

소규모 공공시설 조사 시 소교량의 위험성 평가 방법 개선

신재성¹ · 전계원^{2*} · 노정수³

¹(주)제이에스컨설팅 대표이사 / 강원대학교 방재전문대학원 도시환경재난관리전공 박사과정,

²강원대학교 방재전문대학원 도시환경재난관리전공 정교수,

³(주)제이에스컨설팅 이사 / 강원대학교 방재전문대학원 도시환경재난관리전공 박사과정

Improvement of the Risk Evaluation Methods for Small Bridges When Investigating the Small Public Facilities

Jaesung Shin¹, Kyewon Jun^{2*}, and Jungsoo Rho²

¹CEO, JS Consulting Co., Ltd. / Ph.D. Candidate, Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon National University

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

³Director, JS Consulting Co., Ltd. / Ph.D. Candidate, Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon National University

요약

「소규모 공공시설 안전관리 등에 관한 법률(2015 제정)」에 따라 각 지자체에서는 소규모 공공시설을 선정하고, 매년 안전점검을 실시하고 있다. 소규모 공공시설 중 소교량은 세척과 더불어 재해위험성이 높고 마을주민의 공공이용성이 높은 시설이나, 그 개소수가 매우 많아 지자체의 한정된 인원으로 관리하기 어려운 시설에 해당한다. 따라서 지자체의 관리능력을 고려하여 합리적인 선정방법이 필요하며, 객관적 위험도 평가를 통한 위험시설의 선정 및 정비계획의 수립이 요구된다. 이에 본 연구에서는 지자체의 관리능력을 고려하여 소교량의 구조적, 기능적 분류를 통한 선정방법을 제시하고, 위험도 평가 10개 항목의 정량적 평가지표를 제시함으로써 객관적 인 위험도 평가가 이루어질 수 있는 방안을 제시하였다.

핵심용어: 소규모 공공시설, 소교량, 위험도 평가, 소교량 선정방법, 정량적 평가지표

ABSTRACT

Under the “Act on Safety Control of Small Public Facilities (enacted in 2015)”, each local government selects and conducts annual safety inspections for small public facilities. Among small public facilities, small bridges pose high risks and are heavily utilized by local residents, making them challenging to manage due to their large numbers and limited resources. Therefore, there is a need for a rational selection method that considers the management capacity of local governments, as well as the establishment of objective risk evaluation and maintenance planning for small hazardous facilities. In this study, we propose a selection method based on structural and functional classification of small bridges, considering the management capacity of local governments. Additionally, we present quantitative evaluation indicators for ten risk evaluation criteria, aiming to facilitate objective risk evaluation.

Keywords: Small public facilities, Small bridge, Risk evaluation, Selection method of small bridge, Quantitative evaluation indicator

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

Received: 29 April, 2023, Revised: 30 April, 2023, Accepted: 20 May, 2023



1. 서론

최근 자연재난으로 인한 인명피해는 줄었으나 재산피해가 늘고 있는 추세이고, 특히 관련 법률에 의해 체계적으로 관리되고 있는 법정도로, 하천 및 시설물 등은 지속적인 재해예방관련 정비사업을 시행한 결과, 과거 피해규모와 비교하여 상대적으로 감소하고 있다. 그러나 최근 기후변화에 의한 국지성 집중호우 발생시 안전관리의 사각지대에 놓여있는 세천 또는 소교량 등은 통수능 부족에 의한 피해규모가 크게 증가하고 있는 추세이다.

행정안전부는 2016년 7월 「소규모 공공시설 안전관리 등에 관한 법률」(이하 “소규모공공시설법”)(MOIS, 2020a)을 제정하여 시·군 단위 지자체별로 「소규모 공공시설 안전점검 및 정비계획 수립용역」을 시행함으로써 소규모 공공시설에 대한 관리체계를 구축하고 있다. 소규모 공공시설은 “「도로법」, 「하천법」 등 다른 법률에 따라 관리되지 아니하는 소교량, 세천, 취입보, 낙차공, 농로 및 마을진입로 등 소규모 공공시설법 시행령 제2조(소규모 공공시설의 범위)에 따라 정하는 시설”로 정의된다. 즉, 지역주민들이 공공의 목적으로 사용하고는 있으나 비법정시설로서 관리주체가 명확하지 않은 소규모 시설을 의미한다. 소규모 공공시설의 각 시설물별 정의는 「행정안전부 고시 제2019-75호」에 범위와 규모, 구조에 대하여 기술되어 있다(Table 1). 그러나 소규모 공공시설의 대상이 되는 비법정 소규모 시설의 개소수가 매우 많아 각 지자체별로 선정기준이 다르고 선정물량도 많은 차이가 나고 있는 실정이다. 특히, 소교량의 경우 세월교, 흙관, 암거 등을 모두 포함하고 있어 대상 시설물의 개소수가 가장 많으며, 지역주민이 가장 많이 이용하는 동시에 홍수시 월류위험 등이 있어 재해위험이 가장 높은 시설중 하나로 지자체의 관리역량을 고려하여 적정 개소수를 선정하고 관리역량을 집중하는 것이 중요하다. 이에 따라 본 연구에서는 소규모 공공시설 중 소교량에 대하여 합리적인 선정방법과 정량적 평가지표를 활용한 위험도 평가방법을 제시하고자 한다.

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 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. 소규모 공공시설 소교량의 선정방법

2.1 소교량의 정의

소규모 공공시설은 「소규모공공시설법 시행령」 제 2조에 따라 「행정안전부 고시 제2019-75호」에서 6가지 유형의 시설 물별 구조·위치 및 규모 등을 규정하였다. 이중 소교량은 “다른 법에 따라 관리되지 않는 도로간 연결 또는 「농어촌도로정비법」, 「도로법」에 의한 도로 등을 연결하는 공공용 소규모 교량”으로 정의하고 있으며 그 규모는 “연장 100 m 미만의 무근 또는 철근 콘크리트로서 이와 유사한 시설물”을 말한다. 부가적으로 소교량은 흙관, 암거, 세월교를 포함하고 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법시행령」(이하 “시설물안전법 시행령”)(MOLIT, 2021b) 제4조에 의한 1,2종 시설물에 해당하지 않는 규모의 것으로 타법에 따라 계획 및 관리되지 않는 소교량 중 「시설물안전법 시행령」에 의한 3종 시설물은 소규모 공공시설에 포함하여 소교량으로 설정할 수 있다.

2.2 소교량의 선정방법

소규모 공공시설에 포함하여야 하는 소교량의 선정방법은 「소규모 공공시설 실태조사 지침(MOIS, 2020c)」에 간략히 소개되어 있으며 이를 요약하면 다음과 같다.

- ① 소교량은 하천, 도로 등에 가로질러 놓아 이를 넘기 위한 목적으로 설치하는 시설물로서 「농어촌도로정비법」(MOIS, 2021), 「도로법」(MOLIT, 2023) 등 다른 법률에 따라 계획 및 관리되고 있는 시설을 제외한 공공용 교량을 선정한다.
- ② 다른 법에 따라 계획 및 관리되지 않는 도로를 연결하는 교량 중에서 「하수도법」(MOE, 2022a)에 의한 하수관거, 「소하천정비법」(MOIS, 2022)에 의한 소하천, 「하천법」(MOE, 2022b)에 의한 지방하천, 국가하천 구간에 위치하여 다른 법에 따라 계획 및 관리되는 교량은 소규모 공공시설에서 제외한다.
- ③ 타법에 따라 계획 및 관리되지 않는 소교량 시설 중 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(이하 “시설물안전법”)(MOLIT, 2021a)에 의한 3종 시설물은 소규모 공공시설에 포함하여 소교량으로 설정할 수 있다.
- ④ 세천, 마을진입로, 농로, 기타 장애물을 통과하는 교량 중에서 다른 법률에 따라 계획 및 관리되는 교량은 소규모 공공시설에서 제외한다.
- ⑤ 세천, 구거 등 다른 법률에 따라 계획 및 관리되지 않은 공공용 시설을 복개하거나 하도를 따라 마을진입로, 농로로 사용되는 경우 소규모 공공시설 소교량으로 설정한다.
- ⑥ 소하천, 지방하천, 국가하천, 우수관거, 농수로 등 다른 법률에 의해 계획 및 관리되는 시설을 복개하거나 하도를 따라 마을진입로, 농로로 사용되는 경우는 소규모 공공시설(소교량, 마을진입로, 농로 등)에서 제외한다.

소규모 공공시설 소교량의 대상 시설물은 매우 많으며, 이는 소규모 공공시설을 관리하여야 하는 지자체의 입장에서 관리 인원의 한계 등에 따라 부담으로 작용할 수 있다. 따라서 적정 개소수의 소교량을 선정하여 꼭 필요한 시설물에 대하여 관리 역량을 집중할 필요가 있으며, 이를 위해서 본 연구에서는 소교량을 유형 및 기능 등에 따라 세분화하여 소규모 공공시설 소교량의 선정시 활용할 수 있도록 하였다.

2.3 소교량 분류에 따른 선정방법

소규모 공공시설의 관리는 지자체에서 담당하고 있으나 아직까지 소규모 공공시설을 전담하는 조직은 구성되지 않았으며, 소규모 공공시설의 경우 지자체 별로 수백 또는 수천개에 달하므로 인력이 부족한 경우가 많다. 즉, 지자체의 담당 공무원의 인원은 한정되므로 자칫 소규모 공공시설의 개소수가 관리 한계를 넘어버리면 오히려 관리상 문제가 발생할 수 있다. 따라서 소규모 공공시설은 지자체의 관리역량을 고려하여 적정 개소수를 선정하는 것이 중요하다. 특히 소교량은 검토대상 시설물의

개소수가 타 시설물에 비하여 매우 많으므로 선정과정 및 관리의 편의성을 고려하여 적절하게 분류할 필요가 있다.

2.3.1 법정교량과 비법정교량의 분류와 선정방법

소규모 공공시설의 소교량 선정을 위한 첫 번째 분류기준은 법정교량과 비법정교량의 분류가 필요하다. 법정교량은 「도로법」, 「농어촌도로정비법」 등 관련법에 의해 관리되는 시설물로서 법정도로에 설치된 교량을 의미한다. 즉, 「도로법」에서 지정고시 하는 고속국도, 일반국도, 특별시도·광역시도, 지방도, 시도, 군도, 구도와 「농어촌도로정비법」에서 지정고시 하는 면도, 이도, 농도가 하천을 횡단할 때 설치하는 교량이 법정교량이 되며, 그 외 산업단지 등 법정계획구역 내 위치한 교량 등이 포함된다.

소규모 공공시설의 선정대상이 되는 비법정교량은 법정교량을 제외한 모든 교량이 해당된다. 법정하천에 위치한 교량의 경우에도 「하천법」 또는 「소하천정비법」 등 법정하천의 관련법에서는 교량을 하천시설에 포함하지 않기 때문에 법정하천을 횡단하는 도로가 비법정도로에 해당한다면, 해당 교량은 비법정교량으로서 소규모 공공시설의 대상이 될 수 있으나, 하천 기본계획, 소하천정비종합계획 등에서 해당 하천에 위치한 교량에 대하여 시설물 능력검토를 통한 정비계획을 수립하고 있어 자칫 법정하천에 위치한 교량은 모두 법정교량으로 오해하여 이를 모두 소규모 공공시설의 선정대상에서 제외하는 경우가 있으므로 주의하여야 한다. 즉, 소규모 공공시설의 소교량은 법정하천의 유무에 상관없이 해당 교량이 위치한 도로가 비법정도로이면 선정대상 후보지가 된다.

그 외 교량의 유지관리와 관련된 법령으로 「시설물안전법」에 의해 1, 2, 3종 시설물로 교량을 구분하여 관리하고 있으므로 동법에 의해 지정고시되는 교량은 법정교량으로 분류되어야 하나, 예외적 사항으로 비법정도로에 위치한 3종시설물 교량은 소교량으로 지정할 수 있다.

2.3.2 유형 및 형식에 따른 분류와 선정방법

소교량은 설치유형과 구조적 형식에 따라 분류할 수 있다. 소교량의 설치유형에 따른 분류는 일반교와 세월교로 분류할 수 있으며, 일반교는 슬래브와 교대, 교각으로 이루어진 교량을 의미하고, 세월교는 콘크리트 등의 포장면 아래 소규모 관 또는 암거로 통수를 시키는 구조로서, 홍수시 월류하는 교량을 말한다. 일반교의 경우 다시 구조적 형식에 따라 분류할 수 있으며, 세월교는 잠수교로써 우키시 잠기는 교량은 모두 세월교로 분류한다.

교량의 구조적 형식에 따른 분류는 매우 다양하나 소규모 공공시설의 대상이 되는 소교량은 그 규모가 작아 단순한 구조로 이루어져 있으며 대표적으로 슬래브교, 라멘교, 암거교(Box교), 흙관교의 4가지 형태로 분류할 수 있다. 소교량의 구조적 형식에 따른 대표적인 예시사진 및 특징을 정리하면 Table 2와 같다.

Table 2. Classification of small bridges according to structural type

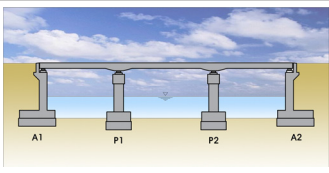

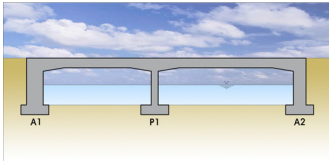

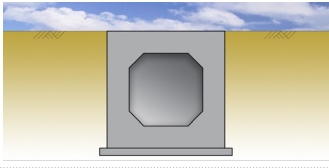

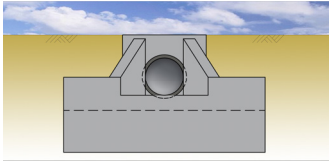

Classification	General drawing	Sample image	Structural characteristics
Slab bridge			<ul style="list-style-type: none"> • Bridge with superstructure composed only of slabs • Bridge with separate superstructure and substructure • Bridge with bridge bearings
Rahmen bridge			<ul style="list-style-type: none"> • Bridge with integrated superstructure and substructure • Bridge with foundation structure • The foundation structure is not integrated or merged

Table 2. Classification of small bridges according to structural type (Continued)

Classification	General drawing	Sample image	Structural characteristics
Culvert bridge			<ul style="list-style-type: none"> • A bridge utilizing an culvert with enclosed cross-section • In most cases, there is no separate foundation
Hume pipe bridge			<ul style="list-style-type: none"> • A bridge constructed using hume pipes (culverts) for passage, with the upper part serving for traffic




일반적으로 슬래브교 및 라멘교의 경우 비교적 큰 구조물로 이루어져 있는 반면, 암거교 및 흙관교는 구조물의 규모가 작은 편이며 교량구조물보다는 배수암거 또는 배수통관과 같은 배수구조물로 분류되기도 한다. 소규모공공시설법에 따른 소교량의 정의에 따르면 비법정도로에 위치한 배수암거 또는 배수통관도 모두 소교량으로 선정하여야 하나, 이 경우 관리하여야 하는 시설물의 개소수가 기하급수적으로 많아지므로 지자체의 관리능력을 고려하여 적정규모 이상의 시설물을 선별하여 관리능력을 집중할 필요가 있다.

정리하면, 교량의 유형에 따른 분류로서 세월교의 경우 홍수시 인명피해의 우려가 높은 시설이므로 소교량의 선정대상에 반드시 포함시켜야 하며, 일반교의 경우 4가지 형식으로 분류하여 현장실태조사를 수행 후 지자체의 관리능력을 고려하여 재해위험성, 시설물의 규모, 통행량 등을 고려한 선택적 선정이 필요하다.

2.3.3 교량의 기능적 분류와 선정방법

교량의 주요 기능은 상부 구조물 위로 통행을 하고, 하부 구조물을 관통하여 통수를 하는 것이다. 이를 보다 세분화 하면 Table 3과 같이 도로와 도로를 연결하는 도로연결교량과 주택 또는 농경지 등을 진입하기 위한 진입교량으로 구분할 수 있으며, 암거교 또는 흙관교의 경우 배수시설로 설치되는 배수암거 또는 배수통관과 구분이 되어야 한다. 법정하천의 제방에 설치되는 배수시설은 「하천법」 또는 「소하천정비법」에 의해 관리되는 시설물로 하천기본계획 또는 소하천정비종합계획에서 그 능력검토를 하여 정비계획을 수립하고 있으므로 소교량에서 제외되어야 한다. 소교량은 통행 목적의 상부구조물과 통수 목적의 하부구조물이 하나의 무근 또는 철근 콘크리트조로 이루어진 구조물로서, 단순히 통수목적에 위해 암거 또는 흙관을 토사단면에 매설한 배수시설과는 구분되어야 한다.

Table 3. Functional classification of small bridges

	Road connection bridge	Approach bridge	Drainage structure
Sample images			
Characteristics	<ul style="list-style-type: none"> • Connecting roads • Publicly accessible 	<ul style="list-style-type: none"> • Connecting roads and properties • Primarily used by property owners 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilities for drainage purposes • Structures buried in the ground

소규모 공공시설의 정의에 따라 농경지, 주택, 일부공장 등 특정 민간부지로 진입하기 위한 진입교량은 공공의 목적으로 이용되는 시설이 아니므로 소규모 공공시설에서 제외하며, 도로 아래에 매설된 배수통관 및 배수암거 등 교량으로 보기 어려운 배수시설물의 경우 지자체의 관리능력을 고려하여 소교량의 선정여부를 결정할 필요가 있다.

3. 소교량 위험도평가 개선방안

3.1 기본방향

소규모 공공시설의 위험도 평가는 「소규모공공시설법 시행령」(MOIS, 2020b) 제4조에 의해 행정안전부장관이 고시하는 「소규모 공공시설 위험도 평가기준」(행정안전부 고시 제2023-12호)에 따라 실시하며 다음과 같다.

소교량의 위험도 평가는 Table 4의 세부평가항목 10개에 대해 육안조사를 실시하여 Table 5에 의해 각각의 평가등급 및

Table 4. Criteria for risk evaluation of small bridges

Items	Detailed items	Detailed evaluation criteria
Structural stability	① Partial damage, concrete cracking of bridge	[A] No damage or some minor cracks [B] There are cracks observed in the lower part of the slab, concrete spalling, potential cracks and damage in the pavement, abutments, and drainage pipes, but no safety implications [C] Severe damage or cracks in the slab, abutments, piers, and bearing devices
	② Exposure and corrosion of reinforcement bars	[A] Corrosion of reinforcing steel in non-critical areas of the bridge [B] Partial Corrosion of reinforcing steel in cracked areas of the slab and piers [C] Severe corrosion or exposure of reinforcing steel due to destroyed concrete
	③ Scour damage to piers, abutments, etc.	[A] Bridges installed scour prevention measures or no scour damage [B] Bridges with partial scouring [C] Bridges with exposed foundations due to significant scouring
	④ Aging bridges, structural stability, etc.	[A] Good (visual inspection) [B] Bridges installed less than 30 yr without ancillary facilities such as pavement drainage or safety fence [C] Aged (30 yr or older) or structural defective bridges
Flood risk	⑤ Damage caused by erosion of embankment joints	[A] Safe bridge with abutment wing walls [B] Bridge with deteriorated or cracked wing walls [C] Wing walls moved or overturned, or corrosion damage at abutment joints due to the absence of wing walls
	⑥ Insufficient free board, damage caused by overflow	[A] Bridge that is above the design flood level and compliant with design criteria [B] Bridge that is partially non-compliant with design criteria [C] Bridge that has previously suffered flood damage
	⑦ Bridge length compared to stream width	[A] Good [C] Bridge with a shorter length compared to stream width
Etc.	⑧ Presence of damages due to inadequate span length	[A] Bridge that meets the span length requirements [B] Bridge that does not meet the span length requirements [C] Bridge with inadequate span length, resulting in damage or potential damage
	⑨ Risk associated with site conditions (traffic volume)	[A] Bridges with few vehicles and pedestrians [B] Bridges with small agricultural machinery and low pedestrian traffic [C] Bridges with heavy vehicle and pedestrian traffic and through vehicles over the design load
	⑩ Risk to pedestrians during floods (submerged bridges)	[A] Bridges with sufficient freeboard above the design flood level [B] Overflow during flood (submerged bridge, etc.), but there are few passers-by [C] Overflow frequently during flood (submerged bridge, etc.) and there are many passers-by

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

점수를 결정하고, 점수를 합산한 총점을 기준으로 Table 6에 의해 최종적으로 시설물 위험등급을 결정하여, 총점 71점 이상의 불량시설은 위험시설로 선정하여 정비계획 및 시행계획을 수립하게 된다.

Table 5. 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

Table 6. 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

상기 소교량의 위험도 평가기준은 현장조사에 의한 육안조사로 평가를 수행하며, 이러한 방식은 조사자의 경험 및 숙련도에 따라 주관적 평가를 시행함으로써 동일한 시설물에 대해서도 상이한 결과를 도출할 수 있고, 전문가가 아닌 관리자 또는 숙련되지 않은 초급기술자의 경우 위험도 평가점수를 부여하는 것 자체가 어려울 수 있다. 특히 지방하천, 소하천 등과 같은 법정하천에 위치하고 있는 소교량의 경우 육안조사에 의한 위험도 평가결과는 하천기본계획 등 법정계획에서 검토한 내용과 상이한 결과를 가져올 수 있다.

따라서 본 연구에서는 위험도 평가수행을 위한 구체적인 현장조사 방법을 제시하고 최소한의 수리수문학적 분석 및 기수립된 하천기본계획 등의 자료를 이용한 정량적이고 객관적인 위험도 평가 방안을 제시하고자 한다.

3.2 소교량 위험도 평가기준 관련 연구동향

소규모 공공시설의 세부적인 위험도 평가에 대한 연구는 6가지 시설유형 중 세천만이 유일하게 「소규모 공공시설 조사시 세천의 위험도 평가 방안(Rho et al., 2023)」에서 제시된 바 있으며, 본 연구는 이에 대한 후속연구에 해당한다.

교량의 위험도 평가와 관련된 연구는 대부분 「시설물안전법」에 따른 교량의 안전점검 및 성능평가와 관련된 내용이 주를 이루고 있다. 「교량 점검진단 보고서 및 유지관리 세부지침 개선 방향 연구(Cho et al., 2022)」에서는 안전점검 및 정밀안전진단과 관련하여 현행 점검진단 체계의 개선 및 보완점을 제시하였다. 주요내용으로 점검대상 교량의 기 점검 및 진단 이력 항목별 손상이 발생한 부재와 종류를 직관적으로 확인할 수 있는 개선안을 제시하였으며, 외관조사시 점검진단 수행자의 주관적 판단 등에 따른 편차 및 오류를 방지하고자 대상 교량에 대한 신규손상 및 누적손상, 보수·보강 내역 등을 점검진단 보고서에 누적 기록하는 방안을 제시하였다. 「위험도 지수 기반 중소규모 교량 성능평가 우선순위 결정 방안 제안(Lee et al., 2019)」에서는 3종 이하 중소규모의 교량에 대해 취약도와 영향도를 고려하여 위험도 지수를 산출하고, 이 위험도 지수에 따라 성능평가 우선순위 교량을 선정하는 방안 및 실시시기를 제안하였다. 해당논문에서 취약도는 통행량 및 통과하중, 설계하중을 인자로 산정하고, 영향도는 제설재 염해환경과 해안까지의 거리 및 점검시설 설치여부, 교량하부 기간방, 중요시설물

부착여부, 우회도로거리를 인자로 하여 산정하고 취약도지수와 영향도지수에 가중치를 두어 위험도 지수를 산정하도록 제안하였다.

한편, 소규모 공공시설의 소교량과 같은 비법정 교량에 대한 연구로는 「비법정교량 안전점검 및 유지관리 개선방안 연구 (Jang, 2015)」가 있으며, 법정교량에 대한 안전점검 및 정밀안전진단에 대한 지침을 검토하여 이를 토대로 비법정교량에 대한 점검지침을 제시하였다. 교량의 상태평가는 주요부재(바닥판, 거더 교각, 교대)와 주요 부속물(교량받침, 신축이음장치), 일반부속물(교면포장, 배수시설, 난간·연석)로 구분하여 균열 또는 박락 등 손상여부에 따라 점수를 부여하고, 점수범위에 따라 안전등급을 결정하도록 제시하였다. 이는 현재 소규모 공공시설의 위험도 평가 방법과 상당부분 유사하나 단순히 구조물의 안정성만을 고려하여 상태를 평가한다는 점에서 차이가 있다.

3.3 소규모 공공시설 소교량의 위험도 평가항목 분석

소규모 공공시설 소교량의 위험도 평가항목은 Table 6과 같이 10개 항목으로 구성되어 있으며, 조사자가 현장에서 육안으로 그 상태를 평가하여 점수를 부여하도록 되어 있다. 그러나 교량은 그 형식과 구조가 매우 다양하고, 조사자의 주관적 판단으로 편차 및 오류가 발생할 수 있다. 각 평가항목별 이슈사항 및 개선방향은 Table 7과 같다.

Table 7. Analysis of risk evaluation items for small bridges

Items	Detailed items	Issues	Improvement directions
Structural stability	① Partial damage, concrete cracking of bridge	• Unclear risk evaluation target areas of bridge	• Evaluation at primary structural members of bridge
	② Exposure and corrosion of reinforcement bars		
	③ Scour damage to piers, abutments, etc.	• Subjective judgment of the investigator	• To provide objective evaluation criteria
	④ Aging bridges, structural stability, etc.	-	-
Flood risk	⑤ Damage caused by erosion of embankment joints	• In some cases, instead of wing walls, revetment may be installed	• To provide additional detailed evaluation criteria
	⑥ Insufficient free board, damage caused by overflow	• Difficult to make judgments solely based on visual inspections	• Evaluation based on hydraulic analysis results is required
	⑦ Bridge length compared to stream width	• Subjective judgment of the investigator	• To provide quantitative evaluation criteria
	⑧ Presence of damages due to inadequate span length	• Difficult to make judgments solely based on visual inspections	• Evaluation based on hydraulic analysis results is required
Etc	⑨ Risk associated with site conditions (traffic volume)	-	-
	⑩ Risk to pedestrians during floods (submerged bridges)	• Difficult to make judgments solely based on visual inspections	• Evaluation based on hydraulic analysis results is required

소교량의 위험도 평가는 1년에 1회 안전점검을 시행하며, 구조적 안정성 40%, 홍수위험성 40%, 기타 20%의 가중치를 가지고 있다. 안전점검 결과 불량시설로 판단되는 경우 현장시정, 보수·보강, 정밀안전진단 등으로 구분하여 필요시 보수·정비 등을 시행하게 된다.

「시설물안전법」에 의한 교량의 안전점검시 상태평가항목은 부재의 종류별로 가중치를 다르게 주고 있으며, 상부구조의 바닥판, 교대, 교각 등의 하부구조의 가중치가 가장 높게 되어있다. 그러나 소교량의 위험도 평가항목 중 구조적 안정성을 평가하기 위한 ①항과 ②항의 경우 평가 부위에 대한 명확한 기준 없이 단순 균열의 정도, 콘크리트 박락 및 손상여부, 철근의

부식정도를 평가하도록 되어 있어, 사실상 교량의 구조적 안정성에 큰 영향이 없으나 포장면, 연석 등의 균열 및 손상 정도를 평가점수에 반영하는 오류가 종종 발생하고 있다.

홍수위험성을 평가하기 위해서는 계획홍수량 및 계획홍수위를 기준으로 여유고, 경간장, 연장 등에 대한 검토가 필요하나, 세천의 경우 비법정시설물이므로 이에 대한 정보가 없는 실정이다. 따라서 육안조사시 흔적수위, 탐문조사, 주변 월류흔적 등을 조사하여야 하나, 규모가 작은 소교량의 경우 이를 파악하는 것은 매우 어렵다. 따라서 최소한의 정량적 분석을 통해 홍수 위험성을 파악하고 이를 평가에 반영하여야 한다. 기타 항목의 ⑩번 항목에서도 홍수시 월류여부와 통행량을 기준으로 평가를 수행하도록 되어있으나, 상기한 바와 같이 홍수시 월류여부는 현장에서 파악하기 어려운 실정이므로 홍수위험성과 마찬가지로 수리수문분석 결과가 반영되어야 한다. 본 연구에서는 이러한 분석결과 및 현장에서의 측정값을 활용하여 각 항목별 정량적 지표로 이루어진 평가표를 제시하여 객관적이고 합리적인 위험도 평가방안을 제시하고자 한다.

3.4 소교량 위험도 평가방안의 개선방안

3.4.1 구조적 안정성

교량의 구조적 안정성 평가는 교량의 형식 및 규모 등에 따라 세분화 되어야 하지만 소교량의 경우 그 종류와 형식이 매우 다양하므로 이를 통합적으로 평가하기 위한 기준을 제시하기는 어렵다. 이러한 이유로 현재 제시되어 있는 소교량의 구조적 안정성과 관련한 평가는 균열과 손상여부, 구조적 결함에 대하여 조사자의 재량으로 평가하도록 되어 있다. 그러나 교량의 경우 잘못된 점검으로 인한 유지관리 미흡시 인명사고가 발생할 수 있으므로 점검방법 및 최소한의 정량적 판단 기준을 구체적으로 제시할 필요가 있다.

1) 교량 부분파손, 콘크리트 균열

교량의 구조적 안정성에 가장 큰 영향을 미치는 부재는 슬래브, 교대, 교각, 교좌장치 정도이며, 손상유형은 콘크리트의 균열 및 파손, 철근 및 강재의 부식 등으로 인한 손상을 들 수 있다. 소교량의 위험도 평가항목 ①항은 이러한 소교량 부재의 파손여부 및 균열정도를 평가하는 것이며, 조사자의 주관적 판단으로 평가등급을 결정하도록 하고 있다.

「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(MOLIT, 2022)」의 교량 상태평가기준은 a등급부터 e등급까지 5가지 등급으로 구분하고, 교량의 구조적 안정성 평가와 관련하여 각 부재별 손상정도에 가중치를 부여하는 방식으로 평가하고 있으며, 가중치가 가장 높은 주요부재는 바닥판(슬래브)과 하부구조(교대 및 교각)이다. 균열폭의 경우 0.1 mm 미만의 균열을 안전상 큰 지장이 없는 a등급으로 판단하고, 0.1 mm 이상~0.3 mm 미만의 균열폭이 발생한 경우 b등급, 0.3 mm 이상의 균열이 발생한 경우 c~e등급까지로 분류하여 구조적 안정성에 큰 영향이 있는 것으로 판단하고 있다.

따라서, 소교량의 위험도 평가항목 ①항의 평가시 손상된 부재의 위치 및 균열의 폭에 따라 상태등급을 결정하여야 하며, 이를 정리하면 Table 8과 같다. 균열폭의 경우 균열자 등 측정장비를 이용하는 것이 원칙이나, 참고적으로 현장 경험에 의하면

Table 8. Evaluation for partial damage and concrete cracks of bridge

Damage location	Main components (slab, abutment, pier, bearing and wing wall)									Auxiliary components (pavement, drainage pipe, safety fence, parapet)					
	Less than 0.1 mm			0.1~0.3 mm			Over 0.3 mm			Less than 0.3 mm			Over 0.3 mm		
Crack width	No	Minor	Serious	No	Minor	Serious	No	Minor	Serious	No	Minor	Serious	No	Minor	Serious
Damage Grade	A	B	C	B	B	C	C	C	C	A	A	B	B	B	C
Score	3	4	7	5	6	7	8	9	10	1	2	4	5	6	7

Minor damage: e.g. Concrete spalling, Material separation

Serious damage: e.g. Concrete delamination, Exposed reinforcement, Punching shear failure

균열폭 0.1 mm 이하의 균열은 육안으로 확인시 미세하게 확인되는 정도이고, 0.1~0.3 mm의 균열은 육안으로 확인가능하나 균열 내부가 보이지 않는 정도이며, 0.3 mm 이상의 균열은 그 내부가 보일 정도의 균열이다.

2) 철근노출 및 부식여부

철근의 부식을 초래하는 원인으로는 피복두께의 부족, 균열, 염화물의 침투, 콘크리트 중성화 등이 있으며, 철근이 노출되어 있지 않는 한 육안조사로 철근의 부식을 판단하기는 대단히 어렵다.

소교량의 위험도 평가 기준에서는 육안조사로 철근 부식이 발생한 부재의 위치, 균열 또는 콘크리트 손괴로 인한 철근 부식의 발생여부를 판단하여 위험등급을 결정한다. ①항과 마찬가지로 철근 부식이 발생한 부위는 주요부재와 보조부재로 나누어 평가등급을 결정하여야 한다. 즉 난간·연석 등 교량의 구조적 안정성에 큰 영향이 없는 부위에서 발생한 철근부식은 A 등급으로 평가된다. 그러나 슬래브, 교대, 교각 등 주요 부재에서 발생한 균열은 철근의 부식을 초래하여 구조적 안정성에 영향을 미칠 수 있으므로 B등급 이상으로 평가 되어야 하나, 철근 부식은 균열 깊이가 피복두께 이상이었을 경우에만 유효하므로 균열의 크기에 대한 적정기준을 수립하여 위험도 평가 등급을 결정하여야 한다. 그러나 육안조사로 균열깊이를 알아낼 수는 없으며, 「균열진행과 철근 부식정도에 관한 연구(EX, 1999)」에서는 실내실험을 통해 균열의 폭이 0.05 mm 이상인 경우 균열깊이가 4 cm 정도에 이르러 철근 부식이 현저히 증가되는 것을 확인한 바 있다. 다만 균열폭 0.05 mm는 육안으로 확인하기가 어려우므로, 본 연구에서는 ①항의 평가기준을 고려하여 0.1 mm 이상의 균열이 발생한 경우 철근부식이 발생하는 것으로 가정하여 B등급을 부여하도록 하였다. C등급의 콘크리트 손괴는 콘크리트의 박리 또는 박락, 편칭파괴 등을 의미하며, 이로 인한 주요부재의 철근노출 및 철근부식이 발생한 경우이다. 이를 간단히 표로 정리한 결과는 Table 9와 같다.

Table 9. Evaluation of reinforcement exposure and corrosion

Damage location	Main components (slab, abutment, pier, bearing and wing wall)				Auxiliary components (pavement, drainage pipe, safety fence, parapet)
	Less than 0.1 mm		Over 0.1 mm		-
Crack width					-
Reinforcement exposure or corrosion	×	○	×	○	-
Grade	A	B	B	C	A
Score	3	5	6	10	2

3) 교각, 교대 등 세굴 피해

교량의 세굴은 교량의 안전에 직접적으로 위협을 주므로 교량의 구조적 안정성 평가시 가장 중요하게 검토되어야 할 사항 중 하나이다. 그러나 교량 세굴로 인한 안정성 평가와 관련된 국내 연구는 세굴심에 대한 해석적 방법으로 예상 세굴심을 산정하여 교량기초의 지지력을 검토하거나 세굴보호공 계획을 수립하는 내용이 주를 이루며, 육안조사를 통해 교량의 세굴 위험성을 평가하는 연구는 미흡한 실정이다. 「수도권 국도교량 세굴위험도 평가 및 등급화 사례 연구(Park et al., 2008)」에서는 시추조사를 포함한 현장조사, 설계 홍수량에 대한 교량세굴 해석, 교량기초의 지지력 평가 및 위험도 분석을 실시한 바 있으며, 교량의 세굴로 인해 교량의 기초가 노출되었을 때 지지력이 크게 감소하거나, 유수압 및 충격하중에 의해 위험한 상태에 놓일 수 있으므로 세굴로 인한 교량의 기초 노출을 미연에 방지하는 것이 중요하다는 결론을 도출하고 있다.

소교량의 위험도 평가에서 세굴로 인한 구조적 안정성 평가는 육안조사로 이루어져야 하므로 그 한계가 명확하다. 예를 들어 위험도 평가 기준에 의한 세굴 평가시 세굴이 일부만 진행이 되었는지 또는 심각하게 진행이 되었는지는 조사자의 주관적 판단에 의해 결정되어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 하상재료, 교량의 기초노출여부, 세굴방지공의 상태를 이용하여 세굴

위험성을 결정하도록 하고, 교량기초가 노출된 경우 C등급, 하상재료가 토사이며 교량기초가 노출되지 않은 경우 세굴방지공이 미설치 또는 파손된 경우 세굴이 진행중인 것으로 판단하여 B등급, 세굴방지공의 상태가 양호하거나, 하상재료가 콘크리트로 이루어져 세굴 위험성이 없는 경우 A등급을 부여하였다. 이를 표로 정리한 결과는 Table 10과 같다.

Table 10. Evaluation for scour damage to piers or abutments, etc.

Stream bed type	Concrete			Soil		
Exposed foundation	No	No		Exposed		
Scour protection measures	No	Good	No	Damaged	No	Damaged
Grade	A	A	B	B	C	C
Score	1	3	5	6	8	10

4) 노후교량, 구조물의 안정성 등

노후교량의 판별은 문헌기록, 또는 구조적 검사 등을 통해 이루어져야 하나, 소교량의 경우 교명판 또는 관리대장이 없는 경우가 대부분이고, 그 개소수가 매우 많아 구조적 검사를 진행하기에는 무리가 있다. 따라서 육안조사를 통해 구조물의 부식, 균열, 변형, 탈락 등 구조물의 상태와 교량의 구조 등을 통해 해당 교량의 설치연도를 추정하여야 한다.

「시설물안전법 시행규칙」 제19조에 의한 교량의 구조안전상 중대한 결함은 1)주요 부위의 철근량 부족, 2)주형의 균열 심화, 3)철근콘크리트 부재의 심한 재료 분리, 4)부재 연결판의 균열 및 심한 변형, 5) 철강재 용접부의 용접불량, 6) 케이블 부재 또는 긴장재의 손상, 7)교대·교각의 균열 발생으로 규정하고 있다. 소교량의 위험도 평가에서 ④항의 평가는 상기 기술한 내용을 바탕으로 조사자의 주관적 판단이 필요하며, 위험도 평가기준을 그대로 준용하였다.

3.4.2 홍수 위험성

1) 제방 접합부 침식에 의한 피해

제방 접합부 침식에 의한 피해는 날개벽의 설치 및 손상여부를 조사하여 Table 11과 같이 이용하여 위험도를 평가한다. 다만 소교량 및 세천의 규모가 매우 작아 콘크리트 수로를 횡단하는 경우가 있고, 소교량의 날개벽 대신 콘크리트 블록, 석축, 돌쌓기, 게비온 용벽 등의 강성 호안이 설치되어 있는 경우가 많다. 이러한 경우 소교량의 상·하 단면의 일정구간은 날개벽으로 가정하여 평가하는 것이 합리적이다.

Table 11. Evaluation of damage caused by erosion at abutment joints

Wing walls	Wing walls or rigid revetment are installed			Absence of wing walls	
Damage	No	Aging or cracks	Moved or overturning	No	Erosion damage occurred
Grade	A	B	C	B	C
Score	2	5	9	6	10

2) 여유고 부족, 월류로 인한 피해 여부

교량의 여유고 부족 여부의 판단은 육안으로 판별하기가 대단히 어려우며, 계획홍수량 및 계획홍수위를 산정하여 평가하여야 한다. 법정하천을 횡단하는 소교량의 경우 하천기본계획 또는 소하천정비종합계획 등 법정계획의 교량능력검토 내용을 이용하여 Table 12와 같이 평가하고, 비법정하천에 설치된 소교량의 경우 수리·수문 분석을 통해 산정하여야 한다. 그러나 홍수위를 산정하기 위해서는 하천측량 및 구조물 측량결과를 이용한 부정류 해석 등이 필요하나, 소교량 및 세천의 경우

그 개소수가 매우 많으므로 한정된 예산안에서 이를 수행하기는 어렵다. 따라서 본 연구에서는 세천의 시·중·종점에 대한 홍수량을 산정하고, 소교량의 위치에 따라 세천의 구간별 홍수량을 적용하여 통수능을 검토하였다. 통수능 검토시 20%의 여유율을 적용하였으며, 이를 기준으로 여유고 부족 여부를 판단하여 여유고 부족시 단면부족율에 따라 위험도를 평가하였다. 소교량의 월류로 인한 피해여부는 통수능 검토의 불확실성을 감안하여 최근 5년간 피해현황을 조사하여 해당 소교량 인근 100 m 내에서 피해가 발생하였을 경우 월류로 인한 피해가 발생한 것으로 간주하였다. 이를 정리하면 Table 13과 같다.

Table 12. Evaluation of insufficient freeboard and damage caused by overflow in a legal river

Freeboard check	Design flood ○○ (m ³ /sec)	Design flood level ○○ (EL.m)	Lowest EL. of bridge deck ○○ (EL.m)	Freeboard ○○ (m)	Freeboard criteria ○○ (m)
Overflow damage	No damage			Damage occurred	
Grade	Freeboard > Freeboard criteria A		Freeboard < Freeboard criteria C		- C
Score	2		7		10

Table 13. Evaluation of insufficient freeboard and damage caused by overflow in a non-legal river

Freeboard check	Inflow ○○ (m ³ /sec)		Conveyance ○○ (m ³ /sec)		Deficiency rate of flow area ○○ (%)
Overflow damage	No damage				Damage occurred
Grade	Deficiency rate of flow area				-
	0%	1~20%	21~30%	Over 31%	-
	A	B	C	C	C
Score	2	6	8	10	10

3) 하폭에 비해 작은 규모의 교량

소교량 위험도 평가항목의 ⑦항은 조사자의 주관적 판단으로 결정하도록 되어 있으나, 본 연구에서는 현장실태조사시 해당 소교량의 상·하류 하천폭을 측정하고 평균하폭대비 교량의 통수단면폭을 비교하여 Table 14와 같이 위험등급을 결정하였다.

Table 14. Evaluation of bridge length compared to stream width

Survey results	① Upper stream width ○○ (m)	② Downstream width ○○ (m)	③ Width of flow section in bridge ○○ (m)	Width rate (③ / avg(①+②)) (%)
Grade	Width rate is less than 80% C		Width rate is over 80% A	
Score	10		2	

4) 경간장 부족에 의한 피해 여부

교량의 경간장 검토는 유송잡물에 의한 통수단면적 감소, 또는 구조물의 손상에 대한 위험성을 평가하는 것으로 법정하천에 위치한 교량의 경우 하천기본계획 등 법정계획에서 수행되며, 세천에 위치한 교량의 경우 홍수량과 하천폭을 이용하여 기준 경간장을 산정하고 현장조사시 측정된 경간장을 비교하여 평가하여야 한다. 소교량이 단경간으로 설치되어 있는 경우 경

간장 기준에 부합하므로 A등급으로 평가되어야 하나, 세천의 경우 최소경간장 기준인 12.5 m보다 작은 하폭인 경우가 많고, 교량의 통수단면폭을 하천폭보다 좁게 설치하는 경우가 많아 유송잡물로 인한 교량에서의 피해발생 위험성은 남아있다. 따라서 단경간 소교량의 경우 ⑦항과 연계하여 교량의 통수단면폭이 하천폭에 비해 작을 경우 B등급을 부여하도록 하였다. 경간장 부족에 의한 피해발생여부는 ②항과 마찬가지로 최근 5년간 피해현황을 조사하여 반영하였다. 평가대상 교량이 경간장 기준에 부합하더라도 피해가 발생하였을 경우는 경간장이 부족한 것으로 간주하여 C등급을 부여하였다. 이를 정리하면 Table 15와 같다.

Table 15. Evaluation of presence of damages due to inadequate span length

Survey results	Flood		Width		Span length criteria		Measured span length	
	○○ (m ³ /sec)		○○ (m)		○○ (m)		○○ (m)	
	Single span bridge				Multi span bridge			
Grade	Width rate is over 80%	Width rate is lower 80%	Meets design criteria		No satisfy design criteria			
			No damage	Damage	No damage	Damage		
	A	B	A	C	B	C		
Score	1	4	2	8	6	10		

3.4.3 기타

1) 입지여건(통행량)에 따른 위험

교량의 통행량에 따른 위험은 교량의 위치에 따른 통행량을 예측하거나 현장에서 확인하여 결정하여야 한다. 마을의 진입로 또는 2차선 이상의 도로에 설치된 교량은 차량 및 통행자가 많고 중차량의 이용이 많을 것이며, 농경지 내 농로에 위치한 경우 주로 주변 경작지 농민이 이용하게 되므로 주변 농경지의 필지수 및 농민수를 감안하여 적정하게 추정하여야 한다.

2) 홍수시 통행자 위험성(세월교 등)

홍수시 통행자의 위험성은 통행량 및 교량의 월류여부로 판단하여야 한다. 통행량은 위험도 평가항목의 ⑨항과 연계하여 평가하며, 홍수시 교량의 월류여부는 ⑥항과 연계하여 평가하여야 한다. 특히 세월교의 경우 월류수심이 깊으므로 통행자의 안전에 더욱 위험하므로 교량형식에 따라라도 구분할 필요가 있으며, 동일한 C등급일지라도 위험도 점수상 더 높은 점수를 부여하여야 할 것이다. 이를 정리하면 Table 16과 같다.

Table 16. Evaluation of risk to pedestrians during floods (submerged bridges)

Freeboard	Insufficient clearance				Sufficient clearance			
	High		Low		High		Low	
Traffic volume								
Type of bridge	Submerged	General	Submerged	General	Submerged	General	Submerged	General
Grade	C	C	C	B	C	A	C	A
Score	10	9	7	5	8	2	7	1

4. 결론

최근 각 지자체별로 소규모 공공시설 안전점검 및 정비계획수립 용역이 활발히 진행되고 있으며, 이를 통해 NDMS에 등록된 소규모 공공시설은 매년 안전점검을 실시하고 위험도 평가를 수행하여 시설물 관리를 수행하여야 한다. 그러나 「소규

모 공공시설 실태조사 지침(MOIS, 2020c)」 및 「소규모 공공시설 위험도 평가기준」(MOIS, 2023)은 개략적인 방향만을 제시하고 있어 실무에서 소규모 공공시설의 선정 및 위험도 평가 결과가 지자체별로 매우 상이한 실정이다.

본 연구에서는 소규모 공공시설 소교량의 선정시 비법정 교량을 명확하게 정의하고, 소교량의 유형, 형식, 기능별로 구분하여 소규모 공공시설로 선정하는 방법을 구체적으로 제시하였다. 또한, 소교량의 위험도 평가시 소규모 공공시설 위험도 평가기준을 검토하여 실무에서 혼선을 야기할 수 있는 부분을 도출하고, 이에 대한 개선방안을 제시함과 함께 위험도 점수의 기준을 제시함으로써 합리적이고 객관적인 평가가 이루어질 수 있도록 하였다.

소규모 공공시설은 그 개소수가 매우 많아 인력으로 해결하기는 어려우므로, 현장실태조사 및 위험도 평가를 위한 시스템 개발이 필요하다. 이에, 본 연구의 결과는 시스템 설계의 기초자료로 활용 예정이며, 각 지자체별로 관리하고 있는 현장조사 결과표, 대장, 위험도평가표 등의 데이터를 바탕으로 본 연구에서 제시한 위험도 평가 방법에 대한 검증연구를 수행할 예정이다.

References

- Cho, Han-Min, Ki-Tae Park, Dong Woo Seo, Kyu San Jung, Jae Hwan Kim, and Jin-Hyuk Lee. (2022). A Study of Improvement Direction of Inspection Diagnosis Report and Bridge Maintenance Detailed Guidelines. *Journal of Korean Society of Disaster and Security*. 15(4): 21-30.
- Jang, Jung Gyu. (2015). Study on Improvement of Safety Inspections and Maintenance with the Non-Statutory Bridge. Master Degree Dissertation. Graduate School of Industry Seoul National University of Science and Technology.
- Korea Expressway Corporation. (1999). The Relationship between Crack Propagation and Degree of Rust Condition in Reinforced Concrete Structures. Gimcheon: EX.
- Lee, Hee-Hyun, Byoung-Gil Shin, Yeong-II Lee, and Young-Min Kim. (2019). Suggestion of Priority Decision Method for Performance Evaluation Based on Risk Index for Small and Medium Sized Bridges. *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*. 23(6): 70-76.
- Ministry of Environment. (2022a). Sewerage Act. Sejong: MOE.
- Ministry of Environment. (2022b). River Act. Sejong: MOE.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2021a). Special Act on the Safety Control and Maintenance of Establishments. Sejong: MOLIT.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2021b). Enforcement Decree of the Special Act on the Safety Control and Maintenance of Establishments. Sejong: MOLIT.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2022). Detailed Guidelines for the Safety and Maintenance of Facilities. Sejong: MOLIT.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2023). Road Act. Sejong: MOLIT.
- Ministry of the Interior and Safety. (2020a). Act on Safety Control of Small Public Facilities. Sejong: MOIS.
- Ministry of the Interior and Safety. (2020b). Enforcement Decree of the Act on Safety Control of Small Public Facilities. Sejong: MOIS.
- Ministry of the Interior and Safety. (2020c). Guidelines for Small-Scale Public Facilities Survey. Sejong: MOIS.
- Ministry of the Interior and Safety. (2021). Act on the Maintenance and Improvement of Road Networks in Agricultural and Fishing Villages. Sejong: MOIS.
- Ministry of the Interior and Safety. (2022). Small River Maintenance Act. Sejong: MOIS.
- Ministry of the Interior and Safety. (2023). Risk Evaluation Standard of Small Public Facilities. Sejong: MOIS.
- Park, Jae-Hyun, Jeong-Hun Kim, Seong-Chul An, Ju-Hyung Lee, Moon-Kyung Chung, and Ki-Seok Kwak. (2008). A Case Study of Bridge Scour Vulnerability Evaluation and Prioritization for National Highway Bridges in the National Capital Region. *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*. 8(2): 7-22.

Rho, Jungsoo, Kyewon Jun, and Jaesung Shin. (2023). Risk Assessment Improvement Method of Small Stream When Small Sized Hazard Infrastructures Survey. *Journal of Korean Society of Disaster and Security*. 16(1): 23-35.

Korean References Translated from the English

- 국토교통부 (2021a). 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법. 세종: 국토교통부.
- 국토교통부 (2021b). 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령. 세종: 국토교통부.
- 국토교통부 (2022). 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침. 세종: 국토교통부.
- 국토교통부 (2023). 도로법. 세종: 국토교통부.
- 노정수, 전계원, 신재성 (2023). 소규모 공공시설 조사시 세천의 위험도 평가 방안. *한국방재안전학회 논문집*. 16(1): 23-35.
- 박재현, 김정훈, 안성철, 이주형, 정문경, 광기석 (2008). 수도권 국도교량 세굴위험도 평가 및 등급화 사례 연구. *한국방재학회 논문집*. 8(2): 7-22.
- 이희현, 신병길, 이영일, 김영민 (2019). 위험도 지수 기반 중소규모 교량 성능평가 우선순위 결정 방안 제안. *한국구조물진단 유지관리공학회 논문집*. 23(6): 70-76.
- 장중규 (2015). 비법정교량 안전점검 및 유지관리 개선방안 연구. 서울과학기술대학교 산업대학원 석사학위.
- 조한민, 박기태, 서동우, 정규산, 김재환, 이진혁 (2022). 교량 점검진단 보고서 및 유지관리 세부지침 개선 방향 연구. *한국방재 안전학회 논문집*. 15(4): 21-30.
- 한국도로공사 (1999). 균열진행과 철근 부식정도에 관한 연구. 김천: 한국도로공사.
- 행정안전부 (2020a). 소규모 공공시설 안전관리 등에 관한 법률. 세종: 행정안전부.
- 행정안전부 (2020b). 소규모 공공시설 안전관리 등에 관한 법률 시행령. 세종: 행정안전부.
- 행정안전부 (2020c). 소규모 공공시설 실태조사 지침. 세종: 행정안전부.
- 행정안전부 (2021). 농어촌도로정비법. 세종: 행정안전부.
- 행정안전부 (2022). 소하천정비법. 세종: 행정안전부.
- 행정안전부 (2023). 소규모 공공시설 위험도 평가기준. 세종: 행정안전부.
- 환경부 (2022a). 하수도법. 세종: 환경부.
- 환경부 (2022b). 하천법. 세종: 환경부.