

사방시설의 안전점검에 관한 연구(I) - 강원지역의 사방댐 점검결과를 중심으로 -

이진호¹ · 전근우^{2,*} · 이상명¹ · 박주환¹ · 김봉기¹ · 김석우² · 서정일²
¹(특)사방협회 강원지부, ²강원대학교 산림환경과학대학 산림자원학과

A Study on the Safety Inspection of Erosion Control Facilities (I): In Case of Check Dams Located in the Gangwon Region

Jin-Ho Lee¹, Kun-Woo Chun^{2,*}, Sang-Myung Lee¹, Ju-Hwan Park¹, Bong-Ki Kim¹, Suk-Woo Kim² and Jung Il Seo²
¹Gangwon Branch of Korean Association of Soil and Water Conservation, Chuncheon 200-972, Republic of Korea
²Department of Forest Resources, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Republic of Korea

Abstract

Recently check dam construction number have been increased by becoming known that effectiveness in the control of the landslide and debris flow. However, check dam management standards are not setting yet. Therefore, this study was carried by provide a basic data for the check dam management and inspection in the Gangwondo. The followings are the results of safety inspection on the 274 check dams, which are located in mountain streams, Gangwondo, Republic of Korea. 1. It was determined that, of 274 check dams inspected, 267 check dams (97.4%) generally had a safe condition but 7 check dams (2.6%) had a bad condition that repair and/or complementary measures are required. 2. The check dams with a bad condition had the ages greater than approximately 20 years. This result should be reflected to future stream management strategy including a timing of the specific inspection for durability of check dams. 3. Our finding suggests that the safety inspection of check dams is able to provide basic information required to maintain their own functions, and thus it should be widely applied to stream management strategy against to sediment-related disasters in the future.

Key Words: check dam, safety inspection, check dam durability, stream management strategy, sediment-related disasters

서론

우리나라는 국토의 64%가 산지로 구성되어 있어 지형·지질적 특성상 여름철 집중호우 시 산지재해 위험

에 노출되어 있으며, 최근 지구온난화로 인한 강우패턴의 변화로 짧은 시간 동안 특정지역에 많은 양의 강우가 집중되어 산지재해의 발생이 대형화·빈번화되는 추세에 있다(Korea Forest Service 2012a). 따라서 10년 단위

Received: July 4, 2013. Revised: August 6, 2013. Accepted: August 6, 2013.

Corresponding author: Kun-Woo Chun

Department of Forest Resources, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, 1 Kangwondeahakgil, Chuncheon 200-701, Republic of Korea
Tel: 82-33-250-8313, Fax: 82-33-252-8310, E-mail: kwchun@kangwon.ac.kr

연평균 산사태 발생규모는 1980년대 231 ha, 1990년대 349 ha가 발생하였지만 2000년대에 들어 급격히 증가하여 최근 10년간 연평균 779 ha의 산사태가 발생한 것으로 집계되고 있다(Korea Forest Service 2012b). 따라서 인명피해의 규모도 지속적으로 증가하여 2002년부터 2011년까지 최근 10년간 산사태로 인해 118명이 사망하였으며, 특히 2011년도에는 중부지방 집중호우로 인해 도시생활권을 중심으로 43명이 사망하는 등 인명피해가 증가하고 있다. 이와 같은 대규모의 국지성 집중호우에 의한 피해가 증가함에 따라 복구비도 기하급수적으로 증가하는 추세에 있으며, 최근 10년간 태풍과 집중호우 등의 재해발생에 따른 산림분야 복구액은 총 1조 3천 여억원이 쓰여지고 있다(Korea Forest Service 2012b).

한편, 사방사업은 산림재해를 방지하여 국민의 생명과 재산을 보호하는 사업이므로 지속적인 투자가 필요하다. 최근 사방댐의 산사태와 토석류에 의한 재해저감 효과가 알려지면서 사방댐의 설치 사업량이 크게 확대되고 있다. 사방댐은 몇 년, 또는 몇 십년에 한번 발생하는 토석류에 대비한 시설이므로 그 기능을 극대화하기 위해서는 일정기간이 경과한 사방댐을 지속적으로 점검하여 문제가 있을 경우 대책을 마련하여야 한다. 특히 지금까지 산간오지를 중심으로 시공되는 사방시설은 지리

적 특성에 따라 시공 후 사후관리가 제대로 이루어지지 않거나 방치되고 있어 경관기능이 저하될 뿐만 아니라 훼손되고 있다. 따라서 개소당 2억여원이 소요되는 사방댐의 유지관리는 사방시설의 내구성 유지 및 재해예방에 매우 효과적일 뿐만 아니라 경제적인 면에서도 효율적이므로, 지속적인 사방시설의 점검은 반드시 시행되어야 할 사업이다.

이러한 배경 아래 2008년 개정된 사방사업법에서는 사방시설의 관리·점검·안전진단·안전조치(제12조 관련)에 관한 규정이 마련되었으며, 동법에 근거하여 2009년부터 사방협회가 각 지방산림청 및 지방자치단체와 위탁용역계약을 체결하여 사방시설에 대한 점검 업무를 수행해 오고 있다(Korea Forest Service 2008; Kim and Lee 2010).

사방댐의 경우 주로 소규모의 콘크리트 및 철골구조물이며, 구조물의 특성상 장비를 이용한 비파괴검사의 시행 시 규모에 비해 과다한 점검이 될 수 있으므로 1차 단계로 육안을 활용한 외관조사를 시행한 후 심각한 결함사항이 발견되어 사방댐의 안정성을 담보할 수 없을 경우 2차 단계로 정밀안전진단을 시행하는 시스템을 가지고 있다.

따라서 이 연구는 2012년에 점검을 시행한 강원도 사

Table 1. Regional distribution of the inspected check dams within private forests in the Gangwon region

Location	Number	Construction year																				
		'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06
Chuncheon	19	1	-	-	1	1	2	-	1	1	1	2	2	-	-	1	2	-	1	1	1	
Wonju	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	
Gangneung	55	-	-	2	-	2	2	-	-	1	-	1	-	-	1	2	1	21	21	1	-	
Donghae	17	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	13	-	-	-	
Taebaek	8	-	-	-	-	1	-	1	1	2	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	
Sokcho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Samcheok	69	-	-	-	-	-	2	1	1	2	-	-	-	-	-	19	10	5	10	19	-	
Hongcheon	28	-	-	-	1	1	1	-	1	1	-	2	-	1	1	1	-	11	6	1	-	
Hoengseong	9	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	1	-	-	-	
Yeongweol	6	-	-	-	-	2	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
Pyeongchang	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	
Jeongseon	7	-	-	-	1	-	1	-	1	1	-	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	
Cheorwon	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	
Hwacheon	11	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1	-	2	-	-	3	1	1	
Yanggu	5	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1	1	-	
Inje	12	-	-	-	-	-	-	1	2	1	1	-	1	1	1	-	-	2	-	1	1	
Goseong	13	-	-	2	-	1	1	1	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	5	-	-	
Yangyang	6	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1	-	
Total	274	1	1	4	4	10	12	7	8	9	4	6	6	7	5	26	19	27	67	46	4	1

유림 내의 사방댐을 대상으로 육안점검 결과를 분석하여 문제점을 도출하고, 이를 토대로 향후 사방시설의 관리방안을 제시하고자 수행하였다.

재료 및 방법

연구대상

사방시설의 점검은 사방사업법 제4조에 따라 지정된 사방지 중, 준공 후 5년이 경과한 사방시설[다만, 사방사업법 제3조제1호의 산지사방사업(산사태예방사업, 산사태복구사업, 산지보전사업, 산지복원사업)으로서 1개소의 면적이 1천 제곱미터이하의 경우는 제외한다.] 및 그 밖에 사방시설 관리자가 필요하다고 인정하는 사방시설을 대상으로 시행하고 있다(Korea Forest Service 2008). 이에 따라 이 연구에서는 준공 후 5년이 경과한 강원도 사유림 내 시공된 총 274개소의 사방댐을 대상으로 점검을 실시하였으며, 지역별 점검대상 개소의 현황은 Table 1과 같다.

연구방법

조사방법

사방댐 점검은 현장에서 대상지의 GPS 좌표를 취득하고 점검 항목별로 외관조사를 실시하여 야장에 기록하고(Fig. 1), 사방댐 전경 및 주요 부위, 부대시설, 사방댐 시설 주변의 녹화상태 등에 대한 사진촬영을 실시하였다(Kim and Lee 2011).

주요부위

사방댐의 형식에 따른 종류별 주요 부위인 본댐, 물받이, 물받이 끝돌림, 수문, 측면구조물 등을 현장에서 육안으로 점검하여 누수, 균열, 파손 여부를 확인하였다.

부대시설

사방댐의 부대시설로는 시설관리도로(접근도로)의 상태, 본댐의 상·하류에 시공된 골막이, 바닥막이 등의 상태, 본댐 상·하류의 계상상태, 기타 시설(안전철크스, 안내문 등)의 상태 등의 파손 및 시설 유무를 육안 점검하였다.

주변의 녹화 상태

사방댐 주변의 식재목의 활착상태, 생육상태와 표층 피복율을 현장에서 육안으로 점검하였다.

Check Dam Safety Inspection Field Note

Day :

Location of Check Dam		Inspector					
GPS Coordinate (Map Datum: WGS84)		° ' " N ° ' " E					
Kind of Check Dam		Construction Year					
Size of Check Dam		Top Length	m	Bottom Length	m	Height	m
<input type="checkbox"/> Primary Facilities				Good	Bad		None
① Main Dam Body ② Counter Dam ③ Water Cushion ④ Apron ⑤ Apron Downside-end ⑥ Side Wall ⑦ Weep Hole ⑧ Others				Leak	Crack	Destroy	
<input type="checkbox"/> Subsidiary Facilities				Good	Bad		None
① Access & Management Road ② Subsidiary Facilities Upstream Downstream ③ Stream-bed Upstream Downstream ④ Safety Facilities							
<input type="checkbox"/> Greening Condition				Good		Bad	
① Survival of Artificial & Natural Plants ② Growth of Artificial & Natural Plants ③ Cover of Artificial & Natural Plants ④ Others							
<input type="checkbox"/> Check Dam Management				Deposition Rate (%)			
① Sediment & In-stream Wood Deposition Condition							
<input type="checkbox"/> Others				Exist		None	
① Damages Caused by Development or Use of the Adjacent Area ② Other Significant Point							
Exterior Inspection Result		Good / Bad					
Repair		Urgent / Necessary / Unnecessary					
Specific Inspection		Necessary / Unnecessary					

Fig. 1. Field note for the check dam safety inspection.

사방댐 관리

사방댐 관리 상태의 지표로는 사방댐 대수면 내의 토석 및 유목의 퇴적정도를 측정하여 활용하였으며, 다움의 식(1)과 같이 사방댐의 유효고 대비 저수량으로 나타내었다.

$$\text{저수량(\%)} = \frac{(H-h_1) + (H-h_2) + (H-h_3) + \dots + (H-h_n)}{n \cdot H} \times 100 \dots \dots \dots \text{식 (1)}$$

여기서, n 은 측정횟수, h_n 은 측정깊이(m), H 는 사방댐의 유효고(m)이다.

마지막으로 현장에서 점검한 자료는 사방 또는 산림 환경분야의 전문가들과 함께 시·군별 점검항목에 따라 분석하였으며, 이를 토대로 사방댐의 관리 상태를 종합적으로 평가하여 양호와 불량으로 판정하였다. Fig. 2는 사방댐 점검의 단계별 진단 흐름도이다.



Fig. 2. Flow chart of the check dam safety inspection.

결과 및 고찰

사방댐의 종류별 구분

점검대상인 총 274개의 사방댐을 대상으로 종류를 구분한 결과 중력식 콘크리트사방댐이 177개소(64.6%)로 가장 많았으며, 버트리스 사방댐이 55개소(20.1%), 블록 사방댐이 20개소(7.3%), 철강재 사방댐이 13개소(4.7%), 깎아지른 사방댐이 3개소(1.1%), 슬릿 사방댐이 3개소(1.1%), 전석 사방댐이 2개소(0.7%), 셀댐이 1개소(0.4%)의 순으로 나타났다(Fig. 3).

즉, 콘크리트 사방댐, 셀 사방댐, 전석사방댐, 블록 사방댐, 철강재 사방댐, 깎아지른 사방댐과 같이 토사석의 역할을 목적으로 하는 볼투과형 사방댐의 비율은 전체의 78.8%로, 평상 시에는 토사를 유출시키고 홍수 시에는

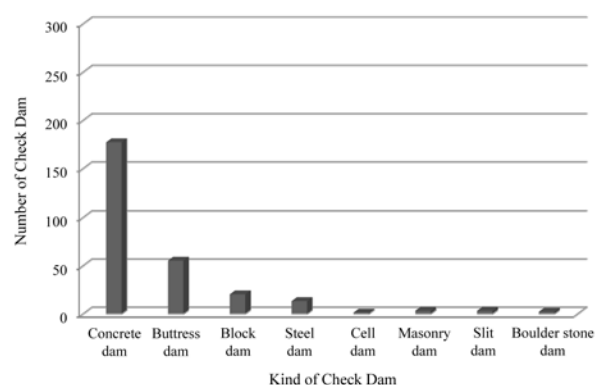


Fig. 3. Number of the check dams classified by their types.

토석류를 포착하는 등 토사·석의 조절을 목적으로 시공되는 버트리스 사방댐 및 슬리트 사방댐 등의 투과형 사방댐의 비율인 21.2%보다 높게 나타났다. 이는 점검 대상 사방댐이 대부분 1990년대 후반에서 2000년대 초반에 시공되어 기능뿐만 아니라 경관이나 환경 등을 고려한 다양한 공법이 적용되지 못했기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 2000년대에는 투과형 사방댐의 비율이 증가하였다(Table 2). 이는 Kim et al. (2008)이 보고한 바와 같이, 2000년대 사방분야에서도 경관이나 생태, 환경

에 대한 관심이 고조됨에 따라 이를 반영한 다양한 형식과 종류의 사방댐이 시공되었기 때문인 것으로 해석할 수 있다.

사방댐 주요 부위의 침하, 균열, 부식, 누수 발생 여부

사방댐의 주요 부위인 제체, 물받이, 물받이 끝돌림, 측벽의 침하, 균열, 부식 및 누수 발생 여부는 Table 3과 같다. 사방댐의 주요 시설 구조의 침하, 균열, 부식, 누수 발생 여부에 대하여 육안 점검을 실시한 결과, 제체의 경

Table 2. Type and number of check dams classified by construction year

Type	Number	Year			
		'86-'89	'90-'99	'00-'06	
Closed-type	Concrete dam	177	7	73	97
	Block dam	20	-	-	20
	Steel dam	13	-	1	12
	Cell dam	1	-	-	1
	Masonry dam	3	3	-	-
	Boulder stone dam	2	-	-	2
	<i>Sub-total</i>	<i>216</i>	<i>10</i>	<i>74</i>	<i>132</i>
Open-type	Slit dam	3	-	-	3
	Buttress dam	55	-	-	55
	<i>Sub-total</i>	<i>58</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>58</i>
Total	274	10	74	190	

Table 3. Present condition of the inspected check dams

Section	Good	Settlement	Crack	Corrosion	Scour	Leak	Destroy	None	Total
Main Dam Body	258	-	3	8	-	5	-	-	274
Counter dam	30	-	-	-	-	-	-	244	274
Apron	252	1	6	14	1	-	-	-	274
Apron Downside-end	264	-	-	-	10	-	-	-	274
Weep hole	173	-	-	-	-	-	3	98	274
Side wall	263	-	3	2	2	4	-	-	274



Fig. 4. Concrete deterioration of the main dam body.



Fig. 5. Destruction of the apron (left) and its restoration (right).



Fig. 6. Scouring in the apron down-side-end.

우 전반적으로 상태가 양호한 지역이 258개소(94.2%), 균열 발생이 3개소(1.1%), 부식 및 열화현상 발생이 8개소(2.9%), 누수 발생이 5개소(1.8%)로 나타났다(Table 3). 전반적인 사방댐 제체의 상태는 양호한 편이지만, 이러한 균열, 부식 및 콘크리트 열화현상이 나타난 사방댐은 위치적 특성상 토석 및 유수에 의한 충격에 사방댐 전체가 구조적 안정성에 영향을 받을 수 있다(Fig. 4). 따라서 지속적인 점검과 관리를 통해 적절한 보수·보완 작업을 실시하여 사방댐의 기능을 충실히 유지할 수 있도록 해야 할 것으로 판단된다.

한편, 앞댐이 설치된 개소는 30개소인 10.9%에 지나지 않아 대부분의 경우 설치되어 있지 않은 것으로 나타났다. 최근에는 앞댐을 시설하지 않는 것으로 나타났지만, 시설된 경우 양호한 상태로 유지되고 있었으며, 앞댐의 설치보다 다수의 바닥막이나 골막이를 시공함으로써 계류의 안정화를 유지하려는 경향이 있는 것으로 나타났다.

물받이의 경우 252개소(92.0%)에서 양호, 1개소(0.4%)에서 침하, 6개소(2.2%)에서 균열, 14개소(5.1%)에서 부식 및 파손, 1개소(0.4%)에서 세굴이 진행되고 있는 것으로 조사되었다. 즉 물받이의 훼손 사례 중, 약

2/3 정도는 부식 및 파손인 것으로 나타났으며, 이는 상부에서 유출되는 유수의 낙차에너지로 인한 사방댐 기초부위의 세굴을 방지하기 위하여 시공되는 물받이의 특성 상 물기와 접촉하는 면이 많고 상부로부터 유출된 토석의 충격과 유수의 침식에 노출되기 때문인 것으로 판단된다. 한편 물받이의 피해를 방지할 경우 추후 기초부위의 세굴피해가 확대되어 사방댐의 구조적 안정성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 신속한 개량 및 보수를 진행하여 피해를 사전에 예방하여야 할 것이다(Fig. 5).

물받이 끝돌림의 경우 264개소인 96.4%에서 양호한 상태를 유지하고 있었고, 10개소인 3.6%에서 세굴이 진행되고 있는 것으로 조사되었다. 사방댐의 시공 초기에는 물받이 끝돌림에 세굴이 발생할지라도 구조적 안정성에는 크게 영향은 미치지 않지만, 지속적으로 피해가 확대될 경우 사방댐의 전도 및 활동에 영향을 미칠 수 있으므로 세굴된 물받이 끝돌림 하단부에 전석깔기를 시행하거나 경사를 안정시킬 수 있는 골막이를 추가적으로 시공함으로써 세굴의 확대를 방지해야 할 것이다(Fig. 6).

물빠기 구멍은 173개소인 63.1%에서 양호, 3개소인



Fig. 7. Corrosion of the weep hole.



Fig. 8. Crack (left) and scouring (right) under the side wall.



Fig. 9. Weeds overgrowth (left) and soil erosion (right) on the access/management road.

Table 4. Present condition of auxiliary facilities adjacent to the inspected check dams

Auxiliary facilities	Good	Bad	None	Necessity of new works	Total
Management road	209	2	63	-	274
Upstream auxiliary facilities	45	1	228	-	274
Downstream auxiliary facilities	121	5	148	-	274
Safety facilities	189	1	67	17	274

1.1%에서 불량으로 나타났으며, 98개소인 35.8%에서는 설치되지 않는 것으로 조사되었다. 즉, 버트리스 사방댐 및 슬리트 사방댐과 같은 투과형 사방댐과 철강재 사방

댐, 셀 사방댐 등은 수발구가 시설되지 않아도 유수를 통과시킬 수 있으므로 시설되지 않았지만, 콘크리트 사방댐의 경우 대부분 시설되어 기능을 발휘하고 있었다. 또

한, 앞댐이 설치된 콘크리트 사방댐의 경우 상류에서 유출되는 계류수의 유량 확보 및 이의 활용을 위하여 개폐식 수문을 시설하였지만, 제대로 관리가 되지 않아 개폐장치가 이탈되는 등 조절이 불가능한 상태였으므로 추후 보수·보완작업을 통해 기능이 회복되도록 하여야 할 것이다(Fig. 7).

측벽의 경우, 263개소(96.0%)에서 양호, 3개소(1.1%)에서 균열, 2개소(0.7%)에서 부식, 2개소(0.7%)에서 세굴, 4개소(1.5%)에서 누수 현상이 발생한 것으로 조사되었다. 피해유형은 주로 사방댐 측면의 기초세굴로 인하여 중력방향으로 하중을 지탱할 수 없게 될 경우 측안으로부터 균열 및 누수가 발생하게 되므로 적극적인 대책을 마련하여야 할 것이다(Fig. 8).

사방댐 부대시설의 상태

사방댐의 부대시설인 시설관리도로, 상·하류의 계류보전시설 및 계상상태, 안전시설의 상태는 Table 4에 나타내었다. 시설관리도로인 접근도로의 상태를 조사한 결과, 209개소(76.3%)에서 양호, 2개소(0.7%)에서 불량으로 나타났으며(Fig. 9), 63개소(23.0%)에는 접근도로가 개설되어 있지 않은 것으로 조사되었다. 사방댐의

관리도로는 시공 후 유지관리면에서 반드시 필요한 시설이므로 사방댐 시설과 동시에 개설되어야 하지만, 현재 시설되어 있지 않은 곳은 신속히 산주와 협의하여 설치하여야 할 것이다. 또한, 시설관리도로가 불량한 것으로 조사된 곳은 시설관리도로 내로 싸리나무 등의 식생이 침입하거나 구곡침식이 진행된 곳으로 풀베기 사업 및 보수사업을 진행하여 기능이 조속히 회복되도록 하여야 할 것이다.

사방댐 상·하류에 시설된 계류보전시설을 점검한 결과, 상류에는 대부분이 콘크리트 골막이, 기슭막이 등이 시공되었으며, 하류에는 돌망태, 깎잡식 기슭막이 및 콘크리트 바닥막이 시공되었다(Fig. 10). 전체적으로 계류보전시설이 시공된 곳은 상류가 46개소(16.8%), 하류가 126개소(45.9%), 시공되지 않은 곳이 상류가 228개소(83.2%), 하류가 148개소(54.1%)로 조사되었다.

상류의 경우 부대시설이 시설된 45개소인 16.4%는 양호, 1개소인 0.4%에서 부식 및 파손이 발생하였다. 사방댐의 상류에 시설된 부대시설의 경우 일부 피해가 발생하여도 하류에 대형 구조물인 사방댐이 시설되어 있기 때문에 보수·보완은 상대적으로 시급하지 않지만, 지속적인 점검을 통해 피해가 확대되는 것을 방지하여야



Fig. 10. Auxiliary facilities located in upstream (left) and downstream (right) of the check dam.



Fig. 11. Safety fence (left) and sign board (right) of the check dam.

할 것이다.

또한, 하류의 경우 부대시설이 시설된 곳 중 121개소인 44.2%는 상태가 양호한 것으로 나타났지만, 3개소인 1.1%는 부식 및 파손, 2개소인 0.7%는 세굴이 발생하였다. 하류에 시설된 계류보전시설의 경우 부식 및 파손, 세굴이 지속적으로 진행될 경우 계류의 황폐화로 이어질 뿐만 아니라, 이로 인해 하류지역에 위치한 보전대상 시설물의 피해가 발생할 위험이 높으므로 보수·보완 작업이 시급히 이루어져야 할 것이다.

사방댐의 안전시설에는 사방댐으로의 접근과 추락사고를 예방하기 위한 안전휀스와 사방댐의 인위적 훼손 시 법적인 처벌을 받을 수 있다는 사실을 알리는 안내판 등이 있다. 안전시설에 대해 조사한 결과 189개소는 양호한 것으로 나타났으며, 67개소인 24.5%는 안전시설이 없지만 신규설치는 불필요, 1개소인 0.4%는 불량하지만 신규설치는 불필요, 17개소인 6.2%는 신규시설이 필요한 것으로 조사되었다. 특히, 현재 안전시설이 없지만 신규시설이 필요한 것으로 조사된 17개소는 대부분 임도변이나 농로변 등 사람의 접근이 쉬운 위치에 있으며, 농경지 주변에 위치한 사방댐도 분포하고 있기 때문에 방치할 경우 안전사고가 발생할 위험이 높으므로 안전시설을 설치하여야 할 것이다(Fig. 11).

사방댐 주변의 녹화 피복 상태

강원도에 시공된 사방댐 주변 식재목의 생육·활착

Table 5. Present vegetation condition adjacent to the inspected check dams

Vegetation condition	Good	Bad	Total
Survival condition	273	1	274
Growth condition	273	1	274
Recovery condition	273	1	274

및 피복상태에 대하여 조사한 결과, 생육율, 활착율, 피복상태 일체가 273개소인 99.6%에서 양호, 1개소인 0.4%에서 불량한 것으로 조사되었다(Table 5). 사방댐 주변의 녹화 피복 상태는 대부분 양호하였으며, 녹화상태가 불량한 것으로 조사된 지역은 주변의 개발에 의해 식재목이 벌채되었기 때문인 것으로 나타났다(Fig. 12).

사방댐 관리(퇴적상태)

사방댐 대수면 내의 퇴적상황을 조사한 결과 유효고 대비 약 0-10%인 지역이 38개소(13.9%), 11-20%인 지역이 31개소(11.3%), 21-30%인 지역이 41개소(15.0%), 31-40%인 지역이 23개소(8.4%), 41-50%인 지역이 44개소(16.1%), 51-60%인 지역이 14개소(5.1%), 61-70%인 지역이 14개소(5.1%), 71-80%인 지역이 10개소(3.6%), 81-90%인 지역이 13개소(4.7%), 91-100%인 지역이 46개소(16.8%)로 나타났다(Table 6).

전체적으로 사방댐 시공지역의 상·하류 계상은 비교적 안정되어 있었으며 최근에 준설사업이 시행되어

Table 6. Deposition rate of sediment and/or in-stream wood stored by the inspected check dams

Deposition rate (%)	Number of the inspected check dams
0-10	38
11-20	31
21-30	41
31-40	23
41-50	44
51-60	14
61-70	14
71-80	10
81-90	13
91-100	46
Total	274



Fig. 12. Cutting trees during construction.



Fig. 13. Sediment and in-stream wood stored by the check dam.

저사량이 유효고 대비 70% 미만인 지역이 205개소인 74.8%로 조사되었으며, 유효고 대비 약 70% 이상 저사된 69개소인 25.2%의 경우 대부분은 상류에서 유출토사가 지속적으로 발생하여 만사된 상태였지만, 준설의 시급성이 없을 것으로 사료된다. 다만 90% 저사된 것으로 조사된 5개소는 신속히 준설을 실시하여 사방댐의 기능을 회복시켜야 할 것으로 파악되었다(Fig. 13).

사방댐의 종합평가

이상의 조사결과를 토대로 강원도 내에 시공된 사방댐의 관리 상태를 종합적으로 평가하여 양호와 불량률을 판정한 결과, 사방댐이 시공된 곳 중에서 267개소인 97.4%에서 양호, 7개소인 2.6%는 불량한 것으로 조사되었다. 이 중, 시공년도별 불량판정을 받은 사방댐의 개소수는 1989년 1개소, 1990년 3개소, 1991년 2개소, 1994년 1개소로 각각 나타났다. 이상의 결과에 의하면, 사방댐의 보수·보완은 시공 후 약 20년이 경과한 시점부터 필요한 것으로 조사되었다. 현재 사방댐의 경우 내구성에 대한 안전도 기준이 마련되어 있지 않으므로 사방댐의 관리기준 역시 제대로 마련되지 못한 실정이다. 따라서 사방댐의 내구성이 불량한 것으로 판정되기 시작한 시공 후 경과년수인 20년을 향후 사방댐의 관리기준으로 설정하는 방안을 적극적으로 고려할 수 있다고 판단된다.

또한, 사방댐이 시공된 지역별 불량개소는 강릉지역 3개소, 동해지역 1개소, 태백지역 1개소, 삼척지역 1개소, 영월지역 1개소로 나타나 영서지역에 비해 영동지역에서 높게 나타났다. 이는 영동지역의 경우 유로연장이 짧고 계상물매가 급하여 토사이동이 빈번히 발생하는 등의 유역특성 영향때문인 것으로 판단되므로 향후 사방댐의 시공에 있어 영동지역의 사방댐의 경우 지역특성을 고려한 사방대책을 마련하여야 할 것으로 판단된다.

결론

이 연구는 강원도 내에 시공된 사방댐 274개에 대한 육안점검 결과를 토대로, 향후 사방댐의 점검 및 관리를 위한 기초자료를 제공하기 위하여 실시하였다. 조사결과, 제체, 측벽, 물받이 등에 있어서 국부적으로 다양한 훼손유형이 발견되었으므로, 훼손 유형별 대응 방안 및 관리 매뉴얼, 관리계획을 체계적으로 마련하여야 할 것으로 판단된다. 또한 종합적으로 불량한 것으로 판정된 7개소의 경우 적극적인 보수, 보완, 개량, 철거 등을 실시하여야 할 것으로 판단된다. 다만, 이 연구는 대부분 육안에 의한 점검에 의존하였기 때문에 정밀분석에는 한계가 있으므로 향후 구체적인 점검·평가방안을 마련하여 객관적인 기준을 마련할 필요가 있으며, 필요할 경우 비파괴검사를 통한 점검도 고려하여야 할 것으로 판단된다.

사방댐은 2012년도 말 현재 전국에 6,745개가 시공되었으며, 향후 5년간 매년 1,000개를 신규 설치할 계획에 있다(Korea Forest Service 2013). 따라서 2017년도가 되면 전국에 시공된 사방댐은 10,000개를 육박할 것으로 예상되지만 사방댐 시설에 따른 관리비용은 거의 같은 수준에 머무르고 있다. 사방댐은 파괴되거나 기능이 저하되면 하류지역에 위치한 재산과 인명피해에 직접적으로 영향을 미치게 되므로 지속적인 관리가 필요하다. 따라서 사방시설의 기능유지 상태에 대한 점검은 사방댐의 장기적인 내구력 및 관리 측면에서 가장 기초적인 사항이므로, 향후 지속적으로 확대되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 산림청 '산림과학기술개발사업(과제번호:

S111213L050110)'의 지원에 의하여 수행되었습니다.

References

1. Korea Forest Service. 2008. Commissioning Process Guidelines of Erosion Control Facilities Inspection and Feasibility Assessment of Erosion Control Works. pp 25.
2. Korea Forest Service. 2012a. 2012-2017 Master Plan of Erosion Control Works. pp 44.
3. Korea Forest Service. 2012b. 2012 Comprehensive Plan for Prevention of Landslides. pp 44.
4. Korea Forest Service. 2013. National Landslide Prevention Measures by Year. pp 37.
5. Kim MS, Chun KW, Jang SK, Kim YS, Ryu YH. 2008. The example of erosion control dam construction for control of woody debris and debris flow in Kangwon Prefecture. Proceedings of the 2008 Summer Meeting of the Korean Forest Society: 337-338. (in Korean)
6. Kim MS, Lee SH. 2010. domestic trend of erosion control measure techniques: in case of torrent erosion control structures. Journal of Mine Reclamation Technology 4: 107-120. (in Korean)
7. Kim MS, Lee SH. 2011. A study on the characteristics of the landslide in urban forests. Journal of Korea Society of Forest Engineering and Technology 9: 174-183. (in Korean)