

(株) 熊谷組技術研究所 正会員 大塚 本夫
 同 同 上野 正高
 同 同 垣内 幸雄

1. はじめに

NATMでは計測結果と積極的且つ有効にトンネル施工に反映しようとする試みが行なわれている。しかしながら現段階ではまだ十分に計測結果が反映されていない状態と考えられる。その大部分の原因としては計測結果の解析法が確立されていないことと計測結果の判断基準があいまいなことにあると思われる。本研究はロックボルトにひずみゲージを取付けて引抜試験を行なった場合に、土木学会第33回年次学術講演会で発表したようにトンネル壁面からの物性状態がかなり良く判断できようである根拠について考察した。今回の研究はこれ等の問題を加えて、さらに具体的に地山内物性値を数値的に判断できないかという問題について考察したものである。

2. ロックボルト引抜試験のモデル化

ロックボルトの引抜試験に対するモデル化としてFig.1に示すような骨組解析を行うものとした。実際のロックボルトは全面接着型を想定しているが、ロックボルトと地山との接着状態と部材どうしの結合と、この場合の全面接着

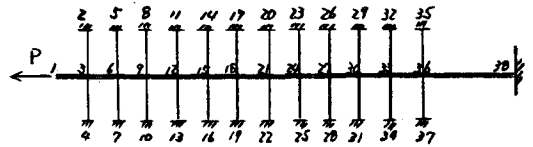


Fig.1. ロックボルト引抜試験のモデル図

のモデル化はロックボルトの接合部材の部材を大きくすることによりあるいは、接合部材を多く用いることによって近似されることになる。このような考えでロックボルトと接合部材で結合された状態の接着力の効果は接合部材の長さ、長さ、弾性係数の関数となり結果的には部材のせん断力が接着力に近似されることになる。

3. モデル解析の方法

Fig.1で示されるロックボルトの引抜試験で地山の物性値が一樣な場合には、Fig.2(b)で示されるような引抜抵抗力の分布曲線が得られ、弾性論で良く近似せられる傾向にある。実際に得られる引抜試験結果ではFig.2(a)に示すような軸力分布が得られる。この原因はトンネル壁面に近い部分は、スリップ半固着、完全固着の順になってゆく様子が想像される。考え方として、Fig.1に示されるモデルでFig.2(a)の曲線が得られるような部材の材質を変えて、再現することができれば地山の材質状態をある程度推定可能と考える。

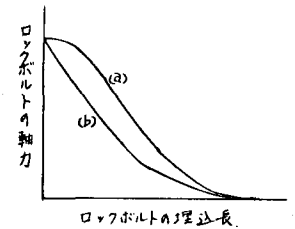


Fig.2. ロックボルトの引抜試験結果

Fig.3は、地山が一樣な物性値であることを想定した場合のロックボルトの引抜試験のモデル解析結果として得られたロックボルトの軸力分布とせん断力分布図である。せん断力は地山内部に行くにしたがって小さなものになっているが実際はトンネル壁面に近づくにしたがって掘削の影響を受けているために地山は強度劣化しているでトンネル壁面に近づくにしたがって大きなせん断力が得られないので結果的にFig.2の(a)の軸力分布になるものと考えられる。Fig.4は実際に得られたロックボルトの引抜試験結果の軸力分布(Fig.2の(a)型)に近似的にFig.3から地山物性値を変化させることにより変換した結果である。

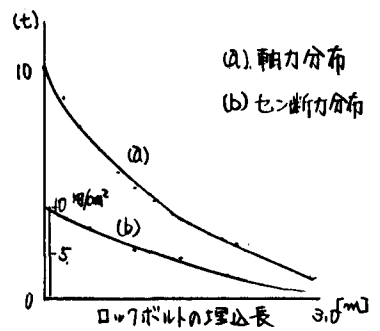


Fig.3. E一定の場合

Fig-4の(a)は軸力分布、(b)は軸力分布を微分して得られるせん断力分布、(c)は計算モデルの部材のせん断力分布を示している。Table-1は計算モデルと実際の引抜試験結果の軸力分布曲線に近似再現した結果の結合部材の弾性係数である。この再現結果から推定されることは地山内の物性値がトンネル壁面に近づくにシズびて明らかに材料劣化していることとわかる。土木学会才33回年次学術講演会で発表し、ロックボルトの引抜抵抗についての考察結果では支保領域と非支保領域の存在判定が可能であることについて述べたが、今回の研究ではさらにトンネルを掘削した結果生ずるトンネル周辺の地山内の強度劣化の数値的分布状態が推定可能であることを論述した。Fig-5は引抜結果の強度劣化をもとにして有限要素法でトンネル周辺の応力と変形をモデル計算したものである。但し、計算モデルではトンネルの同心円上に材料劣化がしていることと、垂直と水平の初期応力比が1:0.4の場合について計算したもので、弾塑性解析は行わず弾性解析のものだけであるので現実とは全く異なるが、将来はこのような試験結果の用い方が可能であることの一例を示した。

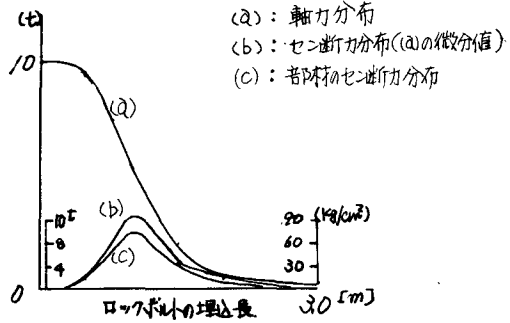


Fig-4. ロックボルト引抜試験の再現結果

地山要素	弾性係数	地山要素	弾性係数
2-3	10	20-21	9.5×10^6
3-4		21-22	
5-6	3×10^6	23-24	1×10^7
6-7		24-25	
8-9	1×10^6	25-26	1.5×10^7
9-10		26-27	
11-12	3×10^6	29-30	2.5×10^7
12-13		30-31	
14-15	8×10^6	32-33	2.5×10^7
15-16		33-34	
17-18	9×10^6	35-36	2.5×10^7
18-19		36-37	

Table-1. [t/m²]

4. 結論

1) みずみげージを取付けたロックボルトと引抜試験することにより得られる軸力分布曲線をもとにして、モデル解析でこの軸力分布曲線を再現することにより、地山内の材料劣化の分布状況が推定可能と思われる。

2) 有限要素法でトンネル周辺の応力、変形をモデル解析する場合に従来は、トンネル壁面周辺は地山の材質と一定

なものとして考え、解析する手法が取られた。今回の研究結果により、掘削の影響を考慮したみるには計測結果を考慮したトンネル周辺の応力、変形のモデル解析が可能であることから計測結果を有効に施工に反映させる方法が新しく考察でき、ものとする。

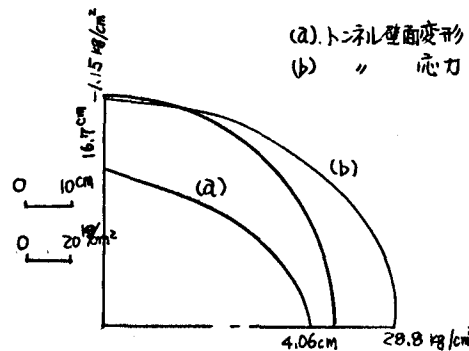


Fig-5. F.E.Mによるトンネル周辺応力と変形

参考文献 大塚, 上野, 石垣 : ロックボルトの新計測システムについて (才34回年次学術講演会)
大塚, 上野, 畔高 : ロックボルトの引抜抵抗に対する考察 (才33回 " ")