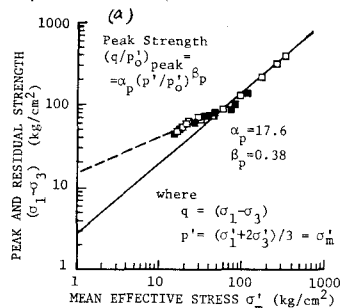


京都大学防災研究所
富山県正会員 足立紀尚
林 正之

1. はじめに

岩盤では節理の地質分離面が力学挙動を支配するから、それら地質分離面の力学挙動に及ぼす様子をいかに詳細に実際の設計、施工に取り込むかが、かつ新しい重要な課題である。例えば岩盤の強度もいかに決定し、それについて確固とした方法論はない。筆者らはこのところ、軟岩の力学特性を調べてきているが、その力学挙動は土質材料はもとより、硬岩とそれと変らず、差異は拘束圧と作用応力レベルの大小によるものであることが明らかになった。さらに、岩盤の力学特性を把握するべく、あらかじめ不連続面(切断面)を手にして供試体を用いて三軸試験を行った。本報告はこの結果を示すと同時に、岩石供試体を用いた試験によって岩盤の強度を推定する方法について述べよう。

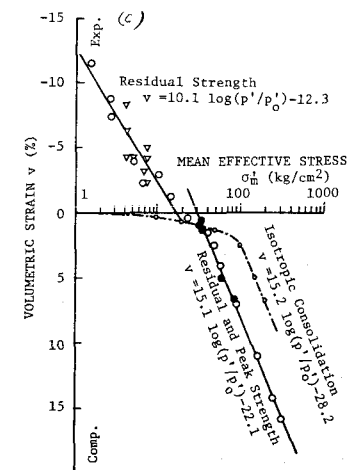
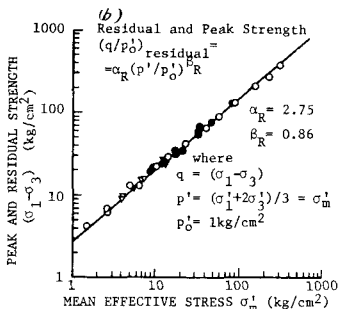


2. 岩石の破壊規準(最大強度、残留強度)

対象とする岩石特有の拘束圧以下では岩石の挙動は過圧密土と類似である。すなわち、せん断に従って応力は増加して最大強度に至るが、応力はその後減少に転じ、最終的には残留強度状態に達する。このせん断過程において、初期は圧縮を示すが、最大強度に至る直前から膨張に変わり、残留強度状態に近づくとも膨張は終了する。

一方、その特有の拘束圧以上においては軽く過圧密土とは、正規圧密状態にある土と同様の力学挙動を示す。すなわち、せん断とともに応力は単調に増大し最大強度に至るが、それは残留応力状態でもある。この過程においては圧縮のみのが生じ、最大=残留強度状態では圧縮のみならず以上生じはくする。

図-1. は最大から残留強度規準を決定するために準備したものである。これは凝灰岩である大谷石に対するものであるが、最大強度(図-1(a))も残留強度(図-1(b))も両対数紙上で直線関係で表わされ、図中に与える関係式でその破壊規準が与えられる。また、破壊状態は単に応力のみの関係式で表わすことは不十分であって、圧縮ひずみと応力の関係も同時に与える必要のあることを図-1(c)が示している。これらの破壊規準は軟岩のみにならず硬岩にも適用できるものである。



3. 不連続面(切断面)を有する供試体の破壊規準

図-2に示すような角度であらかじめ切断面を有する供試体(大谷石)を用いて三軸せん断試験を行った。角度は0°, 15°, 30°, 45°と60°である。図-3はその結果から最大から残留強度を図-1(a), (b)と同様、両対数紙上に表わしたものである。図中、上側の実線は図-1(a)の実線と与えられる不連

図-1. 最大から残留強度
(a). 最大強度規準, (b). 残留強度規準 (c). 最大から残留強度時の圧縮ひずみ

統面をもたない岩石の最大強度を、下側の実線は図-1(b)の残留強度線をそれぞ示すものである。

図-3から明らかにすることは、不連続面を有する岩石の強度が表わした最大強度は不連続面の角度によって変化するが、岩石の最大強度と残留強度の中間に位置することである。第2は $\alpha = 45^\circ$ を除くと、不連続面の有無、角度の大小にかかわらず残留強度は唯一的なものである。また、 $\alpha = 60^\circ$ の場合にはせん断とともに応力は単調に増加して最大強度は残留強度よりも大である。

これらのことから、残留強度状態は一つの破断面が生じ、それに沿ってすべっている状態であって不連続面によって岩石の力学挙動が完全に支配されている状態を再現していることであると考えられる。さらにこの場合、供試作中に生ずる破断面の方向は最大主応力(圧縮)の作用方向に対して最もすべり易い方向にあるから、この状態における強度は不連続面を有する岩盤の強度であってその最小値(下限値)と与えるものと考えられる。すなわち、岩盤強度の下限値は岩石供試体の残留強度と一致するはずである。

4. 岩盤の強度

図-4. は岩盤の強度の上限値は岩石(不連続面を含まない)の強度に、その下限値は岩石の残留強度に相当し、岩盤内の卓越する不連続面の作用応力とその角度によってその範囲内のいずれかに位置することを示している。

岩盤の設計に用いる強度は以下の手順で行うとよい。(1). 岩石の最大と残留強度を求める。残留強度は岩盤の最小強度と与える。(2). 岩盤内の卓越する不連続面の方向と最大主応力の作用方向を求める。(3). その角度で切断した供試体を用いた試験によって最大主応力に残留強度を求める。この最大強度が岩盤の強度である強度の上限値である。(4). (1)~(3)の結果によって工学的判定を行い設計に用いる強度を決定する。

- 1). 足立、小川、堆積軟岩の力学特性と破壊機構、土木学会論文報告集、投稿中
- 2). 足立、林、軟岩の力学特性に及ぼす不連続面の影響、土木学会論文報告集、投稿中

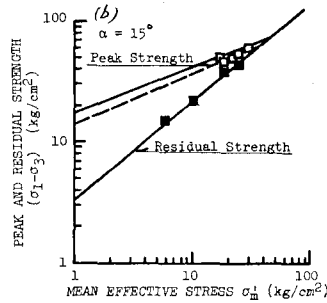
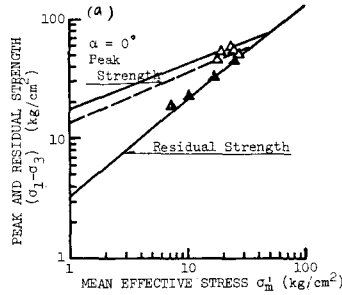
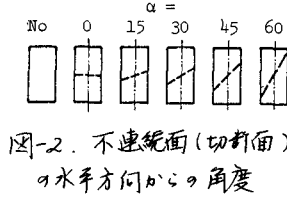


図-3. 不連続面(破壊面)を有する供試体の最大主応力に残留強度
(a) $\alpha = 0^\circ$, (b) $\alpha = 15^\circ$, (c) $\alpha = 30^\circ$, (d) $\alpha = 45^\circ$, (e) $\alpha = 60^\circ$

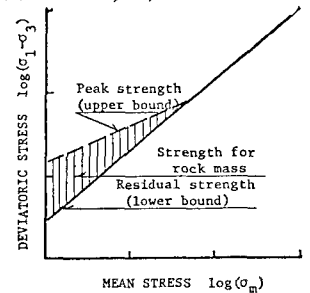
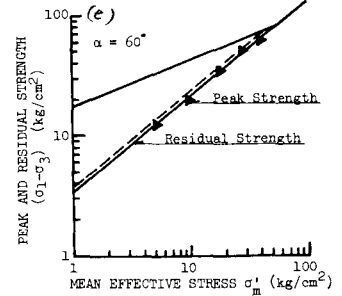
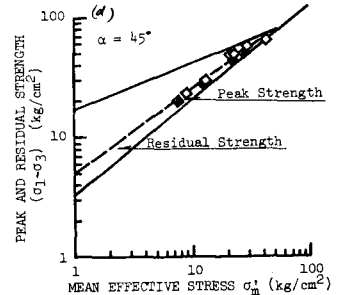
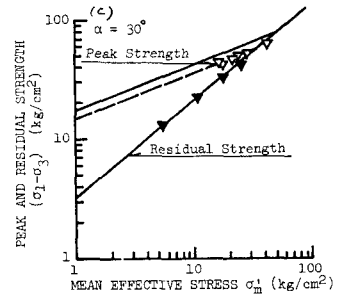


図-4. 岩石の強度と岩盤の強度