

VI-59 音波探査法によるシールド前方探査システムの構築とデータ処理方法に関する検討

ハザマ技術研究所 正会員 笠 博義, 正会員 黒台昌弘

土木本部設計部 正会員 巽 治

日立造船(株) 技術研究所 木下正生, 建機設計部 森井俊明

1. まえがき

シールド工法によってトンネルを施工する場合は、その路線上の地質状況を事前に十分に調査し、把握することが重要である。また、特に都市部においては既存の構造物の基礎や各種ライフライン等に近接して工事が行なわれることが多く、これらの地下埋設物とシールドマシンとが接触しないように十分な注意が必要である。このために従来は既存資料を詳細に検討するとともに必要に応じてボーリング等を行ない、こうした地下情報を取得していたが、最近では地上部に十分な調査用地が確保できない場合や古い構造物では設計資料等が保存されていないなどの理由によって、十分な事前調査が困難となる場合も見受けられる。こうした場合、シールドトンネルの施工途中に各種の障害物に遭遇し、その対策にかなりの時間と労力および費用が必要となる恐れがある。

本研究は、こうした背景をもとに、シールドトンネル施工の合理化技術の一環として、シールドマシンによる掘削を行ないながら、その前方の地質を状況や施工における障害物の有無やその情報を得るためのシールド前方探査技術の開発を目指すものである。この目的において、筆者らはこれまでに音波探査法および振動を地盤に与えることによって発生する波動(レーリー波)を用いた探査手法の提案および基本的な検討を行ってきた。本稿はこれまでの研究成果¹⁾を基に、実際のシールドマシンに搭載する音波探査法システムを構築し、その探査データの処理および表示方法について検討したものである。

2. 探査原理と探査システム概要

音波探査法は一般には海底地質探査や水中測深に用いられる技術であり、その概略的な原理は次に示すとおりである。すなわち、海上に設置された音源(送波器)から音波を送波し、その音波が海底や地層境界等の音響インピーダンスの不連続面にて反射され、再び海上に設置された受波器に到達するまでの時間を測定することによって、海底面や地層の境界までの距離を求めるものである。

本研究にて用いている音波探査法はこの原理を地中探査に応用したものであり、シールドマシンの面板に取付けられた送波器にて音波を地盤中に送波し、同じく面板に設置された受波器にて反射波を測定することによって、切羽前方の地盤情報を得るものである。図-1にそのシステム構成および送受波器の配置状況を示した。

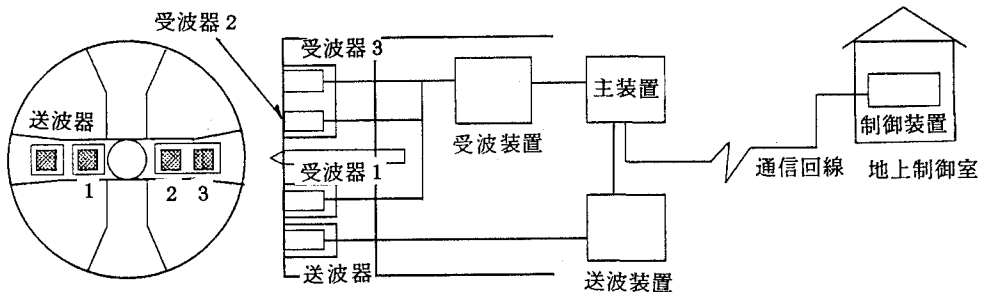


図-1 音波探査システム

3. 測定データの処理・表示方法

本システムにて測定されたデータの処理・表示方法には未処理波形から反射波を判読する方法や相関処理等を加える方法などが考えられる。ここでは実機に搭載したシステムにて測定されたデータを用いて実施された3種類の処理結果についてその有効性を検討した。

① 未処理波形の時系列表示法：得られた反射波形にほとんど処理を加えず、時系列でそのデータを表示することによって音波の反射面（障害物や地層境界等）の位置を推定する方法である。この方法は未処理波形にて比較的反射波が明瞭に判別できる場合に有効であり、探査対象が大きな場合（地層境界、地中連続壁等）の探査に有効であるものと考えられる。

図-2はシールドマシン前方に存在する地中連続壁を探索した結果であり、この条件下における探査可能距離は約30mであり、その誤差は50cm程度であることが確認された。

② 相関処理結果表示法-1（2次元処理）：測定波形がノイズ等の影響で複雑で、反射波の識別が困難な場合は送波波形と受波波形との周波数成分の相関処理を行ない、反射波のみを抽出する方法が有効な手法として考えられる。

こうした処理結果は図-3のような前方距離に対応した相関閾数値として各受波器毎に表示される。この処理結果をもとに相関値の大きさに応じてカラーグラフィックで示し、判読を容易にしたものが図-4である。

③ 相関処理結果表示法-2（3次元処理）：②と同様に相関処理結果を表示する方法であり、さらに音波反射面（障害物位置）を立体的に表現する方法である。

この方法はシールドマシン前方の一定領域を立体的な画素に分割し、複数断面の測定結果を用いて立体的な反射面の位置を計算し、各画素に対して相関閾数値に応じた数値（障害物の存在の可能性に相当）を割り当て、その値に応じた濃淡画像を作成するものである。この結果は図-5に示すように任意の断面図として表示することが可能である。

4. あとがき

本研究では音波探査法を用いたシールド前方探査システムを実機に搭載してそのデータ処理・表示機能についての効果を検討することができた。今後は実際の現場適用においてさらに有効なシステムとするために、地盤条件による適用性の違い等について検討を加えていく予定である。

最後に本研究を進めるに際して多大なご協力を頂いた中部電力㈱中央送変電所地中線土木課の関係者の皆様をはじめ現場関係者の皆様に心からお礼を申し上げます。

【参考文献】 1) 笠博義, 山森隆江, 西田, 昭二, 大賀一秀: 音波・レーザ波によるシールド機の前探査に関する実験的検討, 土木学会論文集第427号/VI-14, pp. 113~122, 1991

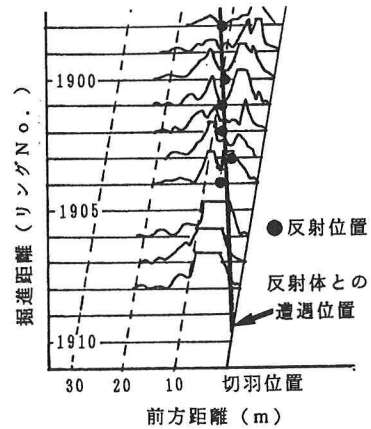


図-2 未処理波形の時系列表示



図-3 相関処理データ

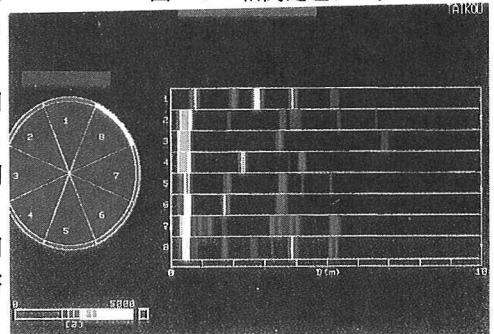


図-4 相関処理結果(2次元処理)

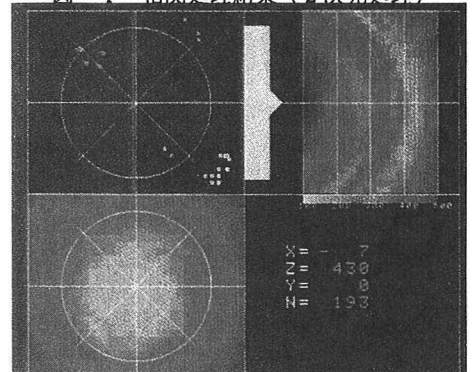


図-5 相関処理結果(3次元処理)