

建設省 土木研究所 正員 桑原啓三

〇久楽勝行

1. まえがき；昭和44年度より3年間にわたって道路のり面の実態を把握するための調査を行ったが、その結果、のり面全体の80%程度は安定を保っており、また残りの20%についても落石、小崩壊程度の小規模の崩壊がその大半を占めており、道路のり面の安定性は比較的高いといえる。⁽¹⁾しかし、異常な集中豪雨などによって崩壊を起こしやすいのり面も全国にはかなりあると考えられる。しかも、一度崩壊を起こすと車の通行に重大な支障をきたすとともに最近では人身事故につながるケースも多くなっている。地すべりのような大きな斜面崩壊の場合には、伸縮計の観測データを基にして崩壊を予知する方法がみいだされているが、⁽²⁾斜面崩壊が比較的小規模で、しかも突発的、局部的に起こるようなのり面の崩壊に対してそれを観測した例は少なく、またそれを予知する方法も現在のところない。そこで、切土したのり面に直ちに計器を埋設し、のり面崩壊を観測した。そして、これらの計器による観測結果に基づいて、のり面崩壊の予知に関する検討を加えてみた。

2. 交通規制の際の降雨量；のり面崩壊による事故を未然に防ぐ方法として基準雨量を定め、この基準雨量を越えた場合には交通規制を行なう方法が一般に多くとられている。図-1は全国の一般国道の基準雨量を年度別に示したものである。地域別では、近畿以西では151mm~200mmの連続雨量のものが多く、北日本では101~150mmのものが多。また北海道では、51mm~100mmの最大日雨量のものが多く使われており、北から南にゆくにしたがって基準雨量の値は大きくなっている。図-2は44年度から46年度にわたって過去3年間に交通規制が実際に行なわれた箇所のうち、土木研究

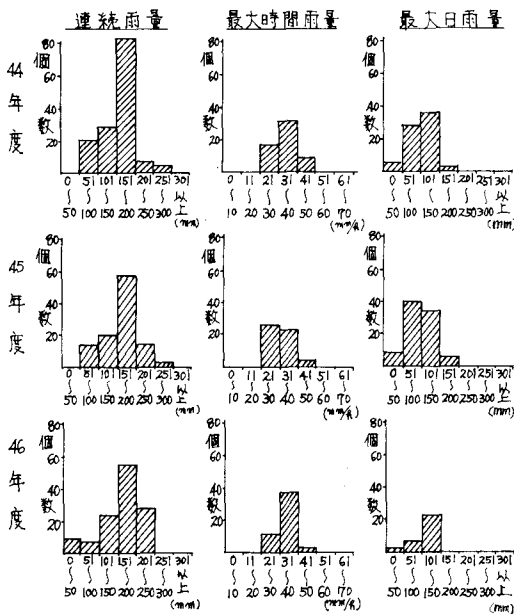


図-1 通行止の際の基準雨量

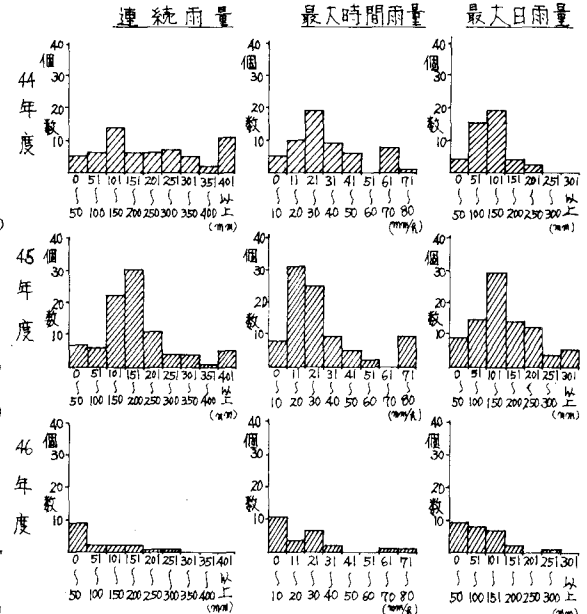


図-2 崩壊を生じた時の降雨量

所で資料を収集できたものについて、交通規制を行ないのり面が崩壊したときの降雨量を示したものである。図-1の基準雨量と比較すると、同程度の値のところに度数のピークがあがっているが、最大時間雨量は基準雨量よりも小さいものが多い。また連続雨量および最大日雨量についても基準雨量よりも小さいところで崩壊が起こり、交通規制を実施した例がある。このため、降雨量とのり面崩壊の関係について検討を加えるために、次のような観測調査を実施した。

3. 観測のり面の概要； 観測のり面の場所は中部地方建設局、名阪国道工事事務所管内の国道25号線の三重県上野市谷田で三重県と奈良県の県境付近に位置している。のり面は図-3に示すような断面になっており、1:1.5程度で安定していたのり面をのり面崩壊観測調査を実施するために、1:1.0に切直したものである。のり面の地質はこう配が1:1.5の部分が、切土当初岩分類で軟岩に相当する粗粒花崗岩であり、その上部の厚さ約4m、のりこう配1:1.5の部分は段丘レキ層状のレキまじり土である。のり面に埋設した計器は伸縮計、表面変位計、地中変位計、水位計および間ゲキ水圧計の6種類で、その埋設位置は図-3および図-4に示してある。地山の強度を知るために切土終了後4箇所でブロック状に試料を採取し、試験を行ない、その結果を示したものが、表-1である。

4. 観測結果； 観測は切土をし、計器を埋設した昭和45年9月17日より、花崗岩が風化し、降雨によりのり面が崩壊した昭和46年8月17日までの約1年間にわたって実施した。

4-1. のり面の崩壊状況； 計器を埋設した時点におけるのり面は、切土を行なって間もないのり面であるため、風化もあまり進んでなく硬い花崗岩ののり面で、ぬき水もなく安定なのり面のようだった。しかし、観測開始後、約1ヶ月の10月23日に図-4の左側の伸縮計No.10のあたりの土砂が小崩落を起こした。崩壊土砂量は3m程度で、大きな崩壊には至らなかったが、No.10の伸縮計は測定不可能となった。その後、あまりのり面には大きな変状は認められなかったが、12月の時点でのり

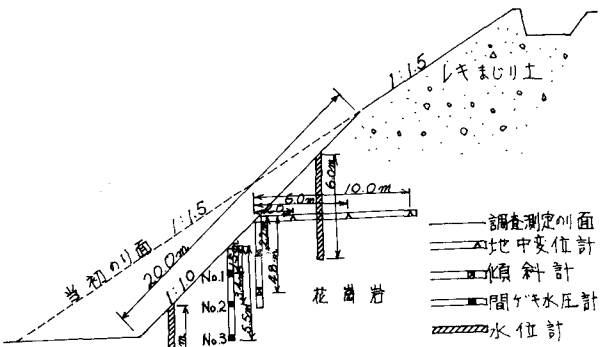


図-3 観測のり面の断面図

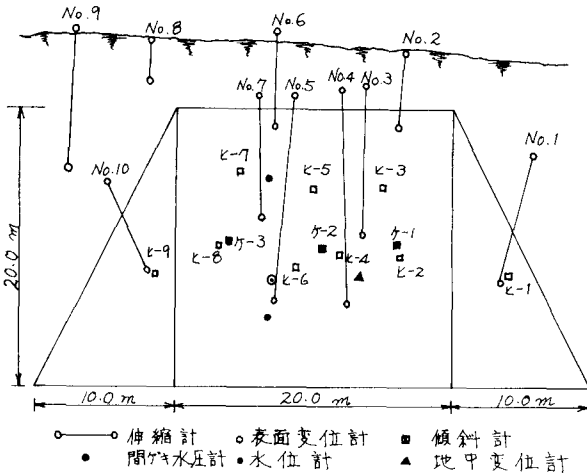


図-4 計器埋設位置

表-1 土質試験の結果

試料番号	計器埋設時(昭45.9)のり面				崩壊時(昭46.7)			
	比重	単位体積重量	軸圧強度	圧縮係数	比重	単位体積重量	軸圧強度	圧縮係数
A	2.55	2.57	2.97	40.0	53	1	265	(1.08)
B	2.42	2.42	14.3	2.0	41	2	266	(1.03)
C	1.87	1.87	0.89	0.8	36	3	266	(1.03)
D	2.63	2.63	1.97			4	266	(1.07)

()は乱れた試料の試験結果

虎付近には表面水の影響によってかなり浸食を受けた形跡が認められるようになった。明けて翌年の46年の5月末頃から、計器埋設時に認められたクラックからはみ出しが生じ、のり面崩壊が起こる徴候が認められるようになった。そして6月の梅雨期に入って崩壊が一気に進んだ。すなわち、伸縮計No.9地山の崩壊が6月5日に起こり、つづいて上部のり面の1:1.5で切土したレキまじり土の部分にクラックが入り、7月25日にはのり面全体が大きな崩壊を起こし、崩れ落ちた。上部のり面の崩壊の落差は3.9m程度に達し、すべり面付近ののり面は手で押しつぶせる程度に風化しており、花崗岩というよりもマサ土に近い状態になった。

4-2. 安定計算の結果; のり面崩壊後、のり面から試料を採取し、比重、粒度、三軸の各試験を実施した。三軸試験に用いた試料は花崗岩が風化し、マサ土に近い状態になっていたため乱さない土の採取が困難であり、乱した試料を突固めたものを使用した。各試験の結果は表-1に示されている。切土した時点と比較すると、強度の著しい低下が認められる。つぎに崩壊時ののり面の状況からすべり面を仮定し、円弧すべりによる安定計算を行なってみた。土の強度定数は表-1の試験結果から、(1) $C=0.12 \text{ kg/cm}^2$ $\phi=32^\circ$, (2) $C=0.08 \text{ kg/cm}^2$ $\phi=37^\circ$ として計算すると、安全率 F_s は(1) 1.74, (2) 1.64となり、かなり大きな安全率となった。

ただし、間ゲキ水圧については崩壊がのり面の上部で起こっており、しかも地下水位が低く、また図-5の間ゲキ水圧ものり面表面付近ではあまり上昇していないことなどの理由から考慮していない。安定計算の結果があわない理由としては三軸試験のやり方に問題があるとも考えられるが、切土のり面の場合、自然の地山の状態が複雑でかつ不均一なために、土の強度定数を一律にした円弧すべりの計算法ではあわないことが挙げられる。特に岩のあるのり面では節理、クラックなどの影響が加わるため、一層むずかしくなると考えられる。

4-3. 計算による観測結果; 埋設計器のうち、のり面の変状をもっとも良く表わしたものに伸縮計が挙げられる。図-6はその観測結果を示したものである。図からわかることは、降雨量と変位量の間に相関があるということである。すなわち、降雨量の少ない12月、1月、2月、3月には各点の伸縮計の変位量は

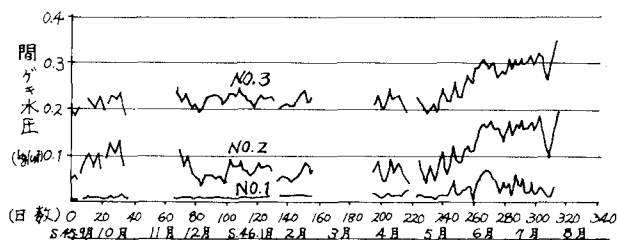


図-5 間ゲキ水圧の変化

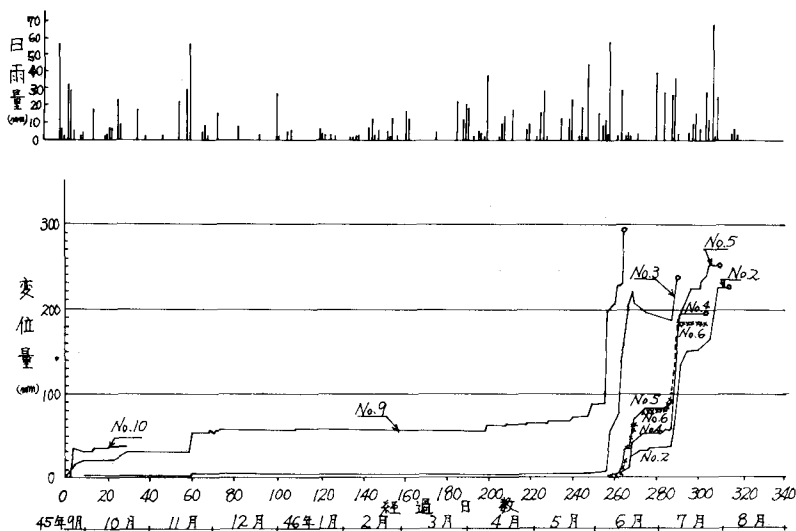


図-6 伸縮計の観測結果

ともにあまり変化していないが、降雨量の多い6月、7月に大きく変動している。このことは、降雨の多い時期にはのり面は変動するが、降雨の少ない時期にはその運動も停止することを示している。また、のり面の崩壊も突発的に起こるものでなく、一雨ごとに徐々に動き出し、ある変位量に至り安定性が失われると急激に崩壊が起こることを示している。

5. 斜面崩壊の予知との比較； 斜面の崩壊を予知する方法として、斜面にあらわれたキ裂または段落をまたいで警報番つきの伸縮計を設置し、一定時間あたりのひずみ速度を測定することにより危険状態を判定する方法が青藤ら

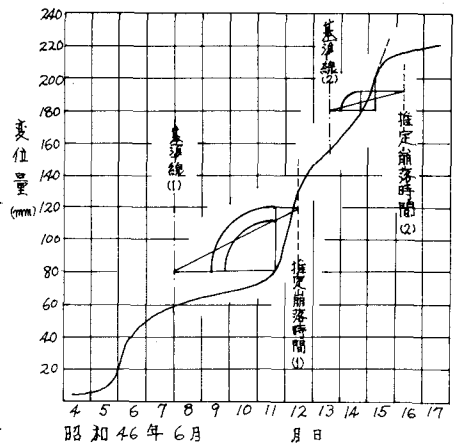


図-7 崩落時間の推定(伸縮No.3による)

によって提案されている。この方法によってのり面の崩壊時間を推定した一例を示したものが図-7である。伸縮計による変位量が段階的に増大しており、変位が大きくなっても崩壊が生じず、逆にその後の変化の割合が小さくなっているため、推定した崩壊時間で崩壊は起こっていない。この理由としては、青藤らの方法がクリープ破壊理論をもとにした定常クリープから破壊クリープへと時間の経過とともにひずみ速度が増大して崩壊するのに対して、今回のように比較的浅いところで起こる崩壊の場合には、降雨の影響を直接受け、雨水の浸透によって土のせん断抵抗が減少し変形を起こすが、降雨が止むと浸透水の影響が少なくなり、変形の割合も小さくなる。そして降雨のたびごとにこのような作用を受け、しだいに変形量が大きくなり、安定性が失われて崩壊するためと考えられる。

6. 崩壊予知に関する一考察； 図-8は図-6の測定結果から降雨量と変形量との関係に着目し、経過日数とのり面が変形した各時間において連続雨量を変位量で割って、のり面が1mm移動するに要した連続雨量との関係を示したものである。図から、のり面の崩壊が近づくにしたがってある変形量に達するに必要な連続雨量はしだいに小さくなっており、また同じ連続雨量の降雨であっても初期に比べて崩壊直前では変形量も大きくなる

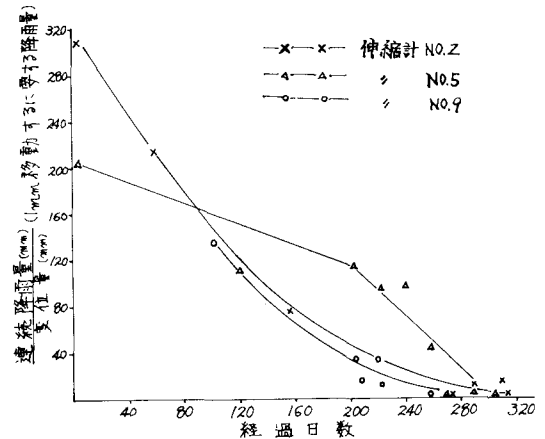


図-8 一定変位量あたりの連続雨量と経過日数の関係

ことがわかる。このことから、のり面崩壊予知の方法として、伸縮計による表面変位を測定し、その結果を利用して図-8に示したようなのり面が一定変位量に達するに必要な連続雨量を求め、各時点でのり面が崩壊すると思われる変位量を仮定し、逆算により各時点での崩壊するに必要な連続雨量を求めて予知する方法も1方法であると考えられる。

7. あとがき； 今後さらに土質、岩質の異なるのり面についても観測調査し、のり面の崩壊の予知について検討を加えたいと考えている。この調査に御協力していただいた中部建設局、名阪国道工事事務所および中部技術事務所のオ々に深く謝意を表する。

〔参考文献〕 (1) 「道路のり面の実態調査」 菅原、久栄 土と基礎 Vol. 20, No. 2 1972, 2
(2) 「斜面崩壊発生時期の予知」 青藤 土と基礎 Vol. 17, No. 2 1969, 2