

III-149 転石型落石を支える地盤強度について

山梨大学工学部 正員 〇箭内寛治
橋丘 真
奥田友通

1. まえがき

転石型落石の発生する要因は、地形的条件(斜面の傾斜角、落石の埋込み深さ、斜面の形状、落石の大きさなど)および土質条件(含水比、密度、粒度など)に分けられるが、落石の被害は何と云っても落石の大きさによって決まることが多い。図-1は主として浮石型落石(風化した岩石が落ちるもの)の大きさについて国鉄が調査したもので、斜面上に存在して落石の危険性のある石の大きさは $0.08 \sim 0.3 \text{ m}^3$ のものが最も多いと云われている。これらを参考に、転石型落石がいかなる機構で発生するかという原因究明の一助として、転石を支えている土斜面の破壊強度を模型実験により確かめたものである。

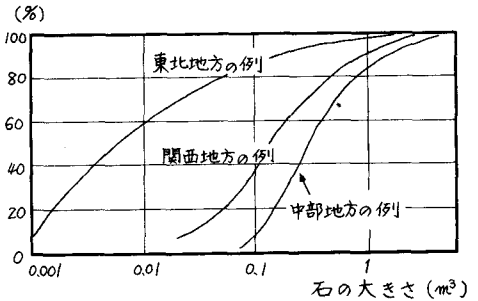


図-1 落石、浮石の大きさの加積曲線
(国鉄技研、池田・小橋より)

2. 試料および実験方法

表-1 試料の物理的特性

実験に用いた試料は、甲府市郊外の沖積土で、その物理的特性は表-1に示すとおりである。試料は空気乾燥して 0.84 mm フルイでふるって粗粒を取り除き、図-2のような直径 50 mm の、斜面に硝子玉(直径 18 mm)を持つ斜截円筒形供試体を作製する。供試体の締固め乾燥密度は $1.25 \sim 1.26 \text{ g/cm}^3$ である。硝子玉の頂部を感度 0.05 kgf 、容量 10 kgf の小容量の力計を用いて、ひずみ速度 0.5 mm/min で圧縮する。落石の破壊型式は大きく分類すると、図-3のような硝子玉の埋込み前部の地盤が破壊して落石する転落型と、硝子玉が埋込まれたまゝすべってゆく滑落型とに分けられる。現場観測による転石型落石の大部分は、前者の転落型となるので、データの整理に当っては後者の測定値は除外した。

G_s	LL	PL	w_{omc}	$\gamma_d \text{ max}$	三角座標分類
2.733	66.2 (%)	32.0 (%)	35.5 (%)	1.36 (g/cm^3)	シルト質ローム

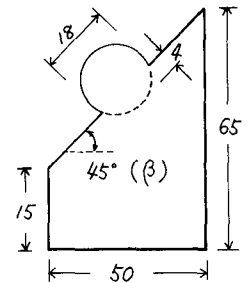


図-2 供試体の大きさ
(mm)

3. 実験結果とその考察

(1) 図-4は実験結果の全体を1つの図にまとめて示したものである。含水比～斜面地盤強度曲線は、よく知られているように最適含水比付近で最大の強度がえられる。ここで横軸の含水比は必ずしも締固め含水比を示してはいないので、含水比 $< 30\%$ では、それぞれの含水比で締固めたが、含水比 $> 30\%$ の供試体は $w \approx 30\%$ 、 $\gamma_d = 1.63 \text{ g/cm}^3$ で締固めた後、斜面部分だけ霧吹きで水分調整を行い所望の含水比にした。縦軸に(kgf)の表示があるのは落石の重さに対する手掛りを示す意味で(kgf/cm^2)の記号と併記した。

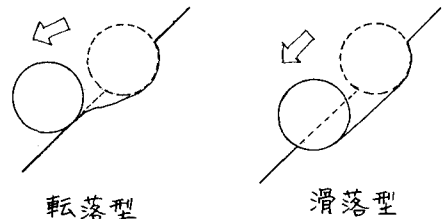


図-3 落石の破壊型式

(2) 斜面の傾斜角 β は 45 度、 50 度、 55 度、 60 度の4通りに変化させて実験を行った。 $\beta = 45^\circ$ と 55° に関し

ては特に最適含水比 w_{omc} の湿潤側および乾燥側について多数の測定を行い、 $\beta=50^\circ, 60^\circ$ の場合については補助的な実験しか行けなかった。また凍結融解した供試体の試験は $\beta=45^\circ$ の場合についてのみである。

(3) その結果、 w_{omc} の湿潤側では含水比の多くなるほど地盤強度は低下し、落石の発生し易いことがわかった。この含水比と地盤強度の関係は、地盤強度を対数にとると、 $\beta=45^\circ$ の場合は相関係数 $r=0.86$ でかなりよい直線関係を示すが(図-5, a参照)、 $\beta=55^\circ$ の場合は $r=0.32$ となり、むしろ直線関係があるとは見做しにくい(図-5, b参照)。傾斜角が45度より急勾配になると、斜面の傾きよりもっと支配的となる別の要因があるのかもしれない。

(4) 最適含水比より乾燥側では、図-6に見るように $\beta=45^\circ$ の破壊強度が、ほとんど $\beta=55^\circ$ の破壊強度より下側にある。仮に直線で、その傾向を近似させると、含水比 $=25\sim28\%$ では測定値が重なるものの含水比が低くなるほど地盤強度は低下してゆく。この関係は、やや理解しにくい所もあるのですがさらに $\beta=50^\circ, \beta=60^\circ$ の実験を追加した。 $w=15\sim20(\%)$ の含水比区間で比較すると $\beta=60^\circ$ では地盤強度は低下するものの、 $\beta=45^\circ\sim55^\circ$ では、それほど斜面の傾斜角の影響は明瞭でない。 $w<20\%$ では含水比が低すぎて、均一な締固め供試体を作るのは、やや困難になる。それも1つ原因となろうが、 $w=15\sim20\%$ では、落石に対する地盤強度は不安定となり、斜面の傾斜角は必ずしも卓越した影響を持つものでないことを推定させる。

(5) 締固め、斜面の含水比調整は同じようにして供試体を作り、 -10°C で3日間、定温恒湿器内で凍結させる。その後2~3時間の融解を行い、同じよう硝子玉に荷重を加え落石させた場合の含水比~地盤強度曲線を図-4に破線で示した。 w_{omc} を境として湿潤側、乾燥側それぞれ直線で近似した。傾向としては前述の $\beta=45^\circ$ の結果によく似ているが、斜面の表面は凍結によって荒れており測定強度も実際はかなり散らばっている。したがって相関係数も乾燥側 0.66、湿潤側 0.71 と低い値をとる。これらの予想せざる小さい強度で破壊することが、冬の明け方から午前中にかけて凍結融解を受けて、アトラングムに見える落石が発生する1つの原因であろうと思われる。しかし、この直線の傾向を一応、手掛りとして考えるなら、凍結融解を受けた斜面の強度は、受けない斜面より常に地盤強度は小さく、特に w_{omc} より湿潤側では約1/2に低下する。一方 w_{omc} より乾燥側にあつては含水比の小さいこともあって、凍結融解現象の与える影響は、その含水比に必ずしも関係しない。

4. 結論 (1) 同一密度で、含水比の変った斜面の落石を起す地盤強度は、最適含水比より湿潤側では、含水比の大きいほど落石を起し易いが、乾燥側では含水比、傾斜角はそれほど決定的な要因ではない (2) 凍結融解を起した斜面の地盤強度は、最適含水比より湿潤側では、ふつうの斜面の強度の約1/2に低下する。

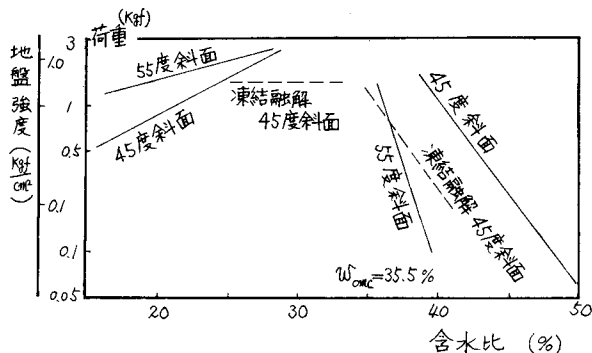


図-4 含水比~斜面地盤強度の関係(全体図)

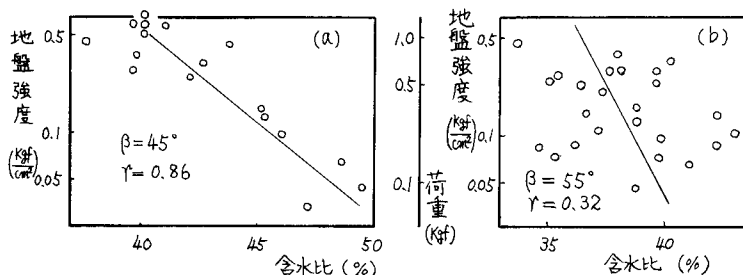


図-5 含水比~地盤強度曲線 (湿潤側)

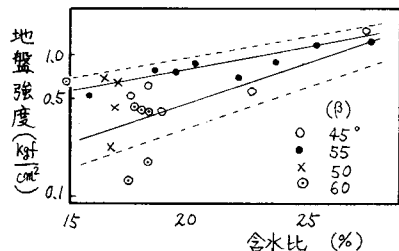


図-6 含水比~地盤強度曲線(乾燥側)