

鋼製砂防構造物に関する点検手法及び健全度評価結果について

八千代エンジニアリング株式会社 ○長塚結花, 横尾公博, 児玉龍朋, 関基
国土交通省 北海道開発局 室蘭開発建設部 吉川契太郎, 真野拓司, 村井瞳

1. はじめに

砂防施設は、出水や地震などの外的要因による損傷や時間経過による劣化が生じる一方で、求められる機能や性能を長期にわたって維持・確保していく必要がある。平成30年度に改訂された点検要領¹⁾や長寿命化ガイドライン²⁾により、砂防施設の点検を統一した視点で実施し、適切な維持管理や長寿命化計画の策定が求められている。

しかしながら、要領¹⁾では砂防施設の多くを占める型式であるコンクリート構造物を主な対象としているため、現状では鋼製砂防施設の変状レベル評価や健全度評価の手法が確立されているとはいえない。

本検討では、北海道苫小牧市に位置する樽前山直轄火山砂防流域内にある既存鋼製砂防施設(計9基)を対象として、変状レベル評価・健全度評価を実施した結果を報告するものである。

点検対象施設は、現地発生土砂を中詰めした鋼製セル型砂防堰堤(セル)、鋼製ダブルウォール型砂防堰堤(DW)、越流部をセルで非越流部をDWで構成している砂防堰堤(セル/DW)の3種類である(表1)。本対象施設は、火山泥流対策であり、既往実績によると平常時に大きな外力は作用していないという特徴にある。

表1 点検対象砂防施設

No	構造	堰堤長	堰堤高	竣工年
1	セル/DW	187.5m	6.5m	H19
2	DW	76.5m	4.5m	H22
3	セル/DW	95.9m	5.0m	H22
4	DW	45.9m	4.5m	H21
5	セル/DW	176.6m	6.0m	H21
6	セル/DW	570.5m	14.5m	H17
7	セル/DW	480.1m	14.5m	H14
8	セル	342.6m	14.5m	H27
9	セル	234.0m	14.5m	H29

2. 点検手法及び変状レベル評価

2.1 点検項目及び点検手法

鋼製砂防施設の点検項目及び点検手法は、同流域内で過年度に行われている定期点検項目³⁾に倣って実施した。具体的な点検項目は、表2に示す事項である。また、本点検は定期点検と位置づけ、目視または検測ポールやコンベックス等を用いた簡易な計測を主として実施した。

2.2 変状レベル評価手法の検討

本検討では、各点検項目に対して、鋼製砂防施設で認められる損傷等の変状レベル評価の評価基準を設定した。変状レベル評価の基準を設定するにあたっては、点検項目毎に設定根拠を明確化させたいと、次の4種類に区分した(表2)。特に分類4については、本変状の進行により、泥流発生時に砂防施設の機能や性能が確保可能であるか否かという点に着目して設定している。例えば天端コンクリートの摩耗やひび割れは、水通し天端上を泥流が流下した場合、中詰め土砂の吸い出しや流出が起こるかという観点で設定した。また、「壁面材の変形」については、詳細点検(別途発表)の結果及び、鋼材を用いた維持管理マニュアル⁴⁾を準用して設定した。

1. 点検要領(案)に準拠して評価基準を設定した点検項目。
2. 点検要領(案)のうち、他形式の基準を準用して評価基準を設定した点検項目。
3. 定期点検や詳細点検結果を踏まえて評価基準を設定した点検項目。
4. 各調査項目の機能・性能に着目して評価基準を設定した点検項目。

なお、変状レベル評価は、要領¹⁾で示されている「a: 損傷なしもしくは軽微な損傷, b: 損傷があるものの現時点での対策は必要なし, c: 損傷があり当該部位の性能上の安定性や強度の低下が懸念される状態」の考え方に準拠した。

表2 点検項目毎の変状レベル評価設定根拠

調査項目	点検事項	変状レベル評価の基準		点検基準 等級の分類	設定根拠	
		変状レベルa	変状レベルb			
水通し天端	沈下	沈下なし、もしくは軽微な沈下	沈下により壁面材の内側が部分的に露出	沈下により壁面材の内側が完全に露出	4	泥流発生時の壁面材の折れや破損に着目して設定
	摩耗	摩耗なし、もしくは軽微な摩耗	鉛直方向の摩耗深さがコンクリートの高さの程度未満	鉛直方向の摩耗深さがコンクリートの高さの程度以上	4	中詰め土砂の流出に着目して設定
	ひび割れ	ひび割れなし、もしくは軽微なひび割れ	ひび割れはあるが、中詰め材の流出なし	水平方向ひび割れによって、中詰め材の流出が生じている	4	中詰め土砂の流出に着目して設定
天端コンクリート	沈下	沈下なし、もしくは軽微な沈下	沈下により壁面材の内側が部分的に露出	沈下により壁面材の内側が完全に露出	4	泥流発生時の壁面材の折れや破損に着目して設定
	摩耗	摩耗なし、もしくは軽微な摩耗	鉛直方向の摩耗深さがコンクリートの高さの程度未満	鉛直方向の摩耗深さがコンクリートの高さの程度以上	4	中詰め土砂の流出に着目して設定
	ひび割れ	ひび割れなし、もしくは軽微なひび割れ	ひび割れはあるが、中詰め材の流出なし	水平方向ひび割れによって、中詰め材の流出が生じている	4	中詰め土砂の流出に着目して設定
天端盛土	沈下	沈下なし、もしくは軽微な沈下	沈下により壁面材の内側が部分的に露出	沈下により壁面材の内側が完全に露出	4	泥流発生時の壁面材の折れや破損に着目して設定
	摩耗・腐食	摩耗なし、もしくは軽微な摩耗	鋼材の摩耗の進行が確認される場合	鋼材の露出が認められない	3	定期点検・詳細点検結果から設定
	変形	変形なし、もしくは最大水平変位が堰高の2%未満	最大水平変位が堰高の2%以上6%未満	最大水平変位が堰高の6%以上	3	定期点検・詳細点検結果、別基準から設定
壁面材	破損	破損なし、もしくは軽微な破損	部分的な破損、断面の欠損がみられない	壁面材の一部が破損・損傷している	4	中詰め土砂の流出に着目して設定
	継手の開き	継手の開きなし	開口はあるが、中詰め材の流出が認められない	開口があり、かつ中詰め材の流出が認められる	4	中詰め土砂の流出に着目して設定
	漏水	漏水なし、もしくは軽微な漏水	部分的に漏水している	広範囲にわたる漏水、基礎面部分からの漏水、両岸地山と砂防施設間の漏水	2	点検要領(コンクリート堰堤 本体・漏水)を参考に設定
本体及び袖部	錆い出し防止材	変状なし、もしくは軽微な変状	錆い出し防止材の変状により、中詰め材に著しい流出が局所的に認められる	中詰め材の多量の流出が、いたるところで認められる	4	中詰め土砂の流出に着目して設定
	木抜き等	破損	部分的な破損、断面の欠損がみられる	木抜き等の一部が破損・損傷している	4	土流への漏水・中詰め土砂の流出に着目して設定
	土砂堆積	土砂堆積なし	土砂堆積によって断面が減少(概ね25%以下)	土砂堆積によって断面が減少(概ね25%以上)	2	点検要領(集水井・集水管の閉塞)を参考に設定
堰床ブロック	流出	流出なし、もしくは軽微な流出	移動・ずれの変状がみられる	流出している	4	基礎地盤の洗掘に着目して設定
	沈下	沈下なし、もしくは軽微な沈下	沈下が堰床ブロックの基礎面に達していない	沈下が堰床ブロックの基礎面に達している	4	基礎地盤の洗掘に着目して設定
	摩耗	摩耗なし、もしくは軽微な摩耗	摩耗が水叩きの基礎面に達していない	摩耗が水叩きの基礎面に達している	1	点検要領(水叩き 摩耗)を参考に設定
河床	洗掘	変状なし、または軽微な洗掘	洗掘が堰床の基礎面に達していない	洗掘が堰床の基礎面に達している	2	点検要領(浸透保全工 洗掘)を参考に設定
	土砂堆積	変状なし、または軽微な土砂等の堆積	一部に土砂が堆積しているが、溢水はない状態	土砂等の堆積によって、溢水している	2	点検要領(水路工 水路の土砂等の堆積)を参考に設定
	堰岸の変状	変状なし、または軽微な変状	該当なし	変状が生じている	2	点検要領(浸透保全工)を参考に設定
安全対策施設	腐食・損傷	変状なし、または損傷・変形・劣化はあるが使用可能	該当なし	損傷・変形・腐食・劣化によって使用できない、または機能していない	1	点検要領(安全設備)を参考に設定
	道路法面状況	変状なし	軽微な損傷はあるが、車両通行への影響はない	法面上に変状が生じており、安全な車両通行が困難である	4	道路の車両通行に着目して設定
	浸流横断部状況	変状なし	一部に土砂が堆積しているが、溢水はない状態	土砂等の堆積により、路面上に溢水している	2	点検要領(集水井・集水管の閉塞)を参考に設定
周辺地盤	変状	変状なし、または軽微な変状はあるが土質の風化・侵食・崩壊の発生が認められている	該当なし	斜面上に変状が生じている	2	点検要領(集水井・集水管の閉塞)を参考に設定
	摩耗	変状なし、または軽微な摩耗	摩耗が基礎面に達していない	摩耗が基礎面に達している	2	点検要領(浸透保全工 摩耗)を参考に設定
	土砂堆積	変状なし、または軽微な土砂等の堆積	一部に土砂が堆積しているが、魚道の機能に影響が生じていない	土砂等の堆積によって、魚道の機能に影響が生じている	2	点検要領(水路工 水路の土砂等の堆積)を参考に設定

2.3 変状レベル評価結果

表2に示した変状レベル評価基準に基づいて、対象9施設の点検・変状レベル評価を行った。変状レベル評価は、部位毎の評価を行う前に、点検項目毎に実施することとした。点検項目別の変状レベル評価結果は、表3に示すとおりである。

変状レベル b 評価が確認された箇所は、水通し・袖天端で11箇所と多く、「沈下」や「コンクリートのひび割れ」及び「目地の開き」が項目として挙げられる。壁面材では、中詰め土砂の流出はないものの「継手の開き」が3施設で確認された。変状レベル c 評価は、安全対策施設の損傷のみであり、砂防施設本体に関わる変状は確認されなかった。

表3 変状レベル評価結果

調査項目	施設No	変状レベル									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
水通し天端	天端コンクリート	沈下	a	b	a	a	a	-	b	-	-
		腐蝕	a	a	a	a	a	-	a	-	-
		ひび割れ	b	a	b	a	b	-	-	-	-
		目地の開き	b	a	b	a	b	-	-	-	-
袖天端	天端コンクリート	沈下	-	-	-	-	-	-	b	a	b
		腐蝕	-	-	-	-	-	-	-	a	a
		ひび割れ	-	-	-	-	-	-	-	-	a
		目地の開き	-	-	-	-	-	-	-	-	a
本体及び袖部	壁面材	剥離・腐食	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		変形	a	a	a	a	a	b	a	a	a
		腐蝕	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		継手の開き	a	a	b	a	a	b	a	b	a
水抜き暗渠	暗渠	湧水	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		閉鎖	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		閉鎖	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		閉鎖	a	a	a	a	a	a	a	a	a
前庭部	基礎ブロック	沈下	-	-	-	-	-	-	-	a	a
		腐蝕	-	-	-	-	-	-	-	-	a
		ひび割れ	-	-	-	-	-	-	-	-	a
		目地の開き	-	-	-	-	-	-	-	-	a
共通	河道	洗掘	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		土砂堆積	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		護岸の変状	a	-	a	-	a	a	a	a	a
		安全対策施設	a	a	a	a	a	a	a	a	a
施設周辺の状況	周辺	道路法面状況	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		涵管構造部状況	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		周辺の法面	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		農道	a	a	a	a	a	a	a	a	a

変状レベル:a 変状レベル:b 変状レベル:c 点検困難箇所

3. 健全度評価

3.1 健全度評価の考え方と結果

要領¹⁾によれば、砂防施設の健全度評価は、部位ごとの変状レベルを評価した上で、流域や施設周辺の状況も踏まえ、総合的に健全度を評価するものである。例えば、砂防堰堤では、本堤基礎、水通し部、本体、袖部、前庭部の部位に区分して、それぞれの部位（水通し天端、袖天端、壁面材、水抜き暗渠、前庭部、付帯構造物）の変状レベルを評価した上で、当該砂防堰堤の総合的な健全度を評価する。

上記を踏まえ、本検討での対象とする鋼製砂防施設の健全度は、次の手順で評価した。①点検項目別の変状レベル評価のうち、最も危険側の結果を部位の変状レベルとして評価。②部位の変状レベル評価のうち、砂防施設本体（主要構造形式）の変状レベルを図1のフローに従って評価。③施設周辺の状況を整理。④上記の①～③を総合的にとりまとめて、砂防施設の健全度を評価。（①～④は図2中の数字と一致）

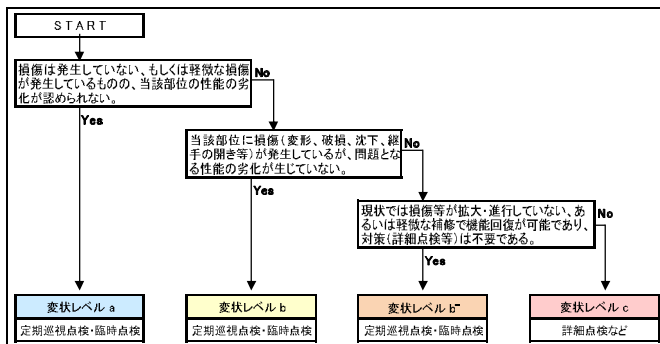


図1 主要構造形式変状レベル評価 検討フロー

健全度評価は要領¹⁾で示されている「A：対策不要、B：経過観察、C：要対策」に準拠して評価することとした。健全度評価の結果、評価Aが6基、評価Bが3基となった（表4）。具体的な実施例として、施設No.3の健全度は、図2に示すとおりである。

表4 健全度評価結果

健全度	基数	該当施設No
A：対策不要	6基	No.1,2,4,5,7,9
B：経過観察	3基	No.3,6,8
C：要対策	0基	—

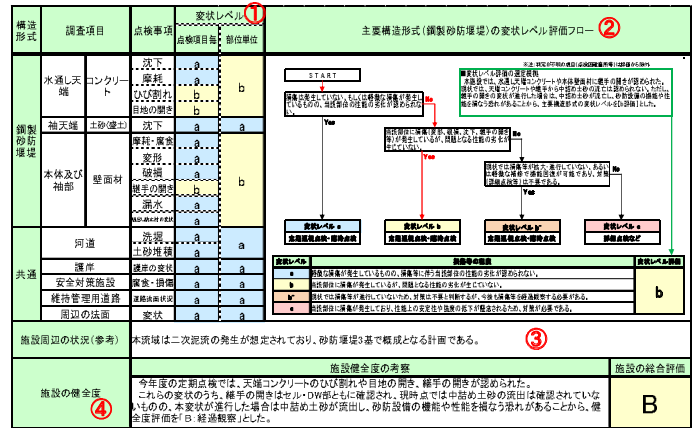


図2 健全度評価検討例（施設No.3）

3.2 健全度B評価施設の整理

砂防施設の健全度をB（経過観察）と評価した砂防施設は、No.3,6,8の3施設である。当該施設で共通して確認された変状としては、砂防施設本体壁面材の「継手の開き」である。今年度の点検時には、確認された開きから中詰め土砂の流出は認められなかったため、現状では中詰め土砂の流出に伴う砂防施設の機能・性能の劣化は起きていないものと考えられる。

一方で、当該砂防施設は中詰め土砂の重量で安定性を確保している砂防施設である。そのため、「継手の開き」が進行し、中詰め土砂が流出した場合は、砂防施設の安定性に必要な自重が確保されず、発災時に機能や性能を損なう恐れがある。以上のことから、「壁面材の開き」が変状レベル評価bの施設については、健全度Bと評価し、「継手の開き」の経年的な変化や中詰め土砂の流出状況を確認することが望ましい。

4. おわりに

本検討では、鋼製砂防施設に対して、砂防施設の機能や性能の劣化現象を考慮した上で、変状レベル評価の基準を設定した。また、各砂防設備の健全度評価を行うことで、健全度評価のプロセスを明らかとし、今後経過観察していく項目について整理した。

対象砂防施設は、平常時に大きな外力が生じていないことから、変状と竣工からの経過年数や施設規模との関係に特徴的な傾向は確認されなかった。そのため、引き続き本流域での点検データを蓄積するとともに、全国の同様な形式の砂防施設点検状況や変状レベル評価の基準・健全度評価の考え方を整理し、鋼製砂防施設の点検や長寿命化計画を検討する上での課題や方針を整理することが望ましいといえる。

参考文献：

- 1) 砂防関係施設点検要領（案）H31.3 国土交通省砂防部保全課
- 2) 砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン（案）H31.3 水管理・国土保全局砂防部保全課
- 3) 火山砂防地域における鋼製砂防施設の点検調査及び変状レベルの評価手法 H30年度 砂防学会研究発表会
- 4) 主に鋼材を用いた砂防施設の維持管理マニュアル R01.12.25 (一財) 砂防フロンティア整備推進機構