

京都大学工学部 正 員 嘉門 雅史

京都大学大学院 学生員 ○大矢 通弘

京都大学大学院 学生員 北本 幸義

1. はじめに

まさ土の母岩である風化花こう岩中には節理や割れ目が数多く存在しており、それらはまさ土化が進行した後もなお残存し、不かく乱まさ土の強度定数の差の主因の一つとなっている。さらにこれらの地山中の節理面は力学的に弱線として働き、豪雨時にはすべり面を形成する可能性を有している。そこで本報告は、乱さないまさ土斜面中の弱面がせん断強さとせん断すべり面にいかに影響するかを検討したものである。

2. 試料および試験方法

用いた試料の母岩は滋賀県比叡平町の白亜紀粗粒花こう岩である。表-1 に採取試料の弱面角度および基本的性質を示す。ここで弱面角度とは供試体中の節理面と水平面 (O_3 方向) のなす角度である。くぎ打込み法によりくぎで拘束したブロックをとり出し、カッターを取付けた真ちゅう管をカッター周面を削り取りながら貫入させ、試料を管内に挿入し両端を整形した後パラフィンシールをして室内へ持ち帰った。室内では真ちゅう管ごと24時間サクションをかけて飽和させた。これは豪雨時の崩壊特性を前提としているためである。この後、試料を真ちゅう管より押し出して三軸供試体を成形したが、この前後における単位体積重量を調べると表-2 のようになる。これから成形により多少の締固

表-1 試料の基本的性質

試料番号	弱面角度 (°)	比重 2.69	
		単位体積重量 (g/cm^3)	含水比 (%)
1	0	1.71	17.1
2	0	1.76	15.0
3	10	1.72	15.8
4	15	1.93	17.7
5	20	1.79	14.2
6	30	1.97	13.9
7	30	1.88	14.9
8	45	1.94	16.5
9	60	1.69	16.9
10	60	2.05	12.3
11	60	1.83	15.7
12	70	1.82	16.2
13	80	1.95	15.8
14	90	1.83	13.5

表-2 成形前後の単位体積重量

試料番号	成形前の単位体積重量 (g/cm^3)	成形後の単位体積重量 (g/cm^3)	後/前
1	1.84	1.92	1.043
2	1.85	1.82	0.984
3	1.91	1.97	1.031
4	1.86	1.91	1.027
5	1.90	2.00	1.053
6	1.91	1.96	1.026
7	1.83	1.95	1.054
8	1.91	2.06	1.079
9	1.88	2.00	1.064
10	1.87	1.93	1.032
11	1.89	1.95	1.032
12	1.91	1.92	1.005
13	1.93	2.03	1.052
14	1.94	2.10	1.082

め効果が生じていることがわかる。このようにして種々の角度の弱面を有する不かく乱試料を作製し、側圧1.0, 2.0 kgf/cm^2 の2通りで圧密非排水試験を行った。なお、せん断はひずみ制御とし、せん断速度は1 %/min. とした。

3. 結果と考察

図-1 に供試体中の弱面の位置およびすべり面の位置を示す。上段は側圧1.0 kgf/cm^2 で下段は側圧2.0 kgf/cm^2 である。破壊の形態はすべり面の生じないもの、すべり面が弱面と一致するもの、すべり面が弱面と一致しないものに大別できる。弱面角度が45°から80°の供試体については、すべてすべり面と弱面とが一致した。また、試料3, 6, 7 のようにすべり面の傾きの方向が弱面のそれと同じ場合と試料4, 5 のように異なる場合とに分けられることは注目に値する。

図-2 は弱面角度に対する破壊時の主応力差と側圧の比を示す。弱面角度が30°くらいから強度が低下していき60°で最小となり、80°くらいで元に戻るという傾向が見

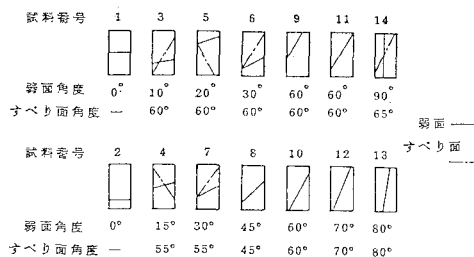


図-1 弱面角度と破壊形態

られる。なお、図中の点線で示した曲線は J.C. ジューガーの理論を適用して求めた理論曲線である。ここで試料1, 2, 4, 9 は拘束圧の影響を考慮しても理論曲線からの隔たりが特に激しいが、これは破壊形式およ

び図-1 に示す弱面の位置の影響が大きく作用したものと考えられる。即ち、試料1,2 では明確なすべり面が見られず中央で座屈のような曲げ破壊が生じ、弱面部分にき裂が生じた。試料4 もすべり面とともに弱面付近にき裂が認められ、 0° 試料と同様の現象が発生したと思われる。試料9 では弱面の位置が上端に偏っていたため、すべり破壊した後も残部が抵抗して強度が増加していったと考えられる。このように弱面を有する供試体の強度特性は、弱面の角度や拘束圧のみならず弱面の位置、破壊形態などにも大きく左右されるものであるといえる。

次に応力～ひずみ、間げき水圧～ひずみ関係を図-3,4 に、有効応力経路を図-5,6 に示す。図-3 と図-5 は弱面による影響が比較的小さいもの（試料3,5,13,14）について、また図-4 と図-6 は弱面の影響がかなり大きいもの（試料6,7,10,11,12）についてそれぞれ示している。ただし、試料1,2,4,8,9 については弱面以外の影響が大きく作用していると考えられるので省略した。応力～ひずみ関係には、ひずみ硬化～軟化型とひずみ硬化型の2通りのものが見られる。また応力経路図において、 $C_m' = 0$ と仮定して ϕ_m' の値を比較してみると、図-5 の弱面の影響が小さい場合には ϕ_m' は $61^\circ \sim 62^\circ$ の範囲にあるのに対し、図-6 の弱面の影響が大きい場合には ϕ_m' は $54^\circ \sim 59^\circ$ の範囲の値をとることがわかる。つまり弱面の影響により、明らかに強度定数 ϕ_m' が低下しているといえる。

4. おわりに

まさ土斜面中の弱面はせん断強度、破壊形態等に大きく影響を及ぼし、弱面角度が 60° 近傍での強度低下が特に顕著である。今回用いた試料中の弱面はX線回折によると、粘土鉱物の発生までには至っておらず、大部分が石英、長石の細粒化したものであった。弱面の中でも粘土化の進んでいる節理面ほど地山の力学挙動に与える影響が大きいと考えられるので、今後さらに種々の弱面を有する試料について検討していく必要がある。最後に、本研究に際し懇切な御指導、御援助を賜りました京都大学教授 赤井浩一先生、同 柴田徹先生、関西大学教授 西田一彦先生に深謝の意を表します。

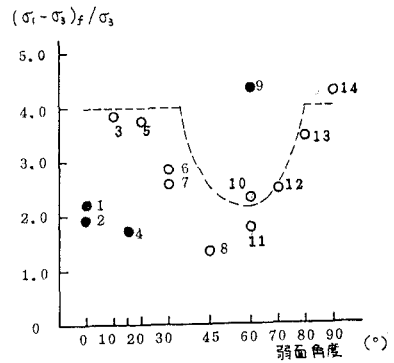


図-2 強度変化

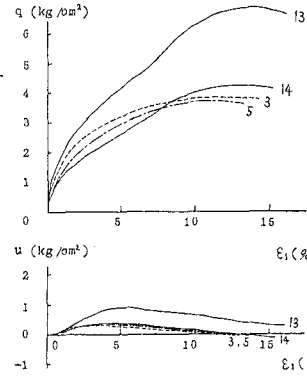


図-3 応力～ひずみ、間げき水圧～ひずみ関係（弱面の影響が小さい場合）

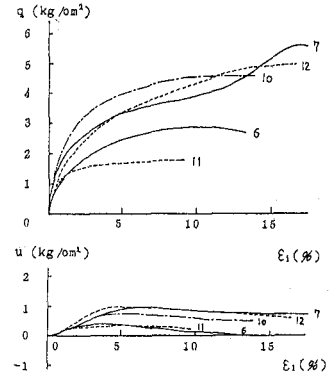


図-4 応力～ひずみ、間げき水圧～ひずみ関係（弱面の影響が大きい場合）

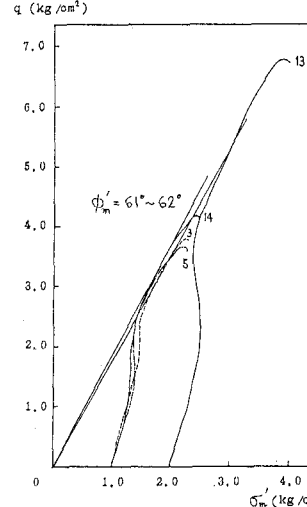


図-5 応力経路（弱面の影響が小さい場合）

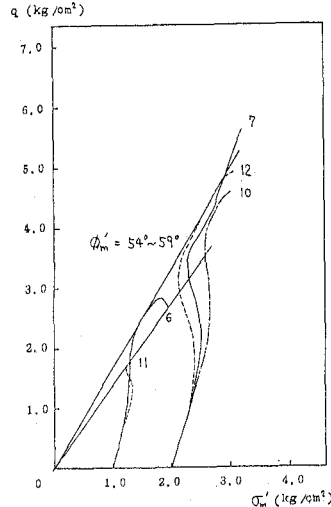


図-6 応力経路（弱面の影響が大きい場合）