

原位置岩盤せん断試験における垂直応力に伴う強度特性の変化

岡山大学環境理工学部 正会員 西山 竜朗
 近畿大学農学部 正会員 長谷川高士

1. 目的

原位置岩盤せん断試験の力学的機構を明らかにすることを目的とし、試験過程における局所破壊に注目しながら、同試験を想定した石膏模型試験を行った。試験は模型材料の一軸圧縮強度の約半分を最大とする比較的広い垂直応力域に対して行い、特に垂直応力に伴う強度特性の変化について検討した。なお、岩盤内に存在する不連続面による影響を取り除いた、試験法自体の力学的特性を検討対象とした。

2. 手法

原位置岩盤せん断試験におけるブロック試験体付近を想定した石膏模型に対して荷重を与え、ブロック 基盤接触面付近を破壊に至らせた (図1)。試験過程においては、変位および荷重の測定に対応させながら模型の挙動を撮影した。模型材料の物性値は、弾性係数 $E = 3697 \text{ MPa}$ 、Poisson 比 $\nu = 0.35$ 、一軸圧縮強度 $\sigma_{ci} = 16.56 \text{ MPa}$ 、圧裂引張強度 $\sigma_{ti} = 2.844 \text{ MPa}$ であった。

上記の試験過程における応力を知るために、有限要素法による模型試験の応力解析を行った。解析においては、応力が材料の破壊規準に至った要素中に破壊が起こるものとし、破壊が起こった要素中に存在を仮定した亀裂面上の摩擦強度を考慮した超過応力の再分配を行うことにより、試験過程における局所破壊を考慮した (西山・長谷川 [2])。解析条件は図1に準拠し、ブロック被覆枠の弾性係数には石膏の100倍を与えた。

3. 結果

模型試験から得たせん断応力 せん断変位関係を図2に、ブロック 基盤接触面上全体について平均した破壊点の応力を図3に示す。図2において、ブロック 基盤接触面上に与えた初期垂直応力が比較的小さい場合には破壊点後にせん断応力が大きく低下し、一方で初期垂直応力が比較的大きい場合には破壊点後の残留状態においてもせん断応力が徐々に増加している。また、図3において、特定の垂直応力域を境界とする低・高両垂直応力域における破壊点の応力が、石膏の材料試験から得た Hoek[1] による破壊規準より明らかに小さい。

図4に示すように、破壊点は、いずれの試験においても局所的な破壊と同時に記録された。ここで、図5に示す低垂直応力域での試験に関する応力解析結果から、低垂直応力域において破壊点の応力が破壊規準より小さい理由は、低垂直応力下ではブロック 基盤接触面上の応力が一様でない傾向が強くなり、同面上における破壊が起こった局所以外の応力が破壊規準を大きく下回るためと言える。低垂直応力下で破壊点の応力が材料強度

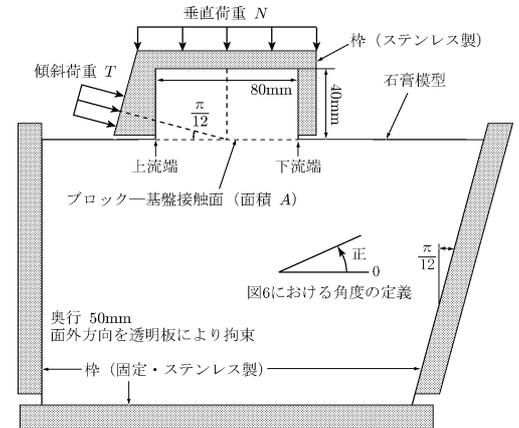


図1: 石膏模型試験の概略図

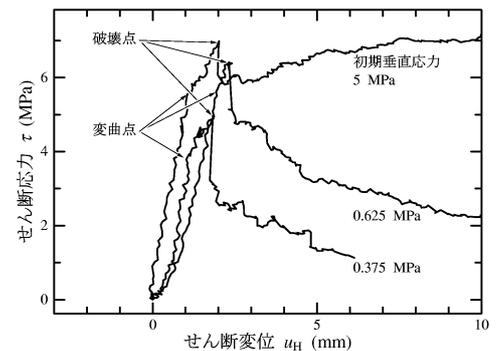


図2: 模型試験から得たせん断変位 せん断応力関係

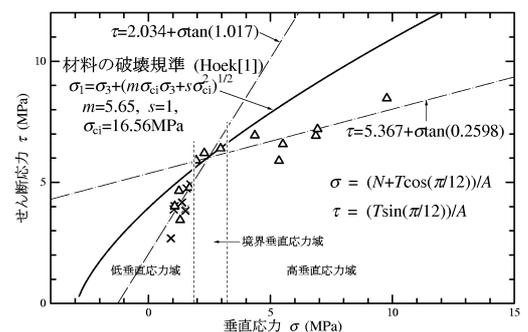


図3: 模型試験から得た破壊点の応力

キーワード 岩盤、せん断、破壊規準、原位置岩盤せん断試験
 連絡先 住所: 〒700-8530 岡山市津島中3-1-1, 電話: 086-251-8362, FAX: 086-251-8361

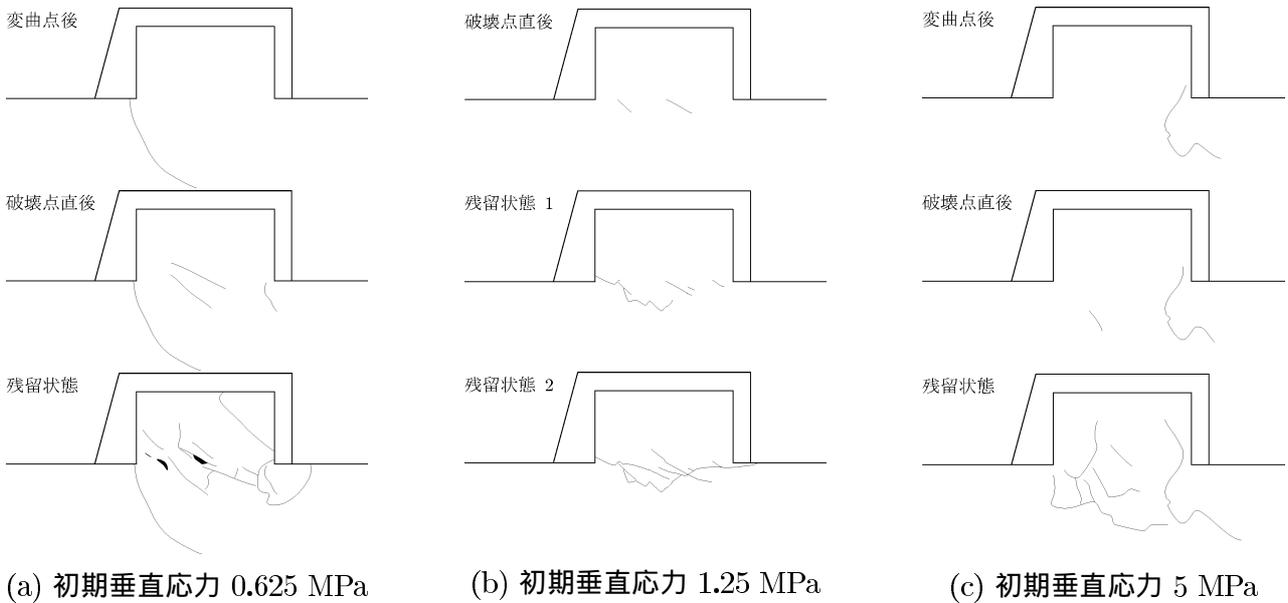


図 4: 模型試験における破壊形態

より小さいといった傾向は、谷 [3] による報告にも一致する。

一方、高垂直応力下では比較的一様な応力分布を得るが、ここで図 4(c) を図 4(a) および (b) と比較すると、破壊点において亀裂が生じた位置がブロック 基盤接触面から基盤内側へ離れている。したがって、破壊点においてブロック 基盤接触面上全体の応力が破壊規準に至っておらず、このことにより破壊規準より小さい破壊点の応力が測定されると考えられる。

また、図 6 において、低垂直応力下では最大主応力方向が傾斜荷重作用線の方向に近い状態で破壊点を迎え、一方の高垂直応力下では上記の場合より大きく傾斜している。このような傾向は、図 4 の破壊点直後に見られる亀裂の傾斜に一致する。また、このことにより、高垂直応力下では破壊点後におけるせん断断面の形成が起りにくく、図 2 のような結果を得るものと考えられる。

破壊点の応力が上記のように現れるならば、せん断抵抗は評価対象となる垂直応力の範囲によって大きく異なる。図 3 中に示した低垂直応力域および高垂直応力域の各々に対して求めたせん断抵抗を比較すると、単位粘着力 c および内部摩擦角 ϕ のいずれも大きく異なっている。

4. 結論

上記の検討から、原位置岩盤せん断試験における破壊は局所的な破壊であり、その形態は垂直応力の規模により変化すると考えられる。試験法の特長として、材料の破壊規準にほぼ等しい破壊点の応力を得る特定の垂直応力域を境とし、低・高両垂直応力域において破壊規準より小さい破壊点の応力が測定される。このことに伴い、狭い垂直応力域での試験から求めたせん断抵抗は、垂直応力の規模に強く依存したものとなる。

参考文献

[1] E. Hoek. Strength of jointed rock masses. *Geotechnique*, Vol. 33, No. 3, pp. 185-223, 1983.
 [2] 西山竜朗, 長谷川高士. 不連続面を含まない岩盤に対するブロックせん断試験の応力解析. 第 35 回地盤工学研究発表会平成 12 年度発表講演集, pp. 1025-1026. 社団法人 地盤工学会, 2000.
 [3] 谷和夫. 人工の泥質軟岩を用いた室内岩盤せん断試験. 第 10 回岩の力学国内シンポジウム講演論文集, pp. 767-772, 1998.

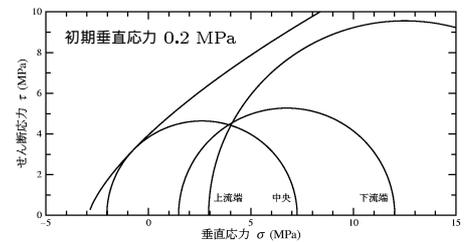


図 5: 応力解析から得た破壊点におけるブロック 基盤接触面上の応力

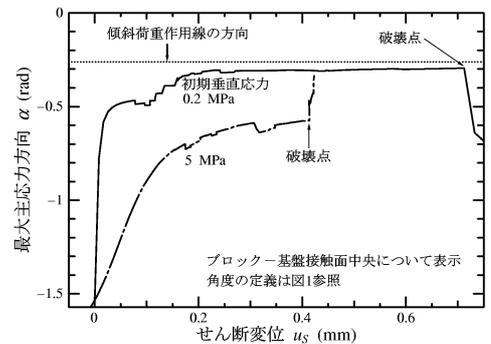


図 6: 応力解析から得た最大主応力方向