断試験機による主応力方向が固定された二つの制御方法により平面ひずみ試験を行い、その平面ひずみ条件の達成度について検討した結果を示す。

### 2.大型中空ねじりせん断試験機

図 1 に、本研究に用いた供試体寸法高さ 30cm, 内径 25cm, 外径 30cm の大型中空ねじりせん断試験機を示す。また、供試体内空部とセル外部に 2 基ずつ計 4 基のレーザー変位計によって、供試体下端から 10cm, 20cm の供試体側方変位を計測している。圧密、せん断中 20 秒毎に 45° 回転させ、ひとつのレーザー変位計により供試体円周を 8ヶ所計測し、供試体の半径の算出には、これら 8 箇所の結果を平均している。

### 3.応力・ひずみの算定、平面ひずみ制御に用いた計算式

表 1 に、応力・ひずみの算定、平面ひずみ制御に用いた計算式を示す。Load は軸力、Torque はトルク力、Pin, Pout は内外側圧、z, H は軸方向変位、初期高さ、 $u_o, u_i$  は供試体内外半径の変位、 $\theta'$  (rad) は供試体の回転角度である。

### 4.平面ひずみ試験制御システム

このシステムは、図 2 に示すように供試体半径方向のひずみ  $\epsilon_r = 0$  にすることによって、平面ひずみ状態再現を目標に構築されている。本システムは PC, A/D, D/A 変換器また E/P 弁、動ひずみ計から成るハードウェアと、それぞれの制御プログラムで構成されている。図 3 に、せん断中におけるその制御プログラムフローを示す。せん断中は主応力方向角  $\alpha_\sigma$  を一定に保ち、次の二つの制御方法①円周方向応力  $\sigma_\theta$  を一定に保つ制御方法、②最小主応力  $\sigma_3$  を一定に保つ制御方法との 2 種類の方法で行っている。圧密、せん断ともに基本的には同じ制御を行っており、1) 応力経路の規定、2) ひずみ制御 (圧密時は軸ひずみ  $\epsilon_z$ 、せん断時はねじりせん断ひずみ  $\epsilon_{z\theta}$ )、3) 応力・ひずみの計算、4) 応力条件の制御 (圧密時は  $\sigma_z = K\sigma_\theta$ 、せん断時は  $\sigma_\theta$  一定、または  $\sigma_3$  一定)、5) 軸力、内外圧、トルク力の制御、6) 計測データの保存、のプロセスにより構成される。また平面ひずみ状態を再現するために半径方向ひずみ  $\epsilon_r$  が発生すると、 $\sigma_r$  を経験に基づいて低めに設定したヤング率 E を用いることによって増減させ、 $\epsilon_r = 0$  を満足するよう内・外圧(Pin, Pout)を制御する。このとき、 $d\sigma_r$  の最大は  $\pm 0.5\text{kPa}$  であり、LDS による側方変形の計測と同じ 20 秒に一回の時間間隔で制御している。

### 5.試料および試験方法

実験に用いた試料は、豊浦標準砂 (粒径  $74\mu\text{m} \sim 425\mu\text{m}$ ) を用い、相対密度を密詰 80%、揺詰 55% を目標に空中落下法にて作製した。圧密は  $K=1.0$  としたひずみ制御方式の平面ひずみ圧密を行い  $\sigma_3$  一定試験では  $\sigma_\theta = 30\text{kPa}$  から  $50\text{kPa}$

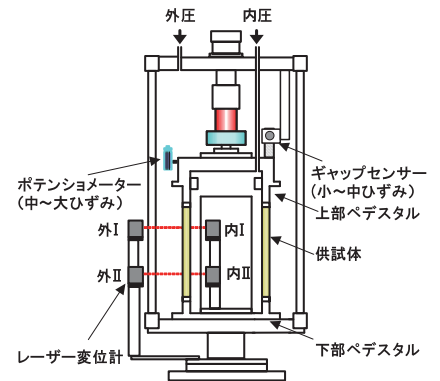


図 1 大型中空ねじりせん断試験機

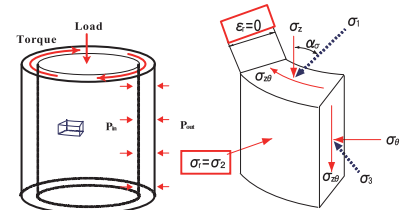


図 2 平面ひずみ条件と供試体に  
 載荷する外力

表 1 応力・ひずみの計算式

$\sigma_z = \frac{Load}{\pi(r_o^2 - r_i^2)} + \frac{P_o r_o^2 - P_i r_i^2}{r_o^2 - r_i^2}$	$\epsilon_z = \frac{z}{H}$
$\sigma_r = \frac{P_o r_o + P_i r_i}{r_o + r_i}$	$\epsilon_r = -\frac{u_o - u_i}{r_o - r_i}$
$\sigma_\theta = \frac{P_o r_o - P_i r_i}{r_o - r_i}$	$\epsilon_\theta = -\frac{u_o + u_i}{r_o + r_i}$
$\sigma_{z\theta} = \frac{3T}{2\pi(r_o^3 - r_i^3)}$	$\epsilon_{z\theta} = \frac{\theta'(r_o^3 - r_i^3)}{3H(r_o^2 - r_i^2)}$

Reappearance of the state of plane strain on sand in a Large-size torsional shear apparatus : Y.Minami(Suncoch consultants Co.,Ltd) Y.Nakata ,M.Hyodo,H.Murata, T.Nagao(Yamaguchi Unive)

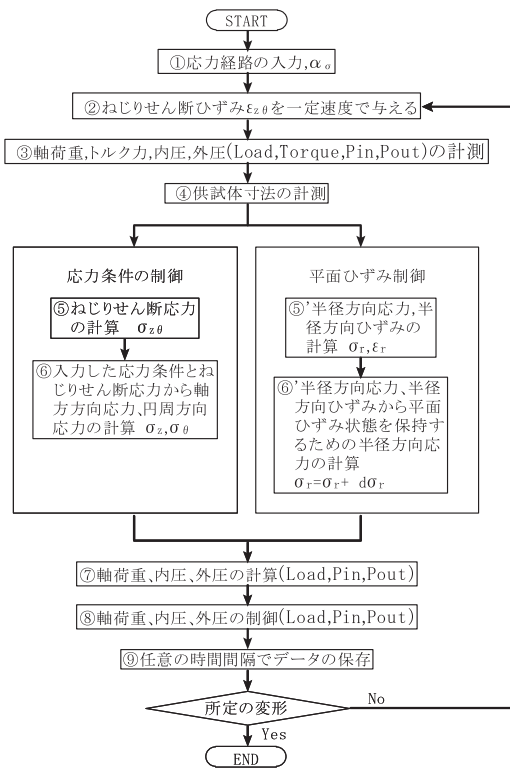


図3 平面ひずみ制御・計測プログラムのフロー

と、 $\sigma_\theta$ 一定試験では 30kPa から 100kPa までの 2 種類の圧密を行った。せん断はひずみ制御方式により、主応力方向角  $\alpha_\sigma = 45^\circ$  一定に上述した  $\sigma_\theta$  一定制御試験、 $\sigma_3$  一定試験を行った。試験は全て排水条件である。

### 6. 試験結果

図4に、半径方向ひずみ  $\epsilon_r$  とねじりせん断ひずみ  $\epsilon_{2\theta}$  の関係を示す。 $\sigma_\theta$ 一定試験では、せん断ひずみ 4% 付近までは、 $\epsilon_r$  は 2% 程度以内に制御できているが、それ以降は、 $\epsilon_r$  は増加傾向（収縮）となった。 $\sigma_3$ 一定試験では、せん断初期  $\epsilon_{2\theta} = 2\%$  付近まで、 $\epsilon_r$  は、2% 程度で、それ以降は、 $\epsilon_{2\theta} = 8\%$  付近まで、比較的平面ひずみ状態に制御できている。

図5にはせん断中の中間主応力係数  $b = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$  の変化について示している。 $\sigma_\theta$ 一定試験においてせん断初期の  $b$  値は大きな値をとっている。これは、圧密終了時に平面ひずみ状態を保持するために  $\sigma_2$  が大きな値をとっているためである。また、同試験の  $\epsilon_r$  はせん断中、単調に収縮傾向を示した（図4）。図5における  $\sigma_\theta$ 一定試験の  $b$  値は  $\epsilon_r$  の収縮傾向を抑えようと制御されるため、せん断初期に急激な減少を示し、その後、ゆるやかな減少傾向となった。塑性変形をした砂は除荷しても、弾性変形のように元の形に戻るわけではないため、収縮変形をゆるすと比較的制御しにくい状態となる。Dr=84%の  $\sigma_3$ 一定試験では  $\epsilon_r$  はせん断初期に膨張傾向を示し（図5）、その膨張傾向を抑えるため、 $b$  値はせん断初期に急激な増加傾向となった。 $\epsilon_r$  は、 $\epsilon_{2\theta} = 2\%$  付近から収縮傾向を示し、それに伴い  $b$  値も減少し、3% 付近以降はほぼ一定値をとった。緩詰めめの Dr=54%の  $\sigma_3$ 一定制御試験においてもせん断初期に  $\epsilon_r$  は膨張傾向を示すが、Dr=83%の密な供試体の結果と比べると緩やかな傾向を示した。また、 $b$  値の傾向は密な供試体の試験結果のように急激な増加から急激な減少という、極端な傾向は見られず、緩やかな傾向となった。図6に、密詰めと緩詰めめの供試体について、 $\sigma_3$ 一定試験を行ったレーザー変位計の各測定点の  $\epsilon_r$  と  $\epsilon_{2\theta}$  の関係を示す。両試験ともに、 $\epsilon_{2\theta} = 6\%$  付近で測定点により、 $\epsilon_r$  の測定箇所による違いが生じはじめ変形の局所化が起ころいは始めている。その後、せん断が進行するとともにひずみの差が大きくなっている。その傾向は密度が高い供試体ほど顕著である。図5および図6より、せん断初期の膨張傾向以降は比較よい精度で平面ひずみ状態が再現されて

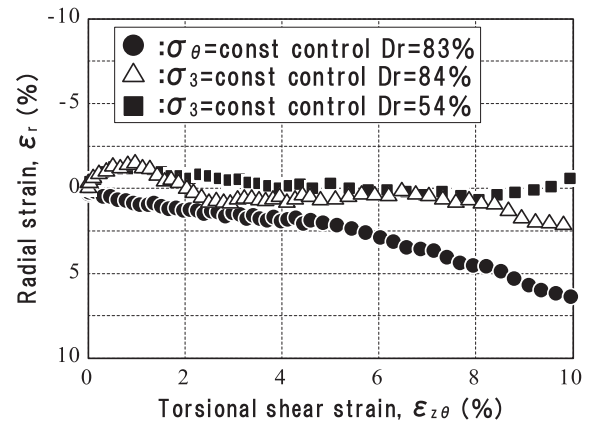


図4 半径方向ひずみ-ねじりせん断ひずみ関係

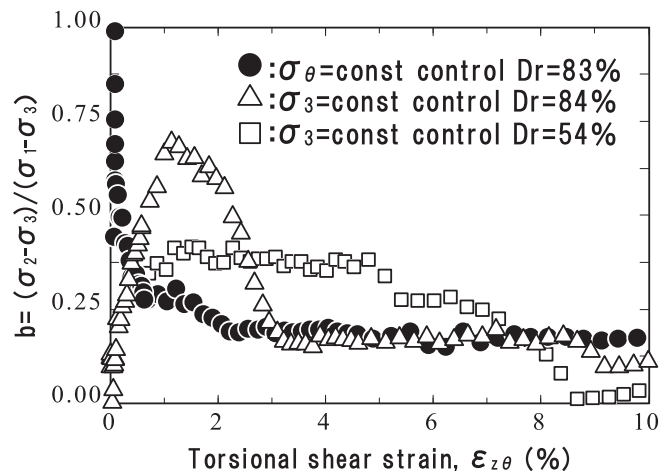


図5 b値-ねじりせん断ひずみ関係

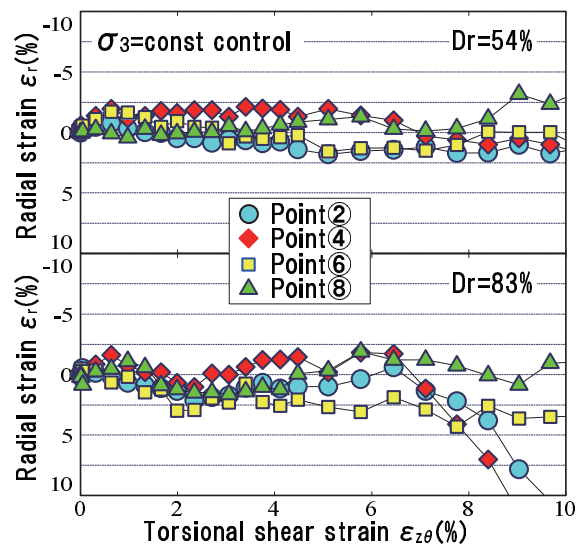


図6 各測定点における半径方向ひずみ

いる。また、いずれの試験結果を見ても、 $\varepsilon_{z0}$ が比較的大きくなると、平面ひずみ状態から遠ざかる傾向となっている。これはせん断が進行するにつれ、局所的な変形が発達するため制御が難しくなるためである。

図7、図8に、大型中空ねじりせん断(平面ひずみ制御)試験、中空ねじり単純せん断試験(Pradhan et al), 平面ひずみ圧縮試験(Tatsuoka et al)の試験結果を示している。

図7は、緩詰めと密詰め供試体における応力-ひずみ曲線である。緩詰め供試体(a)については、各試験において、試験条件や制御方法が異なるものの、応力-ひずみ曲線に顕著な違いが認められなかった。また、緩詰め供試体(a)では応力-ひずみ関係に、明確なピークはみられない。これは、密な供試体に比べて、せん断層における局所変形が小さいためである。密詰め供試体(b)については、大型中空ねじりせん断試験(平面ひずみ制御)の応力-ひずみ曲線は、他の試験と比較して明確なピークは見られなかった。密詰め供試体(b)の $\sigma_0$ 一定試験、 $\sigma_3$ 一定試験ともにピークの応力比は平面ひずみ圧縮試験

( $\alpha_\sigma=45^\circ$ )よりも小さく、平面ひずみ圧縮試験( $\alpha_\sigma=54^\circ$ )よりも大きい結果となった。また、一般的に、平面ひずみ圧縮試験では、小さいひずみ段階でピークに達するとされているが、 $\sigma_0$ 一定試験、 $\sigma_3$ 一定試験結果はともに他の試験結果に比べて大きいひずみでピークに達している。

図8に、各試験における内部摩擦角 $\phi$ と間隙比 $e$ の関係を示す。これによると $\sigma_0$ 一定試験、 $\sigma_3$ 一定試験の大型中空ねじりせん断試験(平面ひずみ制御)による $\phi$ は、中空ねじり単純せん断の $\phi$ とほぼ等しいことがわかる。また、大型中空ねじりせん断試験の平面ひずみ制御を行っていない $b=0.25$ 、 $\alpha_\sigma=45^\circ$ 、平均主応力 $p=100\text{kPa}$ 一定試験の結果も併せてプロットしている。この条件での $\phi$ は、中空ねじり単純せん断の $\phi$ とほぼ等しい結果となった。平面ひずみ圧縮試験

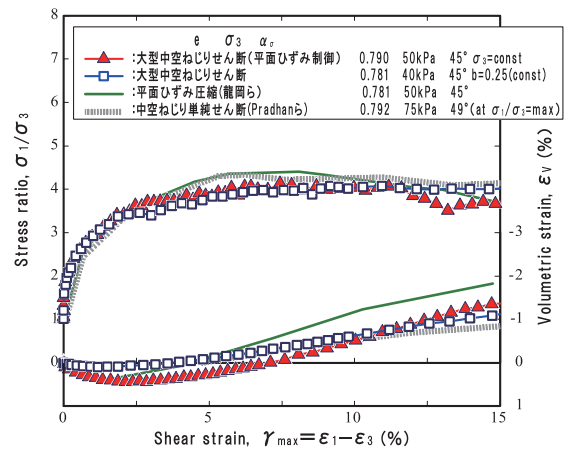
( $\alpha_\sigma=45^\circ$ )の $\phi$ は $\sigma_0$ 一定試験、 $\sigma_3$ 一定試験の $\phi$ よりも $2^\circ$ ほど大きい値を示している。

### 7.まとめ

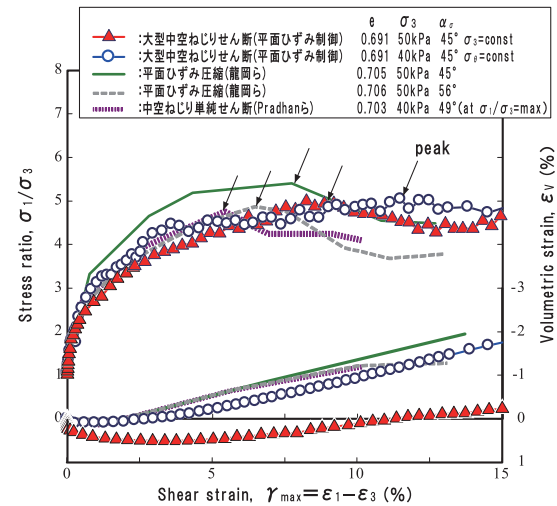
今回行った供試体側方変位計測システムを適応した大型中空ねじりせん断試験機により主応力方向を固定した平面ひずみ状態の再現を行った結果、若干問題は残るが平面ひずみ状態が再現できる可能性が認められた。

参考文献 1) 林勝彦, 中田幸男, 兵動正幸, 村田秀一, 野田勇一: 大型中空ねじりせん断試験システムの開発および有用性の検討, 第35回地盤工学研究発表会(2000), 2) 南幸孝, 中田幸男, 兵動正幸, 村田秀一, 長尾孝幸: 大型中空ねじりせん断試験機による砂の排水せん断特性に与える初期構造異方性の影響, 土木学会第57回年次学術講演会(2002), 3) 林勝彦, 中田幸男, 兵動正幸, 村田秀一, 野田勇一, 南幸孝: 大型中空ねじりせん断試験におけるレーザー変位計を用いた半径方向変位計測について, 第36回地盤工学研究発表会(2001), 4) 野田勇一, 中田幸男, 兵動正幸, 村田秀一, 南幸孝, 長尾孝幸: レーザー変位計を用いた中空円筒供試体における側方変位計測, 第37回地盤工学研究発表会(2002), 5) Tej B.S.Pradhan, Fumio

Tatsuoka: Simple shear testing on sand in a torsional shear apparatus, Soils and Foundations, Vol.28, No.2, pp.95-112, (1988), 6) Tej B.S.Pradhan, Fumio Tatsuoka: Strength and deformation characteristics of sand in torsional simple shear, Soils and Foundations, Vol.28, No.3, pp.131-148, (1988)



(a) 緩詰め



(b) 密詰め

図7 主応力比-せん断ひずみ-体積ひずみ関係における他の研究機関との比較

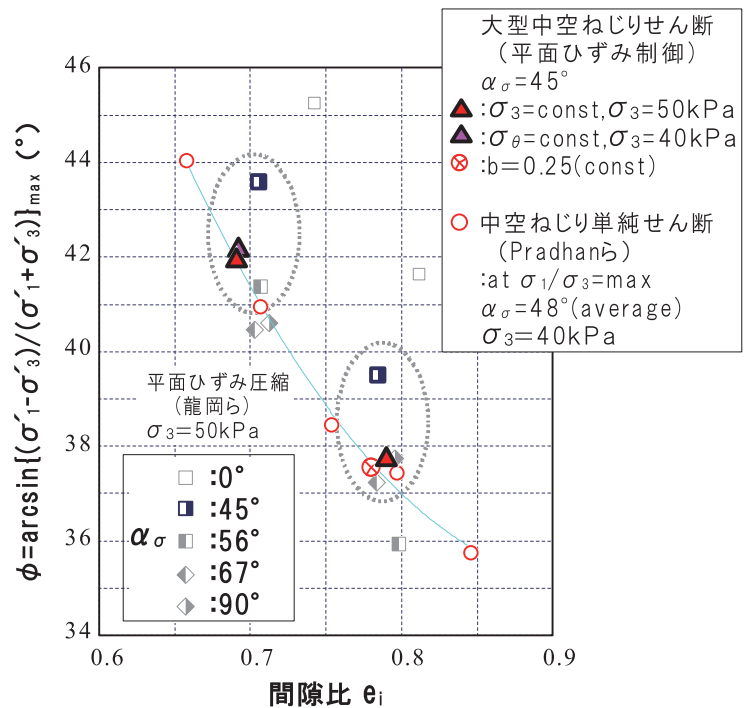


図8 内部摩擦角 $\phi$ と間隙比の関係



## 第2話 土の湿潤密度試験結果の不確かさ算定

### 2.1 不確かさを求める測定量

土の一軸圧縮試験などに用いる円柱供試体の湿潤密度試験結果の不確かさについて解説する。土の湿潤密度試験方法は JIS A 1225<sup>2009</sup> において、供試体の大きさ・種類に応じて「ノギス法」と「パラフィン法」の2種類が規定されている。今回は成形された円柱供試体に適用できる「ノギス法」を対象とする。この方法では土の湿潤密度は次のように表され、

これが今回の不確かさを算定する測定量である。

$$\rho_t = \frac{m}{V} = \frac{4m}{\pi \cdot d^2 \cdot h} \quad (2.1)$$

ここに、 $\rho_t$ ：土の湿潤密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )、 $m$ ：供試体の質量 ( $\text{g}$ )、 $V$ ：供試体の体積 ( $\text{cm}^3$ )、 $d$ ：供試体の平均直径 ( $\text{cm}$ )、 $h$ ：供試体の平均高さ ( $\text{cm}$ ) である。供試体の質量は秤により1回測定する。供試体の直径は供試体の上、中、下のそれぞれの位置で直交する2方向（合計6か所）を、高さは円周を等分した2か所以上の位置をノギスにより測定し、それぞれの平均値を求める。

### 2.2 不確かさの要因とフィッシュボーン図

試験結果の不確かさ要因は（1）測定器と（2）試験者・試験方法に大別でき、前者には①秤と②ノギス、後者には③試験者の違いと④試験の繰返しが挙げられる。

①秤に起因する不確かさ：供試体の質量を測定する秤の不確かさは質量を通じて土の湿潤密度の不確かさに影響する。秤の不確かさは校正結果として表されている。

②ノギスに起因する不確かさ：供試体の直径と高さを測定するノギスの不確かさは直径及び高さを通じて土の湿潤密度の不確かさに影響する。ノギスの不確かさも校正結果に示されている。

③試験者の違いに起因する不確かさ：試験者の供試体や測定器の取り扱い方、秤やノギスの読みの偏差などのために、測定値が等しくならない。普通は一人の試験者が実施した結果を用いている。

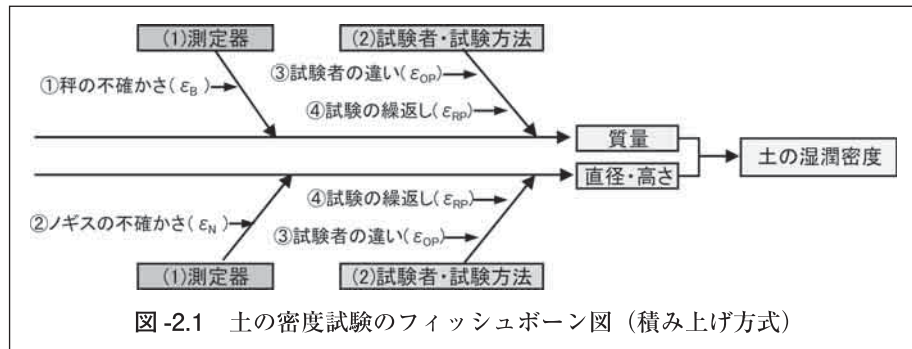
④試験の繰返しに起因する不確かさ：もし、土の湿潤密度が完全に一致した同一供試体を用いて複数回試験した場合でも、その結果は必ずしも同一とならない。試験の再現性とも言われるものである。普通は1個の供試体を1回測定した結果を用いる。ただし、直径は3箇所を2回ずつ、高さは2箇所の平均値により湿潤密度を算出する。

その他の要因は影響が少ないと考え、無視する。とくに、多くの土質試験では同一の供試体・サンプルを繰り返して試験できないため、供試体・サンプルの違いに試験結果が影響されるが、今回の湿潤密度試験では同一の供試体・サンプルによる繰返し試験が可能であり、供試体・サンプルの違いの影響は考慮しなくて良い。

これらの要因をまとめて示すと、図-2.1のフィッシュボーン図となる。この図では一つの供試体を複数の試験者が複数回試験し、各試験者の複数回の試験結果から質量、直径、高さの不確かさを求め、それらを合成して湿潤密度の不確かさとする。この方法を「積み上げ方式」と呼ぶ。

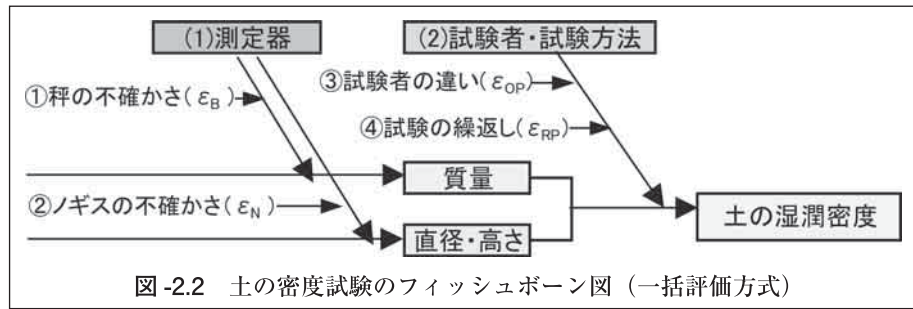
一方、第1話で取り扱った土粒子密度試験におい

ては3つのピクノメータを用いて繰返し試験を行うので、ピクノメータの質量 ( $m_f$ ) あるいはサンプルを入れたピクノメータの質量 ( $m$ ) などの不確かさに個々のピクノメータやサンプル質量の違いが影響し、それらが土粒子密度の不確かさに加算されるという不都合が生じる。これを防ぐには  $m_f$  や  $m$  などの不確かさは求めず、試験結果としての土粒子密度の不確かさを求める方が合理的である。今回の湿潤密度試験においても、複数の試験者の複数回の繰返し試験により求めた複数個の湿潤密度結果から不確かさを算出することになると、図-2.2の



フィッシュボーン図となる。この方法を「一括評価方式」と呼ぶ。

ただし、この場合も測定器の不確かさは校正結果に示されており、質量や長さの不確かさとして表されるので、積み上げ方式で湿潤密度の不確かさを求めることになる。



## 2.3 モデル式

### 2.3.1 積み上げ方式

図-2.1 に示した要因を考慮して、供試体の質量、直径、高さのモデル式は次のように表せる。

$$\text{質量} : m = \mu_m + \varepsilon_{B,m} + \varepsilon_{OP,m} + \varepsilon_{RP,m} \quad (2.2)$$

$$\text{直径} : d = \mu_d + \varepsilon_{N,d} + \varepsilon_{OP,d} + \varepsilon_{RP,d} \quad (2.3)$$

$$\text{高さ} : h = \mu_h + \varepsilon_{N,h} + \varepsilon_{OP,h} + \varepsilon_{RP,h} \quad (2.4)$$

ここに、 $m$ 、 $d$ 、 $h$ は質量、直径、高さの測定値、 $\mu_m$ 、 $\mu_d$ 、 $\mu_h$ はそれらの真値、 $\varepsilon_{B,m}$ は秤の偏差、 $\varepsilon_{N,d}$ 、 $\varepsilon_{N,h}$ は直径と高さ測定におけるノギスの偏差、 $\varepsilon_{OP,m}$ 、 $\varepsilon_{RP,m}$ 、 $\varepsilon_{OP,d}$ 、 $\varepsilon_{RP,d}$ 、 $\varepsilon_{OP,h}$ 、 $\varepsilon_{RP,h}$ は試験者の違い、試験の繰返しについての測定値（質量 $m$ 、直径 $d$ 、高さ $h$ ）の偏差である。

### 2.3.2 一括評価方式

図 2.2 の場合のモデル式は次のように表される。

$$\rho_t = \frac{4m}{\pi \cdot h \cdot d^2} + \varepsilon_{OP,\rho_t} + \varepsilon_{RP,\rho_t} \quad (2.5)$$

ここに、 $\varepsilon_{OP,\rho_t}$ 、 $\varepsilon_{RP,\rho_t}$ は試験者の違い及び試験の繰返しによる湿潤密度の偏差である。秤の校正による不確かさは質量 ( $m$ ) の測定値、ノギスの校正による不確かさは直径 ( $d$ ) と高さ ( $h$ ) の測定値を通じて湿潤密度 ( $\rho_t$ ) に影響する。

## 2.4 標準不確かさ算定式と感度係数

### 2.4.1 積み上げ方式

式 (2.2)、式 (2.3) 及び式 (2.4) に不確かさの伝播則を適用すると、それぞれの合成標準不確かさは次のように表される。

$$u_c^2(m) = u_B^2(m) + u_{OP}^2(m) + u_{RP}^2(m) \quad (2.6)$$

$$u_c^2(d) = u_N^2(d) + u_{OP}^2(d) + u_{RP}^2(d) \quad (2.7)$$

$$u_c^2(h) = u_N^2(h) + u_{OP}^2(h) + u_{RP}^2(h) \quad (2.8)$$

ここに、 $u_c(m)$ 、 $u_c(d)$ 、 $u_c(h)$ は質量、直径及び高さの合成標準不確かさである。 $u_B(m)$ は質量測定用の秤の標準不確かさ、 $u_N(d)$ 、 $u_N(h)$ は直径と高さ測定用のノギスの標準不確かさである。 $u_{OP}(m)$ 、 $u_{RP}(m)$ 、 $u_{OP}(d)$ 、 $u_{RP}(d)$ 、 $u_{OP}(h)$ 、 $u_{RP}(h)$ は試験者の違いと試験の繰返しによる質量、直径、高さの標準不確かさである。

これらの合成標準不確かさを不確かさの伝播則によりさらに合成して、湿潤密度の合成標準不確かさ $u_c(\rho_t)$ が、次式により算出できる。

$$u_c^2(\rho_t) = \left(\frac{\partial \rho_t}{\partial m}\right)^2 \cdot u_c^2(m) + \left(\frac{\partial \rho_t}{\partial d}\right)^2 \cdot u_c^2(d) + \left(\frac{\partial \rho_t}{\partial h}\right)^2 \cdot u_c^2(h) \quad (2.9)$$

ここに、 $(\partial \rho_t / \partial m)$ 、 $(\partial \rho_t / \partial d)$ 、 $(\partial \rho_t / \partial h)$ は感度係数といい、式 (2.1) の偏微分により次式のように表される。

$$\frac{\partial \rho_t}{\partial m} = \frac{4}{\pi \cdot d^2 \cdot h} \quad \frac{\partial \rho_t}{\partial d} = -\frac{8m}{\pi \cdot d^3 \cdot h} \quad \frac{\partial \rho_t}{\partial h} = -\frac{4m}{\pi \cdot d^2 \cdot h^2} \quad (2.10)$$

### 2.4.2 一括評価方式

式 (2.5) に不確かさの伝播則を適用すると、湿潤密度の不確かさ $u_c(\rho_t)$ が次のように表される。

$$u_c^2(\rho_t) = \left(\frac{\partial \rho_t}{\partial m}\right)^2 \cdot u_B^2(m) + \left(\frac{\partial \rho_t}{\partial d}\right)^2 \cdot u_N^2(d) + \left(\frac{\partial \rho_t}{\partial h}\right)^2 \cdot u_N^2(h) + u_{OP}^2(\rho_t) + u_{RP}^2(\rho_t) \quad (2.11)$$

ここに、 $u_{OP}(\rho_t)$ 、 $u_{RP}(\rho_t)$ は試験者の違いと試験の繰返しによる湿潤密度の標準不確かさである。

次回は標準不確かさの具体的な求め方について述べる。

# 職場体験学習報告

センター長 中山義久

1月10日、人材確保推進事業の1つとして、学生を対象とした職場体験学習を開催いたしましたので報告いたします。

当日は大阪工業大学都市デザイン工学科の学生14名と教員2名、関西大学都市システム工学科の学生・院生8名と教員1名の計25名の参加を得ました。開催に先立ち、佐藤専務理事は挨拶で、この職場体験学習は人材確保推進事業の補助金で開催していること、および大学で土木を志した学生は将来の建設業界を担う貴重な人材であると述べました。その後2班に分かれ、試験室の見学を行いました。参加の大学生は授業や研究で土質試験を実施することがあっても、センター業務のようにルーチンワークで大量に処理することはなく、興味津々で見入っていました。

見学後の質疑応答では、土質試験業務の発注元についての質問や、現在大きなプロジェクト業務を扱っているか、など就活に反映させるような質問がありました。午前中だけの短時間でしたが、主催者側の我々も職場体験の重要性を強く感じました。



写真-1 参加者の皆さん



写真-2 不攪乱試料の押し出し



写真-3 物理試験の見学



写真-4 液状化試験の見学

## 【自慢好学会の井戸端自慢】

### ● つぶやき自慢：温泉その1（スーパー銭湯）

スーパー銭湯をよく利用する。結構遠くまで足を延ばすこともある。出張先でもサウナ併設のホテルをとることが多い。そこで思うことがひとつ。都会のスーパー銭湯では、サウナから出て汗を流さず、いきなり水風呂に飛び込む不心得者が実に多い。地方に行くと、そこは節度を心得た大人の方々が目立つのに気付く。やはり、都会は身勝手な人間を作り出してしまふのであろう。〈SH〉



### ● つぶやき自慢：通勤風景その2

最近というか、ちょっと前になろうか、通勤時に街中でリュックサックを背負ったサラリーマンを見かけるようになった。一昔、否ふた昔も前の昭和の頃であれば、スーツ姿でリュックを背負う輩が淀屋橋あたりを歩いていようものなら、道行く人の皆が除けて、決して目線を合わせなかったはずである。今では、若者から年配まで堂々と闊歩している。可笑しい時代になったものである。〈SH〉



### ● つぶやき自慢：無題

世の中の動き方、主流となる社会のシステムあるいは人の行動や考え方の規範といったものが自分の思いや考え方と沿わなくなってきた。そんなときこそ若者に座を明け渡す時なのであろうか。老いるとはこのようなことを指すのであろうか？ 〈SH〉



### ● つぶやき自慢：人生訓

私の人生訓となっている歌詞を紹介します。

『実力は無いが、ついてツイテ付きまくる！』

『宇宙一ラッキーな男!?!』

『それが私だ！ラッキーマン!!』 〈SH〉



投稿、待ってます！

# こんな時代だから、 ちょっと心に残る良い話

新年が明けて1ヶ月が過ぎましたが皆様はいかがお過ごしでしょうか？

今回は、ゲーテの名言を載せてみました。

“おまえは本気でやっているか？一瞬考えてみるがいい。”

が名言らしいです。解説は、簡略化させていただきます。いくらやっても上手くいかない時は誰でもあるが、そんな時に、自分自身に“おまえは本気でやっているか？”と問いかけ、何のやましさもなく、心の底から“本気でやっている”と答えられたら、うまくいかない原因は自分以外にきっとあるはずですよ。それを探して、工夫・改善をしましょう。しかし、心の底から“本気でやっている”と言えなかったら、自分自身に原因があるということです。つまり、“本当に、あなたは本気でやってはいない”のです。という内容の解説でした。

(稲田 記)

## 【ゲーテの名言】

今日をただだと無為に過ごす。

明日も同じこと。

そして次の日はもっとぐずぐずする。

ためらいのひとつひとつが、それぞれの遅れをもたらし、

日々のことを後悔しつつ日々が暮れていく。

## おまえは本気でやっているか？

一瞬考えてみるがいい。

思い切りのよさには才能と力と魔術が内在する。

ひたすら没頭すれば、心に灯りが点る。

始まるのだ。

そうすればその仕事は完成する。

参考：<http://meigennavi.net/word/990/990401.htm>

## 編集後記

初詣に友人と平安神宮に行った帰り、何故か宇治市まで行くことになりました。地下鉄東西線から京阪に乗り換えて宇治までたどり着いたら、そのまま源氏物語ミュージアムまで連れて行かれました。そこは、平安時代の格好をした人形等が展示されていました。適当に中を見つつ、20分程の橋姫の映像を見て源氏物語ミュージアムを後にし、“折角だから平等院まで行こう！”という事になり、平等院まで行きました。

平等院は拝観料と別途 300 円を支払うと鳳凰堂の内部を見ることができます。内部は撮影禁止です。本尊に奉られている、阿弥陀如来像の白毫（びやくごう）が翡翠で出来ており、間近で見たら、青っぽいのですが、一步本尊から外に出てみると太陽の反射で見たら、翡翠が〇〇色に変わったのです！これは皆様が行って確認してください！！私は、この 300 円で得した気分になりました。勝手にご利益があるな！と思い込んでおります。

皆様も是非、「そうだ！京都へ行こう！」と思ったら、平等院まで足を運んで見てはいかがでしょうか。

(稲田 記)

発行 協同組合 関西地盤環境研究センター  
〒566-0042 摂津市東別府1丁目3番3号  
TEL 06-6827-8833 (代)  
FAX 06-6829-2256  
e-mail tech@ks-dositu.or.jp

編集 情報化小委員会  
編集責任者 中山義久  
印刷



<http://www.ks-dositu.or.jp>