

○エスコ株式会社 正 室橋伸一
 鈴木俊六
 明星大学 正 安井利文

地山の補強にロックボルトを使用する場合、ロックボルトと地山の定着状態の確認は設計、施工上のみならず安全管理上極めて重要である。現在ロックボルトの定着の確認として引抜き耐力を取り挙げ、引抜き試験を行ない、ロックボルトの定着状態の判断の目安としている。しかしながら岩の場合にはボルトのほとんどが未定着な状態においても十分な引抜き耐力を有する場合がある。これをトンネル頂部で考えるとロックボルトのモルタル注入口のみ定着され孔奥の部分は未定着な場合に該当し、このロックボルトは地山頂部の補強には不完全なものとなり、特に安全上問題が生ずる。さらに全面接着型ロックボルトの場合、最も重要な条件は『ロックボルト全長を一樣に地山に定着させる』ことである。

従って現在の引抜き試験によりロックボルトの定着状態を判断する方法には次の2点の問題があると考えられる。

- (i) 破壊試験であり、試験後手当が必要である。
- (ii) 引抜き耐力の測定であり、定着状態そのものの調査ではない。

筆者らは以上の問題点と考慮し、衝撃弾性波による非破壊検査を提案し、その基礎実験を行ない、その結果を報告する。現場においてはロックボルトのハンマーによる打撃音からボルトの定着状態をある程度経験的に判断可能なことから、定着状態と衝撃弾性波の特徴に相関関係が存在すると判断したものである。

1 実験の方法

1-1 測定概要：図-1を参照しロックボルトの定着長の相違は力学的にはボルトの固定条件の相違であり、条件の相違する棒の振動性状が相違することは振動学の教える所である。従ってロックボルトの頭部に衝撃弾性波を与えると弾性波は中詰モルタル、岩に伝播し、定着が完全な場合には周囲の岩の質量がロックボルトに比し無限大と考えられるため、弾性波は急激に減衰し反響せず、一方、定着が不完全な場合、未定着部分での反響が生ずる。この反響による波動の特徴を電気的に時間の差として測定し、定着長と時間の関係と求める方法を採用した。

1-2 モデルの製作：対象とする地山、ロックボルト等について次の仮定を設定した。

- (i) 頂部の全面接着型ロックボルトに限定し、口元からの定着長 l を変化させる。
- (ii) 周辺地山は岩に限定し、そのモデルとしてモルタルコンクリートを採用。

図-2に示すように $\phi 50$, $l=1000$ mmの中空部をもつモルタルコンクリート柱を製作し、これを周辺地山の

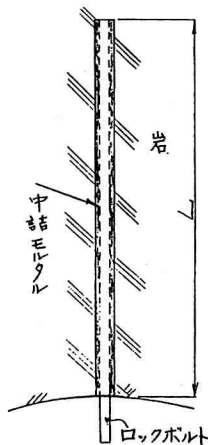


図-1

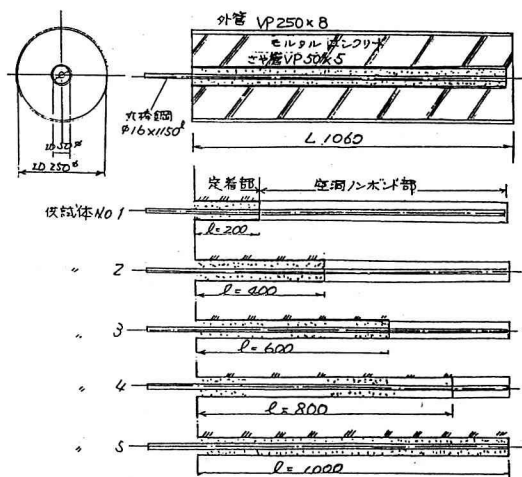


図-2；試験装置とロックボルトモデル

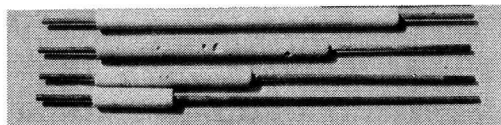


写真-1；ロックボルトモデル

岩とする。この中空部に別に製作したロックボルト、定着モルタルモデルを挿入し、実験モデルが完成する。ロックボルトモデルは

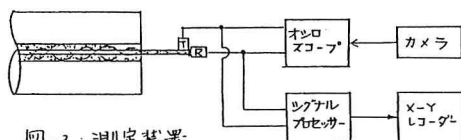


図-3: 測定装置

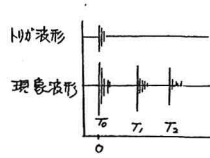


図-4: 測定波形の模式図

$\phi 16, l=1150$ の丸棒鋼、モルタル

は普通ボルトランドセメント 5, 砂 4, 水 2 (容積比) の配合であり, その径は 50mm である。但し, No.5 供試体は全長 1000mm と完全に外管(地山)と定着する場合で, 挿入が困難なため, あらかじめロックボルトを外管の中空部に配置し, セメントモルタルを後に流し込み養生したものである。

写真-1 はロックボルト+定着用モルタルのモデルに使用したものであり, 下からロックボルト定着長 $l=20, 40, 60, 80\text{cm}$ のモデルである。

1-3: 測定の方法 図-3 に波形の測定システムを示す。ピックアップは高感度圧電素子 (トリガー [T], レシーバー [R]) を使用し, 波動測定用メモリオシログラフおよび波形解析装置シグナルプロセッサ, X-Yプロッターを使用した。測定はいづれの供試体の場合も 5~7 回波形を写真撮影し, 同時に波形の周波数解析を行ない, その波形が鋼棒のものか地山のものかと判断し, 再現性のある波形を得る。

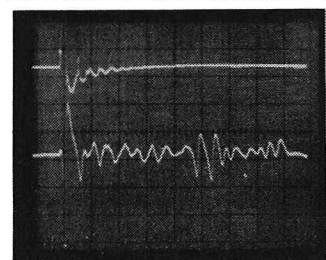
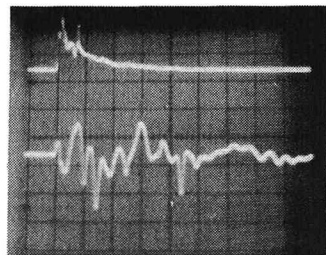


写真-2: 測定波形の一例

写真-2 に得られた波形の一例を示す。上は $l=100\text{cm}$ の場合, 下は $l=20\text{cm}$ の場合である。

図-4 に得られたトリガーとレシーバーの波形の模式図を示す。 T_0 は打撃後, 打撃点と R の伝播波であり, ロックボルトの定着には関係なく, T_1, T_2 は鋼棒を伝わってロックボルトの境界面で反射した波動である。この波動にロックボルトの定着条件が影響を与え, 波動の定性的周期 T_2-T_1 が変化するため, この時間差を読み取る。

2: 実験結果および結論

表-1 は各供試体の実験結果から T_2-T_1 の値とその平均値を示したもので, この結果を図-5 に示す。図-5 からロックボルトの定着長 l とロックボルトの初期波動時間 T_2-T_1 の間には明確な相関関係が存在することを示すことができる。即ち岩に限定しているが定着長大の場合, 定性的周期少, 定着長小の場合, 定性的周期大である。

しかしながら表-1 に示すように測定値には変動が見られる。その原因は測定装置にあると考えられ, 今後現場に適用するには簡単でしかも精度の良い装置の開発が必要と考える。また未固結粘性地山等についても上述の結論が成立すると考えられるが今後の検証が必要である。なお, 実験データの収集は全て明星大学・光弾性研究室の卒研生・卒研と関係なく援助頂いたもので厚く感謝致します。

表-1: 計測結果

供試体 (径の長さ (cm))	T_2-T_1 の値 (ms)					平均値 (ms)
	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	
1 20	5.0	5.2	5.2	5.1	5.1	5.12
2 40	3.3	3.6	4.2	3.3	3.7	3.62
3 60	3.8	2.1	2.5	2.5	2.5	2.68
4 80	2.3	2.4	2.3	2.3	2.2	2.30
5 100	2.2	2.2	2.1	2.2	2.1	2.16

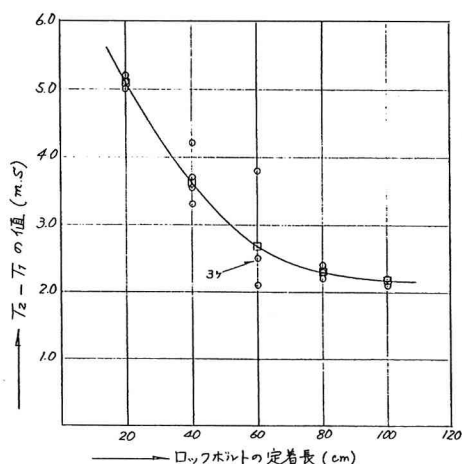


図-5: T_2-T_1 とロックボルトの定着長 l の関係