

岩石・モルタル複合材料の等価弾性係数に関する基礎実験

清水建設(株)

正会員

○齋藤 亮 , 多田 浩幸

正会員

熊坂 博夫, 中谷 篤史

1. はじめに 高レベル放射性廃棄物処分施設における支保材料あるいはグラウトに用いられるセメントは、地下水と反応して高アルカリ環境を生じさせる。この高アルカリ環境はベントナイトや周辺岩盤のバリア性能に影響を及ぼすことが懸念されている。著者らは、セメントの使用を極力抑えた坑道の構築方法の一つの案である岩石利用セグメント^{1),2)}に関して、岩石・モルタル複合材料の強度、変形特性について試験と理論の比較を行っている。その結果、試験から得られた弾性係数は理論より求めた等価弾性係数よりも低い値となり、理論値の評価に関しては、花崗岩ブロックに挟まれたモルタルの弾性係数を把握することが重要であると考えた³⁾。

本報では、モルタルの充てん性を向上させるために打設方法を改善し、超音波速度測定と一軸圧縮試験を行い、一軸圧縮試験からモルタル部分の弾性係数を求めて、等価弾性係数を検討したので報告する。

2. 岩石・モルタル複合材料の試験方法 岩石利用セグメントは鋼製枠にレンガ状の岩石ブロックを配置して一体化を図る構造である。本試験では、図-1に示すような岩石ブロック間の連結部を対象として、モルタルを挟んだ円柱供試体(直径 80mm, 高さ 160mm)を作製し、一軸圧縮試験を行っている。既往の検討³⁾では、岩石・モルタル供試体の弾性係数は、理論式から求めた等価弾性係数と比較し、理論値の 40~70%の値となることを報告した。その要因として、岩石間のモルタルの充てん性が不十分なこと、モルタルのみの供試体と岩石間に薄く挟まれたモルタルの各弾性係数とに相違があると考えた。そのため、本試験では充てん性の向上を図るために、モルタルの打設方法を改良した。また、一軸圧縮試験の際に、写真-1に示す治具をつけて、岩石ブロック間のモルタルの変位を直接計測した。さらに、それぞれの供試体の超音波速度測定を行った。試験条件を表-1に示す。表では、既往の検討³⁾をシリーズ1、本試験をシリーズ2と呼ぶことにした。シリーズ2の条件はモルタルの配合(セメントと砂の比)の2ケースとモルタルの打設方法として卓上のバイブレーターを使用した場合と手で叩いた場合の2ケースを組み合わせた4ケースとした。シリーズ2では、岩石の表面を湿潤状態にしてからモルタルの打設を行った。また、モルタルおよび花崗岩の単体円柱供試体(直径 50mm, 高さ 100mm)を作製し、超音波速度測定と一軸圧縮試験も行った。

3. 試験結果 本試験では、図-2に示すように3種類の岩石・モルタル複合材料の弾性係数を算出し比較した。弾性係数 E_1 は、JIS A 1149 に準じて求めた。弾性係数 E_2 は、モルタル単体供試体の 50μ と圧縮強度の $1/3$ に相当する複合材料の応力差とひずみ差から求めた割線弾性係数である。弾性係数 E_3 は、複合材料の一軸圧縮強度の 50%の応力レベルの接線弾性係数である。試験から得られた岩石・モルタル複合材料とモルタルの一軸圧縮強度の関係及びモルタルの弾性係数の関係を図-3、図-4に示す。試験と理論から得られた弾性係数 E_2 とモルタルの弾性係数 E_M の関係を図-5に示す。ここで、理論値は式(1)より求めた。同様に弾性係数 E_3 と岩石ブロック間のモルタル

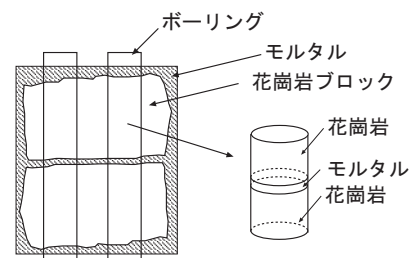


図-1 岩石・モルタル供試体



写真-1 試験状況

表-1 試験条件

試験名称	配合 セメント:砂	バイブレーターの 使用	岩石の 表面状態
シリーズ1	1:4	無	自然状態
	1:3		
	1:1		
シリーズ2	1:4	無	湿潤状態
	1:4	有	
	1:1	無	
	1:1	有	

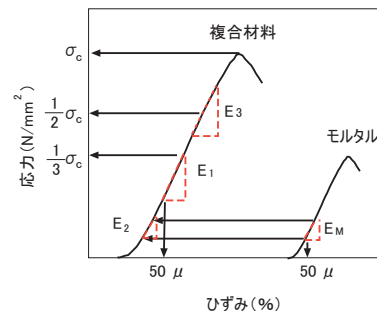


図-2 弾性係数算出方法

キーワード 高レベル放射性廃棄物、坑道、支保工、セグメント、モルタル、岩石

連絡先 〒135-0044 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設(株) 技術研究所 TEL 03-3820-5504

の弾性係数の関係を図-6 に示す。理論値は JIS A 1149 に準じて求めた岩石の弾性係数と、岩石ブロック間のモルタルの弾性係数を用いて式(1) より求めた。実測と理論から得られた複合材料の S 波速度とモルタルの厚さ (L_M/L) の関係を図-7, 図-8 に示す。ここで、理論値は式(2) から求めた。

$$\bar{E} = \frac{L \times E_R \times E_M}{(L - L_M) \times E_M + L_M \times E_R} \quad (1), \quad V_{s-t} = \frac{L}{(L - L_M)/V_{s-R} + L_M/V_{s-M}} \quad (2)$$

ここに、 $\bar{E}$, E_R , E_M は、複合材料の等価弾性係数、花崗岩単体及びモルタル単体の弾性係数、 L , L_M は、供試体、モルタル部分の高さ、 V_{s-t} , V_{s-R} , V_{s-M} は、複合材料、岩石単体及びモルタル単体の S 波速度である。

以上の試験結果から以下のことがわかった。(1)モルタルの配合 1:4 において、シリーズ 1 とシリーズ 2 を比較すると、シリーズ 2 の方が強度、弾性係数は、高い値となった。これは、岩石の表面が湿潤状態だったことが、強度、弾性係数の向上に影響を及ぼしたと考えられる。(2)シリーズ 2 では、モルタルの配合に関わらず、バイブレーターを使用した方が、強度、弾性係数は高くなった。(3)弾性係数 E_2 は、配合 1:4 の場合、バイブレーター有りでは理論値の 42%、バイブレーター無しでは 40%となった。同様に配合 1:1 の場合、バイブレーター有りでは 48%、バイブレーター無しでは 47%となった。この比率は、シリーズ 1 と同等になった。一方、弾性係数 E_3 は、配合 1:4 の場合、バイブレーター有りでは理論値の 70%、バイブレーター無しでは 55%となった。同様に配合 1:1 の場合、バイブレーター有りでは 87%、バイブレーター無しでは 82%となった。弾性係数 E_3 は E_2 より理論値に近い値となった。(4)S 波の超音波速度測定の結果は、理論値より遅い値となった。

4. まとめ モルタルの打設方法を改良し、岩石ブロック間のモルタル部分の変位を直接計測する方法で、一軸圧縮試験、超音波速度測定を行い、等価弾性係数を検討した。その結果、モルタルの配合 1:4 においては、打設方法を改良することで、強度、弾性係数はともに向上することがわかった。一軸圧縮強度の 50%の応力レベルで求めた弾性係数 E_2 が、モルタルの弾性係数を算出した応力レベルで求めた弾性係数 E_1 より理論値に近い値となった。これは、弾性係数 E_1 は、低応力レベルでの加圧板と供試体間の密着度の影響により、小さく算出されていることなどが要因と考えられる。また、弾性係数 E_2 および S 波速度が理論値と一致しなかった。これについて、岩石とモルタルの境界部分にモルタルの充てん性が不十分な所があると考えられるので、今後さらに検討してゆきたい。

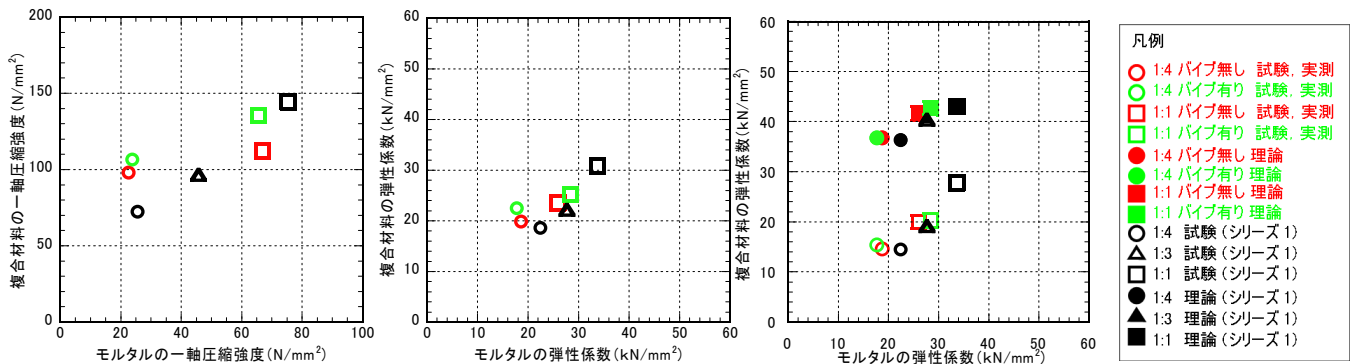
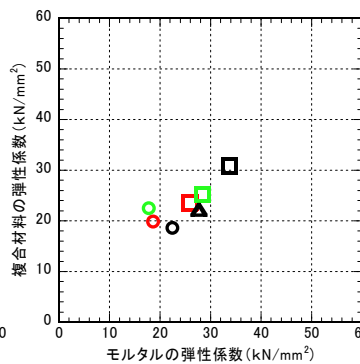
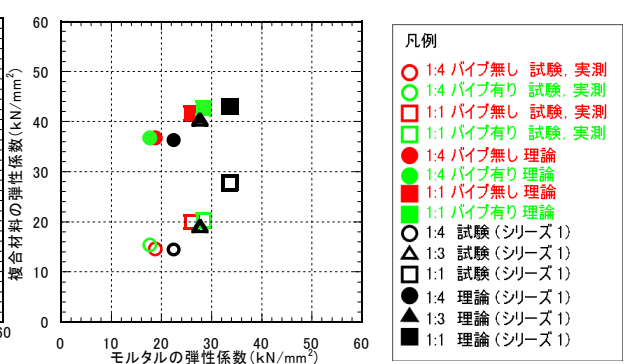


図-3 一軸圧縮強度

図-4 弾性係数 E_1 図-5 E_2 の結果と理論値の比較

参考文献

- 1) 多田浩幸, 他: 土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集, CS5-044, 2007.
- 2) 多田浩幸, 他: 日本原子力学会 2007 年秋の大会予稿集, J18, 2007.
- 3) 齋藤亮, 他: 日本原子力学会 2007 年秋の大会予稿集, J19, 2007.

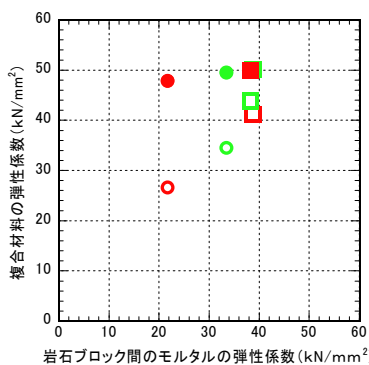
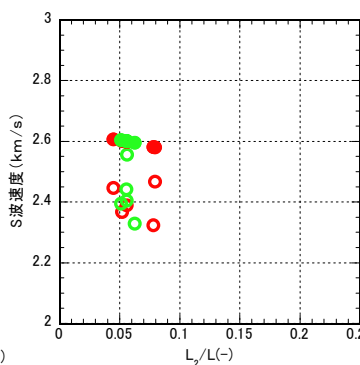
図-6 E_3 の結果と理論値の比較

図-7 配合 1:4 複合材料の S 波速度結果

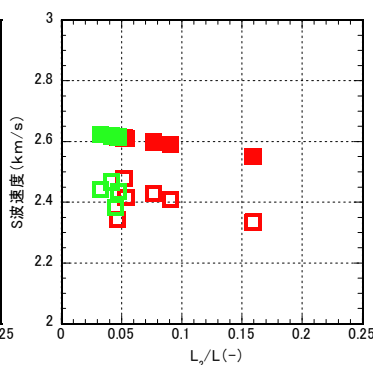


図-8 配合 1:1 複合材料の S 波速度結果