

## 2. 岩盤斜面および風化岩すべり中における間隙水圧の測定事例

(株)四電技術コンサルタント ○ 田村 栄治

### 1. はじめに

一般に地すべり発生の誘因として、間隙水圧の上昇がその1つと考えられている(例えば、谷口・藤原, 1965)。また、岩盤の初生すべりや崩壊には、特に間隙水圧の上昇が関与しているものと考えられる。四国の山岳地において調査した、岩盤斜面と風化岩すべり中の地下水位、間隙水圧の連続測定事例を紹介し、地すべり・崩壊に関する防災の観点から、間隙水圧の上昇開始時間、消失時間に関する検討結果を報告する。

### 2. 岩盤斜面での間隙水圧測定例

調査斜面は、1,000m級の山稜から派生して伸びる尾根であり、標高480mから標高280mの標高差200mの凸型斜面である(図-1)。地質は秩父帯の緑色岩、粘板岩、砂岩、チャートからなり、これらの地層は斜面に対し傾斜15°の流れ目の構造となっている。硬岩(CH級)は調査斜面上部では深度55m、下部では深度12m付近から出現し、孔内水位は硬岩の上面近くで確認できる(図-2)。

観測は、斜面下方よりφ76mmの鉛直ボーリング孔A-1、A-2、A-3、A-5と水平孔B1および斜面下方の溪流の流量観測からなる(図-1)。岩盤中の間隙水圧は、鉛直孔ボーリング孔孔底に間隙水圧計を埋め込み、その上部をベントナイトおよびセメントミルクで地下水を遮断して観測した(図-3)。孔内水位は水圧計により観測した。水平孔はエアパッカーにより3室に区分し、それぞれ湧水圧を測定した。これらの観測はいずれもパソコンを介して連続測定を行った。

観測の結果、間隙水圧を水位に換算すると、同一孔でも間隙水圧と孔内水位とに1~6mの水位差があり、孔内水位の方が高い傾向にあった。また、間隙水圧・孔内水位は、日雨量50mm以上の降雨に対応して変化が認められ、斜面上部から中腹部では変動幅が大きく、下部では小さい傾向にある。

連続降雨量と斜面下方の溪流流量、斜面中腹部の各孔の地下水位、間隙水圧の上昇時間に微妙な時間差が認められた。1993年7月26~30日の671mmの降雨では、

①溪流の流量>②孔内水位および水平孔浅部の湧水圧>③間隙水圧および水平孔深部の湧水圧の順で流量、孔内水位、間隙水圧の上昇が認められた。①と②すなわち表流水と浅層水との時間差は約12時間、②と③、すなわち浅層水と深層水との時間差は4~5時間であると解釈される(図-5)。

また、連続降雨による溪流流量の増加開始時間と岩盤中の間隙水圧の上昇時間との関係について検討を行った。検討は連続降雨量50mm、100mm、300~600mm程度の6ケースについて、調査斜面の中腹部A-2孔で行い、検討結果を表-1にまとめて示す。これによると、雨の降り方や降雨以前の地盤の飽和状況によりバラツキはあるが、溪流流量の増加開始から約10時間後に間隙水圧の上昇が始まり、約20~30時間後に間隙水圧が最も上昇している(表-1、図-6)。

調査地区に近接する国道33号線では、道路管理者により連続降雨量250mmで土砂災害等の懸念があるため通行止の規制がなされる。連続降雨量250mmに達した時間を表-1と対比すると、溪流流量の増加(表流水の流出)が始まり、間隙水圧の上昇途中段階と位置づけられ、間隙水圧が最も上昇する約10時間前であると言える。このことから、調査地においては、表流水の流出開始後、約半日~1日半後が地すべり・崩壊に関して要注意時間と考えられる。

### 3. 風化岩すべりでの間隙水圧の測定例

調査した風化岩すべりは、1,000m級の山稜から派生する尾根の末端斜面で発生した三波川帯泥質片岩の地すべり地である。地すべり規模は幅40m、長さ70m、地すべり深さ

5～7mである。

すべり面を形成する粘土の間隙水圧測定は、地すべりブロックの中央で行った。間隙水圧の測定はすべり面でボーリングを打ち止め、地すべり粘土箇所のみ有孔塩ビ管として、地すべり粘土付近のみから地下水が流入するよう他区間をセメンテーションし、水圧計により孔内水位を連続測定する方法とした（図-4）。

本方法による風化岩すべり面の間隙水圧測定では、100～300mm/日の降雨に対して、降り始めから半日～1日で間隙水圧が急上昇し、降雨前の間隙水圧に回復するまで7日間程度を要した（図-7）。徳島県、三波川帯の地すべり中における地下水の連続測定の結果においても同程度の水位の上昇時間が報告されている（西村・坂本・川村，1997年）。なお、本地点では地すべり対策により地すべり変位が小さくなっており、厳密な検討はできないが、間隙水圧の上昇時間と地すべり変位の発生時間とは概ね対応している。

表-1 連続降雨と溪流の流量増加開始時間、岩盤中の間隙水圧の上昇開始時間

連続降雨の 年 月 日	連続 降雨量 (mm)	最大降雨量		A 溪流の 流量増 加開始 時間	B 間隙水 圧の上 昇開始 時間	C 間隙水 圧の最 高値到 達時間	時間差		備 考
		時 間 (mm/h)	日 (mm/d)				B-A	C-A	
1993年 7/26 ～ 7/30	671	36	288	5	17	29 [22]*	12	24	台風4, 5号
1993年 9/ 2 ～ 9/ 4	404	58	328	20	29	39 [31]*	9	19	台風13 号
1993年 10/ 7 ～10/ 8	43	6	28	ほとんど変化なし					
1993年 11/12 ～11/13	126	12	88	41	55	68	14	27	低気圧 と前線
1994年 7/25 ～ 7/27	461	42	281	7	18	36 [22]*	11	29	台風7 号
1994年 8/10 ～ 8/15	342	27	119	16	74	100 [89]*	58	84	台風13 号

(注) ・「時間」はいずれも降り始めからの経過時間を示す。

・[22]\*は降り始めから連続降雨量250mmに達した時間を示す。

#### 4. おわりに

四国山岳地における岩盤斜面、風化岩すべりの斜面における間隙水圧の計測事例から、日雨量100mmを越えるような豪雨時の間隙水圧の上昇開始時間について以下のようにまとめられる。

- 1) 地すべりが発生していない岩盤斜面においては、地表水の流出から約10時間前後に間隙水圧の上昇が始まり、約20～30時間後に間隙水圧が最も上昇している。
- 2) 風化岩すべりの発生した斜面では、概ね降り始めから半日～1日で、間隙水圧が上昇し、その消失には約1週間程度を要する。

計測事例数が少ないながら、四国山岳地における岩盤中の間隙水圧の上昇、消失時間の目安を示した。今後、計測事例を増やすとともに、地域特性を加味して間隙水圧の問題を検討したい。

#### 〈参考文献〉

- 1) 谷口・藤原(1965)：地すべり調査と解析，P.1，理工図書
- 2) 西村・坂本・川村(1997)：地すべり調査における水圧式自記水位計による地下水位観測事例-大北地すべりを例として-，日本応用地質学会中四国支部，平成9年度 研究発表会，発表論文集，P.23～28

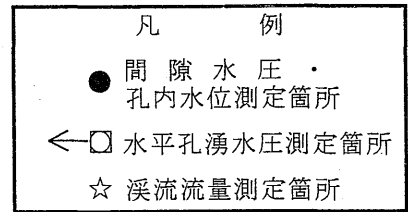
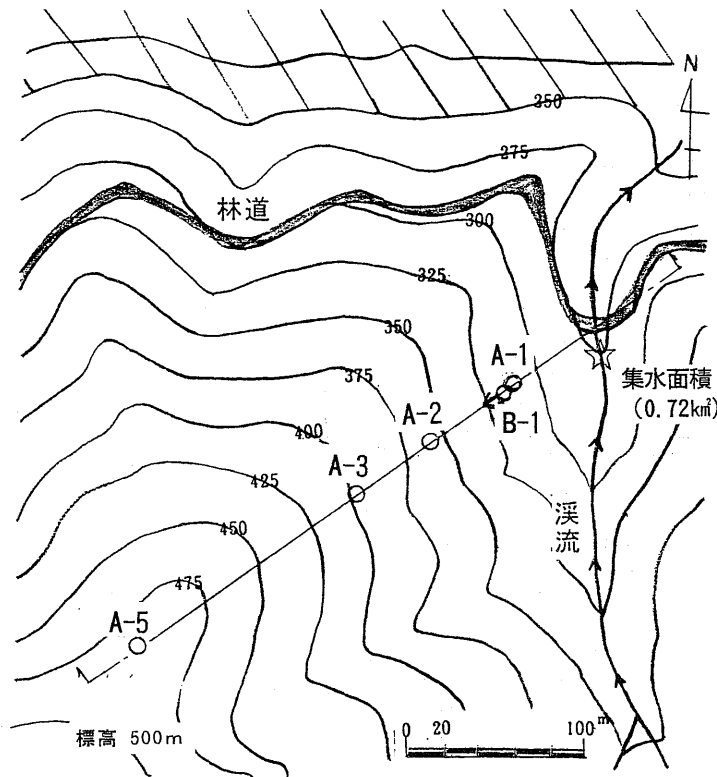


図-1 岩盤斜面における調査観測孔の配置概要

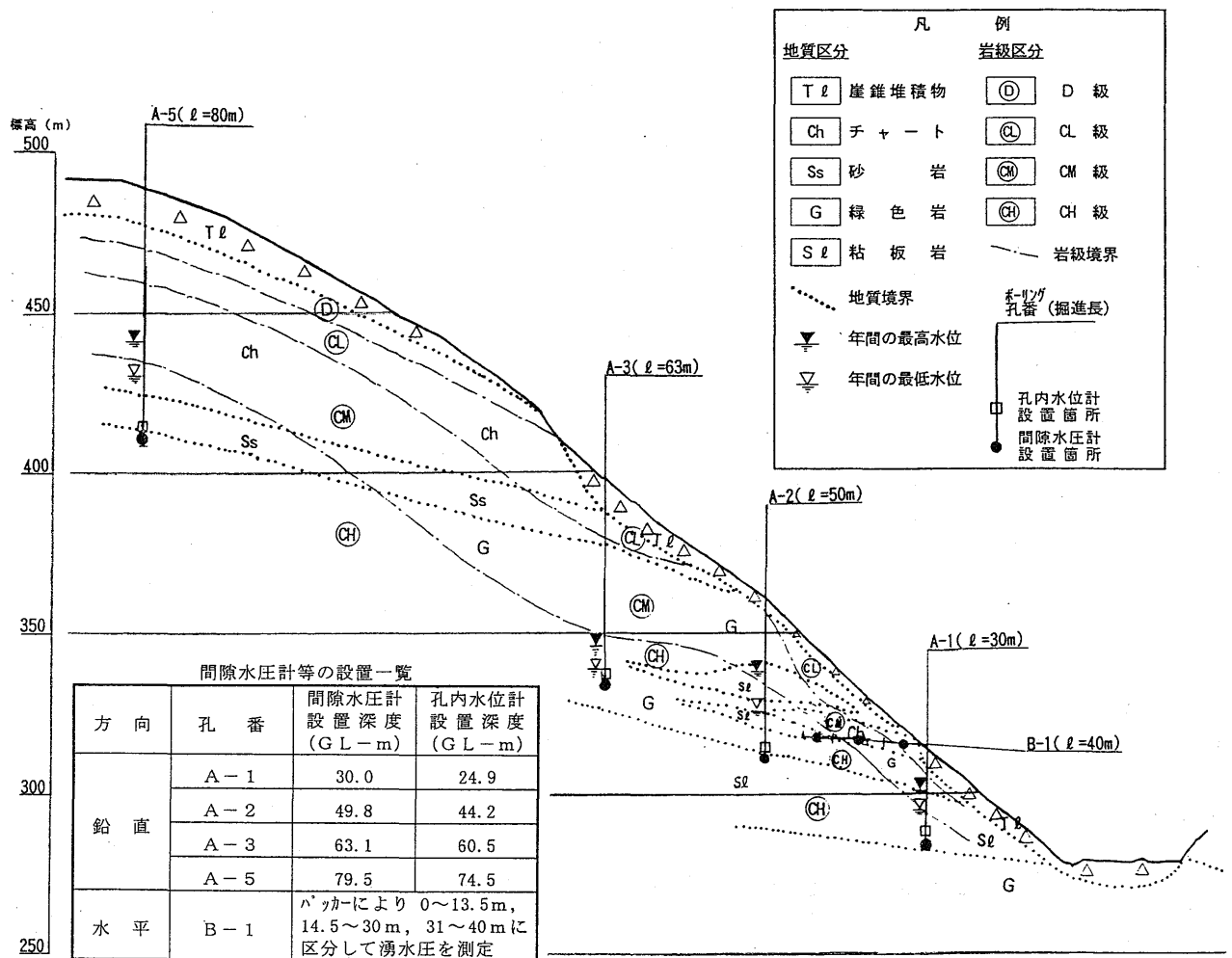
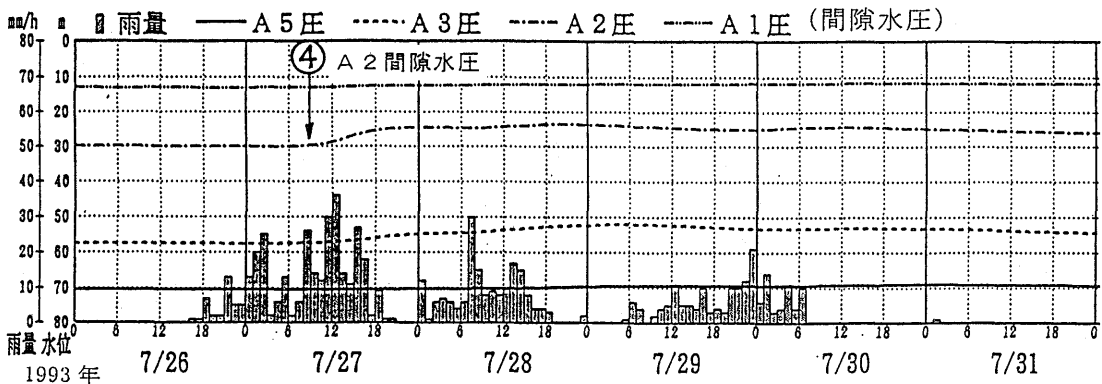
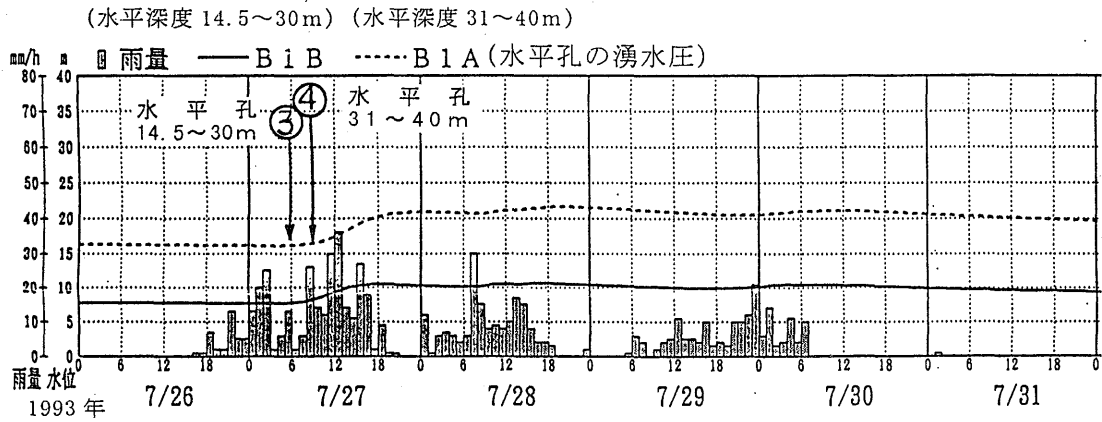
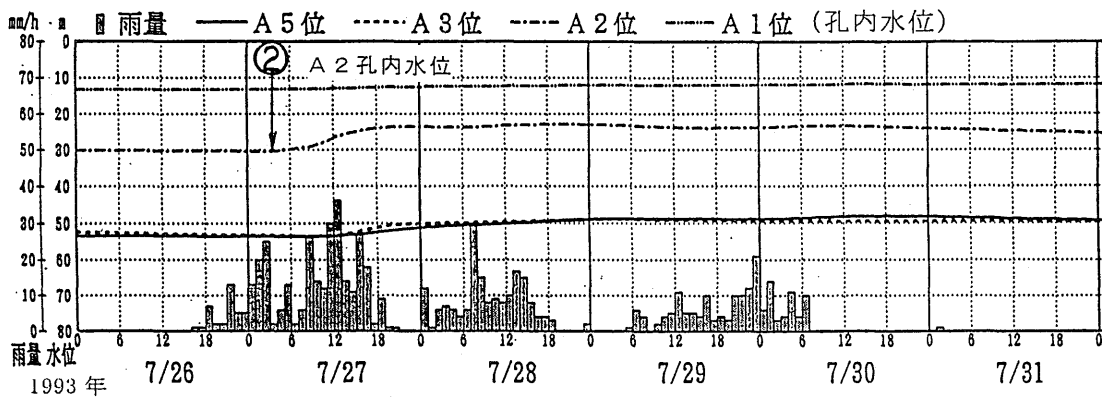
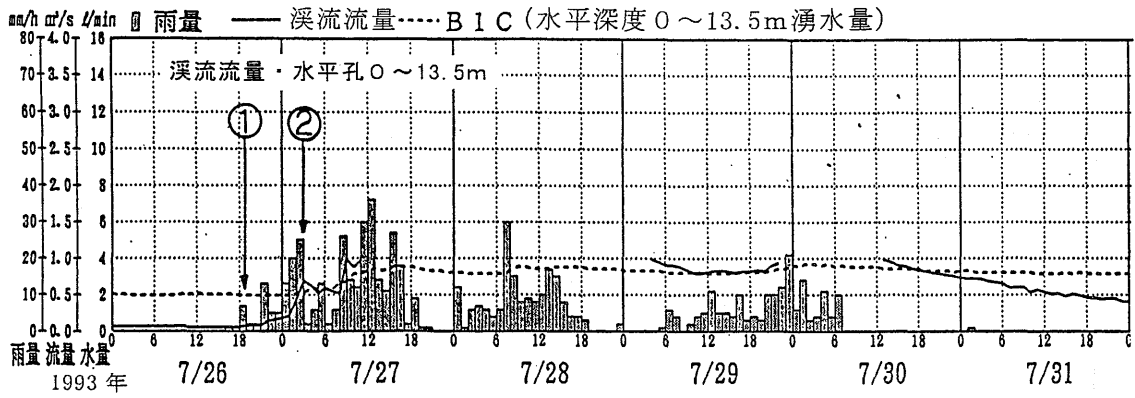


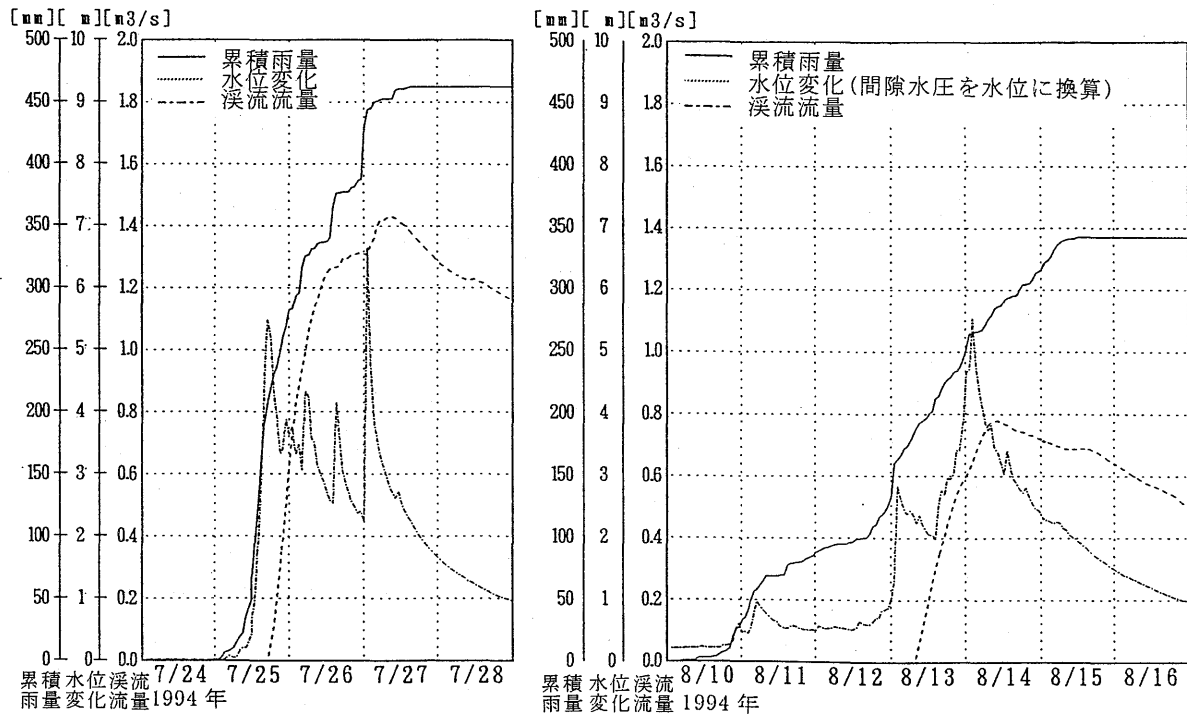
図-2 岩盤斜面の地質断面図





(注) ①~④は間隙水圧，孔内水位等の立ち上がり順序を示す。

図-5 岩盤斜面における間隙水圧・孔内水位の連続測定例



1994年 (注) 間隙水圧の変化を水位変化に換算し、各期間の初期水位を0として、全データをシフトし表示した。

図-6 岩盤中の間隙水圧の連続測定例

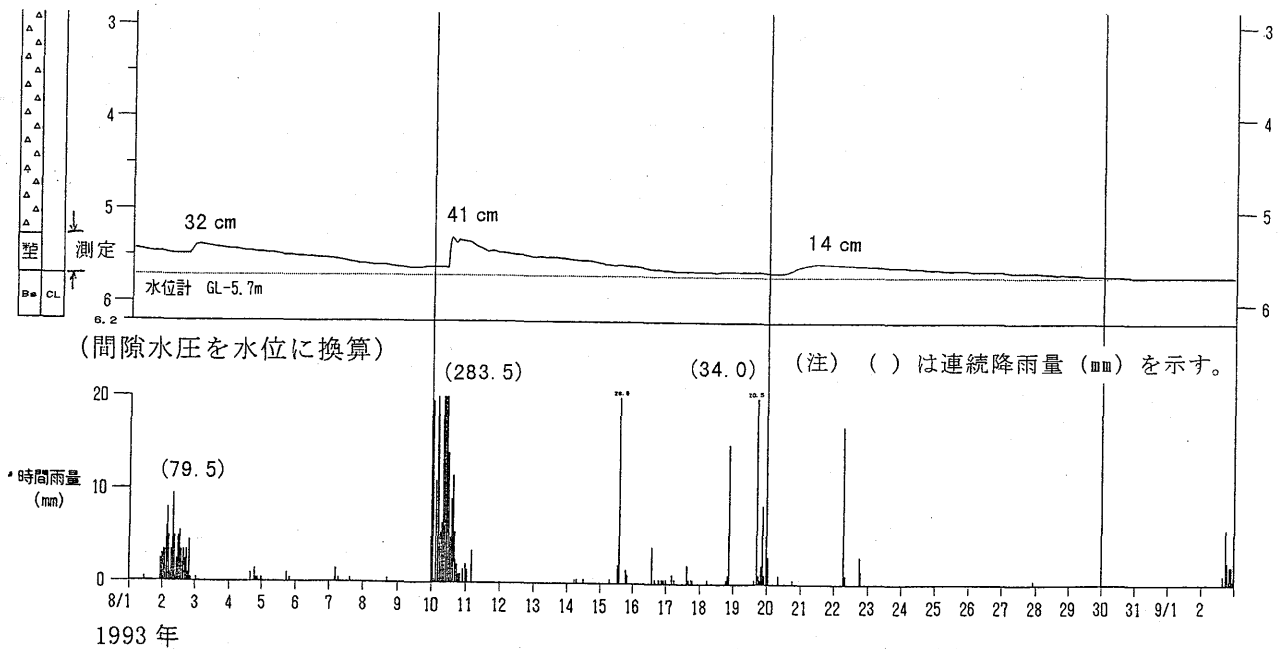


図-7 風化岩すべりにおける間隙水圧の測定例