

III-464

非破壊試験によるロックボルトの定着に関する実験

(株)青木建設 技術本部研究所 正会員 中井 茂喜

〃 〃 〃 伊藤 実

〃 〃 〃 國村 省吾

1. はじめに

近年全面接着式のロックボルトと吹付けコンクリートと共に用いるNATM工法がトンネル構築方法として広く採用されてきている。この工法が軟岩に対してトンネルの安定効果を示し、ロックボルトの使用範囲が広がってきた。ロックボルト打設後の品質管理として、引抜き試験が行なわれている。しかし、全面接着式ロックボルトにおいて、定着材の材齢が一日もたてば、30cmの定着長でも破断するほどの引抜き耐力を有しているという報告がある。ロックボルトは上向きに打設されることが多く、内部の定着材の填充状態が確認できないのが現状である。今回、2m～3.6mの長さの54本の全面接着式ロックボルトを試験打設して、弾性波を利用した非破壊試験を行ない、ロックボルトの定着に関する実験報告を行なう。

2. 実験方法

軟岩（一軸圧縮強度約200kg/cm²の凝灰岩）の切土斜面（勾配1:0.5～0.6）及び水平地盤に対して、垂直方向にロックボルトを打設した。削孔径φ40mmの孔の中に、SNドライモルタル（W/C=40%）の定着材で充填し、2mのD25異形鉄筋ロックボルト（SD35）を挿入したものを標準型とした。この標準型に対して、ロックボルトの諸元（長さ・材質・径）、削孔径、定着材の配合の条件を表-1のように変化させ、各条件に対して3本のロックボルトを打設した。また、その他の条件として、表-2のように強制的に未充填部分を作り、ロックボルトを打設した。非破壊試験機器として、スウェーデン製のボルトメータ011を用いた。これは、励振素子（クリスタル圧電素子）が組み込まれたセンサをロックボルト頭部にあて、表-3に示す二種類の弾性波（COMP波：Compression Wave, FLEX波：Flexural Wave）をロックボルトに伝達させる。この波がロックボルトを伝播してゆく際に、一部はグラウトに、さらに地山へと伝わり、波は減衰していく。ロックボルト周辺の定着材の空隙部分やロックボルトの先端で、波の減衰せず反射する場合、ロックボルト頭部のセンサのクリスタル圧電素子が受信素子となり、反射波の強さが記録される。非破壊試験機器による測定回数は、ロックボルト打設後1・3・7・40日後に各3回とした。さらにロックボルト打設7日後にはセンターホールジャッキにて引抜き試験を行なった。

表-1 ロックボルトの打設条件

ロックボルト工の要素		標準型	変更条件
ロックボルトの諸元	長さ	2m	3m, 3.6m
	材質	SD35	STD52
	径	D25	D22
削孔径		φ40	φ45, φ50
定着材の配合 (W/C)		40%	35%, 65%

表-2 ロックボルトの打設空隙条件

条件番号	空隙条件の内容
1	ボルト先端部定着材未充填（ボルト長3m, 空隙2m）
2	ボルト先端部定着材未充填（ボルト長3m, 空隙1m）
3	ボルト頭部定着材未充填（ボルト長3m, 空隙1m）
4	ボルト頭部定着材未充填（ボルト長3m, 空隙2m）
5	ボルト周辺部分空隙（ボルト長2m）
6	ボルト自体の断面欠損
7	ボルト周辺全面縁切り
8	定着材の亀裂

表-3 COMP波とFLEX波の周波数

	COMP波	FLEX波
周波数 (kHz)	35.2	46.8

3. 実験結果

ロックボルトの諸元、削孔径、定着材の配合（表-1）に関して、条件を変化させて非破壊試験による測定を行なったが、標準型と顕著な差異は見られなかった。むしろ、ロックボルト打設時の際に生じるロックボルト周辺の気泡によって、波の反射が大きく表われると思われる。

空隙条件（表-2）を強制的に設定し測定を行なった。特徴的な結果が得られたものを図-1・2に示す。COMP波とFLEX波に管理基準を設定することによって、AからDまでの4つのクラスにロックボルトの定着状態の判定が可能となる。今回の実験ではデータの蓄積がない為に、既に提唱されている管理基準を採用している。

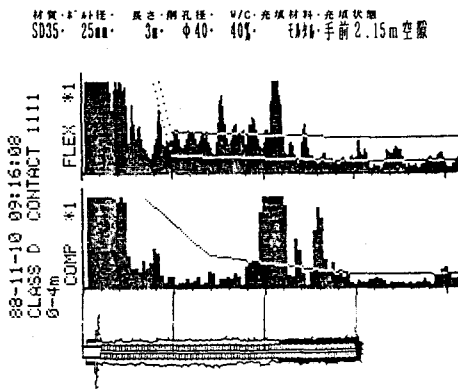


図-1 出力例（空隙条件4）

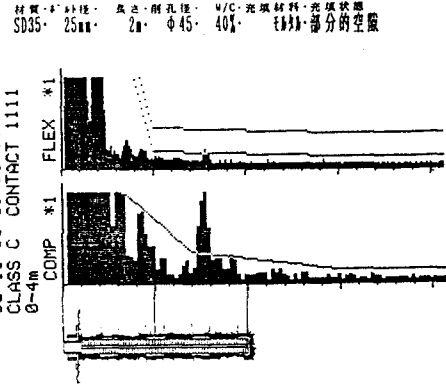


図-2 出力例（空隙条件5）

4. 結論

非破壊試験による測定結果を整理すると以下ようになる。

- 1) ロックボルトの頭部に空隙があれば、弾性波が大きく減衰しない為に、COMP波、FLEX波共に充填境界面で反射する。
- 2) ロックボルトの空隙部分では、COMP波は顕著な反射は見られないが、FLEX波においては異形棒鋼の形状によるのか顕著な反射が表われる。
- 3) ロックボルトの定着が損なわれた場合、COMP波が先端で反射を示す。
- 4) ロックボルト頭部が十分に充填されている場合、その先端部に空隙があっても、減衰が大きい為その空隙の有無は判断出来ない場合がある。

5. あとがき

今回の実験でロックボルトが引き抜けたのは極めて特殊なケースであった。すなわち、モルタルと地山の定着が十分でない場合（空隙条件4）と、モルタルとロックボルトの定着が十分でない場合（空隙条件5）である。従って、今回の非破壊試験はロックボルトの引き抜き試験のもつ問題点をいくらかでも補う試験方法ではないかと思う。このようなロックボルトの非破壊試験の報告例が少なく、不明確な部分も多く今後も研究を進めていきたい。

【参考文献】

- 1) Turner, H.F: Boltometer-Instrument for Non-destructive Testing of Grouted Rock Bolts, 2nd International symposium on Field Measurements in Geomechanics, 1987.