メンテナンス・レジリエンスTOKYO2023参加報告

鈴木　敬一
SUZUKI　Keiichi
機関誌編集委員

2023年7月26日から28日にかけて，東京ビッグサイトで「メンテナンス・レジリエンスTOKYO2023」が開催された。このイベントは「建設資材展」「i-Construction展」「国際ドローン展」など16の展示会の集合体で，筆者は「インフラ検査・維持管理展」を主に見て回った。会場での撮影が禁止されていたが，後日編集室を通じて，写真等の資料を提供していただいた。

筆者はJSTT地下探査技術委員会にも所属しているため地下探査技術が中心と関係するブースに多く立ち寄った。最初に地中レーダや電磁探査の装置を扱うスウェーデンのMala Geoscienceの代理店であるアイメイヨに立ち寄った。カート型の地中レーダと，ドローンによる地中レーダの現物が展示されている。カート型の地中レーダは，アンテナ部をカートから外して，不整地用の車輪の大きいカートに変更できるようになっている。埋設管などを探査したときに検出される双曲線上の回折波を，リアルタイムで自動検出するAIアプリを搭載し，測線位置もRTK-GNSSで精密に計測でき，埋設管の三次元マッピングもほぼ自動でできるようである。

次にカナン・ジオリサーチという路面下空洞探査用の車両搭載型のマルチチャンネル地中レーダの現物を展示している。道路のクロスライン方向に21チャンネルの送受信アンテナを搭載したアンテナを車体の下に配置したタイプであり，GMS3と呼ばれている。地中レーダの方式としては，ステップ周波数方式である。現在開発中の装置として，リアルタイム・スタッキング方式のインパルス型地中レーダも参考展示されていた。GMS3は全方位カメラも搭載し，地中レーダのデータと同期させて，空洞などの異常個所の位置精度の向上や，路面の変状などの把握もできる。このブースはJSTT地下探査技術委員会にも参画している大和探査技術との共同出展となっていた。このブースでは日本空間インフラ空間情報技術協会も参画している。この協会は路面下空洞探査の普及を目指して，講習会やシンポジウムの開催や資格制度の運用などを行っている。

ジオ・サーチはスカルカーという路面下探査装置が有名である。取得した埋設管や空洞のデータは三次元化し，ARゴーグルをつけると，地下のインフラの様子が目で見たように表現される。

ジオファイブでは三次元地中レーダに力を入れているが，筆者が関心を持ったのはボーリング孔内で使用する3成分地震計，ボアホールジオフォンである。測定時に地震計を圧着する必要がある。普通はゴム風船を膨らますような機構がついていて，地震計用のケーブルとは別に空気を送るためのチューブが必要なものが多い。ボアホールジオフォンは伝送モータを内蔵して，弓状の金属板を張り出して圧着する。それにかかる時間は5秒ということで，空気を膨らませる方式に比べると格段に効率がよさそうである。

RSダイナミクスでは符号化地中レーダが展示されていた。符号化レーダというと疑似ランダム信号を利用するレーダのことを一般的にはいうと思っていた。しかし，この場合は，マルチチャンネルのアンテナのそれぞれの送受信信号に符号をつけて，どのアンテナ間でデータを取得したかがわかるようになっていて，データの三次元化処理に使われるようである。

JSTTの法人会員である応用地質のブースは，GSIの地中レーダの実機の展示と，最近の豪雨災害による冠水や斜面崩壊などを観測し，ハザードを出す簡便な装置が展示されていた（**写真－1**）。安価な装置であり，リアルタイムかつ多点観測により迅速に避難情報や被災情報を収集するために活用されることが期待される。斜面を安定させるために地中に設置されるグランドアンカーの緊張力を非破壊で調べることができるVIBRESも展示されていた（**写真－2**）。これは，アンカーを振動させて，固有振動を調べることにより緊

張力を推定する方法である。これまでは実際にアンカーの頭部を引っ張るリフトオフ試験が行われていたが，足場が必要であり，重い機材を運搬することがかなり大変で，斜面を面的に調べるにはコストがかかっていた。VIBRESは装置としては簡易なので，面的に調査することができる。しかし，測定値の絶対には10％程度の誤差があるようで，従来のリフトオフ試験によるキャリブレーションを併用することで効率向上が期待できるようである。

写真－１　GSSIユーティリティスキャンスマート＋クリノポール

写真－２　VIBRES

建設機材のレンタル会社の展示もあった。レントという会社は重機のレンタルを主に行っているようである。展示の目玉は，旋回時に人間が近づくとAIカメラが人間だけを感知して停止させる機能を有した重機である。カメラは全方位なので，作業員の目が届かないところには有効である。他にも鉄筋用地中レーダなどのレンタルもあり，周波数のバリエーションもかなりある。

JSTTの法人会員でもある芦森工業のブースでは，ジェットハイボードという空気を入れたクッションのようなものがあった。軽くて大変強度の高い板状の部材である（写真－３）。袋状のPVCの内部上面と下面をポリエステルの繊維でつなぎ，膨らませると高強度，高耐圧の素材となる。ほとんど空気なので軽いうえ，空気を抜けば小さくたためる。この素材は航空機の避難用スロープに使われているとのことである。

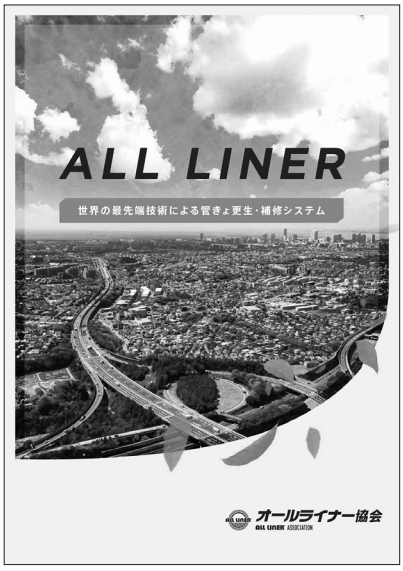
写真－３　ジェットハイボード　カタログ

ティー・アイ・トレーディングでは高所作業やマンホールでの作業における墜落防止システムが紹介されていた。作業員が上に移動するときはフリー，少しでも下向きに衝撃があると停止するものである。クッション性があるので，万一の墜落時の衝撃も和らげられる。マンホールや立坑内部の緊急時のレスキューシステムなどの資料もいただいた。

光ファイバセンシング振興協会は光ファイバ自体をセンサとして使用して，構造物や地盤のモニタリングを行う手法の普及促進を図る団体で，鹿島建設や沖電気など36社が加盟している。ポイント型と呼ばれるFBGセンサと，分布型と呼ばれるOTDRがある。前者は文字通りある点でデータを取得し，後者は光ファイバ全体をセンサとして使用するのが特徴である。温度や圧力，振動などを計測することができる。電源不

要で，電磁気的ノイズや落雷などにも強く，減衰もないので長距離を効率よくモニタリングできる。ただし，装置自体が高価なので狭い範囲や数少ないモニタリングではコスト面で不利かもしれない。振動を計測できるので地震計のように使うこともでき，分布型音響センサ，いわゆるDASと呼ばれる方法も最近ではよく聞かれるようになった。

JSTTの賛助会員でもあるオールライナー協会では工法の説明を詳しく聞くことができた。非開削工法については門外漢である筆者には，工法のことがよくわかり，大変興味深かった（写真－4，5）。



写真－4　オールライナー協会　カタログ

写真－5　オールライナー協会　ブース

非破壊評価総合展にはJSTT地下探査技術委員会に参画されている，計測技術サービスのブースが出展されていた。こちらも空洞や鉄筋の探査を行う地中レーダの実機の展示をメインにしている。地中レーダで空洞の位置はわかるが，それはあくまで空洞上面だけであり，下面は反射波が重なり合って，分離できないことが多い。空洞からの反射波は，上面と下面が重なり合って，見かけ上の周波数帯域が空洞の厚さにより変化する。これについては数値シミュレーションをやってみればすぐにわかることであるが，定量化は難しいのではないかと考えられる。しかし，計測技術サービスの技術では，スペクトル重心に着目し，空洞の厚さを定量的に評価することに成功している。この方法を適用すれば，空洞の充填や補修工事の際に，範囲だけでなく深さ方向の情報も得られるため，充填材や補修材料まで見積もることができるのではないかと期待される。鉄筋探査用の地中レーダはスマホによるオペレーションになっていて，アンテナとディスプレイはケーブルレスで使用できるので，使いやすそうである。地中レーダを扱う出展者は他にも数多くあり，ニーズは多いものと推定される。

他にはX線や中性子線を利用した非破壊検査のブースにいくつか立ち寄った。これらの手法はいずれも非常に解像度が高いが，検査できる深さに限界があることや，放射線を扱うことになるため管理区域を設ける，有資格者が必要などの条件がある。中性子線を利用した方法ではスペクトル解析を行って，物質までわかるが，ゲルマニウム半導体検出器という非常に高価な装置が必要で，そのあたりも課題かもしれない。しかし，材料を非破壊で調べ，物質までわかるので，建設や土木だけでなく，破壊できない文化財の内部調査や，補修のための調査に活用されているようである。

以上，駆け足で展示会の様子を紹介した。筆者は初めての参加であり，事前のプログラムを見た時点ではあまり見るところもないかと考えていた。しかし，思いのほか興味を引くものがあり，また日頃よりお世話になっている方々と何人もお会いすることができ，大変有意義であった。