切取斜面において発生する表層崩壊の崩壊規模予測に関する検討

（財）鉄道総研　正会員　○布川　修　正会員　小林　徹
正会員　杉山　友康　正会員　太田　直之
国士舘大学　フェロー　岡田　勝也

１．はじめに

鉄道沿線の斜面崩壊に伴う線路支障を防止するために，各種対策工が斜面または線路脇に施工されている．このような対策工を効果的な防災対策として計画するためには対象斜面の諸条件から斜面の崩壊規模等を予測することが重要であるが，現状ではそのような予測手法は確立していない．そこで，鉄道沿線の切取斜面において発生した表層崩壊に関するデータを整理し，崩壊長さと崩壊厚さの予測に関する検討を行った．本稿ではその検討内容と結果を述べる．

２．崩壊データの整理

本検討に先立ち，昭和 50 年頃から昭和 62 年頃までに鉄道沿線において降雨により発生した切取崩壊に関するデータを整理し，統計解析を行った [1]．その結果，過去に切取崩壊が発生した斜面の長さは 30m 未満が多いことが分かった．そこで，本検討ではこれらのデータから斜面長さ 30m 未満の表層崩壊データを抽出した（全 53 データ）．抽出したデータの崩壊長さの頻度分布を図 1 に，崩壊厚さの頻度分布を図 2 に示す．図より，崩壊長さの累積頻度は 10m 以下までが約 80%，崩壊厚さの累積頻度は 1.0m 以下までが約 90%であることが分かる．つまり，鉄道沿線の切取斜面において発生した表層崩壊は比較的小規模なものが多いといえる．

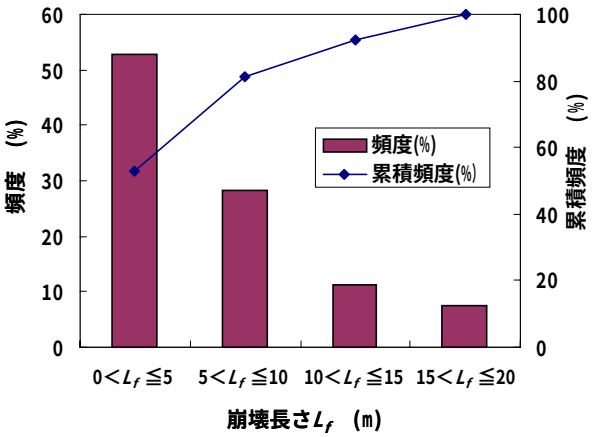

図１　崩壊長さの頻度分布

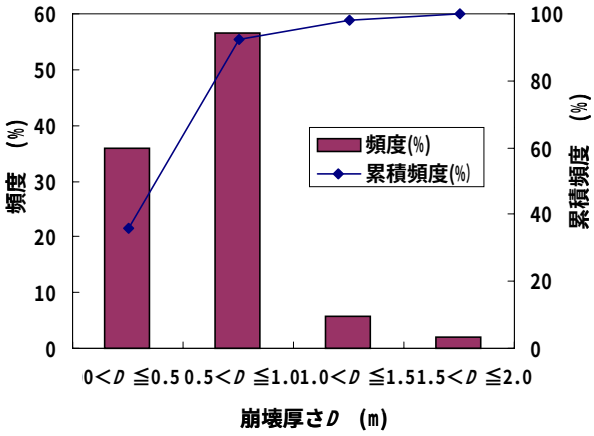

図２　崩壊厚さの頻度分布

３．解析方法と結果

表層崩壊の崩壊規模予測に関する検討として，崩壊長さと崩壊厚さを目的変数，崩壊した斜面の条件を説明変数として数量化Ｉ類解析を行った．説明変数とした斜面条件は，斜面勾配，斜面長さ，表層土厚さ，貫入強度（簡易動的コーン貫入試験結果 N_d），土質分類（「シルト，粘性土」，「砂，砂質土」，「礫，礫質土」に分類），細粒分含有率，上部地形（「集水地形」，「等価流入地形」，「平坦地形」，「非集水地形」に分類），基盤硬度（「硬岩」，「軟岩」，「土砂」に分類），地質分類（「堆積岩」，「火成岩」，「変成岩」に分類），地形区分（「山地」，「丘陵，台地」，「段丘」に分類）である．これらの斜面条件をカテゴリー化して解析を行い，崩壊長さと崩壊厚さとの関係を把握することでそれらの予測に必要な斜面条件を抽出した．そして抽出した斜面条件をカテゴリー化し直し，再度解析を行った．解析結果を表 1（崩壊長さ），表 2（崩壊厚さ）に示す．これらの表には，抽出した斜面条件の項目，カテゴリー分類，カテゴリー分類ごとのスコア（カテゴリースコア），斜面条件の項目ごとのレンジを示している．斜面条件の項目ごとのレンジは項目ごとのカテゴリースコアの幅であり，崩壊長さや崩壊厚さに対する影響度を示している．表 1，表 2 に示すこれらの値から，

キーワード　切取斜面　鉄道　表層崩壊　数量化Ｉ類解析

連絡先　〒185-8540　東京都国分寺市光町 2-8-38　（財）鉄道総合技術研究所　防災技術研究部　ＴＥＬ042-573-7263

表１　斜面条件ごとのカテゴリースコアとレンジ（崩壊長さ）

項目名	ｶﾃｺﾞﾘｰ-分類	ｶﾃｺﾞﾘｰ-ｽｺｱ	項目のﾚﾝｼﾞ
斜面勾配 θ (度)	θ＜45	1.41	2.01
	45≦θ＜50	-0.03	
	50≦θ＜55	-0.39	
	55≦θ	-0.60	
斜面長さ *L* (m)	*L*＜10	-3.27	8.04
	10≦*L*＜20	1.47	
	20≦*L*	4.76	
表層土厚さ *D* (m)	*D*＜1	0.49	2.05
	1≦*D*＜2	0.30	
	2≦*D*	-1.56	
貫入強度 *Nd*	*Nd*＜5	-2.13	4.05
	5≦*Nd*＜10	-0.20	
	10≦*Nd*	1.92	
土質分類	シルト，粘性土	0.04	2.89
	砂，砂質土	0.64	
	礫，礫質土	-2.25	
上部地形	集水地形･等価流入地形	-1.17	1.82
	平坦地形･非集水地形	0.65	
基盤硬度	硬岩	-1.30	3.98
	軟岩	0.13	
	土砂	2.68	
地形区分	山地	-0.45	1.37
	丘陵，台地	0.71	
	段丘	-0.65	
	定数項	6.81	

表２　斜面条件ごとのカテゴリースコアとレンジ（崩壊厚さ）

項目名	ｶﾃｺﾞﾘｰ-分類	ｶﾃｺﾞﾘｰ-ｽｺｱ	項目のﾚﾝｼﾞ
斜面勾配 θ (度)	θ＜45	0.10	0.14
	45≦θ＜50	-0.01	
	50≦θ	-0.03	
斜面長さ *L* (m)	*L*＜10	-0.17	0.48
	10≦*L*＜20	0.06	
	20≦*L*	0.31	
表層土厚さ *D* (m)	*D*＜2	0.03	0.16
	2≦*D*	-0.13	
貫入強度 *Nd*	*Nd*＜5	-0.09	0.17
	5≦*Nd*＜10	0.08	
	10≦*Nd*	-0.07	
土質分類	シルト，粘性土	0.00	0.2
	砂，砂質土	0.05	
	礫，礫質土	-0.15	
基盤硬度	軟岩	-0.06	0.13
	その他	0.06	
地質分類	変成岩	0.26	0.29
	その他	-0.03	
地形区分	山地	-0.10	0.24
	丘陵，台地	-0.02	
	段丘	0.14	
	定数項	0.69	

崩壊長さに対する影響度が大きい斜面条件は，斜面長さ，貫入強度，基盤硬度であり，崩壊厚さに対する影響度が大きいものは，斜面長さ，地質分類，地形区分であることが分かる．

４．予測手法の提案と精度

表１，表２に示したカテゴリースコアを用いることにより，表層崩壊の崩壊長さと崩壊厚さは，（崩壊長さまたは崩壊厚さの予測値）＝Σ（項目ごとのカテゴリースコア）＋（定数項）で予測することができる．

この予測手法の精度を検討するために，予測値と実績値との関係を図３（崩壊長さ），図４（崩壊厚さ）に示す．なお，この図の直線は，$y=x$ つまり予測値と実績値が同じ場合を表している．図より，予測値と実績値の相関を表す相関係数は，崩壊長さの場合 0.86，崩壊厚さの場合 0.76 であることが分かった．また，予測値と実績値との差の絶対値を誤差として，それらの平均値と標準偏差を求めた結果，崩壊長さの場合それぞれ 1.78m，1.21m，崩壊厚さの場合 0.15m，0.11m であった．つまり，標準偏差を含めた誤差は，崩壊長さの場合±3m 程度，崩壊厚さの場合±0.4m 程度であることが分かった．

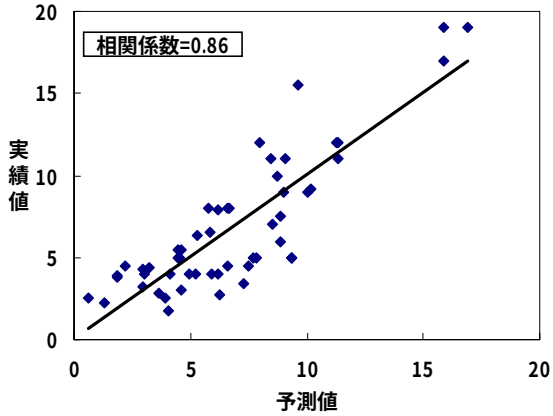

図３　予測値と実績値との関係（崩壊長さ）

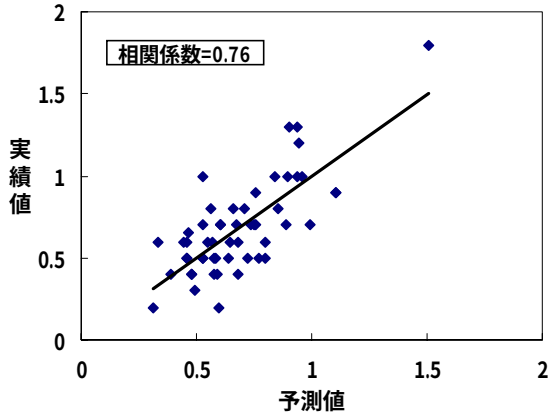

図４　予測値と実績値との関係（崩壊厚さ）

５．おわりに

本稿では，過去に鉄道沿線の切取斜面で発生した表層崩壊データに対してに数量化Ｉ類解析を行うことで，表層崩壊の崩壊長さと厚さを予測する手法を提案した．今後は，データを蓄積し提案した予測手法の精度を高めるとともにこの手法の実用性についても検討する予定である．

参考文献

布川ら：鉄道沿線で発生した切取斜面崩壊の崩壊長さと厚さに関する考察，土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集(CD-ROM)，IV　pp49-50，2003.9