

소규모 공공시설 조사시 세천의 위험도 평가 방안

노정수¹ · 전계원^{2*} · 신재성¹

¹강원대학교 방재전문대학원 도시환경재난관리전공 박사과정, ²강원대학교 방재전문대학원 도시환경재난관리전공 교수

Risk Assessment Improvement Method of Small Stream When Small Sized Hazard Infrastructures Survey

Jungsoo Rho¹, Kyewon Jun^{2*}, and Jaesung Shin¹

¹Ph.D. Candidate, Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon National University

²Professor, Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon National University

요약

최근 기후변화로 인한 태풍, 국지성 집중호우 등 자연재해에 의한 피해가 급증하면서 행정안전부에서는 「소규모 공공시설 안전관리 등에 관한 법률(2016 개정)」을 제정하고 각 지자체별로 소규모 공공시설을 조사하여 국가재난안전관리시스템(NDMS)에 등록하고 매년 3월 31일까지 안전점검을 실시하고 있다. 이를 위해 최근 각 지자체별로 소규모 공공시설 안전점검 및 정비계획 수립 용역이 발주되어 세천, 소교량, 농로, 마을진입로, 취입보, 낙차공의 6가지 유형의 시설물을 조사하여 DB화 하고, 각 시설물별 위험도 평가를 수행하여 위험시설의 경우 정비계획을 수립하고 있다. 그러나 현재까지 배포된 소규모 공공시설의 위험도 평가 방법은 현장조사자의 육안조사를 통해 이루어지고 있으므로, 위험도 평가가 주관적이고 모호한 형태로 이루어지고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 소규모 공공시설 중 재해위험도가 가장 높은 세천에 대하여 위험도 정량평가지표를 제시함으로써 합리적이고 정량적인 위험도 평가가 이루어질 수 있도록 하였으며, 이를 통해 소규모 위험시설을 선정하여 정비계획 및 시행계획 수립에 있어 투명한 근거자료를 확보할 수 있도록 하였다.

핵심용어: 소규모 공공시설, 세천, 위험도 평가, 세천 위험도 정량평가지표

ABSTRACT

Recently, the damage caused by natural disasters such as typhoons and localized torrential rains has been increasing rapidly. The Ministry of the Interior and Safety enacted a 「law on safety management of small sized infrastructures」 and local governments have to register small sized infrastructures with the National Disaster and Safety Management System (NDMS) until March 31st every year. Recently, each local government has ordered Safety inspections of small sized infrastructures and maintenance plans and six types of facilities, including small streams, small bridges, farm roads, access roads to village, inlet weirs, and drop structures are being surveyed and digitized into a database. Each facility is being evaluated for risk, and for those deemed hazardous, maintenance plans are being developed. However, since the risk assessment method of small sized infrastructures is not clear so that is conducted through visual investigation by field investigators, risk assessment is conducted in a subjective and ambiguous form. Therefore, this study presented a reasonable and quantitative risk assessment method by providing a quantitative evaluation indicator for small stream, which has the highest disaster risk among other small sized infrastructures, so that small sized hazard infrastructures can be selected to secure transparent evidence for improvement plans and action plans.

Keywords: Small sized infrastructures, Small stream, Risk assessment, Quantitative evaluation indicator for small stream

*Corresponding author: Kyewon Jun, kwjun@kangwon.ac.kr ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0399-1412>

Received: 14 March, 2023, Revised: 22 March, 2023, Accepted: 23 March, 2023



1. 서론

최근 기후변화로 태풍, 집중호우, 산사태 등의 자연재해로 인한 피해 발생빈도는 계속적으로 증가하는 추세에 있으며, 이에 따른 인명 및 재산피해의 규모도 증가하고 있다. 특히 최근 발생하고 있는 국지성 집중호우는 전례없는 강우강도로 여러 지역에서 동시다발적으로 발생하는 경향을 나타내므로 예측이 어렵고, 이에 대한 대비 및 대처가 어려워 큰 피해로 이어지는 경우가 많다. 국가차원에서 방재에 대한 인식을 제고하여 지자체와 협력하여 다양한 제도와 사업을 진행하고 있으나, 규모가 큰 법정시설 위주로 진행되어 왔으며 지역주민의 생활권에 가장 밀접한 소규모 시설은 비법정시설로 분류되어 관리가 소홀한 안전사각지대에 놓여 있는 실정이다.

소규모 공공시설은 과거 1970~80년대 농어촌 지역에서 마을 단위로 새마을 사업을 통해 설계기준 없이 무분별하게 설치된 경우가 많으며, 체계적인 관리가 이루어지지 않아 피해발생시 마을주민이 직접 정비하거나 응급복구만 이루어져 재해 발생위험이 잠재되어 있다. 특히 소규모 공공시설 중 세천은 그동안 관리가 미흡하여 집중호우시 주택 파손과 농경지 침수 등의 2차 피해를 유발하는 주요 원인이 되고 있다.

행정안전부에서는 2016년 7월 「소규모 공공시설 안전관리 등에 관한 법률」을 제정·시행함으로써 세천, 소교량, 취입보, 낙차공, 농로 및 마을진입로로 이루어진 6가지 유형의 시설물에 대하여 DB화하고 지자체에서 매년 안전점검을 실시하게 함으로써 체계적인 안전관리가 이루어 질 수 있는 토대를 마련하였다. 그러나 소규모 공공시설에 대한 위험도 평가 방법이 현장조사에 의한 육안조사를 기초로 하여 조사자의 기술적 경험에 의존하는 주관적인 방법을 취하고 있어 이에 대한 개선이 필요하다. 본 논문에서는 소규모 공공시설 중 재해위험도가 가장 높은 세천에 대한 현장조사 및 정량적 분석방법을 종합하여 최대한 객관적인 위험도 평가를 실시할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 소규모 공공시설의 개요

2.1 소규모 공공시설의 정의

소규모 공공시설은 「소규모 공공시설 안전관리 등에 관한 법률」(이하 “소규모 공공시설법”) 제2조에 의거하여 「도로법」, 「하천법」 등 다른 법률에 따라 관리되지 아니하는 소교량, 세천, 취입보, 낙차공, 농로 및 마을진입로 등의 시설을 말한다. 즉, 소규모 공공시설은 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 등 개별법에 의해 정의되는 시설 및 인허가 등의 관리 대상 시설물에 포함되지 않는 비법정시설을 말하며, 이는 지역주민의 생활권에 가장 밀접한 시설이나 관리주체가 명확하지 않아 파손 또는 노후화 되더라도 이에 대한 정비가 이루어지지 않아 주민들의 안전을 위협하는 경우가 많다.

소규모 공공시설의 각 시설물별 범위 및 규모는 「행정안전부 고시 제2019-75호」에 6가지 유형의 시설물별로 그 구조 및 위치, 규모가 Table 1과 같이 정의되어 있다.

이중 세천은 「하천법」 또는 「소하천 정비법」에 따라 관리되지 않는 폭 1 m 이상, 연장 50 m 이상의 가늘고 긴 개울을 의미한다. 즉, 지표면에 내린 빗물 등이 모여 흐르는 폭 1 m 이상, 연장 50 m 이상의 모든 물길 중 「하천법」에 의해 환경부장관이 관리하는 국가하천 및 시·도지사가 관리하는 지방하천, 「소하천정비법」에 의해 특별자치시장·시장·군수·구청장이 관리하는 소하천은 법정하천으로써 제외되며, 이외 「하수도법」에 의한 하수도, 「농어촌정비법」에 의한 용수로, 배수로 등의 농수로도 제외된다.

Table 1. Definition of small sized infrastructure

Classification	Definition (constitution and location)	Size
Small stream	• Facilities as an elongated stream not managed by River Act and Small River Maintenance Act	• A length of 50 m or more with a width of 1 m or more
Access road to village	• Public roads connecting natural or artificial villages including village streets	• Average width of 3.0 m or more
Farm road	• Public roads that are directly used for agricultural and fishery production activities connected to cultivated land, etc.	• Average width of 2.5 m or more
Small bridge	• Small public bridges connecting roads not managed by other laws, or roads under the Rural Road Improvement Act or the Road Act	• Facilities as plain concrete or reinforced concrete structures with a length of less than 100 m * Small-sized facilities not classified as Class 1 or Class 2 under Article 4 of the Enforcement Decree of the Special Act on the Safety and Maintenance Management of Facilities
Weir	• Facilities intended to raise the water level by blocking a waterway • Public facilities not managed under other laws, such as the Rural Community Improvement Act, the River Act, and the Small River Improvement Act	-
Drop structure	• Facilities installed in the lateral direction of the waterway, on the sloping part of the longitudinal section of the water way, to prevent erosion, etc. • Public facilities not managed under other laws, such as the Rural Community Improvement Act, the River Act, and the Small River Improvement Act	-

Source: Notice No. 2019-75 of Ministry of the Interior and Safety

2.2 소규모 공공시설의 안전점검

소규모 공공시설의 안전점검은 소규모 공공시설법 제5조에 의거하여 관리청(지자체)에서 매년 3월 31일까지 그 관할구역 내 모든 시설에 대하여 안전점검을 실시하고, 그 결과를 매년 4월 30일까지 행정안전부장관에게 통보하도록 하고 있다.

안전점검의 내용은 ①소규모 공공시설의 유지·관리 상태, ②소규모 공공시설의 기능에 영향을 주는 주변 장애물 현황, ③안내표지판 및 시설의 관리 상태, ④그 밖에 해당 시설의 재해 위험성을 판단하기 위하여 관리청이 필요하다고 인정하는 사항이다. 이에 대한 세부적인 지침은 행정안전부에서 배포한 「소규모 공공시설 실태조사 지침(MOIS, 2020)」에 제시되어 있으나, 시설물의 위치 및 제원, 형식 등을 조사하고 시설물의 안전점검은 조사자의 정성적 판단에 기초하고 있는 실정이다.

2.3 소규모 공공시설의 위험도 평가

2.3.1 연구동향

국내에서 소규모 공공시설과 관련된 연구는 「소규모시설 설계지침(MOLIT, 1990)」로부터 시작되었다고 볼 수 있으나, 이는 설계에 대한 지침을 정리한 것으로 위험도 평가와는 다르며, 대상 시설도 현재의 소화천 등 소규모 공공시설의 규모보다 큰 시설을 대상으로 하고 있다. 현재의 소규모 공공시설에 해당하는 연구는 소방방재청의 자연재해저감기술개발의 일환으로 수행된 「소규모 시설 재해 경감 기법 연구(SKKU, 2008)」에서 처음으로 소규모 공공시설에 대한 정의 및 개념을 정립하고, 제도화를 위한 관련법 및 수행방안을 제시하였다. 다만, 위험도 평가와 관련해서는 평가시 고려해야 할 사항 등 개념적인 부분만 제시되었다. 이후 「소규모 공공시설 설계기준 검증 및 개선연구(NDMI, 2021)」을 통해 소규모 공공시설 정비에

필요한 설계기준의 토대를 마련하였다.

소규모 공공시설 중 세천의 위험도 평가와 관련한 연구로는 「세천에서의 홍수량 산정 방법론 평가(Cheong et al., 2022)」 등에서 세천의 홍수량 산정방법에 대한 기법비교가 있었으며, 소규모 공공시설과 관련되지 않았으나 세천과 같이 상류에 위치한 작은 유역에서의 홍수량 산정방법을 검토한 「WMS 모형을 활용한 산지 소하천 유역의 유출량 산정(Chang et al., 2021)」 등이 있다.

2.3.2 소규모 공공시설의 위험도 평가 기준

현재의 소규모 공공시설 위험도 평가기준은 2017년 행정안전부 고시에 의해 최초로 제시되었으며, 각 시설물별 상태에 따른 항목별 등급 및 위험도점수를 부여하여 그 총점에 따라 위험시설의 여부를 결정하고 있다. 행정안전부 고시 제2023-12 호에 제시된 소규모 공공시설의 위험도 평가 기준 및 배점기준은 Table 2 및 Table 3과 같다.

소규모 공공시설의 위험도 평가는 각 시설물별로 10개 항목에 대해 상기한 Table 3에 따라 상태등급 및 점수를 결정하고, 10개 항목의 총점을 기준으로 Table 2에 따라 시설물의 위험등급을 결정하게 된다.

본 연구에서는 소규모 공공시설의 6가지 유형 중 자연재해에 의한 홍수범람 등 재해의 위험이 가장 높은 세천을 대상으로 10개의 평가항목 중 도상 및 문헌조사, 수리·수문분석 등을 통해 정량적 평가가 가능한 항목에 대한 위험도 평가 개선방안을 제시하고자 한다.

Table 2. Risk assessment criteria

Grade	Scoring standards	Criteria for judging by risk grade
Good	Less 30	• Generally good condition with little risk of disasters
Average	31~70	• Conditions that requires safety management due to the existence of disaster risks
Poor	Over 71	• As high risk of disaster or partial damage has occurred, conditions requiring immediate action such as replacement or suspension of use

Source: Notice No. 2023-12 of Ministry of the Interior and Safety

Table 3. Grading criteria and scoring standards

Conditions	Grade	Score
• A relatively good condition with a minor risk of disaster and no functional problems	A	1~3
• A state where disaster safety management is required due to the possibility of causing a disaster	B	4~6
• A situation where there is a high risk of disaster, and urgent safety measures are needed due to either a partial occurrence of a disaster or the need to address and eliminate the causes of a potential disaster	C	7~10

Source: Notice No. 2023-12 of Ministry of the Interior and Safety

3. 소규모 공공시설 위험도 평가 개선방안

3.1 기본방향

현재까지 소규모 공공시설의 위험도 평가는 현장조사를 실시하여 조사자의 전문지식 및 경험에 기초하여 시설물의 상태별 위험도 점수를 부여하는 방식으로 평가되어 왔다. 이는 소규모 공공시설의 대상이 되는 비법정시설의 개소수가 매우 많아 이를 정밀하게 평가하기에는 예산 및 소요시간이 과도하므로 최대한 간략하게 진행하기 위한 조치였으나, 이러한 방식은 조사자의 경험 및 배경지식에 따른 주관적 해석에 따라 상이한 결과를 도출할 수 있고, 경험이 부족한 관리자 또는 초급 기술자의

경우 위험도 점수를 결정하기가 쉽지 않다.

소규모 공공시설의 위험도 평가항목은 「소규모 공공시설의 위험도 평가기준(MOIS, 2023)」에 의해 조사자의 육안조사결과를 이용하여 평가를 수행하고 있는 실정이다. 그러나 일부항목의 경우 문헌조사 및 수리수문분석 등이 수반되어야 하므로 현장에서 즉시 평가시 주관적이거나 잘못된 평가를 수행할 수 있는 항목이 존재한다.

이에 따라 본 연구에서는 현장조사 및 위험도 평가에 소요되는 예산 및 소요시간의 최소화를 위해 반복적이고 시간소요가 많은 작업 공정을 자동화 하는 한편, 최대한 정량적이고 객관적인 위험도 평가가 이루어질 수 있도록 최소한의 현장조사 항목을 추가하고, 현장조사결과와 더불어 최소한의 수리수문학적 분석에 기초하여 정량적인 평가가 이루어 질 수 있도록 하였다.

3.2 소규모 공공시설 위험도 평가항목 분석

세천의 위험도 평가항목은 총 10개의 항목으로 구성되며, 조사자가 현장에서 위험도 평가를 진행할 경우 문제점 및 그에 대한 개선방향은 Table 4와 같다.

과거피해이력과 관련된 ①항과 ②항의 경우 세천의 특성상 규모가 작아 침수흔적이 남아있는 경우는 거의 없으며, 주변이 농경지인 경우가 많아 피해발생시 주민 또는 관에 의해 즉시 복구되는 경우가 많으므로 현장에서의 데이터만으로 이를 파악하기는 쉽지 않은 실정이다. 이러한 경우 과거 조사되었던 침수위선, 재해대장, 복구이력 등 국가재난안전관리시스템(NDMS)에 등록되어 있는 과거 재해관련 데이터를 이용하여 평가하거나, 자연재해저감종합계획 등에 의한 재해위험을 고려하는 것이 합리적이다.

월류위험에 해당하는 ③항, ⑥항, ⑧항의 경우도 육안조사만으로 홍수량과 홍수위를 판단하여 위험도를 평가하기에는 무리가 있다. 특히 ⑥항의 하폭 부족 또는 급축소의 여부를 판단하는 경우 홍수량에 관계없이 하폭 2.0 m 또는 5.0 m의 절대값을 이용하여 시설물의 위험도를 평가하는 경우 유역면적이 큰 세천의 경우 위험도가 과소평가되는 경우가 발생할 수 있다.

Table 4. Risk assessment items of small stream

Inspection items	Detailed items	Issues	Improvement directions
History of past damages	① History of human and property damage in the past	• Difficult to confirm on site	• Addition of disaster history investigation through resident inquiry or literature review
	② Past record of flood damage in the adjacent area	• Difficult to confirm on site	
Facility stability	③ Insufficient and damaged embankment section	• Difficult to confirm the free-board on site	• Evaluation based on hydraulic analysis
	④ Installation of the bank protection, aging and damaged condition	-	-
	⑤ Aging of etc., facilities such as pipe or gate	-	-
Potential for causing disasters	⑥ Lack of stream width or sudden contraction	• Evaluation only based on whether a stream width of 2.0~5.0 m is secured, regardless of the watershed area	• Evaluation based on flood discharge by hydraulic analysis
	⑦ Risk due to riverbed erosion/sedimentation	-	-
	⑧ Lack of discharge capacity due to debris and vegetation	• Difficult to confirm the free-board on site	• Evaluation based on hydraulic analysis
Etc.	⑨ Risks associated with site conditions	• Difficult to confirm on site	• Addition of disaster history investigation
	⑩ Artificial structure damage (by humans, animals, etc.) and illegal occupancy (farming, etc.) on the stream	-	-

따라서 월류위험 등 수리수문분석이 필요한 항목에 대해서는 최소한의 분석결과를 반영하여 위험도를 평가하는 방안이 합리적이다.

3.3 소규모 공공시설 위험도 평가 방안의 개선

3.3.1 세천의 위험도 평가 개선 방안

1) 과거 인명 및 재산피해 여부

과거 인명 및 재산피해 이력의 평가는 현장조사시 주민탐문조사를 통한 피해이력 및 침수위선, 재해대장, 복구이력 등 국가재난안전관리시스템(NDMS)에 등록되어 있는 과거 재해관련 데이터를 이용하여 위험도 점수를 부여하는 방식으로 개선하였다. 위험도 점수는 인명피해 > 재산피해, 탐문조사 > 문헌조사의 순으로 큰 점수를 부여하도록 하였다. 위험도 평가의 최소점수는 A등급에 해당하는 1~3점의 평균점수인 2점을 부여하고, 최고점수의 경우 안전도를 고려하여 최대점수인 10점을 부여하여 위험시설로 선정하기 위한 변별력을 높였으며, 피해이력 관련 위험도 평가점수를 정리하면 Table 5와 같다.

Table 5. Evaluation score of past human and property damage history

Literature review			Resident inquiry		
Damage of human life	Property damage	Score	Damage of human life	Property damage	Score
<input type="checkbox"/> No damage	<input type="checkbox"/> No damage	2	<input type="checkbox"/> No damage	<input type="checkbox"/> No damage	2
<input type="checkbox"/> No damage	<input type="checkbox"/> Occurred	5	<input type="checkbox"/> No damage	<input type="checkbox"/> Occurred	7
<input type="checkbox"/> Occurred	<input type="checkbox"/> No damage	7	<input type="checkbox"/> Occurred	<input type="checkbox"/> No damage	8
<input type="checkbox"/> Occurred	<input type="checkbox"/> Occurred	8	<input type="checkbox"/> Occurred	<input type="checkbox"/> Occurred	10

2) 제내지 상습 침수피해 이력

제내지 상습 침수피해 이력의 평가는 현장조사시 육안조사 또는 탐문조사를 통해 확인하여야 하나, ①항과 마찬가지로 피해흔적이 남아있는 경우가 많지 않으므로 피해이력에 대한 문헌조사의 결과가 반영되어야 한다. 또한, 동일한 침수피해가 발생하였다 하더라도 제내지 내 인명피해 또는 재산피해의 물건이 많은 지역인지에 따라 위험도 평가점수는 Table 6과 같이 달라져야 한다.

이에 따라 본 연구에서는 제내지 현황을 크게 산지, 나대지, 일부농경지, 다수농경지, 일부취락지, 다수취락지로 구분하고 이에 따른 피해 및 복구 이력에 따라 점수를 부여하되, NDMS 등의 최근 5년간 피해이력조사 등 문헌조사에 의한 침수피해 지역과의 이격거리에 따라서도 점수를 부여한 후 이중 최고점수를 Table 6과 같이 최종적인 위험도 평가점수로 반영하도록 하였다.

Table 6. Assessment score of recurrent flood damage history in inland

Land use	History of flood damage		Distance between flooded areas based on literature review			
	Flood damage	Score	Less 50 m	50~100 m	100~200 m	Over 200 m
Mountain	<input type="checkbox"/> No damage	1				
	<input type="checkbox"/> Completed action	4	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 1
	<input type="checkbox"/> Recurrent occurrence	7				
Vacant land	<input type="checkbox"/> No damage	1				
	<input type="checkbox"/> Completed action	4	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 1
	<input type="checkbox"/> Recurrent occurrence	7				

Table 6. Assessment score of recurrent flood damage history in inland (Continued)

Land use	History of flood damage		Distance between flooded areas based on literature review			
	Flood damage	Score	Less 50 m	50~100 m	100~200 m	Over 200 m
Small agricultural land	<input type="checkbox"/> No damage	2				
	<input type="checkbox"/> Completed action	5	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 2
	<input type="checkbox"/> Recurrent occurrence	8				
Large farmland	<input type="checkbox"/> No damage	2				
	<input type="checkbox"/> Completed action	5	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 2
	<input type="checkbox"/> Recurrent occurrence	8				
Small village	<input type="checkbox"/> No damage	3				
	<input type="checkbox"/> Completed action	5	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 3
	<input type="checkbox"/> Recurrent occurrence	9				
Large village	<input type="checkbox"/> No damage	3				
	<input type="checkbox"/> Completed action	6	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 3
	<input type="checkbox"/> Recurrent occurrence	10				

3) 제방단면 부족 및 파손여부

제방단면의 부족 및 파손여부에 대한 평가는 여유고의 확인이 필수적이며, 이를 위해서는 수리수문학적 분석이 수반되어야 한다. 다만 소규모 공공시설의 특성상 그 개소수가 매우 많아 모든 시설물에 대한 종·횡단 측량 등이 어려우므로 HEC-RAS 등을 이용한 정확한 홍수위 계산이 어려운 실정이다. 또한 하천설계기준(KWRA and KRA, 2019) 또는 소하천설계기준(KOSHAM, 2021)에서는 홍수량에 따라 여유고의 기준을 달리하며, 최소 0.3 m 이상의 여유고를 확보하도록 하고 있으나, 세천의 경우 제방고가 1 m 미만인 경우도 많으므로 홍수량에 따른 여유고 기준을 일괄 적용할 경우 비합리적인 결과라도 나올 수 있다.

따라서 본 연구에서는 Table 7과 같이 지점별로 유입홍수량을 산정하고 각 지점의 현장조사 데이터를 기반으로 통수가능량을 간략하게 산정하여 통수능 부족율에 따라 위험도 평가점수를 부여하는 방식을 채택하였다. 세천은 유역이 작고, 최상류에 위치하고 있으므로 홍수량 산정시 소규모 유역에서 산정하는 방법을 적용함이 타당하다. 본 연구에서는 Clark의 단위

Table 7. Assessment score for insufficiency and damage of embankment

	Classification		End point		Mid point		Start point	
	Embankment insufficiency	Inflow discharge (m ³ /sec)		-		-		-
Discharge capacity (m ³ /sec)		-		-		-		
Shortage rate of capacity (%)		-		-		-		
Assessment of embankment insufficiency								
Embankment damage	Shortage rate of capacity		0%	1~20%	21~30%	Over 30%		
	End point		<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 10		
	Mid point		<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 10		
	Start point		<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 10		
Embankment damage	Assessment of embankment damage							
	Point	Location	No damage	Occurred damage	Location	No damage	Occurred damage	
	End	Left	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 10	Right	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 10	
	Mid	Left	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 10	Right	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 10	
	Start	Left	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 10	Right	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 10	

도법을 채택하여 유입홍수량을 산정하고, Manning의 평균유속공식을 적용하여 통수가능량을 산정하였다.

추가적으로 제방단면의 파손여부에 따라 파손이 있는 경우 즉시 정비가 필요하므로 최고점을 부여하도록 하였다.

4) 호안 유·무, 노후화 및 파손상태

호안은 제방과 하안을 보호하기 위해 비탈면에 설치하는 구조물로서 유속과 소류력, 제방의 형태 등에 따라 적정하게 설치되어야 한다.

Table 8과 같이 호안의 상태평가는 조사자의 육안조사를 통해 평가가능하나, 호안의 종류 및 파손여부, 노후화 등에 따라 평가점수는 달라져야 한다. 본 연구에서는 호안이 미설치되어 있는 경우 최고점을 부여하고, 호안이 설치되어 있더라도 노후화 및 파손이 되어 있다면 높은 점수를 부여하도록 했으며, 호안의 허용유속 및 허용소류력을 고려하여 호안 형식별로 위험도 평가점수를 부여하도록 하였다.

Table 8. Assessment score for installation of the bank protection, aging and damaged condition

Installation of bank protection						
Type	Start point		Mid point		End point	
	Left	Right	Left	Right	Left	Right
Not installed	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 10
Stone materials	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4
Stone gabion	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4
Concrete retaining wall	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2
Con'C canal	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2
Con'C block	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2

Aging and damaged condition of bank protection						
Conditions	Start point		Mid point		End point	
	Left	Right	Left	Right	Left	Right
Good	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2
Aging	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 8
Damaged	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 10

5) 기타시설물(통관, 문비 등) 노후화

통관, 문비 등 기타시설물의 경우 규모가 작아 도상검토는 불가하며, 현장조사시 육안조사로 상태평가를 진행하여야 한다. 기타시설물의 평가점수는 지침에 의거하여 Table 9와 같이 부여하였다.

Table 9. Assessment score for evaluation score for the deterioration of other facilities

Assessment for pipe or gate condition				
Point	Not installed	Good	Aging	Damaged or installation required
End	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10
Mid	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10
Start	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10

6) 하폭 부족 또는 급축소

「소규모 공공시설의 위험도 평가기준(MOIS, 2023)」에서 하폭 부족 또는 급축소의 평가기준은 Table 10과 같다.

Table 10. Evaluation criteria for insufficient or sudden contraction of small stream width

Grade	Score	Criteria for judging by risk grade
A	1~3	• When the stream width is wider than 5.0 m
B	4~6	• When the stream width is between 2.0 m and 5.0 m, there is no sudden contraction
C	7~10	• When the stream width is very narrow compared to upstream/downstream

상기 기준에 의거하여 하폭을 평가할 경우 유역면적이 커서 홍수량이 많은 세천의 경우 과소평가의 위험이 있다. 따라서 하폭의 부족여부는 홍수량을 감안하여 적정 하폭의 확보여부를 판단하여야 하며, ③항의 평가여부를 위해 홍수량 및 통수능량을 평가하게 되므로 이를 이용하여 Table 11과 같이 위험도 평가를 수행하는 방안으로 개선하였다.

Table 11. Assessment score for lack of stream width or sudden contraction

	Classification	End point	Mid point	Start point	
	Lack of stream width	Inflow discharge (m ³ /sec)	-	-	-
Discharge capacity (m ³ /sec)		-	-	-	
Shortage rate of capacity (%)		-	-	-	
Assessment for lack of stream width					
Shortage rate of capacity		0%	0~20%	20~30%	Over 30%
End point		<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 10
Mid point	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 10	
Start point	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 10	
Sudden contraction	Assessment for sudden contraction				
	Point	Existence of sudden contraction		No sudden contraction	
	End point	<input type="checkbox"/> 10		<input type="checkbox"/> 2	
	Mid point	<input type="checkbox"/> 10		<input type="checkbox"/> 2	
	Start point	<input type="checkbox"/> 10		<input type="checkbox"/> 2	

7) 하도침식/퇴적에 따른 위험성

세천은 최상류 유역에 위치하여 유속이 빠르고, 산지와 접하는 산기슭에 위치한 경우가 많아 침식 및 퇴적활동이 매우 활발하게 발생한다. 현장조사시 주민탐문조사에 의하면 세천피해의 대부분은 퇴적 또는 침식에 의한 경우가 많으며, 이에 따라 세천의 하도침식 및 퇴적에 따른 위험성은 토석류 분석을 통한 정량적 평가가 가장 합리적이라고 할 수 있다.

다만, 토석류 분석을 통해 하천으로 유입되는 토석류의 양을 정확하게 예측하고, 그 퇴적양상 또는 침식양상을 수치화하여 위험도를 평가하기에는 기술적으로 한계가 있으며, 이는 향후 지속적인 연구가 필요한 실정이다.

이에 따라 본 연구에서는 조사자의 육안조사에 따른 현재 하도의 퇴적 또는 침식상태를 평가하도록 하였으며, 평가점수는 Table 12와 같다.

Table 12. Assessment score based on small stream erosion/sedimentation

Point	Assessment score based on small stream erosion/sedimentation		
	Good	Partial erosion or sedimentation	Severe erosion or sedimentation
End	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10
Mid	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10
Start	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10

8) 유송잡물 식생에 따른 통수능 부족

세천 내 유송잡물 및 식생에 따른 통수능 부족의 평가는 평가지점에 대한 육안조사와 더불어 홍수위 상승으로 인한 여유고의 확보여부를 검토하여 종합적인 위험도를 평가하여야 한다. Table 13은 유송잡물 식생에 따른 통수능 부족의 평가를 나타낸 표이다.

따라서 본 연구에서는 유송잡물 또는 식생현황과 더불어 ③항의 평가를 위해 산정한 홍수량과 통수가능량을 종합적으로 고려하여 위험도 평가를 수행하였다.

Table 13. Assessment score for lack of discharge capacity due to debris and vegetation

Debris in the stream	Point	Good	Partial	Severe	Vegetation in the stream	Point	Good	Partial	Severe
	End	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10		End	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10
Mid	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10	Mid	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10		
Start	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10	Start	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10		
Lack of discharge capacity	Classification		End point		Mid point		Start point		
	Inflow discharge (m ³ /sec)		-		-		-		
	Discharge capacity (m ³ /sec)		-		-		-		
	Shortage rate of capacity (%)		-		-		-		
	Assessment of embankment insufficiency								
	Shortage rate of capacity		0%	1~20%	21~30%	Over 30%			
	End point		<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 10			
Mid point		<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 10				
Start point		<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 10				

9) 입지여건에 따른 위험성

입지여건(취락지 등)에 따른 위험성은 세천이 입지한 제내측의 지형적 또는 토지이용적 측면에서 재해발생시 인명피해 또는 재산피해 발생의 위험도를 평가하는 항목이다. 「소규모 공공시설의 위험도 평가기준(MOIS, 2023)」에서는 현장조사에 의한 제내지의 현황여부에 따라 위험도 평가점수를 부여하도록 되어 있으나, 이는 홍수피해의 발생가능성을 전혀 고려하지 않는다. 즉, 세천의 제내지가 인명 및 재산피해 가능성이 가장 높은 취락지라 할지라도 홍수발생가능성이 없다면 위험도 평가점수는 낮게 산정되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 Table 14와 같이 ②항의 제내지 침수피해 이력의 평가와 동일하게 제내지의 현황과 더불어 과거 재해이력을 평가요소로 하여 위험도 점수를 부여하도록 하였다.

Table 14. Assessment score for risks associated with site conditions

Land use	History of flood damage		Distance between flooded areas based on literature review			
	Flood damage	Score	Less 50 m	50~100 m	100~200 m	Over 200 m
Mountain	<input type="checkbox"/> No damage	1				
	<input type="checkbox"/> Completed action	4	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 1
	<input type="checkbox"/> Recurrent occurrence	6				
Vacant land	<input type="checkbox"/> No damage	3				
	<input type="checkbox"/> Completed action	4	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 3
	<input type="checkbox"/> Recurrent occurrence	6				

Table 14. Assessment score for risks associated with site conditions (Continued)

Land use	History of flood damage		Distance between flooded areas based on literature review			
	Flood damage	Score	Less 50 m	50~100 m	100~200 m	Over 200 m
Small agricultural land	<input type="checkbox"/> No damage	4				
	<input type="checkbox"/> Completed action	5	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 4
	<input type="checkbox"/> Recurrent occurrence	7				
Large farmland	<input type="checkbox"/> No damage	5				
	<input type="checkbox"/> Completed action	6	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 5
	<input type="checkbox"/> Recurrent occurrence	8				
Small village	<input type="checkbox"/> No damage	6				
	<input type="checkbox"/> Completed action	7	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 6
	<input type="checkbox"/> Recurrent occurrence	9				
Large village	<input type="checkbox"/> No damage	7				
	<input type="checkbox"/> Completed action	8	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 7
	<input type="checkbox"/> Recurrent occurrence	10				

10) 인위적인 훼손(인간, 동물 등) 및 세천의 점용(경작 등)

세천에 대한 인위적 훼손 및 불법점용에 대한 위험도 평가는 훼손의 정도가 경미하고 국부적으로 발생되므로 현장조사를 통해서만 평가가 가능하다. 세천의 인위적인 훼손은 동식물에 의한 제방단면의 훼손, 제방 또는 하도단면에 경작 등으로 인한 인위적 훼손, 중장비 차량의 독마루 통행 등으로 인한 제체 붕괴 등이 해당되며, 불법점용은 세천의 상부를 임시건축물 또는 임시구조물로 복개하여 농기계, 농산물 등의 보관장소로 사용하는 경우가 많다.

본 연구에서는 현장조사의 결과를 반영하여 Table 15와 같이 위험도 평가점수를 부여하도록 하였다.

Table 15. Assessment score for artificial structure damage and illegal occupancy on the stream

Point	Assessment of artificial structure damage and illegal occupancy		
	No damage	Partial	Severe
End point	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 10
Mid point	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 10
Start point	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 10

3.4 세천 위험도 평가표의 작성

세천의 경우 「소규모 공공시설 실태조사 지침(MOIS, 2020)」에서는 시점, 중앙점, 종점의 3지점에 대하여 위험도 평가를 수행하게 되어 있다. 다만 하나의 세천에 대한 총괄적인 위험도 평가점수 산정에 대한 부분은 명확하게 정의되어 있지 않다.

소규모 공공시설의 위험도 평가는 시설물에 대한 위험성 여부를 판단하여 이를 정비하여 재해위험을 감소시키는데 그 목적이 있으므로 하나의 항목에 대하여 각 지점별로 평가된 점수 중 최고점수를 그 시설물의 해당항목에 대한 위험도 평가점수로 결정하는 것이 타당하다. 즉, 소규모 공공시설의 안전점검에 대한 목적은 위험요소를 사전에 파악하고 이를 관리 및 정비하는데 있으므로, 위험도 평가항목의 각 항목 그 시설물의 위험요소로 판단하고 이중 하나라도 위험요소가 있다면 이를 평가 점수로 반영시키는 것이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 세천에 대한 10개의 위험도 평가항목에 대해 시·중·종점에 대한 위험도 평가 점수 중 최고점수를 그 항목의 위험도 평가점수로 하고, 10개 항목에 대한 점수를 합산한 최종 점수를 세천의 최종적인 위험도 평가점수로 결정하였다.

4. 결론

최근 행정안전부에서는 「소규모 공공시설의 안전관리 등에 관한 법률(2016년 제정)」을 제정하고, 이를 시행하기 위한 각종 지침 및 기준을 고시하여 각 지자체별로 소규모 공공시설의 안전점검 및 정비계획 수립용역을 활발히 진행하고 있다. 다만, 법률의 제정이 최근에 이루어졌고, 소규모 공공시설에 대한 상세한 지침 및 설계기준 등이 부족하므로 소규모 공공시설의 선정에서부터 안전점검, 위험도 평가에 이르기까지 각 지자체별로 그 기준이 상이하고, 위험도 평가에 있어서도 조사자의 재량에 크게 좌우되고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 소규모 공공시설 중 재해위험도가 가장 높은 시설 중 하나인 세천에 대한 위험도 평가를 보다 객관적이고 효율적으로 수행할 수 있는 정량적 평가 방법을 제안하였다. 다만, 본 연구에서 제안한 세천의 정량평가지표의 항목별 점수는 지자체의 지역적 여건에 따라 변경하여 적용할 수 있으나, 평가요소를 구체화하고, 객관적인 데이터를 이용한다는 점에서 본 연구의 의의가 있다. 이를 통해 현재까지 소규모 위험시설 선정을 위한 위험도 평가에 대한 근거를 명확하게 함으로써, 소규모 위험시설의 정비 및 관리 업무에 있어 투명성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

향후 세천 외 소규모 등 소규모 공공시설의 각 시설물별 위험도 평가 개선방안에 대한 연구도 필요하며, 이러한 위험도 평가를 보다 효율적이고 체계적으로 진행하기 위한 시스템의 개발에 대한 연구도 수행예정이다. 이를 활용하여 각 지자체별 「소규모 공공시설 안전점검 및 정비계획 수립용역」에서 조사한 현장조사 데이터를 바탕으로 본 연구에서 제시한 위험도 평가에 대한 검증연구를 수행하고자 한다.

다만, 본 연구는 현재까지 배포된 소규모 공공시설관련 지침 등을 참조하여 그에 대한 개선방안을 제시하였으나, 보다 세부적인 지침 또는 설계기준 등이 제시된다면 이를 보완할 필요가 있다.

References

- Chang, Hyung Joon, Jung Young Lee, and Hyo Sang Lee. (2021). Flood Runoff Computation for Mountainous Small Basins Using WMS Model. *Journal of Korean Society of Disaster and Security*. 14(4): 9-15.
- Cheong, Tae Sung, Shinbum Hwang, Jongryul Park, Kukryul Oh, and Sangman Jeong. (2022). Assessment on Methodology for Predicting Flood Discharges in Creeks. *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*. 22(5): 211-218.
- Korea Water Resources Association and Korean River Association. (2019). *Explanation of River Design Standards*. Seoul: KWRA and KRA.
- Korean Society of Hazard Mitigation. (2021). *Explanation of Design Standards for Small River*. Seoul: KOSHAM.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (1990). *Design Guidelines for Small-Scale Facilities*. Gwacheon: MOLIT.
- Ministry of the Interior and Safety. (2020). *Guidelines for Surveying Small-Sized Infrastructures*. Sejong: MOIS.
- Ministry of the Interior and Safety. (2023). *Detailed Evaluation Criteria for Hazard of Small-Sized Infrastructures*. Sejong: MOIS.
- National Disaster Management Research Institute. (2021). *Enhancement of Design Codes for the Small Sized Hazard Infrastructures*. Ulsan: NDMI.
- Sungkyunkwan University. (2008). *Study on Disaster Mitigation Techniques for Small-Scale Facilities*. Seoul: SKKU.

Korean References Translated from the English

- 국립재난안전연구원 (2021). 소규모 공공시설 설계기준 검증 및 개선 연구. 울산: 국립재난안전연구원.
- 국토교통부 (1990). 소규모시설 설계지침. 과천: 국토교통부.
- 성균관대학교 (2008). 소규모 시설 재해 경감 기법 연구. 서울: 성균관대학교.
- 장형준, 이정영, 이효상 (2021). WMS 모형을 활용한 산지 소하천 유역의 유출량 산정. *한국방재안전학회 논문집*. 14(4): 9-15.

- 정태성, 황신범, 박종렬, 오국열, 정상만 (2022). 세천에서의 홍수량 산정 방법론 평가. 한국방재학회 논문집. 22(5): 211-218.
- 한국방재학회 (2021). 소하천 설계기준 해설. 서울: 한국방재학회.
- 한국수자원학회, 한국하천협회 (2019). 하천설계기준해설. 서울: 한국수자원학회, 한국하천협회.
- 행정안전부 (2020). 소규모 공공시설 실태조사 지침. 세종: 행정안전부.
- 행정안전부 (2023). 소규모 공공시설의 위험도 평가기준. 세종: 행정안전부.