

「斜面防災研究委員会」報告書

斜面安定評価における劣化概念の導入
(その2)
(平成18年度～平成20年度)

(斜面防災研究委員会)

平成21年3月

(社) 建設コンサルタツツ協会 近畿支部

平成21年7月1日

まえがき

近年の都市域の拡大に伴い土砂災害の危険区域が増加するとともに、過去に経験したことのない、局所的な集中豪雨により自然斜面では斜面崩壊が数多く発生し多くの犠牲者がでております。一方、道路のり面においても対策工の老朽化が進み、近い将来、崩壊が発生する可能性が増大しているという課題が発生しております。

このような背景から、建設コンサルタンツ協会近畿支部では平成14年4月から外部委員5名、40名の委員からなる「斜面防災研究委員会」（委員長 沖村孝神戸大学教授）を設置し、活発な研究活動を進めました。この研究会は平成18年3月で所定の3カ年の研究期間を終了しましたが、研究成果報告書として「斜面安定評価における劣化概念の導入」（262ページ）を刊行し、平成18年7月25日に会員向けの報告会を開催しました。

平成18年4月からは、第二期として、新たに3カ年を期限として、引き続き5名の外来委員と延べ38名の委員で構成される「斜面防災研究委員会」を設置し、調査研究活動を継続しました。第二期の活動は、第一期の成果を発展させることを目標に、既存施設の老朽化評価等を踏まえた斜面危険度評価や対策工、維持管理手法を実務的に集約するとともに、ライフサイクルコストの考え方をベースとした対策工の施工優先順位についても研究を進めて参りました。本報告書は平成18年4月から平成21年3月までの、このような活動とその成果についてとりまとめたものであります。

第二期委員会の活動にあたっては、第一期と同様に、調査分科会、解析分科会、維持管理分科会、施工分科会、およびリスク分科会の5つの分科会を設置するとともに、各分科会を調整する幹事会を設け、積極的な活動を行いました。

調査分科会では「のり枠工の変状と地山劣化調査方法の提案」をテーマにして、主のにり枠工に注目した斜面の変状や劣化の調査方法について検討を加えました。

解析分科会では「劣化を考慮した斜面の性能評価手法の提案」を目的にして斜面の劣化を考慮した解析手法の提案を行いました。

維持管理分科会では「道路切土のり面構造物の変状を早期に発見するための点検手法の提案」をテーマにして斜面の危険性をより早く把握するための実務的な提案を行いました。

施工分科会では「劣化を考慮した対策工の提案」を課題として主に補修対策工法に注目した設計の課題や、変形概念を取り入れた対策工設計への試みを示しました。

リスク分科会では「斜面災害リスク評価」を目的にして斜面リスクを評価するとともに、対策場所の優先度を示す手法についての検討をおこないました。

本報告書は、以上の調査研究活動の成果を集約したものであります。しかし、3年間での成果ではまだ不十分なものも多く、斜面の劣化や対策工の劣化については今後の更なる調査研究や多くの皆様の討論に期待したいと思います。

最後になりましたが、本研究会に参加して積極的に活動いただきました学識委員の先生方や活発な調査研究活動を行っていただいた研究会委員の皆様に厚くお礼申し上げます。

平成21年 7月

斜面防災研究委員会
委員長 沖村 孝

報告書全体目次

まえがき

委員会活動概要

1. 委員会名簿	1
2. 委員会活動	2
2.1 全体委員会活動	2
2.2 見学会	3
2.3 分科会活動	4

第1編 維持管理のための法面簡易点検手法の提案～実測に基づいた管理基準値の検討～ (維持管理分科会)

はじめに	9
1. 維持管理の概要と研究テーマ	9
1.1 維持管理の概要と必要性	9
1.2 前期研究成果の概要	10
1.3 前期研究成果の課題	12
1.4 研究テーマ設定	12
2. 変状の捉え方	13
2.1 点検項目と計測方法	13
2.1.1 点検項目の追加と定量的評価の可否	13
2.1.2 変状の点検, 変状の記録のポイント	13
2.1.3 変状の点検方法, 変状の記録方法	14
2.1.4 点検箇所の選定における留意点	17
2.2 計測事例	17
2.2.1 モルタル吹付工での計測事例	17
2.2.2 吹付のり枠工での計測事例	17
2.2.3 擁壁工での計測事例	18
2.3 計測の留意点・問題点	18
2.3.1 計測作業において発生した問題	18
2.3.2 計測における留意点および対処方法	19
2.4 新技術の紹介	19
2.4.1 研究段階の新技術の事例	20
2.4.2 NETIS に紹介されている技術	20
2.4.3 インターネット上の検索結果 (検索キーワード: クラック 幅 計測 新技術)	21
2.4.4 インターネット上の検索結果 (検索キーワード: 斜面 のり面 計測 技術)	21
3. 点検記録票の様式	21
3.1 前期の記録様式の問題点	21
3.2 点検記録様式の改良と構成	22
3.3 記録様式の記載例	23
4. 点検結果の評価方法	25
4.1 評価の位置付け	25
4.1.1 評価方法の現状と課題	25

4.1.2	定量的評価のための計測項目	25
4.1.3	評価基準の位置付け	25
4.2	既往の管理基準値	26
4.2.1	管理基準値の事例（変位量）	26
4.2.2	管理基準値の事例（変位の累積性）	27
4.3	管理基準値設定の方向性	28
4.4	法面簡易点検の結果	28
4.4.1	点検結果の整理と分析	28
4.4.2	季節変動幅の設定	33
4.5	評価方法の設定	33
4.5.1	管理基準値の設定	33
4.5.2	管理基準値による評価方法（案）	34
4.5.3	評価方法の設定における問題点と課題	35
5.	あとがき	35
	<参考資料：法面簡易点検記録票 計測データ>	37
	・ のり面番号：A-1	
	・ のり面番号：A-2	
	・ のり面番号：A-3	
	・ のり面番号：B-1	
	・ のり面番号：B-2	
	・ のり面番号：B-3	
	・ のり面番号：B-4	
	・ のり面番号：B-5	
	・ のり面番号：B-6	
	・ のり面番号：C-1	
	・ のり面番号：C-2	
	・ のり面番号：C-3	

第2編 劣化を考慮した斜面の性能評価手法の提案（解析分科会）

1.	まえがき	107
2.	斜面の性能指標と時間の関係	109
2.1	概説	109
2.2	斜面の性能指標	109
2.2.1	安全性の指標	110
2.2.2	景観性の指標	111
2.3	斜面劣化(時間)の考え方	111
2.3.1	影響要因	111
2.3.2	劣化形態	112
2.3.3	時間と斜面劣化の考え方	116
2.3.4	斜面の供用期間	117
2.4	解析手法と現状の課題	117
2.4.1	安全率を求める極限平衡法	117
2.4.2	変位・変形を求める有限要素解析	118
2.4.3	現状の課題	119

3.	モデル解析	120
3.1	概説	120
3.2	物性値の設定	121
3.2.1	解析に必要な物性値の設定方法	121
3.2.2	物性値の設定例	127
3.3	モデル諸条件	131
3.3.1	解析手順及び解析モデルの設定	132
3.3.2	入力物性値の設定	134
3.4	モデル解析結果	136
3.4.1	実斜面状況を模した解析結果	136
3.4.2	パラメトリックスタディ結果	145
4.	斜面の性能評価手法の提案	165
4.1	概説	165
4.2	モデル解析に基づく斜面の性能指標	165
4.2.1	安全率と変位	166
4.2.2	性能指標に対するパラメータ分析	171
4.3	合理的な斜面の性能評価に向けて	175
4.3.1	安全率－変位－時間関係	176
4.3.2	提案と課題	177
5.	あとがき	180

第3編 のり砕工の劣化実態と岩盤劣化の実態およびその調査法（調査分科会）

まえがき	182
1. 研究概要	182
1.1 前期活動の概要	182
1.2 研究テーマの設定	183
1.3 研究概要	183
2. のり面の劣化実態調査	184
2.1 実態調査の目的	184
2.2 のり砕工の劣化実態調査方法	184
2.3 のり砕工の劣化実態	185
2.4 のり砕工の劣化事例	185
2.4.1 事例A	185
2.4.2 事例B	187
2.4.3 事例C	188
2.5 のり砕工の劣化実態における特徴	189
2.6 のり面変状形態の傾向	190
3. 地山劣化に関わる既往研究・長期観測事例	192
3.1 事例調査の位置付け	192
3.2 地山劣化に関する既往研究事例	192
3.2.1 既往調査結果から考えられる劣化調査方法について	192
3.2.2 既往研究事例の紹介	194
3.3 切土斜面に関する観測事例	195
3.3.1 切土斜面の変位・変状観測の重要性	195

3.3.2	観測事例（１）	195
3.3.3	観測事例（２）	199
4.	岩石劣化試験	200
4.1	岩石劣化試験の目的	200
4.2	コア試料の劣化試験	200
4.3	廃棄石材の劣化試験	202
4.3.1	対象廃棄石材	202
4.3.2	試験方法	202
4.3.3	試験結果	203
4.4	試験結果と既往研究	204
5.	切土斜面の調査法	207
5.1	切土斜面の調査の目的と役割	207
5.2	詳細調査	208
5.2.1	詳細調査の方法	208
5.2.2	詳細調査の範囲と測線配置	209
5.2.3	変状把握のための調査	209
5.2.4	対策工選定のための調査	216
5.3	長期安定評価のための調査	220
5.3.1	切土斜面長期安定性評価の指標値	220
5.3.2	長期安定性評価の対象切土斜面	220
5.3.3	長期安定性評価のための調査方法	221

第４編 劣化を考慮した対策工の提案（施工分科会）

はじめに	223
1. 維持管理における対策工の考え方と本研究の位置づけ	223
1.1 研究のテーマと変遷	223
1.2 維持管理における対策工の考え方	223
1.3 研究の位置づけ	224
2. 既設のり面の劣化とは	225
2.1 既設のり面の現状	225
2.2 既設のり面の劣化の分類	225
2.3 のり面对策工の劣化	225
3. 劣化・変状に応じた対策の提案	228
3.1 概説	228
3.1.1 研究の対象	228
3.1.2 対象工種	228
3.1.3 点検結果の判定	229
3.2 劣化・変状に対する対策工	229
3.2.1 吹付工の劣化・変状に対する対策の選定	229
3.2.2 のり枠工の劣化・変状に対する対策の選定	232
3.2.3 擁壁工の劣化・変状に対する対策の選定	234
3.3 対策工の計算例	235
3.3.1 鉄筋挿入工による対策工の計算例	235
3.3.2 グラウンドアンカーによる対策工の計算例	238

4. 鉄筋補強土工における安全率と変形	242
4.1 概説	242
4.1.1 鉄筋補強土工の概要	242
4.1.2 鉄筋補強土工選定の背景	243
4.2 遠心模型実験	243
4.2.1 遠心模型実験装置の概要	243
4.2.2 実験モデル	244
4.2.3 実験方法および実験ケース	245
4.2.4 実験結果および考察	246
4.3 斜面安定解析	249
4.3.1 解析モデル	249
4.3.2 劣化度の評価	250
4.3.3 解析結果	250
4.4 安全率と変形の関係	251
4.4.1 概説	251
4.4.2 のり肩のひずみ量と安全率の関係	252
4.4.3 結果のまとめ	254
4.4.4 劣化評価と課題	255
あとながき	255

第5編 斜面の性能低下を考慮したリスク評価と斜面のライフサイクルコスト算定 (リスク分科会)

1. 研究の概要	257
1.1 はじめに	257
1.2 前期成果の概要	257
1.3 本研究の目的	263
1.3.1 斜面リスクとライフサイクルコスト (LCC)	263
1.3.2 斜面の性能低下	264
1.3.3 斜面の性能低下と補修の概念	264
2. 性能低下の基本概念	266
2.1 斜面の性能低下の概要	266
2.2 地山斜面の性能低下特性	267
2.3 対策工の性能低下特性	272
3. 性能低下を考慮したリスク評価	274
3.1 破壊確率の中央安全率	274
3.2 地山の性能低下速度	277
3.3 性能低下を考慮したリスク評価	279
4. 性能低下を考慮したLCC評価	282
4.1 LCCのモデル化	282
4.2 性能低下を考慮したLCC算定	284
4.3 最適補修時期の算定例	289
5. アセットマネジメントに向けて	291
5.1 本研究における課題	291
5.2 地盤構造物のライフサイクル評価	291

5.2.1 既設構造物のライフサイクル評価の基本概念.....	291
5.3 アジア型とヨーロッパ型.....	292

あとがき

1. 斜面防災研究委員会名簿

No.	所 属	氏 名	TEL	備 考	所属分科会
1	神戸大学 (財)建設工学研究所(神戸大学名誉教授)	オホムラ カン 神村 孝	078-851-1850	学識委員	維持
2	京都大学 大学院工学研究科都市社会学専攻	オオハ ヒロヤス 大津 宏康	075-383-3260	学識委員	リスク
3	関西大学 環境都市工学部都市システム工学科	ニシカタケル 西形 達明	06-6368-0898	学識委員	施工
4	大阪市立大学 大学院理学研究科生物地球系専攻	ミヤマ ムネ 三田村宗樹	06-6605-2592	学識委員	調査
5	神戸大学 自然科学系先端融合研究環 都市安全研究センター	ヨシダ ノブキ 吉田 信之	078-803-6031	学識委員	解析
6	株式会社 大阪本店 土木技術部技術課	クニミ カズマ 國富 和真	06-6244-3653	平成19年度より学識委員	調査
7	株式会社 大阪本店 土木営業部技術営業G	ワタナベカシ 渡辺 隆司	06-6763-6398	平成19年度より学識委員	施工
8	株式会社 ヒロセ 営業本部技術部	オガタ タケミ 尾方 武文	06-6532-6917	平成19年度より学識委員 (18年度まで施工幹事)	施工
9	株式会社 ヒロセ 補強土カンパニー 環境工事業部	フジシ セイジ 小西 成治	06-6532-6923	平成19年度より学識委員	調査
10	アジア航測㈱ 西日本コンサルタンツ部 総合防災課	イワチセウ 岩測 成吾	06-4801-2250	(平成18年2月～平成19年3月在籍) 旧委員:真鍋 忠義 代理:船越和也	解析
11	㈱アーステック東洋 地質部 防災地質課	マルキ ヨシハ 丸木 義文	075-575-2233	解析分科会幹事	解析
12	㈱エイト日本技術開発 (旧社名:㈱エイトコンサルタント) ジオエンジニアリング事業部 関西支社 (関西支社:技術2部)	フジワラシマサ 藤原 康正	06-6397-3888		解析
13	㈱エース 基盤整備本部 技術第一部	タカノ ヒロアキ 高野 裕明	075-361-1525		施工
14	㈱オリエンタルコンサルタンツ 関西支社 道路G	シミズ タケオ 清水 健男	06-6350-4374		リスク
15	応用地質㈱ 関西支社 神戸支店	エントウツカサ 遠藤 司	078-252-2108		調査
16	㈱オオバ 大阪支店 土木設計部設計2課	オサムラ カズヒデ 納村 和秀	06-6228-1353	ヤマトマサヒロ 代理:山本正浩	リスク
17	川崎地質㈱ 西日本支社	コジマ テルヒコ 小島 央彦	078-327-6002	イケシノカズ 代理:池尻勝俊	調査
18	㈱関西土木技術センター 調査設計部	スガイ トモヒロ 菅井 知宏	075-641-3015	維持管理分科会幹事	維持
19	㈱かんこう コンサルタント事業部 土木設計G	オオマエタケシ 大前 雄史	06-6935-6905		解析
20	近畿技術コンサルタンツ㈱ 技術本部	ヒヤマ エツチ 桜山 悦一	06-6946-5771	会計幹事	維持
21	㈱建設技術研究所 大阪本社 地圏環境部 砂防室	ムカイ ノブキ 向井 信之	06-6944-7813	ヤマウキシンジ 代理:山脇真二	リスク
22	国土防災技術㈱ 神戸支店	サツカウジ 目 耕治	078-221-2213	(平成18年4月～平成19年3月在籍) 旧委員:柳瀬 正寿	維持
23	サンコーコンサルタンツ㈱ 大阪支店 土木部道路課	トリタ トシヒロ 鳥田 敏弘	06-4702-5234		調査
24	㈱スリーエスコンサルタンツ 設計部	シンマチ タケシ 新町 剛志	06-6227-5885		解析
25	セントラルコンサルタンツ㈱ 大阪支社 技術第2部 環境水工G	ツジメ トオル 辻本 徹	06-6882-2139		施工
26	大日本コンサルタント㈱ 大阪支社 社会創造技術部道路計画室	ヨシダ ナオキ 吉田 直貴	06-6541-5601	施工分科会幹事	施工
27	㈱ダイコンサルタント 関西支社	アラキ シゲユキ 荒木 繁幸	06-6339-9141	幹事長	施工
28	㈱ダイコンサルタント 関西支社	タムラ ヤスシ 田村 泰志	06-6339-9141		解析
29	中央開発㈱ 地盤技術部	ナカムラ ヤスオ 中村 康雄	06-6386-3691	調査分科会幹事	調査
30	中央復建コンサルタンツ㈱ 総合技術本部 測量・地盤系G	オケデ テツヤ 奥出 哲也	06-6160-3362		維持
31	㈱デルタ設計コンサルタント 代表取締役	フクダ マサル 福田 雅	06-6838-0102		リスク
32	東洋技研コンサルタンツ㈱ 技術第1部 第2課	ウエオカ タカシ 上岡 貴士	06-6886-1083		維持
33	㈱日建設計シビル 地盤調査設計部	カキヤマ マサカズ 片山 政和	080-6160-2925		維持
34	日本技術開発㈱ 大阪支社 道路・交通部	アラカワ エイジ 荒川 英史	06-6377-4930		施工
35	いであ株式会社 大阪支社 陸園G	ナカムラ ヨウキ 中村 裕樹	06-6453-2983		解析
36	日本工営㈱ 大阪支店 技術第2部	ヤマチイワオ 山口 巖	06-7177-9504		リスク
37	㈱ニュージェック 道路G 道路第一T	イノウエ マサル 井上 雅晴	06-6374-4469		リスク
38	㈱ニュージェック 国内事業本部 地圏G地質第1T	ヒトツヤキトモユキ 一柳 知之	06-6374-4901		維持
39	パシフィックコンサルタンツ㈱ 大阪本社 交通技術部保全マネジメントG	イズ リュウタロウ 伊豆 隆太郎	06-4964-2312	トコウ サシ 代理:東郷 智	リスク分科会幹事 リスク
40	㈱阪神コンサルタンツ 奈良本店 地盤技術G	サカイ シンスク 酒井 信介	0742-36-0212		解析
41	明治コンサルタンツ㈱ 技術課	カシハラシヤキ 梶原 敏昭	072-751-1659	スキウチシホ 代理:杉浦敏彦	維持
42	㈱関西地質調査事務所 総合技術部	セオ マサル 妹尾 正晴	072-279-6770	平成19年4月～20年3月在籍	調査