

III-17 岩盤せん断試験における破壊機構について

大阪大学工学部 正員 伊藤 富雄

大阪大学工学部 正員 ○藤井清司

大成建設 正員 小寺秀則

はじめに、岩盤せん断試験の模型実験として、図-1に示す凸AOBCDEFG、厚み10cm一様(有限要素法でこれを応力解析するため厚み一様とする)の試験体を作り、一定垂直荷重:Vをかけた上、水平荷重:Hを増して、せん断試験を行なったところ、点Gより点DへひずわれがほぼGD線と一致した線上を進み破壊した。この時、点Gよりひずわれが出来ても、一層大きな水平荷重が載荷できた。^{*}この事は、最初からひずわれがあっても破壊時の最大水平荷重:H_{max}には影響がないということになる。これから、最初からGD線上に点Gより、1, 3, 5 cmの各々のキレツを持った試験体でせん断試験を行なったとき、その結果は上の現象とどう対比するか、また、有限要素法で解析したとき、上のことを説明出来るかどうかを知るため以下のような実験、解析を行なう。

実験 重量配合比 普通ポルトランドセメント：水：細骨材＝2：1：6のモルタルを試験体型枠に流しこむ時、点Gよりキレツとなる位置に厚み1mmのセルロイドを置き、図-1の+印の位置に1～10の2方向埋込みずみゲージを厚みの中央部に挿入する。材令7日で、圧縮強度 σ_c :19.9 kg/cm²、引張強度 σ_t :20.2 kg/cm²、弾性係数:1.4×10⁵ kg/cm²、ポアソン比:0.15、せん断強度で:33.5 kg/cm²。試験体の周辺にAOBCを載荷荷装置に接着剤で固定させ、垂直荷重Vを1, 3, 5 tonのいずれかの

一定値に保ちつゝ、水平荷重 H を 1ton きざみで増加させる。各荷重段階で埋込みずみゲージの変化を測定し、 $\overline{GD}$ 線上で、せん断破壊したときの最大水平荷重 H_{max} を測定する。キレツなし、最初からキレツのある 3 種類の各々に、垂直荷重を 3 種類載荷して、計 12 種の実験を行なう。

解析 三角形要素分割による有限要素法で解析する。試験体に図-1のような座標軸をとり、垂直荷重を $\overline{F_E}$ に等分布、水平荷重を $\overline{F_G}$ に三角形分布として載荷させ、 $\triangle A O B C$ を固定支持とし、まず、全体を約 75 要素に分割、さらにくわしく応力状態を知りたい $\overline{G D}$ 線付近を 2 パートとし解析する。

実験、解析結果 $V=3\text{ ton}$, キレツ3cmのゲージ番号2~5の応力の測定値と解析値を図-2に示す。これは、測定値の一部であるが、これらより測定値と解析値はよく一致しているので、この後、試験体の広い範囲の応力値がわかっている解析値を用いて話をする。表には一定垂直荷重のもとで

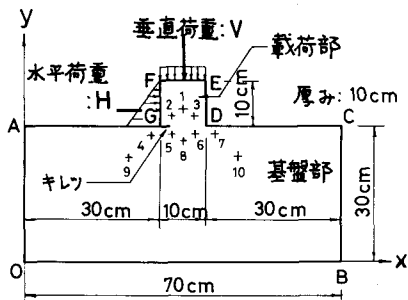


図-1 試験体

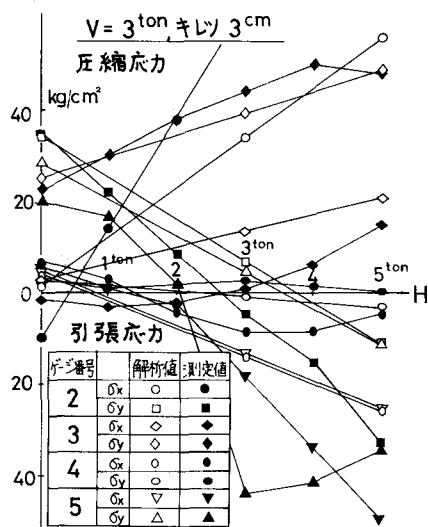


圖-2 解析值・測定値

ギン番号		解析値	測定値
2	σ_x	○	●
	σ_y	□	■
3	σ_x	◇	◆
	σ_y	◇	◆
4	σ_x	○	●
	σ_y	○	●
5	σ_x	▽	▼
	σ_y	△	▲

のキレツなし、キレツ 1, 3, 5 cm の実験による破壊時最大水平荷重: H_{max} が記されている。これからはキレツ長さは H_{max} には影響を与えないようである。次に、垂直・水平荷重、キレツ長さを決め、有限要素法にて解析された各位置の応力値に、Mohr の説と最大せん断応力説の 2 種の破壊論を適用させて、すでに破壊基準を越えているものを $\times$ 印で表わすと図-3 が描ける。これらの図より例えば、Mohr の破壊論による、 $V=3$ ton の H_{max} (表の理論による破壊時最大水平荷重) を知るには、 $V=3$ ton を載荷し、 H を増加させて $H=3$ ton の解析で $\times$ 印が表われ、その $\times$ 印の位置よりキレツが点 G より 1 cm 進むとする。そこで、 $V=3$ ton, $H=3$ ton, キレツ 1 cm で解析すると $\times$ の位置は進展しないので $H=4$ ton に増し、 $V=3$ ton, $H=4$ ton, キレツ 1 cm で解析するというふうに、キレツがある長さで $\times$ が進展しないと H を増し、 H を増した段階でキレツがどこまで進んでとまるかを調べ、 H の増加なくキレツが進んで破壊してしまう H_{max} は、Mohr の説、最大せん断応力説の各々に対して、表の右半分のような値となる。これらはキレツ 1 cm きざみ、 H を 1 ton きざみで推定した値で、キレツと H のきざみ間隔が少し大きいため、判定の基準により H_{max} が表に示すように、5 ton or 6 ton となる。2 つの破壊論を比べると Mohr の説では点 G 下方に、せん断応力説では点 D 付近に破壊域が集中し全く異なった傾向を示す。この両方の破壊域とも実際のひび割れの出来る位置とは異なり、実験はこの中間の破壊状況を示す。しかし、最終の H_{max} は両方ともほぼ等しく、また、これらの値は実験値とも近いので、これより、完全ではないがキレツ(破壊)の進行と水平荷重の関係がわかり破壊時最大水平荷重が推定できる。図-4 はキレツなし、キレツ 1, 3, 5 cm の実験より得た H_{max} , V の値を GD 部の断面積 (100 cm^2) で割った値を τ の平面上にプロットした点を結ぶ直線と、この実験に用いたモルタル材料の Mohr の破壊線とを表わす。なお、基盤部厚み 5.0 cm の試験体における実験では $\tau_0: 35.4 \text{ kg/cm}^2$, $\phi: 42.0^\circ$ を得ているので、この実験が基盤部厚み 10 cm であるために、実際の岩盤せん断試験と大きくかけはなれたものになっているとは考えられない。*参考文献: 伊藤 義孝「岩盤のせん断試験について」昭和 44 年関西学術講演集

垂直荷重 V (ton)	実験による破壊時最大水平荷重: H_{max} (ton)					理論による破壊時 最大水平荷重 (ton)	
	キレツ なし	1cm	3cm	5cm	平均	Mohr の説	最大せん断応力説
1	5	4	4	4	4.0	4	5
3	7	6	6	5.5	5.8	5 or 6	5 or 6
5	8	6.5	7	6	6.5	6 or 7	6 or 7

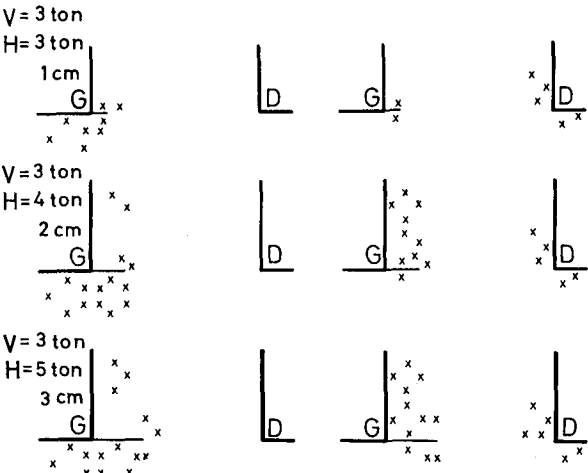


図-3 Mohr の説 最大せん断応力説

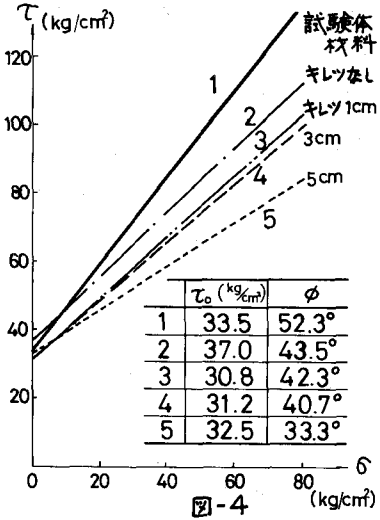


図-4