

IV-6

J R北海道の災害実態分析と斜面災害危険度評価法の検討

J R北海道 正員 福司淳一
 J R北海道 正員 吉野伸一
 (財)鉄道総研 正員 杉山友康

1. はじめに

北海道では、梅雨期の長雨や発達したばかりの勢力の強い台風による災害は少ないものの、寒冷前線や台風から変わった熱帯低気圧等により短時間で時間雨量の卓越する集中豪雨によって災害が発生している場合が多い。このような鉄道沿線で発生する降雨に起因する「盛土」「切取」などの土構造物の斜面崩壊は、安全・安定輸送を確保する上で大きな障害となっている。J R北海道ではこうした災害防止のために、危険箇所の抽出や事前の防災対策を実施するとともに、雨量による運転規制によって列車運行の安全確保に努めている。ここでは、J R北海道管内で発生した自然災害全般の分析を行い、北海道の災害の実態とその特徴を明らかにした。また、それらの災害の中から盛土の災害を抽出して現地調査を実施するとともに、鉄道総研が開発した「限界雨量」による盛土の降雨災害評価法のJ R北海道管内での適用の可否を検討したので報告する。

2. J R北海道の災害の実態と特徴

J R北海道全線における災害の傾向と特徴を見いだすことを目的に、昭和58年から平成4年までの10年間の災害資料を使用し、自然災害の一次統計分析を実施した。この分析には、平成5、6年の釧路沖、北海道南西沖、北海道東方沖地震の災害は含めていない。図1は災害別の発生率である。「盛土」や「切取」の災害が多く、それぞれ15.5%、16.3%となっている。なお、「道床」「路盤」「線路」と分類した災害の中にも線路内に土砂が流入したなど斜面災害が関連するものもあるためこれらを含めると土構造物に関連する災害が全体の57%を占めることになる。図2の運転支障した災害率でもほぼ同じような傾向を示し、「盛土」「切取」がそれぞれ18.5%、16.9%となり土構造物全体では65%となっている。また、図3「盛土」「切取」の月別発生頻度を示したものである。図には同時に理科年表¹⁾により、北海道の代表的な都市の月別平均降水量を折れ線グラフで示した。4、5月は降水量の割に災害が多く、融雪水の影響が考え

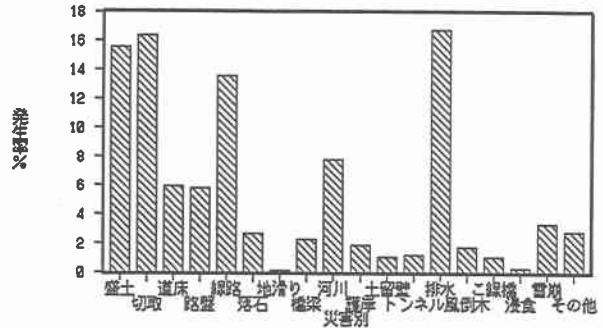


図1 災害別発生率

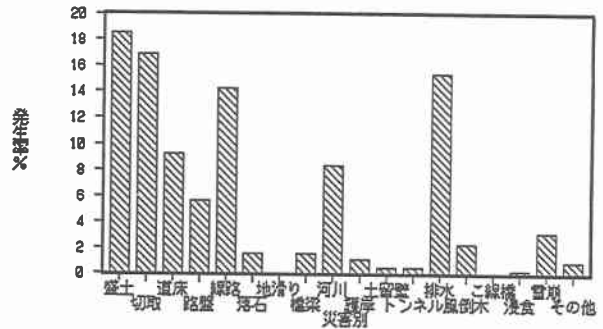


図2 運転支障した災害別発生率

られる。災害の多くは8、9月の台風時期に集中して発生していることがわかる。図4は盛土災害時の連続雨量の頻度分布を示したものである。図には同時に全国で発生した盛土の災害時連続雨量についても示している。盛土崩壊におけるJR北海道での連続雨量の平均値は163.6mmとなる。この図のデータは、同一の雨でも崩壊箇所が違えば一つに換算されるので、一雨ごとに計算し直すと118.3mmとなり全国平均よりも少ない雨量で崩壊することがわかる。図5は、切取災害時の連続雨量を示したものである。切取崩壊における連続雨量の平均値は136.0mmとなり、同様に一雨ごとに計算し直すと108.9mmとなる。全国平均値と比較すると多くなるが、全国のデータの平均値を求めた際に実施した詳細な雨量値に関する分析を行っていないので、災害時の雨量をさらに検証しながら、その信頼性をはかる必要がある。以上から、JR北海道でまず降雨に起因する「盛土」「切取」などの土構造物に関して重要な対策は、台風などの集中豪雨が発生する時期の防災対策であることが明らかとなった。

3. 危険度評価に関する課題

降雨時の斜面・のり面の崩壊危険性を判断する手法として、JR北海道では国鉄時代に作成された土木建造物取替の考え方²⁾に示される「のり面採点表」を採用している。この手法は斜面・のり面の外観的な素因によって判断できることから、現場機関で手軽に利用できる利点があり幅広く使用されてきたが、①全国一律の基準であり、地域特性が反映されていない、②評価結果が日雨量で得られ、降雨時の運転規制³⁾に使用されている雨量指標と合致しないため、防災投資が規制値の見直しに反映できない、等の問題が指摘されている。一方、鉄道総研が開発した限界雨量による斜面の危険度評価法⁴⁾⁵⁾は、こうした問題を解決するために、地域の特性を反映させるとともに、評価結果が運転規制に使用する雨量指標と直接関連付けられるものとなっている。表1は盛土の危険度評価基準⁴⁾であり、これは数量化I類を基に作成されている。基本点に個々の条件の該当する評価点の合計を加えると、連続雨量Rと時間雨量rの積値 $R^{0.3} \times r^{0.3}$ が求まり、図6に示す限界雨量曲線で表される。この限界雨量曲線を越えない領域が安全領域、越える傾

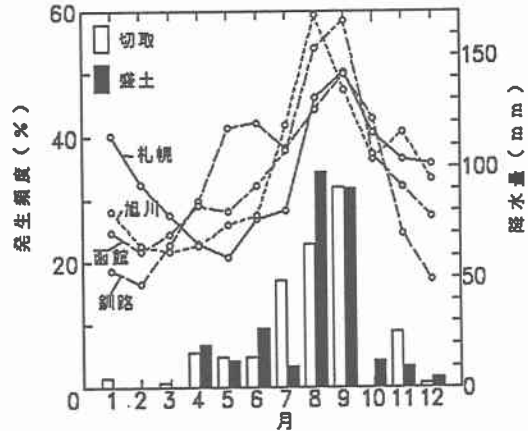


図3 盛土切取月別発生頻度

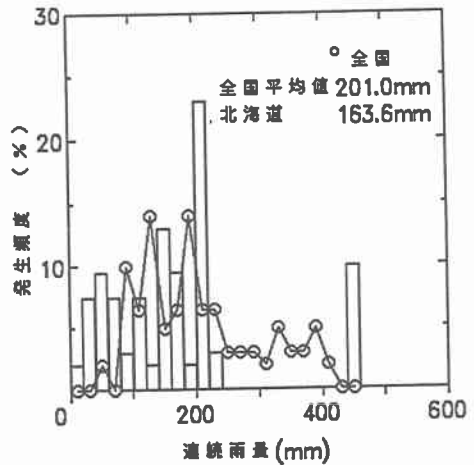


図4 盛土災害時の連続雨量の頻度分布

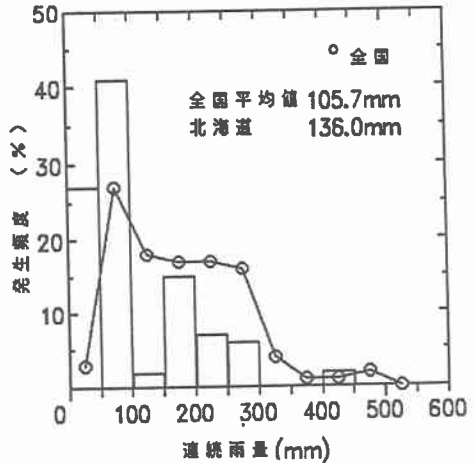


図5 切取災害時の連続雨量の頻度分布

域が危険領域である。そこで、この評価法がJ R北海道で利用可能か否かの検討を行った。

表1 盛土の危険度評価基準

基本点	13.14					
条件	カテゴリー (上段) と評価点 (下段)					
盛土の 構造 土質	盛土高さ H	H < 3m 0.61	3 ≤ H < 10 0.23	10 ≤ H -1.33		
	土質 S _c	粘性土 -1.05	砂質土 0.07	礫質土 0.14		
	盛土強度 N _c	N _c < 4 -1.19	4 ≤ N _c < 6 0.30	6 ≤ N _c < 8 0.65	8 ≤ N _c 0.80	
基礎の 構造 土質	表層地盤地質 S _b	沖積層 -0.38	その他 0.22			
	基礎傾斜角 θ _b	平坦 1.34	10度以上 -1.10			
洪水	透水係数 k	k < 10 ⁻⁴ -0.17	10 ⁻⁴ ≤ k < 10 ⁻³ 0.26	10 ⁻³ ≤ k < 10 ⁻² -0.41	10 ⁻² ≤ k 0.86	
	洪水地形 W _c	無 0.52	対象斜面側 -3.23	反対側 -1.83		
	縦断形態 T _c	切盛境界・落込勾配点 -0.53		平坦・単勾配 -0.30		
浸透	横断形態 T _a	純盛 0.21	片切片盛・取付盛土 -0.16			
	経路 雨量	経路雨量 R _c × 10 ⁴	R _c < 2 -2.83	2 < R _c ≤ 5 -0.41	5 < R _c ≤ 10 -0.15	10 < R _c ≤ 15 2.47

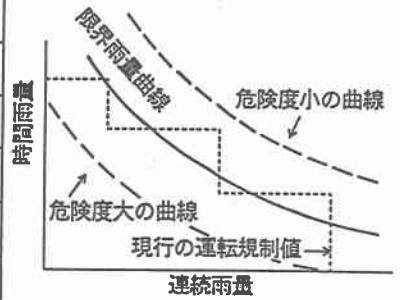


図6 限界雨量曲線

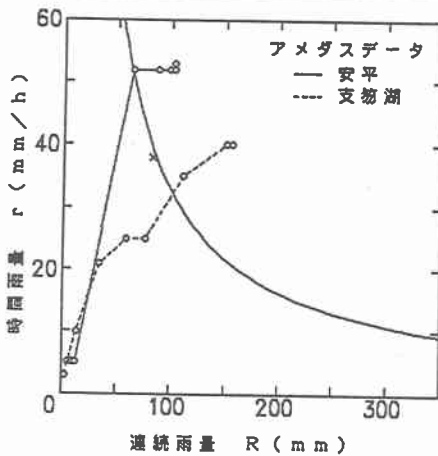


図7 限界雨量と災害時雨量データ1

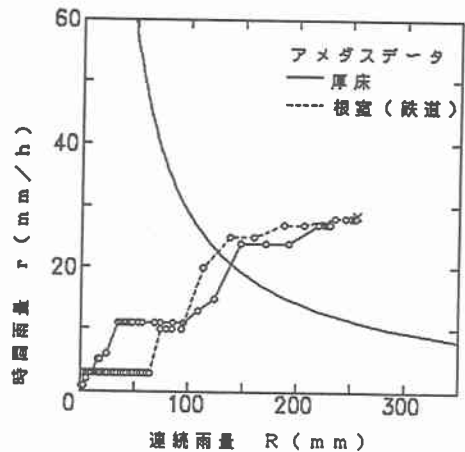


図8 限界雨量と災害時雨量データ2

4. 代表的盛土災害箇所の調査と評価基準の適用

ここでは、盛土の評価基準に関して、J R北海道管内の災害箇所10箇所の現地調査を実施し、当該箇所に「危険度評価法」を試し、得られた限界雨量と災害時の雨量とを比較することによって、「危険度評価法」のJ R北海道への適用の可否について検討した。図7は、このうちの一枚所の限界雨量曲線と崩壊時の降雨の状況を崩壊地点近傍の複数のアメダスデータによって示したものである。図から災害は限界雨量曲線の近傍の雨量で崩壊しており、比較的精度良く予測できている。これ以外の事例で図8は、限界雨量をオーバーして崩壊した事例、図9は限界雨量に達する以前で崩壊した事例である。ここで、危険度評価基準は、崩壊時の雨量を目的変数として、得られる予測式は予測値と実測値の残差平方和が最小になるように求められたものである。従って、解析に使用したデータによっても予測値と実測値はある程度バラ

ツキを持って示される。図10は解析に使用した全国データの予測値と実測値の散布図である。図中の実線が評価によって得られる限界雨量になる。また、点線は予測値に対する90%信頼域を示しており、解析データの90%はこの点線で挟まれる範囲に入っている。このように、解析データでさえも求められる限界雨量値に対して多少のバラツキを生じているものであり、今回評価した結果も、当然限界雨量値に対して実測値はバラツキを生じる結果となる。図10では、複数の箇所が90%信頼域に入らない領域にあるが、これらのデータは、台風などによって災害が一度に多発したうちの1データであり、このときの多くの箇所で災害発生時刻が同じ時刻と記載されている。したがって、評価した箇所での災害発生時刻はこれよりも前であった可能性が高く、この場合、災害時雨量は少なくなる。つまり、実測値は図の位置よりY軸に平行にX軸側下がることになり、実際の災害発生時刻によっては90%信頼域内に入るものがあると考えられる。すなわち、北海道内で被災した事例に限界雨量方式の評価基準を作成するために使用した全国データにもとづく予測結果とでは有為な差が無いことになる。したがって、評価基準はこのままでも北海道で使用することが可能と考えられる。

5. おわりに

JR北海道管内で発生した自然災害全般の分析を行うとともに、実際に崩壊した盛土を対象にして、鉄道総研が開発した「盛土の危険度評価法」を現地調査を行ったうえで適用し、その精度の検証を試みた。JR北海道では、8、9月に発生する土構造物の災害が多く、まずこれを防止することの重要性を再認識した。また、「危険度評価法」をJR北海道管内へ適用することは可能であることが明らかとなったが、分析事例が10例と少ないこと、切取の評価法については言及しなかったこともあり、今後も本報告に示した手法により同様な分析を積み重ね、精度の向上に努めていきたい。

〔文献〕1) 国立天文台編：理科年表，机上版，第68冊，丸善，平成7年

2) 日本国有鉄道施設局土木課：土木建造物取替の考え方，日本鉄道施設協会，1974

3) 日本国有鉄道施設局運転局：降雨に対する運転規制基準作成要領，付属資料3，昭和47年9月

4) 杉山，佐溝，村石，岡田：全国の災害事例を基にした盛土の降雨災害危険度評価法の開発，鉄道総研報告，Vol. 6, No. 12, 1992. 12

5) K. Okada, T. Sugiyama, H. Muraishi, M. Samizo: Statistical Risk Estimating Method for Rainfall on Surface Collapse of a Cut Slope, Soils and Foundations, Vol. 34, No. 3, 1994. 9, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering

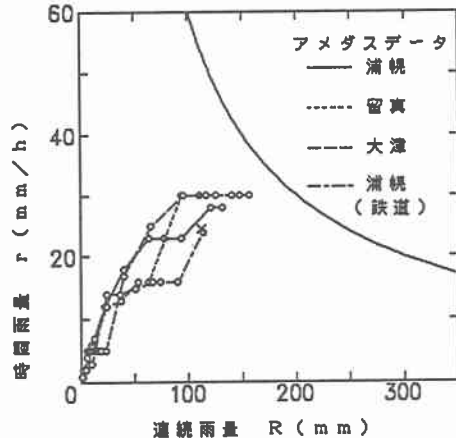


図9 限界雨量と災害時雨量データ

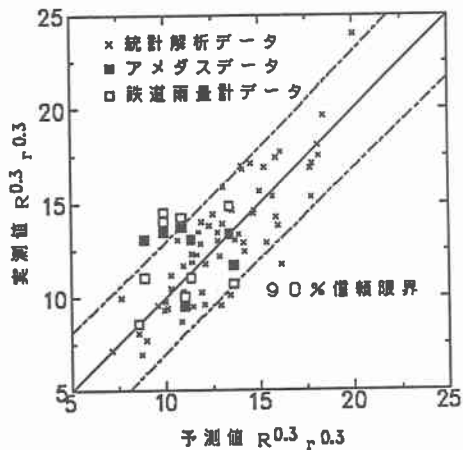


図10 予測値と実測値の散布図