

駒熊組技術研究所 正会員 大塚 本夫
同 同 上野 正高
同 同 垣内 孝雄

1. はじめに

近年、我国のトンネル技術界では、“NATM”に対する研究も盛んに行われ、その思想もかなり中々普及するとともに、施工実績、計測結果も目につくようになってきた。これら測定結果は、非常に高度な知識と技術を要し、すばらしい結果を得ている。しかし、穿孔内のモルタル充填状況、あるいは配合によるロックボルト挿入の難易の程度等の基礎的な実験はあまり見受けられない。今回実施した試験の目的は、

- i) ロックボルト穿孔長とトンネル内空を考慮し、そのヘッド差をモルタルフィダーにてモルタル圧送し穿孔先端まで完全に充填可能な否か。
- ii) ロックボルトを挿入する場合の最適モルタル配合。
- iii) 現在市販されている全面接着型の、特殊スパイラル節模様のロックボルト(Aタイプ)と普通型鉄筋(Bタイプ)の種別による挿入難易度の比較検討。

であり以下ロックボルト挿入試験について定量的に評価し報告する。

2. 試験概要

試験は、実際の断層断面を仮定して、上半高約5m、ロックボルト長を3~5mとて高さ11.5mの試験用足場を組立て、それに仮定したスパイラルチューブを地山内の穿孔と仮定し測定を行なった。試料は、アイリッヒ型ミキサーで空練1分、本練3分とし、その後モルタルフィダーに詰めると同時にモルタル強度用型枠にて採取する。フィダー内の試料はコンプレッサーにて加圧し(約7kg/cm²)、スパイラルチューブ内にモルタル充填した後、ロックボルトの挿入を行う。

挿入の難易の程度は、人手による感触の程度ではなく、ロードセルから動歪計を通じてX-Yレコーダにて自記させる。(Fig.1参照) これら荷重-時間曲線の記録より、その曲線内の面積(Kg・sec)を難易度の要因として定量的に、配合別、ロックボルトの種別の比較検討を行う。(挿入難易度とはKg・secのオーダーで工学単位では運動量と一致するが、ここでは以下挿入難易度とする。)尚使用材料はセメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は川砂(利根川産)で比重2.59、吸水率1.63%粗粒率(FM)1.9と標準粒度に比してやや細目の砂を使用した。配合は重量比でC:S=1:1, 1:1.5, 1:2とて水セメント比を30~50%まで変化させた。またフレッシュモルタルの流動性は元来フロー試験が最適であるが、一般的にスランパという概念が行き渡っており、現場にても手軽に実施出来るため、参考値として入刀挿入限界時のみスランパ試験を行なったが、値そのまま鵜呑みすることなく、コンクリートのスランパとは別に考えるのが妥当である。

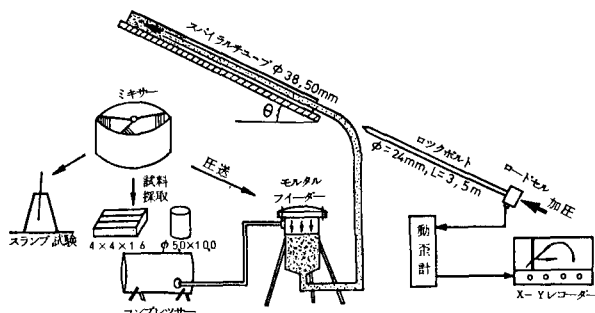


Fig.1 ロックボルト挿入試験装置

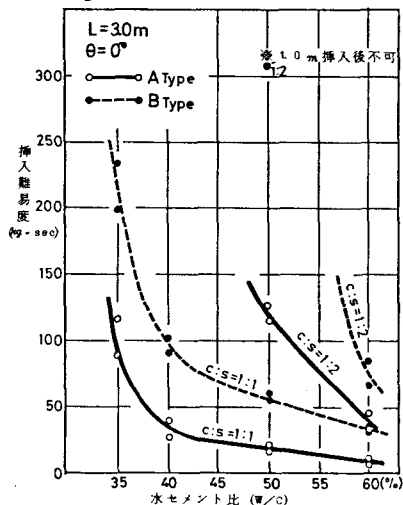


Fig.2 水セメント比による挿入難易度

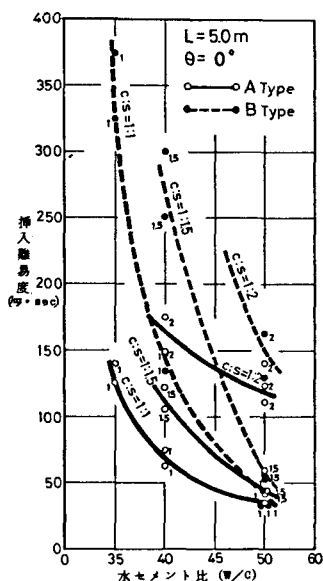


Fig.3水セメント比による挿入難易度

3. 測定結果および考察

Fig.2~Fig.5はそれぞれ水平、45°とロックボルト長3m、5mの挿入試験結果で水セメント比-挿入難易度の関係を示したものである。明らかにC:Sが小さい程また%が大きい程挿入難易度は小さく施工しやすい。同じ配合の場合ではAタイプのロックボルトは、Bタイプの挿入難易度の2~3倍で非常に施工性が高いと思われる。この理由はボルト表面の節模様に大きく影響すると思われる。Aタイプでは挿入するに従って内部のモルタル自身がスパイラル状に回転して吐出してモルタルとロックボルトの密着も良かったが、Bタイプではモルタルの吐出がスムーズでなく管内のモルタルは圧密を受けるだけで挿入性、密着性も不良であった。また水平の場合Aタイプのボルトは長さによって挿入量の違いは差が無いが、Bタイプでは% $\approx$ 35~40%では5mものボルト1.5倍挿入しにくくっている。また45°の場合はボルトの自重の影響もあるが、5mものは3mに比べ5~7倍挿入しにくい。

地山内のモルタル強度は、地山のせん断強度を上回っておれば十分であり配合強度にこだわらず、モルタル最適配合は、④、人力による挿入範囲、⑤、天端孔より流出しない範囲、③、モルタルファイターの圧送範囲の三つの施工性から決定した。その結果がFig.6である。これによるとAタイプはハンテ領域に示されるように最適配合が決定出来るが、Bタイプの普通型鋼筋ではこの3つの領域を兼ねる範囲を見出せず、モルタルは管内からは流出しないが、人力による挿入は不可能でレックハンマーを用いなければならぬという矛盾が生じ、明らかにAタイプが望ましいといえる。また最適モルタル配合は、C:S=1:1で% $\approx$ 32~35%と思われる。このようなモルタルは、分離も起らず、均質でよいモルタルであり、約10mのヘッド差があっても圧送先端まで圧送可能であり、硬化後も十分なロックボルトの記録効果が期待出来る。

一般にモルタルの流動性および塑性抵抗には、0.3mm以下の微粒子が大きい作用するために出来るだけセメント量を増し、粗粒率の小さい砂を使用するのが望ましく、加圧による滑材の吸水、吐水を考えれば、比量が大きく、吸水率の小さい砂を使用するのが望ましい。

以上、比等基礎的試験結果が今後のNATMのロックボルト工の一参考資料とすれば幸いである。

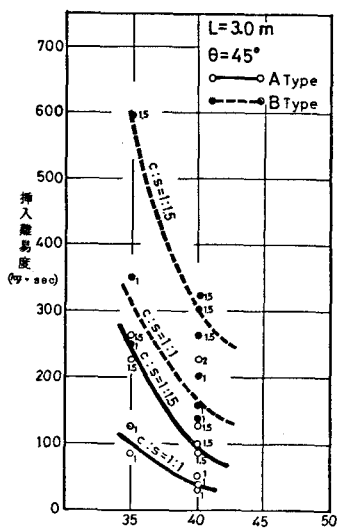


Fig.4水セメント比による挿入難易度

注)1人で挿入可能な範囲は約400kg・ARCまでである。

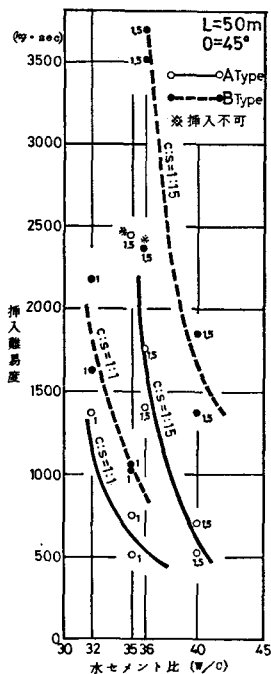


Fig.5水セメント比による挿入難易度

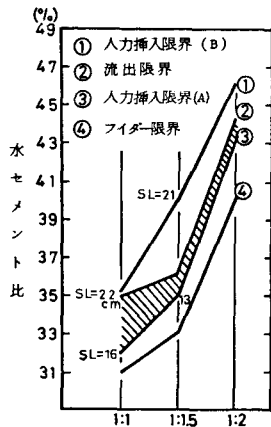


Fig.6セメント砂比 (c:s)