

栗子地区より採取した岩石を用いた AE 法による地圧推定

日本大学工学部 正会員 ○渡邊 英彦
 琉球大学工学部 正会員 藍檀 オメル
 清水建設（株） 正会員 今津 雅紀

1. はじめに

地盤・岩盤内に生じている応力を地圧といい、地下構造物とその周辺岩盤に主要な荷重として作用している。大型地中構造物の安全かつ合理的な設計・施工において、地圧を施工前に把握することは極めて重要である。地圧の大きさは一般に方向により異なり、また、様々な要因により複雑に分布する場合があることから、重要構造物においては原位置試験や岩石コア試料を用いた室内試験により地圧の推定が行われている。本研究では室内試験の一つである AE 法と接線弾性係数による手法により栗子地区より採取した岩石を用いて地圧の推定を試みた。また、それらの結果と弾性波速度の主方向との比較検討を行った。

2. 実験方法

2.1 供試体作製

供試体は福島県と山形県の県境に位置する栗子地区で採取した火山礫質凝灰岩である。ブロック状の岩石(概略の大きさは縦 40cm、横 60cm、高さ 15cm の三角柱)から、3 次元主応力を推定するため 6 方向のボーリングを行った。採取したブロック岩石の大きさの関係から供試体は直径 3cm、高さ 6cm とし、両端面の平行度を±0.05mm 以内に整形した。供試体は各方向 5 本ずつ合計 30 本（図-1）を作製した。

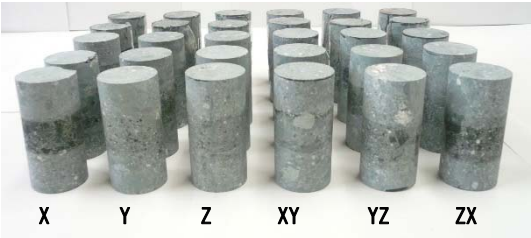


図-1 6 方向の供試体

2.2 一軸圧縮載荷方法

載荷前に供試体の弾性波速度を測定した。その後、変位速度を 5×10^{-4} mm/s とし、一軸圧縮載荷を行った。載荷過程で AE の測定を行い、カイザー効果を用いた AE 法による地圧推定を行った。

表-1 6 方向の弾性波速度と一軸圧縮強度

	X	Y	Z	XY	YZ	ZX	平均
弾性波速度 VP (km/s)	4.32	4.42	4.19	4.34	4.25	4.34	4.31
一軸圧縮強度 (MPa)	86.34	78.26	65.43	86.82	87.53	82.71	81.18

3. 実験結果と考察

3.1 弾性波速度と一軸圧縮強度

6 方向の弾性波速度(Vp)と一軸圧縮強度の結果を表-1 に示す。また、6 方向の平均値と測定値の比を図-2 に示す。弾性波速度については、各方向の平均値は 1.00 付近にあり 6 方向の差は小さいことがわかる。方向ごとの測定値のばらつきも小さく、全て 1.00 ± 0.1 の範囲で分布している。一方、一軸圧縮強度については、各方向の平均値は方向により大きさが異なっている。方向ごとのばらつきも弾性波速度に比べ大きく、特に Y,Z,XY 方向は平均値から大きく離れた値を示す場合もあった。これらについては、供試体に含まれる礫の大きさと供試体の大きさが関係していると考えられる。

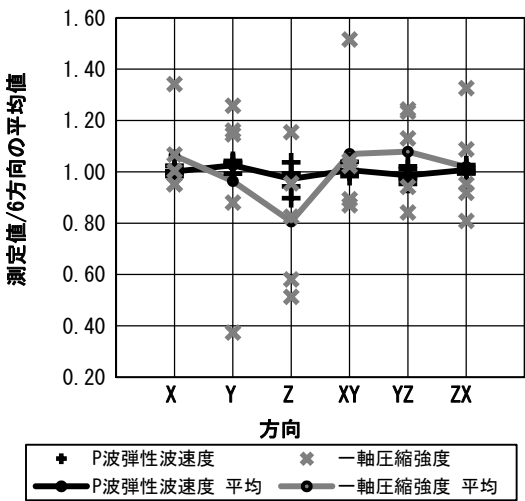


図-2 6 方向の弾性波速度と一軸圧縮強度

3.2 推定地圧

X 方向供試体の载荷応力 σ と AE 発生率増分を図-3 に示す。AE の急増点が不明瞭な場合が多いため、 Δt 秒ごとの AE 発生率増分を用いて急増点の判定を試みた。図-3 では 700s 付近に AE 発生率増分のピークがあり、そこを急増点として地圧を推定した。また、図-4 に示した応力-ひずみ曲線から接線弾性係数を求め、その変化傾向から地圧の推定を試みた。図-4 では载荷 1 回目の 8MPa を上回る領域の変化点を推定地圧とした。推定した 6 方向の地圧を表-2 に示す。どちらも 6~10MPa の値となり $\sigma=\gamma h$ (h : 土被り 330m) より算出した 8MPa に近い値となっている。

次に、AE 法、接線弾性係数による手法の 6 方向の地圧より求めた主応力の大きさと方向を表-3 に示す。それぞれの主応力はほぼ同程度の大きさに推定されている。主応力の方向を図-5 のステレオネットに示す。最大主応力の方向は、AE 法は NE-SW 方向で、接線弾性係数による手法は E-W 方向となった。別途に実施した断層の条線から推定した最大主応力の方向はほぼ E-W 方向であり、概ね同じ方向となった。岩石の採取地点は東から太平洋プレート、西からユーラシアプレートの応力が作用しており、概ね E-W 方向に圧縮を受けている。今回推定した最大主応力の方向はプレートの作用方向と調和的な結果となった。

岩石試料はボーリング時に応力が解放され、その際に岩石内の微小亀裂も影響を受けると考えられる。そこで弾性波速度についても主方向を求めた。図-5 に示すように最大主応力と最小弾性波速度の方向、最小主応力と最大弾性波速度の方向が概ね同じ傾向にある。これは応力解放により最大主応力が作用していた方向に微小亀裂の解放が大きく弾性波速度が遅くなったためと考えられる。

表-2 6 方向の地圧推定結果 (MPa)

	X	Y	Z	XY	YZ	ZX
AE法	10.04	9.86	8.95	10.04	8.67	6.84
接線弾性係数法	9.88	10.35	7.24	9.11	7.23	6.08

表-3 主応力の推定結果 (大きさ MPa)

	AE法			接線弾性係数法		
	大きさ	方向	傾斜	大きさ	方向	傾斜
σ_1	12.32	N53.8E	39.2	11.40	N85.5E	25.8
σ_2	9.83	S35.8E	0.6	10.90	N16.5E	23.3
σ_3	6.70	S55.1W	50.8	5.17	S37.2W	54.0

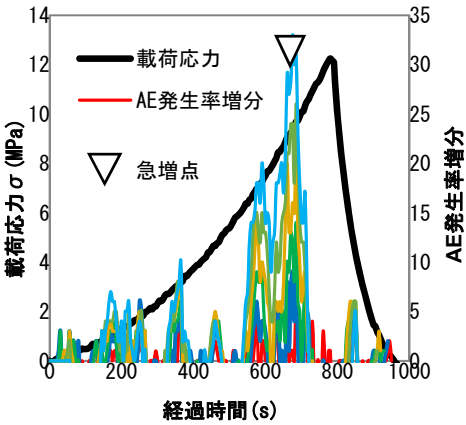


図-3 载荷応力と AE 発生率増分 (X 方向供試体)

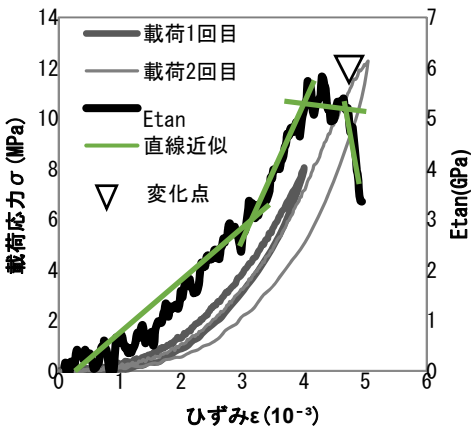


図-4 応力-ひずみ曲線と接線弾性係数 (X 方向供試体)

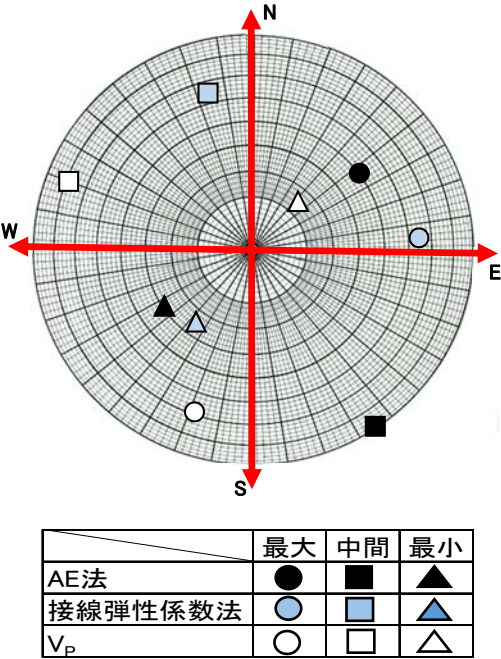


図-5 主応力の方向