

2次元表面波探査の全自動化技術の開発

岐阜大学	正会員	村田 芳信
岐阜大学	正会員	八嶋 厚
岐阜大学	正会員	沢田 和秀

1. はじめに

最近の地震や豪雨において盛土構造物の被害が顕在化しており、従来注目の低かった盛土の経年的な劣化の程度を定量的に把握する必要が生じている。現存する膨大な道路盛土区間において、外見に現れない路面下の緩みや脆弱性を効率よく概括的に把握する手法として、2次元表面波探査が注目され、その適用性の研究が積極的に推進されている。今回、2次元表面波探査の計測作業を全自動化することで、作業の安全性を向上するとともに効率よく連続作業が可能となったので、開発した装置の概要と実証試験結果について報告する。

2. 従来の課題

2次元表面波探査は、地表面に多数の地震計(通常 24 基)を等間隔(通常 1~2m)に並べ、地表面の打撃により励起された地震波動をそれぞれの地震計で同時に観測することで、地震計間の周波数ごとの地震動の位相速度を読み取り、これより測線に沿った地盤のせん断波(S波)速度の深さ方向の分布を求める探査手法である。現在、舗装道路上の2次元表面波探査では、個々の地震計を平らな鋼板などに据え付け、これをロープやワイヤーによって等間隔に直線状に連結して、その一方の端を人力もしくは電動カートにより断続的に等間隔で牽引移動し、人力もしくは起振機により地表面を起振した際に発生する地震波動を計測することを繰返す手法(ランドストリーマ¹⁾)が用いられている。この計測作業には、道路の傾斜による測線のずれの修正や地震計と路面の馴染みの不具合による据直しなどの補助が不可欠で、歩道や路肩での計測作業であっても安全対策上の交通規制が不可欠となる他、1日当たり数百mの探査が限界となっている。このため、計測作業の更なる効率化と作業の安全性確保が問題となっており、喫緊とされる道路盛土の点検調査や今後の継続的な維持管理への適用に際して課題となっていた。

3. 装置の全自動化

2次元表面波探査の計測作業は、多数の独立した地震計を等間隔で移動することと、移動後に地表面を打撃してその波動を計測することを繰返し実施するもので、この一連の作業の自動化による計測の効率化と、道路上での人的作業を無くすることで安全性向上を図るものである。開発した装置は、図-1に示すように、動輪からなる牽引部、地震計を吊るす梁、梁を支える台車と起振機からなる。

多数の地震計を等間隔で安全に移動するために、先ず剛な梁に等間隔で地震計を同じ長さのワイヤーで吊るし、梁の両端ならびに途中に地震計のワイヤーよりわずかに短い高さHで梁を支える台車を配置する。全ての台車は、直角三角形の短辺を地面と並行にし、その短辺の鋭角の頂点に車輪を、直角の頂点に台座(錘)を備え、一方の鋭角の頂点で梁をピンで支える構造とし、斜辺を進行方向に向けて配置する。また、この状態では車輪

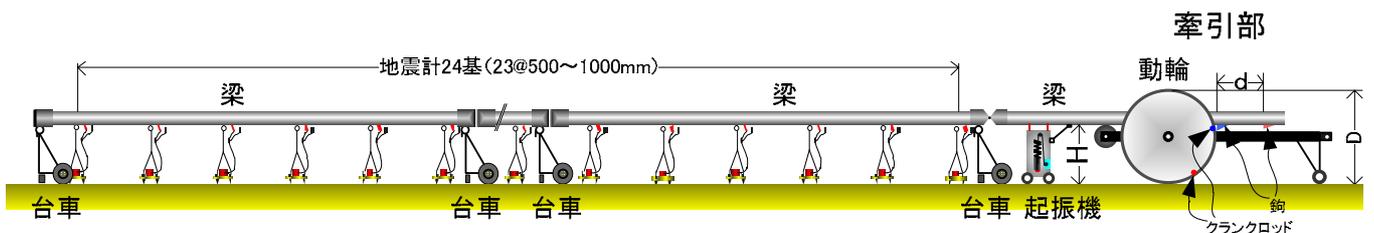


図-1 計測システム全体図

キーワード 2次元表面波探査, S波速度, 地中の可視化

連絡先 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1 (国)岐阜大学 TEL 058-293-2499

にブレーキが作用し、地震計は地面に設置されている。次いで、梁の進行方向の端部を梁の軸方向に牽引すると、全ての台車は車輪を中心に進行方向に前傾を始め台車の斜辺の回転とともに梁が持ち上げられ、全ての地震計はワイヤーにより空中に持ち上げられる。台車の斜辺が垂直になる位置で車輪のブレーキが解除され、車輪が回転して梁全体が地震計を地上に持ち上げたまま進行方向に移動する。所定の距離を移動した後、梁の牽引力を開放すると、台車は進行方向と反対方向に戻るように僅かに回転して梁を当初の高さに下ろし、地震計は再び地面に設置される。

地震計を一定の間隔 $L(= D, D$ は動輪の外径) で移動するための動輪は、左右一対の車輪が外周の内側で 2本のクランクロッドにより連結されており、梁の進行方向の端部を挟む。その梁の先端部には、2本のクランクロッドと等間隔 d に 2つの下向きの鉤が取付けられており、この動輪が進行方向に回転すると動輪の先行するクランクロッドが梁の進行方向先端の鉤に掛かり梁を押し上げると同時に牽引を開始する。ついで、動輪の後方のクランクロッドが梁の後方の鉤に係止して牽引を続ける。さらに動輪が回転を続けると、梁の牽引とともに梁が低下を始め梁の下面が高さ H になると、動輪の背後の梁受けで梁は高さ H で受止められて、後方のクランクロッドは鉤から外れる。これと同時に梁は牽引力を失い、先の説明のように、台車は梁と一緒に反対方向に戻るように僅かに回転して梁を当初の高さ H に下ろし、地震計は地面に静置される。このとき、一連の地震計は梁の進行方向に一定間隔 L を移動している。動輪はさらに回転を続け、再び先行するクランクロッドが針の進行方向先端の鉤に接するまでの間に、地表面を自動ハンマーで打撃して励起された地震動を地震計が計測する。動輪は低速度で移動し続けることで、上記動作を繰り返し実施することができる。

4. 従来方法との比較計測結果

岐阜県本巣市根尾の建設途上のバイパス上で、図-1 に示す地震計 24 基を 0.5m 間隔で配置した試作装置を用いて 2次元表面波探査を実施した。同一測線上でランドストリーマ(地震計 24 基を 1.0m 間隔で配置)を用いて計測した結果と比較して図-2 に示す。地震計間隔が小さい全自動計測の結果がより細かな変化を表現しているが、大局的な速度分布の違いは見られないことが分かる。一方、現場計測ではランドストリーマは路面に散在する小礫の影響でたびたび地震計の据直しが必要となり、全自動計測に比べて多くの時間を要した。

5. おわりに

今後、装置の可搬性を考慮した改良ならびに耐久性試験を実施するとともに、現場での一次解析の汎用化と健全度評価の基準化を進め、路面下の定量的可視化技術による維持管理手法の開発を目指したい。

6. 謝辞

本研究は、高速道路社会貢献協議会研究助成を受けて実施したもので、ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 特開 2005 - 114485 号公報, 牽引式多チャンネル表面波探査装置, 2005.5.28

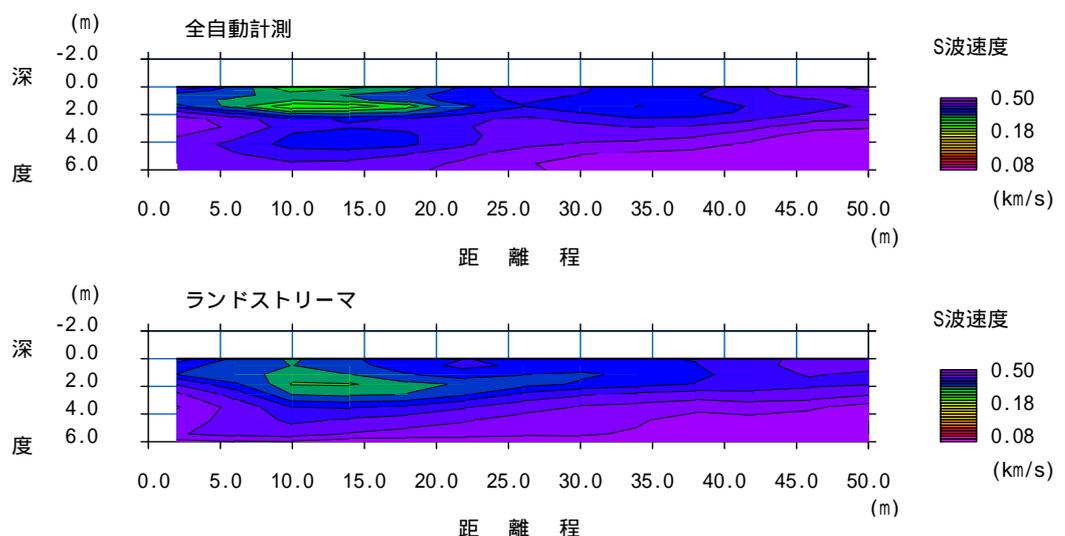


図 - 2 ランドストリーマと全自動計測による解析結果の比較図