

## 呉市周辺の崩壊マサ土の工学的特性について

広島大學工學部 正員 網干寿夫  
同上 正員 門田博知  
韓國全南大學校工科大 正員 ○朴 炳基

1. まえがき 本文は1967年集中豪雨により大きな災害があった呉市周辺の崩壊マサ土について災害調査報告を参考にし、マサ土の一般的な物理的性質とせん断特性について研究したものであり今後マサ土斜面の安定問題を検討するための問題点を指摘したものである。

2. 物理的性質 崩壊のあった斜面の中で代表的な20ヶ所での採取試料約百個について行なった物理試験結果の概要を表-1に示す。特に粒度分析結果から  $D_{10}$  は  $0.01 \sim 0.05 \text{ mm}$  の範囲内に全体の 51.6% を含まれている。粒度に近づくほど  $D_{10}$  が小さくなる試料数が全体の 50% にたつてある。なほ代表的な地盤を選び現場密度を測定しに結果も併記した。呉市の災害において最も頻度の高い勾配は  $32.5^\circ \sim 45.5^\circ$  であり全体の約 60%，斜面長は  $10\text{m}$  以下が 66%、崩壊厚さは  $50\text{cm}$  までが 56.5%、特に  $30\text{cm} \sim 50\text{cm}$  集まっている。

表-1 ( )は全試料に対する割合

比重	$2.64 \sim 2.695$ (89.5%)	$2.625 \sim 2.650$ (36.2%)
P.L.	$25^\circ \sim 30^\circ$ 全平均 $26.3^\circ$ (32.6%)	
L.L.	$25^\circ \sim 35^\circ$ 全平均 $33.5^\circ$ (33.6%)	
粒度分析	石砂質ローム (76%) 石砂 (18%) 其他 (6%)	
均等係数	1.00 以上 (60%)	
理屈	No.1 $\gamma_c = 1.59 \text{ kN/m}^3$ $w = 21\%$ No.4 $\gamma_c = 1.75 \text{ kN/m}^3$ $w = 8.98\%$	
透水係数	No.2 $\gamma_c = 1.73^\circ$ $w = 23\%$ No.5 $\gamma_c = 1.93 \text{ kN/m}^3$ $w = 13.65\%$	
排水俌	No.3 $\gamma_c = 2.01 \text{ kN/m}^3$ $w = 12.7\%$ No.6 $\gamma_c = 2.01 \text{ kN/m}^3$ $w = 16.1\%$	

試料は  $2\text{mm}$  節を通じたものと用い、また体積変化はビーレットで測定してから試験結果は表-2の如くである。

4. 試験結果 特に試料 No.3 について行なった試験結果について考察して見ると No.3 の物理的性質は砂質ロームであり  $G_s = 2.65$ ,  $\gamma_d = 1.608 \text{ kN/m}^3$ ,  $e = 0.642$  実験室での飽和度  $S_r$  は 40%, 60%, 80%, 90% を目標とし各々の含水比は 9.92%, 14.58%, 19.44%, 21.87% である。飽和度の規則は严格に行なったがそれでも土工学的規則の差は時々存在した。No.3において排水試験の場合  $S_r = 40\%$  及び  $60\%$  の時にせん断速度が  $1.6\%$  と比較的大きいにもかかわらず体積変化は測定できなかった。このことは膨脹水位がほとんど発生していないものと解釈される。 $S_r = 80\%$  以上の試験では供試体からの排水が走り体積変化が進行し間隙水位の発生が予想されるので  $0.00258\%/\text{分}$  の低せん断速度で 8~9 時間かけて試験した。体積変化は予想に反して不規則な変化を示したが  $C_d$  は飽和度に関係し表-1の様な性質があるものと思われる。 $S_r = 40\%$  及び  $60\%$  の間に  $C_d$  のピークがありそれより飽和度が大きくなるほど小さくなる傾向で  $C_d$  の値は減少する一定傾向が見られる。飽和度  $40\sim 60\%$  の間には体積変化の少ないため  $\text{non-Dilatancy}$  の領域でせん断中に間隙水位の発生が見られないと思われる。Volume Compt. の試験などを行なってこれら特性を詳細に研究中である。試料 No.4 については表-2に示す通り排水及び非排水試験を行なった。間隙

表-2 三軸圧縮試験結果

No	$S_r (\%)$	40	60	80	90
3	せん断速度	1.6 %/分		0.00258 %/分	
	$\phi_d$	30°40'	27°35'	35°	27°
	$C_d$ %	0.30	0.21	0.11	0.065
4	$S_r (\%)$	85			
	せん断速度	1.3 %/分	$\gamma_d = 1.52 \text{ kN/m}^3$		
	$\phi_d$	35°			
4	$C_d$ %	0.017	$\gamma_d = 2.673$	石砂質ローム	
	$\phi_u$	24°41'			
	$C_u$ %	0.067			
6	$\phi'$	35°59'			
	$C'_d$ %	0.043			
	$S_r (\%)$	91	61	81	$\gamma_d = 1.52 \text{ kN/m}^3$
6	含水比	8.1	16.8	21	
	せん断速度	1.3 %/分			砂質ローム
	$\phi_d$	36°27'	36°35'	34°45'	
6	$C_d$ %	0.066	0.011	0.199	

III-67

呉市周辺の崩壊マサ土の工学的特性について

広島大學工學部 正員 網干寿夫  
同上 正員 門田博知  
韓國全南大學校工科大 正員 ○朴 炳基

1. まえがき 本文は1967年集中豪雨により大きな災害があった呉市周辺の崩壊マサ土について災害調査報告を参考にし、マサ土の一般的な物理的性質とせん断特性について研究したものであり今後マサ土斜面の安定問題を検討するための問題点を指摘したものである。

2. 物理的性質 崩壊のあった斜面の中で代表的な20ヶ所での採取試料約百個について行なった物理試験結果の概要を表-1に示す。特に粒度分析結果から  $D_{10}$  は  $0.01 \sim 0.05 \text{ mm}$  の範囲内に全体の 51.6% を含まれている。粒度に近づくほど  $D_{10}$  が小さくなる試料数が全体の 50% にたつてある。なほ代表的な地盤を選び現場密度を測定しに結果も併記した。呉市の災害において最も頻度の高い勾配は  $32.5^\circ \sim 45.5^\circ$  であり全体の約 60%，斜面長は  $10\text{m}$  以下が 66%、崩壊厚さは  $50\text{cm}$  までが 56.5%、特に  $30\text{cm} \sim 50\text{cm}$  集まっている。

3. 三軸圧縮試験 マサ土の含水比の変化による剪断強度の変化を調べるために現地の試料を採取し三軸圧縮試験を行なった。まず現場密度を測定してそれよりはさむ一気にし飽和度をえて非排水及び排水試験を行なった。供試体の寸法は高さ  $5.0\text{cm}$  幅  $12.5\text{cm}$  で割りホールドの中央で締固めて作る。側壁はすべて  $0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 10\text{cm}^2$  の4段階でありせん断速度は表-2に示すとおり  $1.3\%/\text{min}, 1.6\%/\text{min}$  及び  $0.00258\%/\text{min}$  である。

試料は  $2\text{mm}$  節を通じたものと用い、また体積変化はビーレットで測定してから試験結果は表-2の如くである。

4. 試験結果 特に試料 No.3 について行なった試験結果について考察して見ると No.3 の物理的性質は砂質ロームであり  $G_s = 2.65$ ,  $\gamma_d = 1.608 \text{ kN/m}^3$ ,  $e = 0.642$  実験室での飽和度  $S_r$  は 40%, 60%, 80%, 90% を目標とし各々の含水比は 9.92%, 14.58%, 19.44%, 21.87% である。飽和度の規則は严格に行なったがそれでも土工学的規則の差は時々存在した。No.3において排水試験の場合  $S_r = 40\%$  及び  $60\%$  の時にせん断速度が  $1.6\%$  と比較的大きいにもかかわらず体積変化は測定できなかった。このことは膨脹水位がほとんど発生していないものと解釈される。 $S_r = 80\%$  以上の試験では供試体からの排水が走り体積変化が進行し間隙水位の発生が予想されるので  $0.00258\%/\text{分}$  の低せん断速度で 8~9 時間かけて試験した。体積変化は予想に反して不規則な変化を示したが  $C_d$  は飽和度に関係し表-1の様な性質があるものと思われる。 $S_r = 40\%$  及び  $60\%$  の間に  $C_d$  のピークがありそれより飽和度が大きくなるほど小さくなる傾向で  $C_d$  の値は減少する一定傾向が見られる。飽和度  $40\sim 60\%$  の間には体積変化の少ないため  $\text{non-Dilatancy}$  の領域でせん断中に間隙水位の発生が見られないと思われる。Volume Compt. の試験などを行なってこれら特性を詳細に研究中である。試料 No.4 については表-2に示す通り排水及び非排水試験を行なった。間隙

水性を測定し有効な力を整理した結果は  $\phi = \phi'$  であり  $C_d$  と  $C'_d$  も互りに近似している様である。試料 No.6 は福島市内で採取されたマサ土であり他の比較のために併記した。

5. マサ土斜面の安定  $No.3$  について安定解析を行なった結果について述べる。自然状態では暴雨等により飽和度などの程度大きくなることは未知であるが、実験室では小さい飽和度での実生固めた試料を浸水させることによって容易に 90% 前後の飽和度にまでできる。したがって 80% 及び 90% の  $S_r$  の時のせん断強度をもって現地斜面の崩壊の形を推定して安全計算を行

なった。これで示す形は図-2 の如く円弧に近いものである。計算においては現場間隙水圧の値が未知であるから逆に安全率が 1 である条件で平均間隙水圧を算定してみた。 $S_r = 80\%$  の時は粘着力の抵抗で安全側を示し間隙水圧の大小によらず安全である。 $S_r = 90\%$  の場合は表-3 に示すところであるが間隙水圧が全断面に平均的に発生すれば抵抗を計算すればその値が  $\phi$  の差に等しい。また  $No.3$  は半無限斜面とも見られるのでその計算を行なったところ間隙水圧の大小によらず粘着力だけで安全であった。この両解析法の結果に差があることは計算仮定から当然のことである。次に災害調査結果から最も頻度の高い傾斜角  $\beta = 40^\circ$  及び崩落厚  $D = 0.4m$  を選び安全率 1 にした時の所要マツン角及粘着力の組合せを求めて図-3 に示した。試料  $No.4$  の最小安全条件を次に示す。これは最大半無限斜面の例である。 $C' = 0.43 kN/m^2$ ,  $\phi = 35.38^\circ$ ,  $\beta = 30^\circ$ ,  $D = 1.4m$ ,  $T_s = 1.87$  の場合である。上記の考え方と同じく  $\bar{\sigma} = H + \gamma_b \sin \beta \cos \beta - C' / \tan \phi$  と  $\sigma$  の差と間隙水圧  $H$  と見なすと計算結果は  $F_s = 1$  の時  $H = 0.13 kN/m^2$  となり斜面中の静水圧の高さに換算すると大体原厚に等しくなる時危険である事が予想される。

これから半無限斜面の解析においては崩落厚をどうやって粘着力が安全側に大きな影響を及ぼし場合によつては円弧上り面よりも傾い方の安全率を示すこともありせん断特性のうち粘着力の推定は慎重に行なわかなけなければならない。ならばならなく種々の面から検討する必要がある。

表-3 No.3 円弧上り面の安全計算	
① 起動力	2.44
② 粘着力	2.16
③ 間隙水圧	0.55
④ 崩落厚	0.3
⑤ 安全率	1.14
⑥ 土压力	$P = 1.10 \cdot \gamma_b \sin \beta \cos \beta$
⑦ $P_f$	2.46
⑧ $P_f/P$	2.29 = 1.14%
⑨ $\phi$	58.96°
平均的粘着力	0.36 kN/m <sup>2</sup>
半無限斜面の安全計算式	$\frac{P}{P_f} = \frac{C_d + \gamma_b \sin \beta \cos \beta}{C'_d + \gamma_b \sin \beta \cos \beta}$
⑩ $\beta = 40^\circ$	$H = \gamma_b \cos \phi = 0.57$
⑪ $\sigma = H + \gamma_b \sin \beta \cos \beta$	$\sigma = S_r - T_s$
⑫ $T_s = H \cdot \gamma_b \cos \beta$	$T_s = S_r - P_f$
⑬ $S = C + \sigma \tan \phi$	

5) 粘着力が比較的大きい土では円弧上り法による安全解析と半無限斜面解析法による場合よりも低い方の安全率を取る。

参考文献: (1) 綱子, 田口, 吉永, 昭和47年7月豪雨による吳市災害調査報告書 (2) 坂井正樹: 美市町における土砂災害と開拓耕作地, 昭和43年年報  
(3) 橋本新一郎, 佐治: マサ土の三字の性質について 土工基準 1967.3. No.109.  
(4) 田中茂: 神戸市立山口川流域における土砂災害調査, 水利科学 33, 1963.  
(5) 斎藤道也: 半無限斜面の崩壊について, 土木基礎特集号 No.6, 昭和37.3.

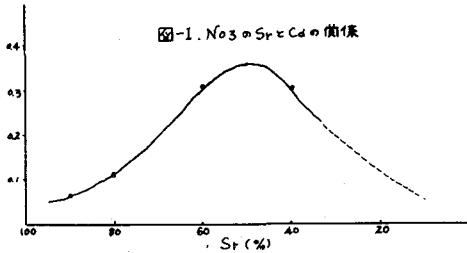


図-1. No.3 の  $S_r$  と  $C$  の関係

図-2

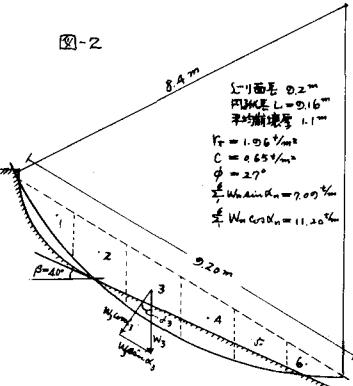
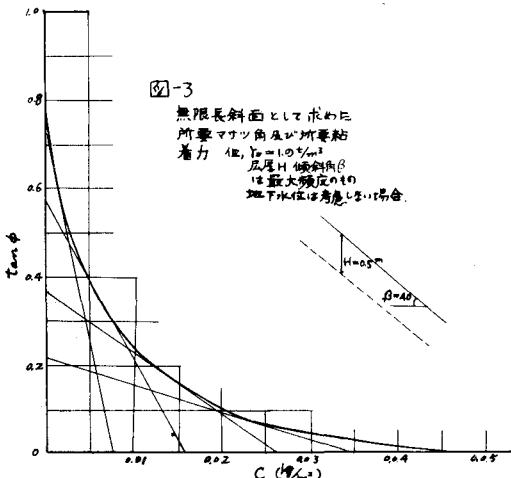


図-3



### 5. まとめ

① マサ土の剪断強度は飽和度即ち

含水比により大きく影響を受け特に見かけ粘着力の変化はある領域を境に減少する傾向である。

② マサ土斜面の土のせん断強度を決定するためには飽和土及び密度が重要な役割を演じ特に見かけ粘着力の決定が重要である。標準的に行なはねばならない。

③ マサ土斜面の崩壊調査においては最も安全条件のもとで見かけ粘着力及び密度の測定が必要である。

(図-3に示すように) しかし高さを考慮

④ 安全問題においては浸透水、浸食、崩壊側土各部の(全体の10%)および斜面の不均質性に関する調査も必要である。