

徳島大学工学部 正員。藤井 清司

正員 井上 了

国 鉄 正員 松岡 正己

まえがき 原位置岩盤せん断試験で、岩盤にわれ目等の欠陥がない場合については昨年度本年次学会で発表しているが、欠陥のある場合についての試験を行ったので、それについて述べる。欠陥としては表-1に示すごとく、せん断面に、せん断荷重方向に平行、垂直の1~2本のわれ目をもうけたものである。また、簡単な仮定のもとに、仮想せん断面にそってきれつが進行するものとして、F.E.M.解析した結果についても述べる。

試験体 試験体寸法は70×40cm、高さ30cmの基盤部上面中央に10×10×10cmのせん断突起部があり、せん断荷重はその突起部に木平より23°斜め上方から載荷するため、載荷三角形部が付いている。仮想せん断面は基盤部とせん断突起部の境界で10×10cmである。試験体は木：普通ボルトランドセメント：細骨材=1：2：6のモルタルセメントを所要の形の型枠に打込んで、基盤部、突起部一体物として作製する。われ目(JO)NT)は、せん断面を2~3等分する位置に1mm鉄板1~2枚を設置してモルタルセメントを打設し、2日後試験体脱型時に鉄板をとりさき合合わせただけのものである。そのわれ目は試験体を完全に2~3等分するように基盤部下端まで達している。その後、5日間空中湿潤養生したものを試験体とする。

せん断試験 われ目の数、せん断荷重に対するわれ目の方向によって試験を4系列にわけ、その各々に垂直荷重を3種類作用させる。そして、表-1の試験番号を付ける。まず、試験体を載荷枠に固定し、一定垂直荷重Vを突起部上面にローラーを介して等分布載荷し、常に一定に保ちながらせん断荷重Fを1tonきざみ繰り返し増加荷重として加える。せん断荷重の増加はその減少が10Fg/分以下に落ち着いた時点で行う。各荷重段階で、突起部上、背面、基盤部各所に設置したダイヤルゲージにより変位を測定する。そして、せん断部が破壊した最大せん断荷重値をとり、破壊面の観察、スケッチを行い、ひびわれを調べる。

材料強度試験 各試験体作製時に、その材料中よりφ10×20cmの供試体を10~30本作り各種の強度試験を行い、その

表-1 試験番号および試験結果

試験番号	われ目数・方向	V (ton)	Fmax (ton)
1-P-0.5		0.5	11.00
1-P-1.0		1.0	11.75
1-P-3.0		3.0	14.85
2-P-0.5		0.5	11.00
2-P-1.0		1.0	10.00
2-P-3.0		3.0	15.00
1-N-0.5		0.5	8.00
1-N-1.0		1.0	12.60
1-N-3.0		3.0	14.25
2-N-0.5		0.5	7.75
2-N-1.0		1.0	8.00
2-N-3.0		3.0	11.00

表-2

試験種類	試験数	破壊線式 (kg/cm ²)
われ目なし全体	13	$\tau = 55.72 + 0.92 \cdot \sigma$
われ目あり全体	12	$\tau = 40.65 + 1.06 \cdot \sigma$
1-P 系列	3	$\tau = 49.37 + 0.98 \cdot \sigma$
2-P 系列	3	$\tau = 44.53 + 1.06 \cdot \sigma$
1-N 系列	3	$\tau = 40.00 + 1.12 \cdot \sigma$
2-N 系列	3	$\tau = 35.08 + 0.99 \cdot \sigma$
1-N 解析結果	3	$\tau = 31.42 + 1.30 \cdot \sigma$

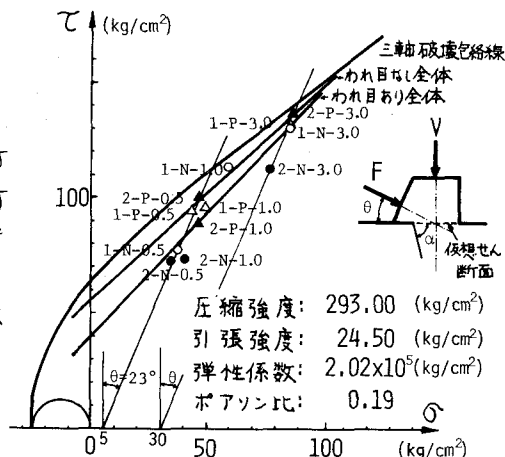


図-1 セン断試験および三軸試験結果

材料独自の強度を知ると同時に、品質管理を行う。その結果は図-1中に示すが、引張強度は圧裂試験、弾性係数、ポアソン比は20mm抵抗線ひずみゲージによった値である。三軸試験破壊包絡線は、引張強度、一軸圧縮強度、側圧50, 100, 150, 200 kg/cm^2 の試験結果より示める。これらの値は、われ目の有無によるちがいを比較するために、全ての値の平均値である。

せん断試験結果 各試験のVとFmaxを表-1に示す。これを σ - τ 座標面上にプロットすると図-1となり、各試験系列の破壊線式を求めると表-2を得る。これより、試験体材料の本来の強度を表わす三軸試験包絡線に対して、われ目なし全体の試験結果、われ目あり(全

体)の試験結果等の関係がわかる。また、 τ -軸とその破壊線の交点がその右側のせん断強度とすれば、1本のわれ目がせん断荷重方向にある1-Pが一番強く、次に、2-P、1-N、2-Nという順序に強度がなる。内部まっす角は、1-P、2-P、1-Nの逆の順に大きくなり、この3破壊線は $\sigma = 70 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\tau = 115 \sim 120 \text{ kg/cm}^2$ 付近で交わる。図中に $\sigma = 5, 30 \text{ kg/cm}^2$ より鉛直軸より23°をなす2線が描かれているが、これはVによる垂直応力 $\sigma = 5 \sim 30 \text{ kg/cm}^2$ で、せん断荷重載荷傾角を水平より23°で行った場合、試験結果はこの2線上とその間のみ現われることを示している。よって、破壊線が一次式であるとし、それを延長して τ -軸との交点としてせん断強度が求まる。次に、せん断荷重載荷傾角突起部つけ根のひびわれであるが、われ目なし、P系列の試験では観測されないが、N系列では、われ目の位置がせん断荷重に近く、また、垂直であるため、つけ根よりひびわれが基盤部表面を斜め後方にひび、試験後載荷枠よりはずしてひびわれを観察すると、つけ根下端より1-Nで $\alpha = 70^\circ$ 、2-Nで $\alpha = 78^\circ$ の方向にひびわれがみられる。これはF.E.M.弾塑性解析にみられる引張塑性域の進展方向と一致しているが、試験におけるせん断破壊は、このひびわれに関係なく、最終的に仮想せん断面にそっていきに生じる。破壊面状況、突起部の変位等はわれ目なしとは同じである。

F.E.M.解析 1-N系列と2-N-1.0の4試験についての解析を行う。われ目をGoodmanの"Joint element"と仮定し、他は一様弾性体とする。せん断破壊は、試験の結果より仮想せん断面で起こるとする。このJoint要素の垂直剛度 $K_n = 150,000 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 、せん断剛度 $K_s = 90,000 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 、まっす角30°、粘着力0 kg/cm^2 を試験体われ目を想定した供試体を作りこれにより求めた。破壊の判定は、垂直方向は引張相対変位、せん断方向は $\sigma_{tan} 30^\circ$ とせん断応力の比較により、破壊後は $K_n = 0$ 、 $K_{s, residual} = 2/3 \cdot K_s$ とする。仮想せん断面の破壊は、面上節点のMohrの応力円が、 $\sigma_t = -24.5$ 、 $\tau = 70.0 + 0.75 \cdot \sigma$ の2線のいずれかと交われは起こり、その節点を2節点に分割する。これらの解析手順は図-2に示す。あるせん断荷重で、せん断面、Jointに破壊が起これば、試験体が新たな構造物となるので全体剛性マトリックスを修正し、その荷重で安定するまで計算を繰り返す。破壊がなくなればせん断荷重を1ton増加させる。1-V-0.5の解析結果は、F=8 tonsまでは1節点のみ破壊して安定しているが、9 tonsでは激に破壊がすすみ、繰り返して安定計算中に最終破壊にいたる。これは、試験でせん断破壊が一瞬に起こることをよく表わしている。1-Nの3試験より得た最小自乗破壊線式が正しいとしてV=0.5, 1.0, 3.0 tonsのFmaxを求め、また、解析によるFmaxを求めて表-3に示す。2-V-1.0は1-V-1.0との比較のため計算したものである。これらの計算結果より破壊線式は表-2の値を得る。これらの計算は、図-2の解析求①と②を比較して、②を用いている。 *参考文献: 年次講演 29回 III-216, 30回 III-117 藤井他"せん断荷重載荷傾角" その1, 2

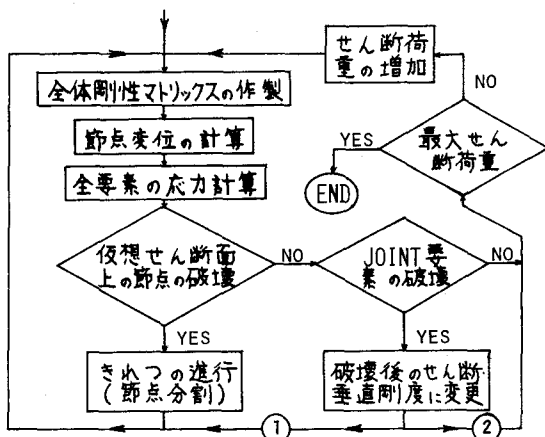


図-2 解析フローチャート

表-3

試験番号	F.E.M.による Fmax (ton)	試験最小自乗線 によるFmax (ton)
1-N-0.5	9.0	9.4
1-N-1.0	11.0	10.6
1-N-3.0	17.0	15.2
2-N-1.0	9.0	8.4