

「路面下空洞対策連絡会」に対する提言

令和3年5月12日 (合) エス・エス・イー 代表 寺島正浩

(Tel : 090-2609-8150 Mail : sse.tera2525@ozzio.jp)

(令和3年6月12日、同7月26日、同9月6日、同11月1日

一部修正・追加)

遅ればせながら、桑野玲子先生が代表になり取りまとめられた「路面下空洞対策に関する産官学共同研究」の中で「地中レーダー探査技術はほぼ成熟」と書かれておられたので異議を申し上げます。

私 寺島正浩 (旧名:進世意) は昭和63年頃から、都内の調査会社の下請けで地中レーダー探査を実施して参りましたが、その中で驚く様な経験をした事が3回あるので、その事を中心に、提言をさせていただきます。

1. 路面下大空洞の大陥没 平成の始めの頃に、役所の急ぎの求めに応じて、ある会社の若い社員を都内のとある大きい交差点(名前が思い出せない)に派遣して、彼らは役所の指示通り、交差点の内側だけを、日本無線社製の400MHzアンテナ(中型)で測定し、帰社して、翌日の午前中までに反射映像をプリントして、並べて貼り付け、見せてくれましたが、それは私には違和感の強い反射映像でした(同社は地中レーダー探査業務を20年前にやめたので、報告書類は残っていない)。その反射映像には、全ての測線の、舗装+採石の層に相当する部分に振幅の大きい波長の短い、水平の反復反射異常が発達しており、その下には殆ど顕著な異常のない、ぼんやりしたゾーンが広がっていたからです。それはそれまで見た事のない異様な反射映像でした。私は思わず「鉄板でも敷いてあるのか?」と聴きましたが、若い社員は「訊きましたが、そんなものは敷いていないと言われました。」と答えたので、「それなら異常無しだな」と言うと、周囲の皆も同意しました。しかし、私の心には不可解な強い不安が残りました。その理由は、鉄板類に起因するかと思わせる、強い水平の反復反射異常のゾーンは突然何かに打ち消されたかの様に、消えてしまっていたからです。

しかし、役所にせかされて、その日の夕方に報告書が提出され、そして翌朝、測定した範囲を含む交差点全体が陥没しました。それで初めて、「あの異様な強い水平の繰り返し反射は、陥没寸前の巨大空洞の上限面で上から来た電磁波の大半が反射して、路面との間で何回も往復したために形成されたものなのだ」と悟りました。通常であれば、その強い水平の繰り返し反射は、そのまま下方にしばらく続いて行く筈ですが、「舗装構造の下限面で、空気の厚い層にぶつかった電波は一斉にその位相を反転したので、その境界面から下では強い水平の反復反射異常は殆ど消えてしまったのだ」と想像しました。

だが、それまでそんな巨大な空洞の上で測定実験をしたデータが無かったので、何故そんな反射映像が採れたのか合理的に説明出来ませんでした。そして、その後もあちこちで大規模な路面の陥没事故が起り続けたので、その度に「あれと同様な反射映像なら、誰も大空洞があるとは考えない筈だ」と考えていました。しかし、いつまで経っても、そういう基礎的な議論にはならない様なので、私の遺言として、この提言をさせて頂くことにしました。

私の微かな記憶からその反射映像の特徴を表現した模擬反射映像を作成し、図1に示しました。なお、実際の測定記録ではその深度はおおよそ5m付近までありましたが、最下部の約2mはもっとはっきり

しないので、割愛しております。

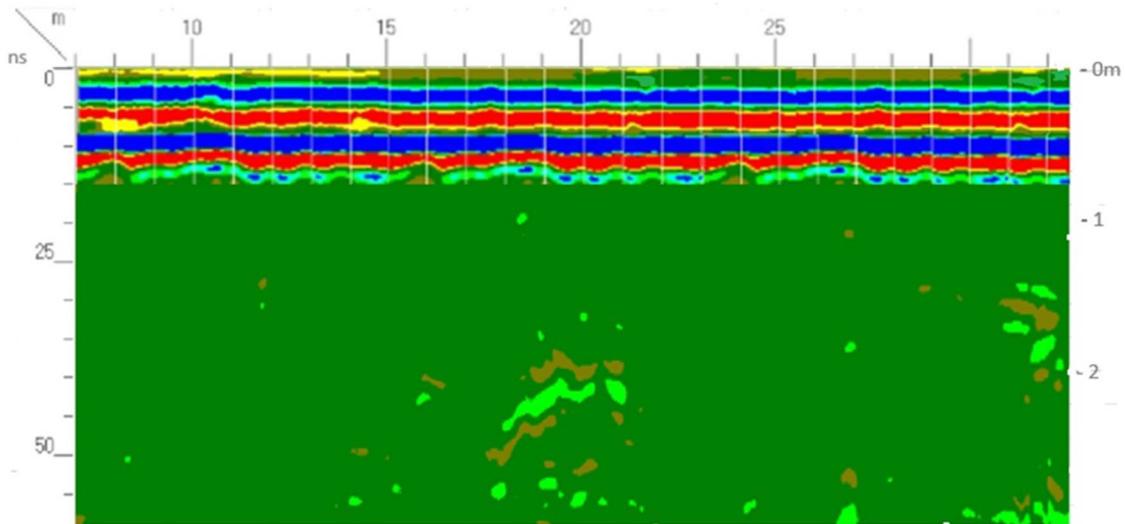


図1.上記の場所の模擬反射映像（微かな記憶から概略の印象を描いた）

そういう事情なので、今必要なのは「大規模空洞の上に殆ど密着して置かれた、(相対的に)極く小さい地中探査レーダーは、どんな反射映像を観測する事が出来るのか？」を大至急確かめる事だと思います。我々は昭和の終わり頃に東京都の土木研究所が作ってくれた20～60cm角の空洞や管や函渠などの比較的小さなモデルを20～60cmの深さに埋設して、その上で測定を行って、そこで得られた反射映像の色々な変形バージョンが路面下の大空洞でも得られるのだと信じて探査をやって来ましたが、交差点全体が陥没する様な巨大な空洞の場合には、どんな反射映像が観測されるのか、全く調べておりませんので、緊急に確認する必要があると考えます（図2参照）。

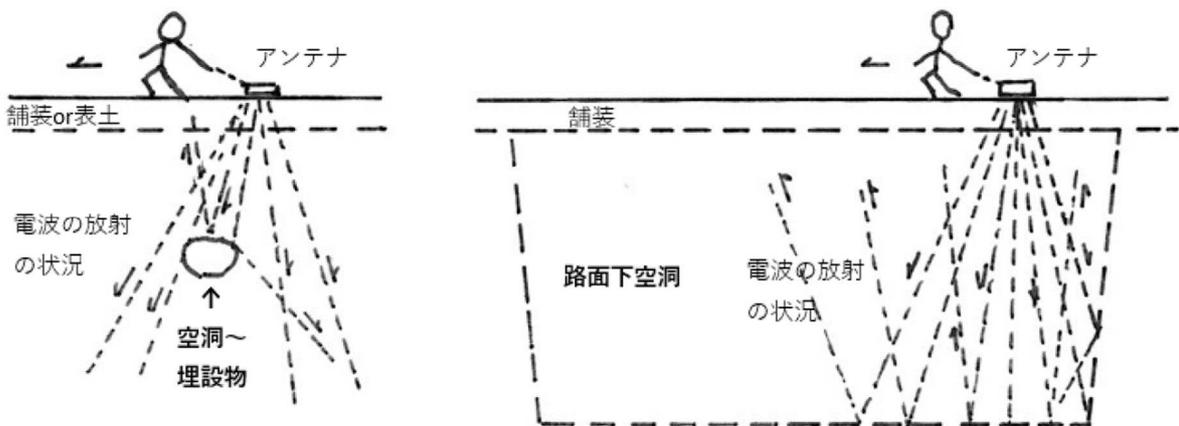


図2. 小規模な対象物の探査と巨大な空洞の探査の場合の相違の説明図

レーダーの探査原理から考えると、探査対象はアンテナから十分に離れていて、簡単に、かつ短時間に走査出来る事が求められます。しかし、大規模な路面下空洞はアンテナから50～100cmの極めて近い所にあり、しかも幅が5～20mで、深さが2～7mもある巨大なものなので、極めて変な探査になります。つまり、巨大な空洞に殆ど密着して、その内部に電波を発信している様な事になるのです。そうして得られる反射映像が、我々の使う(比較的小型の)アンテナで得られる(小規模の埋設物からの)反射映像と同様だとは考えられません。是非、早急にこの問題を確認される事をお勧めします。

2. 直径4～5mのドーム型の空洞の調査とそのステルス性? 平成14年頃に、袖ヶ浦の工場地帯の護岸の近くに造った砂の埋土の吸い出しによる空洞(およそ幅4×5m:深さ2.5m)上で、GSSI社製の500MHzアンテナ(小～中型)とSIR-2000を使って、地中レーダー探査を行いました。この空洞の頂上部には直径1m弱の陥没穴が空いていましたので、この穴の上に矢板を渡して、上から大きさを観測すると共に、この矢板の上を通して、アンテナをロープで引っ張り、距離モードで測定を行いました。こうして測定した反射映像(図2)は驚くべきものでした。頂上部の陥没穴の所だけに強い繰り返し反射が発達して、この周りには弱い水平の反射がみられるだけでした。ドーム型の形を示唆する反射は殆ど見られませんでした。

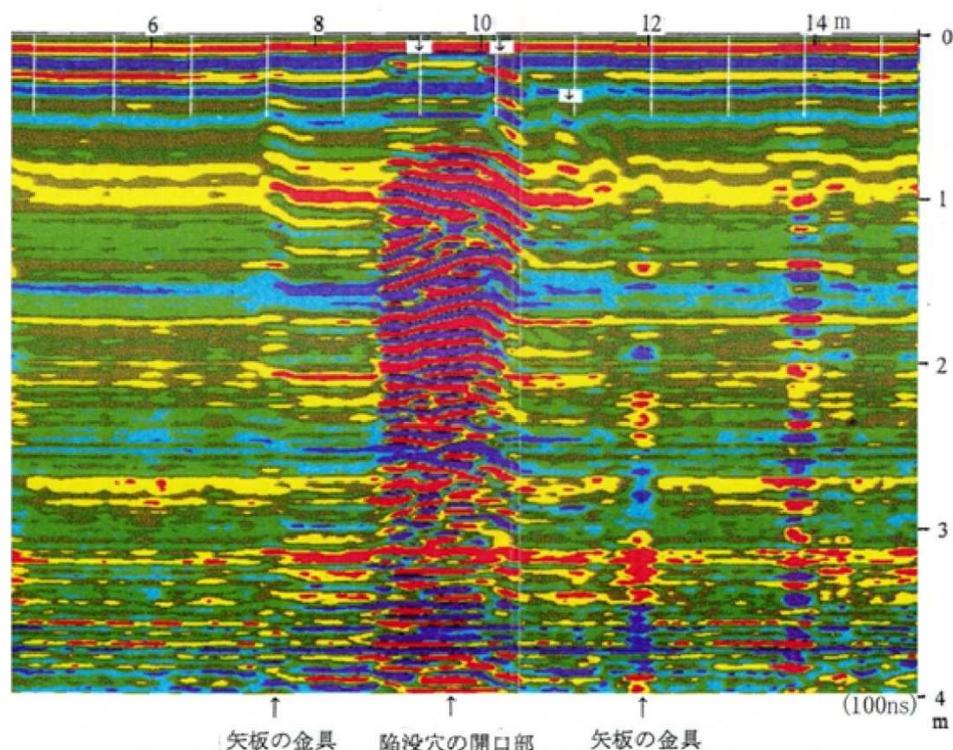


図3.小～中規模のドーム状の空洞の反射映像

この事から、頂部に穴が空いていなかったならば、この空洞のエリアには弱い水平の反射だけが観測

された可能性が考えられます。これは、これと直角に交わる測線でも全く同じでした。この為に、防波堤の目地の近傍の地点で測定を行っても、空洞らしい反射異常は見つかりませんでした。この理由は、現在の常識で考えると「ドーム状の形状によるステルス現象」によるものと考えられますが、当時は、第3項に記した様に、小型の500MHzアンテナを使った事により巨大な空洞が見えなくなった事も考えられ、また、この部分は台風などの際には波浪を被る事が多い為に、砂層に含まれる塩分が多いので、砂層の中を電波が透過しにくい可能性も考えられましたが、納得出来る理由には到達出来ませんでした。(なお、下図の水平の弱い反射は砂を盛り上げ、転圧する際に出来た、砂層の組成の違いに起因しているものとも考えられますが、空気しか無いのに何故水平の縞状反射が観測されたのかは説明不能でした。) この経験も、大空洞の上に殆ど密着して測定した場合には、我々は何を観測しているのか、と疑わざるを得ない経験でした。(なお、この時は500MHzアンテナしか使用出来ませんでした。)

3. アンテナの中心周波数と探知能力との関係 地中レーダー探査を積み重ねて行くに連れて、400～500MHzのアンテナは深度2～3mの浅所探査用、100～200MHzのアンテナは深部探査用という区分を多くの探査屋が盲信している事に、私は強い疑問を感じる様になりました。そこで、私は急傾斜地を走る道路の測定をする際に、横断函や管が確かに通っている(それが目視出来る)地点の同一測線上で、400～500MHzのアンテナと200～300MHzのアンテナと両方を使って、深度3m程度まで測定して、どちらが有効かを比較して見ました。すると、驚くべき事に、200～300MHzのアンテナの方が有効な事が多い事が分かりました。400～500MHzのアンテナを使うと直径20cm以上の管が見えなくなる事が多いのです。すなわち、周波数の高い、小さいアンテナで測定すると、大きいものが見えなくなるのです。こういう傾向が判明したので、私は路面下空洞の探査業務には(許可が得られれば)200～300MHzアンテナを使う事にしていました。これは波長の違いだけでなく、送受信アンテナの離れの相違による効果もあると思われれます。この考えの延長上で、巨大な路面下空洞を(それと比較すると)極めて小さい(中心周波数の高い)アンテナで測定した場合に、本当にそれは有効なレーダーになりうるのか、極めて疑問です。

この具体例は <http://www15.plala.or.jp/sse2525tera/paper11.pdf> をご覧ください。アンテナの特性は常に確認しておいて、使う事が重要です。最近では、一台のアンテナから800MHzと300MHzの電波を同時に送信して、浅所と中深部の探査結果を重ねて示してくれる地中探査レーダーも販売されている様ですが、800MHzのアンテナ等では極めて小さいものしか見えない可能性がある事を認識して、注意して使うべきです。なお、この私のホームページは頁構成が潰れて見にくくなっていますが、添付資料は正常です。

なお、近年は、道路管理者も調査会社も、路面の周辺の細かい亀裂を周波数の高い小型のアンテナを使って正確に捉えて、その分布と形状から路面下に潜在する大規模空洞を予想する方式に方針転換をしているのではないかと、推測されますが、實際上この方法で潜在する大規模空洞を見逃さない保証はありません。膨大な数の小亀裂群に確認探査が追いつかず、亀裂のみの確認を行って、肝心な深部の確認探査を怠ってしまう可能性は否定出来ません。やはり、初心に戻り、大規模路面下空洞のモデルを作って、測定実験を行う方法が一番確実で、安心ではないかと考えます。

以上