

## 복합재해 발생 예상 시 지방도로 중심의 재난 레질리언스 평가체계 구축

김영환<sup>1</sup> · 전계원<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 방재전문대학원 박사과정, <sup>2</sup>강원대학교 방재전문대학원 교수

### Establishment of Evaluation System for Disaster Resilience Focusing on the Local Road under Complex Disaster

Young-Hwan Kim<sup>1</sup> and Kye-Won Jun<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ph.D Course, Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon National University

<sup>2</sup>Professor, Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon National University

#### 요약

전 세계적으로 레질리언스의 중요성이 부각되고 있음에도 자연재해와 관련된 레질리언스의 단일정의는 명확하지 않은 실정이다. 그 이유는 레질리언스의 정의가 취약성, 복구, 적응력, 지속가능성과 같은 유사한 용어와 어떻게 관련되어 있는지에 대한 상관성에 대한 구체적인 정의가 없기 때문이다. 또한 국가와 지역마다 지형·지질학적 특성이 다르고 태풍과 가뭄, 지진의 재해종류가 다르듯 이에 대한 각각의 측정지표가 다르기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 레질리언스의 정의를 본 연구의 공간적인 특성을 반영하여 ‘지방도로 또는 인명이나 시설물이 인접해 있는 지방도로에서 발생하는 복합재해(집중호우, 산사태, 토석류)에 대한 복원능력으로 정의하고 이를 도로중심 재난 레질리언스(DRR : Disaster Resilience focusing on the Road)로 구분하였다. 또한 도로중심 재난 레질리언스 인자의 도출을 위해 국내·외 문헌조사를 실시하였고, DRR 평가체계 구축을 위한 계층구조 설정 및 AHP설문조사를 실시하였다. AHP설문 분석결과 지방도로 내부에 위치하고 있는 도로재난 직접영향인자(배수시설, 방호시설 등)의 가중치는 0.742로 나타났고, 지방도로 인근에 위치하고 있는 도로재난 간접영향인자(인구, 재산 등)의 가중치는 0.258로 나타나 도로재난 직접영향인자가 간접영향인자보다 상대적으로 높게 분석되었다.

핵심용어: 지방도로, 재난 레질리언스, AHP분석, 레질리언스 인자, 평가체계, 복합재해

#### ABSTRACT

Although the importance of resilience is emerging around the world, the single definition of resilience related to natural disasters is not clear. The reason for this is that there is no specific definition of how the definition of resilience relates to similar terms such as vulnerability, recovery, adaptability, and sustainability. In addition, it is because each country and region have different geographic and geological characteristics, and each measurement index is different, just as typhoons, droughts, and earthquakes have different types of disasters. Therefore, in this study, the definition of resilience is reflected in the spatial characteristics of this study as the ability to recover from complex disasters (concentrated heavy rain, landslides, earth and stone flows) occurring on local roads or on local roads adjacent to people or facilities. Defined. And it was divided into DRR: Disaster Resilience focusing on the Road. In addition, domestic and foreign literature surveys were conducted to derive road-centered disaster resilience factors, and a hierarchical structure was established and AHP survey was conducted to establish a DRR evaluation system. As a result of the analysis of the AHP survey, the weight of direct road disaster influencing factors (drainage facilities, protection facilities, etc.) located inside local roads was 0.742, and the weight of indirect road disaster influencing factors (population, property, etc.) located near local roads. Was found to be 0.258, indicating that the direct impact factor of road disaster was relatively higher than that of the indirect impact factor.

**Keywords:** Local road, Disaster resilience, AHP analysis, Resilience factor, Evaluation system, Complex disaster

\*Corresponding author: Kye-Won Jun, kwjun@kangwon.ac.kr

Received: 1 October 2020, Revised: 20 November 2020, Accepted: 7 December 2020



## 1. 서론

국내지형의 특성상 국토의 64%이상이 산지로 구성되어 있고, 도심지와 인근 도로는 산지개발에 따른 인공비탈면과 같은 급경사지가 인접하고 있어 토석류를 동반한 산지재해의 위험성을 내포하고 있다.

최근 국외에서는 재난발생 가능성을 전제로 피해를 최소화하고 재난발생 후 일상으로 신속하게 돌아가는 재난 레질리언스(Resilience)에 관한 연구 및 정책이 활발하게 진행되고 있다.

레질리언스는 포괄적인 관점에서 재난을 관리함에 있어 예방 및 대비활동이 대응, 복구활동보다 중요하다는 사실을 인지함에도 대부분의 재난관리는 대응 및 복구에 중점을 두고 있다. 예방이나 준비에 대한 관심이 부족하다는 것은 재난 발생 시 대응 및 복구에 사용되는 비용이 불필요하게 증가할 뿐 아니라 사람들이 더 큰 위험에 처해 있다는 것을 의미한다. 최근 재난 관리에 대한 접근방식은 재난 예방 및 대비에 초점을 두고 있으며, 재난의 피해를 줄이기 위해 레질리언스를 향상시키는데 중점을 두고 있다. 레질리언스는 원래 생태계에서 비롯된 개념이지만 사회구조시스템과도 연관되어 있으며 물리학과 공학 및 경제학, 생태학, 심리학, 사회학, 공중보건 등 재난관리 분야의 공통된 개념으로 사용되고 있다. 하지만 레질리언스의 중요

**Table 1.** Disaster resilience definition of Domestic and foreign

Author, Year	Definition of resilience
Subcommittee on Disaster Reduction, 2011	The ability of communities exposed to disasters to withstand and change to reach an acceptable level of structure and function and adapt to it.
UN ISDR, 2009	Ability to reduce risk and improve disaster defense capabilities with resistance to adapt to disasters and to maintain existing functions and structures
Timmerman, 1981	Ability to absorb and recover from disasters
Hashimoto et al., 1982	An index that quantifies "how fast can the system be restored to its normal state when it fails to function properly due to internal or external factors"
Godschalk, 2003	The ability to respond quickly to the impact of a disaster, while being flexible enough to withstand a powerful disaster
cutter et al., 2009	Specifically, policies for social vulnerability, infrastructure, ecosystem and exposure, and disaster reduction
cutter et al., 2010	Resilience is defined by dividing capital into social systems (society, economy, community resources, institutions) and capital for infrastructure
NOAA, 2010	Resilience is defined by categorizing it into important infrastructure and facilities, regional plans and residents' consent, and regional business plans.
Holling, 2011	Resilience is a measure of the persistence of a system and its ability to absorb changes and disturbances and maintain the same relationship among population or national variables.
Pelling, 2012	Resilience to natural disasters is the ability to cope with or adapt to disaster risks.
Seo, 2011	It means a disaster prevention paradigm in which the community learns and changes based on past disaster experiences, rather than simply physically resisting disasters.
Kang, 2013	From a sociological point of view, resilience is the ability of individuals, households, population groups or systems to predict and absorb risk factors or external shocks and stresses through a long-term outlook and recover from them.
Kang and Kim, 2014	The emphasis is on the rapid recovery of the system to its original function.
Han, 2015	Resilience in the disaster prevention field is a comprehensive disaster prevention concept that considers all stages of disaster response such as prevention, preparation, response, and recovery in order to reinforce the sustainability of the urban system in response to the uncertainty (possibility of disaster) caused by the changing environment.
Jeon and Byun, 2017	A way to improve responsiveness and quickly recover from complex disasters and social, economic, and physical environments
Jung and Bae, 2017	A concept that includes regional capabilities to respond to natural disasters as well as regional characteristics (vulnerabilities, disasters) that affect those capabilities

성이 부각되고 있음에도 자연재해와 관련된 레질리언스에 대한 단일정의를 명확하지 않은 실정이다.

국내·외 자연재해와 관련된 레질리언스 정의를 살펴보면 Table 1과 같다. 선행연구에서 레질리언스의 개념은 불확실성, 재해발생 가능성을 전제로 충격흡수, 회복 등을 통해 사회 및 지역사회의 지속가능성을 유지하는 능력이라는 내용을 공통적으로 포함하고 있다. 이 중 가장 명확한 정의는 국제 재난경감 사무국(UNISDR, United Nations Office for Disaster Risk Reduction)에서 제시한 ‘레질리언스란 위험에 노출된 시스템 또는 사회가 기본구조의 보전 및 복원을 포함하여 적시에 효율적인 방법으로 위험요소의 영향에 저항하고 이를 흡수하고 수용하고 복구할 수 있는 능력 및 기능’이라고 정의하였으나 이 정의를 사용하는 것은 연구자의 자체적인 연구라고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 레질리언스의 정의를 본 연구의 공간적 특성에 반영하여 ‘지방도로 또는 인명이나 시설물이 인접해 있는 지방도로에서 발생하는 복합재해(집중호우, 산사태, 토석류)에 대한 복원능력으로 정의하고 이를 도로중심 재난 레질리언스(CDRR: Comunity Disasters Resilience focusing on the Roads)로 구분하여 본 연구에 적용하였다. 또한 자연재해와 관련된 재난 레질리언스 문헌조사를 통해 레질리언스의 인자를 검토하고 도로관리 실무자와 재난분야 연구원을 대상으로 AHP설문조사 및 분석을 통하여 CDRR의 평가체계를 구축하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 AHP이론

#### 2.1.1 계층구조(Hierarchical structuring) 설정

계층과정분석(AHP, Analytic Hierarchy Process)는 유한한 여러 가지 대안들이 다수의 목표 또는 어느 정도 적합한지 평가하여 대안을 선택하는 의사결정방법으로 AHP의 구조는 몇 개의 평가기준(criteria)이 있고, 각 평가기준에 대한 대상으로서 몇 개의 대안(alternative)을 평가하고, 평가기준 그 자체의 중요도를 평가하여 그 가중치로서 대안을 종합 평가한다. 이를 통해 의사결정 문제를 보다 정확히 파악하게 되며, 이는 자연스럽게 인간의 사고과정과 일치한다. 인간은 복잡한 현상을 그 구성요소별로, 나아가 더 작은 부분으로 나누어 최종적으로 계층구조(Hierarchical structuring)를 설정하고 사고하는 특징을 가지고 있으며, 인간은 어떤 한 현상을 동질성을 가진 부분으로 나누고, 다시 더 작은 부분으로 나눔으로써 보다 많은 정보를 문제의 구조화에 포함시켜 보다 완벽한 전체 시스템을 구성하여 효과적으로 사고 할 수 있다.

AHP방법을 적용하는데 있어서 가장 중요한 단계는 의사결정 계층 구조도를 목적에 맞게 구체화하는 것으로 기본적인 계층구조도는 모두 주관적인 판단에 의해 결정되며, 이러한 주관적인 판단을 합리적 표현으로 구조화 하는 것이 AHP방법 적용에 있어서 중요한 요소라고 할 수 있다. 계층구조를 구성함에 있어 일정한 규칙이 정해져 있지는 않지만 주어진 의사결정 문제의 특성과 의사결정자의 경험에 의해서 적합한 계층구조를 만들어 내는 것이 일반적인 형태로 Fig. 1과 같다.

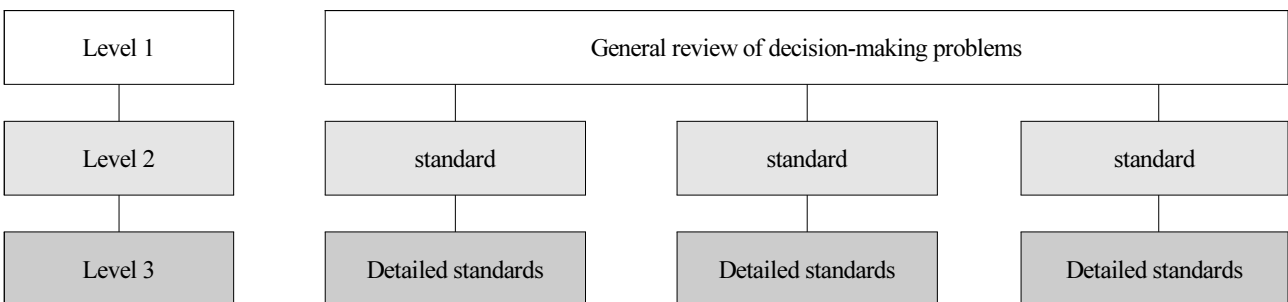


Fig. 1. General form of the AHP hierarchy

### 2.1.2 AHP분석을 통한 가중치 산정방법

AHP설문지 결과분석은 5단계로 나타낼 수 있으며, 순서는 1)쌍대비교 행렬 작성, 2)쌍대비교행렬의 곱 계산, 3)아이겐 벡터(Eigen Vector) 계산, 4)일관성 검토, 5)평균 가중치 계산으로 이루어지며 자세한 내용은 다음과 같다.

- (1) 계층구조가 결정되면 각 계층이 갖는 요인들의 상대적 중요도를 측정하기 위해 Table 2와 Table 3과 같은 평가척도로 쌍대비교를 실시한다.

**Table 2.** Scale of binary comparison

Standard	Definition	Explain
1	equal importance	The two elements are equally important in terms of the highest goal
3	moderate importance	One factor is moderate important than the other
5	strong importance	One factor is strong important than the other
7	very strong importance	One factor is very strong important than the other
9	absolute importance	One factor is absolutely more important than the other
2, 4, 6, 8	Middle value	Used when it is determined that the comparison value falls within the middle of the above values.
Reciprocal	If element a has the above specific value for element b, then element b has the reciprocal of that specific value for element a.	

**Table 3.** Part of the AHP questionnaire

Item	Relative importance (0 = same)																	Item		
Direct factors influencing road disasters	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Factors indirectly influencing road disasters

- (2) 쌍대비교를 실시한 이후에 Table 4와 같은 쌍대비교 매트릭스를 작성하며, 이때 쌍대행렬 매트릭스는 두 요소 사이의 우위를 나타낸 정방행렬을 나타낸다.

**Table 4.** Writing of pairwise comparison matrix

	$a_1$	$a_2$	$a_3$	...	$a_n$
$a_1$	1	$a_1/a_2$	$a_1/a_3$	...	$a_1/a_n$
$a_2$	$a_2/a_1$	1	$a_2/a_3$	...	$a_2/a_n$
$a_3$	$a_3/a_1$	$a_3/a_2$	1	...	$a_3/a_n$
...	...	...	...	...	...
$a_n$	$a_n/a_1$	$a_n/a_2$	$a_n/a_3$	...	1

- (3) 아이겐 벡터(Eigen Vector)는 합이 1로 계산되며, 각 항목에 대한 상대적인 가중치를 의미한다.
- (4) AHP는 쌍대비교를 하는 평가자의 주관에 의존하게 되므로 일관성을 잃을 가능성이 있다. 2단계에서 제시된 쌍대비교의 논리적 모순성을 검증하기 위해서는 기수적 일관성(Cardinal Consistency)을 측정하도록 하고 있다. 기수적 일관성은 일관성지표(CI:Consistency Index)를 통해 확인할 수 있으며, 이는 Eq. (1)과 같이 정의된다.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \tag{1}$$

여기서,  $CI$ 는 일관성 지수,  $\lambda_{\max}$ 는 최대 아이겐 값,  $n$ 은 행렬의 수이다. 이때, 일관성을 검증하기 위해서는 귀무가설을  $\lambda_{\max} - n = 0$ 으로 정의하여 쌍대비교에 대한 일관성을 검증할 수 있다. 일관성 검증시에는 검정통계량을 사용하는 대신에 일관성 비율( $CR$  : Consistency Ratio)로 확인할 수 있다.

$$CR = \frac{CI}{RI} < 10\% \tag{2}$$

Eq. (2)에서  $RI$ (Random Index)는 평균 무작위 지표로서 Table 5를 참조하여 산정한다. 또한 일관성 비율의 값이 0.1이하이면 합리적인 일관성을 갖는 것으로 판단하고 신뢰할 수 있는 결과로 판단한다.

**Table 5.** Random Index (RI)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

(5) 일관성이 검토된 설문지의 가중치를 산정하여 분석에 적용할 평균가중치를 결정하여 사용한다.

## 2.2 레질리언스 인자 검토

국내·외에서 재난 레질리언스(Disaster Resilience)에 대한 많은 연구가 활발히 진행되고 있지만 실제 재해복구능력이나 레질리언스 측정과 지표 개발에 관한 연구는 미비한 실정이다. 그 이유는 레질리언스의 정의가 취약성(Vulnerability), 복구(Recovery), 적응력(Adaptability), 지속가능성(Sustainability)과 같은 유사한 용어와 어떻게 관련되어 있는지에 대한 상관성에 대한 구체적인 정의가 없기 때문이다. 또한 국가마다 또는 지역마다 지질학적, 지형학적 특성이 다르고, 태풍과 가뭄, 지진의 재해 종류가 다르듯이 이에 대한 각각의 레질리언스 측정지표가 다르기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 국내·외 문헌조사를 통해 재난 레질리언스 평가에 사용된 인자들을 Table 6와 같이 나열하고 동일한 속성을 지닌 인자들을 본 연구의 목적에 맞게 재분류하였다.

**Table 6.** Factor of resilience

Community Disaster Resilience Index	
Social	Nonprofit organizations registered, Recreational and sport centers, Registered voters, Civic and political organizations, Census response rates Religious organizations Owner-occupied housing units, Professional organizations, Business organizations
Economic	Per capita income, Household income, Employed civilian population, Owner-occupied housing units, Business establishments, Population with health insurance
Human	Population with more than high school education, Physicians, Health care support workers, Building construction workers, Heavy and civil engineering construction workers, Architecture and engineering workers, Environmental consulting workers, Environment and conservation workers, Land subdivision workers, Building inspectors, Landscape architects and planners, Property and causality insurance workers, Highway, street, and bridge construction workers, Population employed in legal services, Percentage of population covered by comprehensive plan, Percentage of population covered by zoning regulations, Percentage of population covered by building codes, Percentage of population covered by FEMA approved mitigation plan, Community rating system, Fire fighters, prevention, and law enforcement workers, Population employed in scientific research and development services, Colleges, universities, and professional schools employees, Population that speaks English language very well, Population employed in special need transportation services, Community and social workers

**Table 6.** Factor of resilience (Continue)

Community Disaster Resilience Index	
Physical	Building construction establishments, Heavy and civil engineering construction establishments, Highway, street, and bridge construction establishments, Architecture and engineering establishments, Land subdivision establishments, Legal services establishments, Property and causality insurance establishments, Building inspection establishments, Landscape architecture and planning establishments, Environmental consulting establishments, Environment and conservation establishments, Scientific research and development establishments, Colleges, Universities, and Professional schools, Housing units, Vacant housing units, Hospitals, Hospital beds, Ambulances, Fire stations, Nursing homes, Hotels and motels, Occupied housing units with vehicle available, Special need transportation services, School and employee buses, Owner-occupied housing units with telephone service, Newspaper publishers, Radio stations, Television broadcasting, Internet service providers, Temporary shelters, Community housing, Community food service facilities, Schools, Licensed child care facilities, Utility systems construction establishments

### 3. 도로중심 재난 레질리언스 인자 설정

#### 3.1 도로중심 재난 레질리언스(DRR) 인자 결정

앞 절에서 설명한 바와 같이 재난 레질리언스 대한 구체적인 정의가 없고, 국가마다 또는 지역마다 지질·지형학적, 경제적, 사회적 특성 등이 다르고, 태풍과 가뭄, 지진 등 재해종류가 다르듯이 이에 대한 각각의 레질리언스 측정지표가 다르다. 따라서 본 연구에서는 전문가 설문평가 및 면담을 실시하여 도로중심 재난레질리언스(Disaster Resilience focusing on the Road)의 계층구조를 Table 7과 같이 구성하였다.

Table 7을 살펴보면 도로중심 재난 레질리언스인자는 도로재난 직접영향인자와 간접영향인자로 구분된다. 도로재난 직접영향인자의 경우 지방도로 내부에 위치하고 있는 인자들로 구성되어 있으며 도로측방여유폭(인도, 도로 주변 갓길)과 지방도로의 교통량 및 배수시설(암거, 측구 등), 방호시설(낙석방지막, 가드레일, 옹벽 등)으로 구성되어 있고, 설문조사 분석 결과 해당 인자들의 가중치가 높게 나타날 경우 재난 발생 시 복원력이 높은 것으로 나타난다. 도로재난 간접영향인자는 지방도로 인근에 존재하는 인구와 재산 및 복구력(복구장비, 보수팀, 우회도로, 접근성)으로 구성되어 있으며, 해당인자들의 가중치가 높게 나타날 경우 재난 발생 시 복원력이 높은 것으로 나타난다. 본 연구에서 사용된 레질리언스 인자의 데이터는 국토지리정보원에서 제공하는 1:5,000수치지도와 국토교통부에서 제공하는 교통량정보제공시스템(TMS: Traffic Monitoring System)의 자료를 활용하였다. 또한 레질리언스 인자 중 도로교통량과 인구 및 재산의 분류는 행정안전부의 급경사지 재해 위험등급표를 인용하였고, 인구산정방법은 USACE에서 제시한 방법을 활용하였다.

**Table 7.** Hierarchy of Disaster Resilience focusing on the Road

level 1	level 2	level 3	Explain
DRR: Disaster Resilience focusing on the Road	Direct factors influencing road disasters	Road side margin	- Factors that can buffer disasters in case of complex disasters around local roads. - Sidewalks located on the side of the road, bicycle paths, shoulders around the road, etc.
		Road traffic	- Traffic volume of the local road
		Drainage facility	- Drainage facilities installed on local roads (culverts, sideways, bridges, etc.)
	Factors indirectly influencing road disasters	Protective facilities	- Structures that can primarily protect against complex disasters on local roads such as rockfall prevention measures, protective walls, guard rails, concrete retaining walls, stone walls, and slope protection nets.
		population	- Number of population living near local roads
		property	- Houses and other buildings located near local roads
		recovery	- Recovery equipment for quick recovery in case of disaster, maintenance team, bypass, accessibility

### 3.2 DRR 가중치 결정을 위한 AHP설문지 설정

본 연구에서는 도로중심 재난레질리언스 인자의 가중치를 산정하기 위해 AHP설문조사를 실시하였으며, 설문대상은 도로관리 실무자 20명, 재난분야 연구원 10명을 대상으로 진행하였다. 설문조사 진행에 앞서 약 30분간 설문지에 사용된 용어의 정의와 연구의 목적에 대해 충분한 설명을 실시하였다. 또한 설문분석 시 일관성 지수 CI를 이용하여 일관성 비율 CR을 산정하였으며, 이 값이 0.1이하인 설문지만 분석에 사용하였고, 0.1이 넘는 설문지는 다시 받거나 결과에서 제외하여 평균가중치를 산정하였다. 설문조사에 응답한 대상자의 분석결과는 Table 8과 같다.

**Table 8.** AHP survey analysis results with a consistency index (CR) of 0.1 or less (partial)

- Writing of pairwise comparison matrix

	Road side margin	Road traffic	Drainage facility	Protective facilities
Road side margin	1.0000	0.5000	1.0000	1.0000
Road traffic	2.0000	1.0000	2.000	4.0000
Drainage facility	1.0000	0.5000	1.0000	1.0000
Protective facilities	1.0000	0.2500	1.0000	1.0000

- Multiplication of pairwise comparison matrix

	Road side margin	Road traffic	Drainage facility	Protective facilities
Road side margin	4.0000	1.7500	4.0000	5.0000
Road traffic	10.0000	4.0000	10.0000	12.0000
Drainage facility	4.0000	1.7500	4.0000	5.0000
Protective facilities	3.5000	1.5000	3.5000	4.0000

- Calculation of Eigen Vector

	Sum of rows	Normalization (Eigen Vector)
Road side margin	14.7500	0.1891
Road traffic	36.0000	0.4615
Drainage facility	14.7500	0.1891
Protective facilities	12.5000	0.1603
sum	78.0000	1.0000

- Consistency review

	Pairwise comparison matrix X Eigen Vector(①)	①/Eigen Vector
Road side margin	0.7693	4.0680
Road traffic	1.8591	4.0284
Drainage facility	0.7693	4.0680
Protective facilities	0.6539	4.0791
$\lambda_{max} - n$	-	0.0609
<b>CI</b>	-	<b>0.0203</b>
<b>RI</b>	-	<b>0.89</b>
<b>CR</b>	-	<b>0.0228</b>
Consistency	-	Yes

### 4. AHP분석을 통한 DRR의 가중치 결과분석

본 연구에서는 도로중심 재난레질리언스 인자(DRR)의 가중치를 결정하기 위해 도로관리 실무자 20명과 재난분야 연구원 10명을 대상으로 AHP설문분석을 실시하였으며, 일관성비율이 0.1이하인 설문응답지만 사용하였다.

DRR 평가체계의 구성과 AHP설문분석을 통해 결정된 지방도로 위험판단 가중치는 Table 9와 같다. 상위항목인 Level 1의 도로중심 재난레질리언스는 지방도로 내부에 위치하고 있는 도로재난 직접영향인자(도로측방여유폭, 도로교통량, 배수시설, 방호시설)와 지방도로 인근에 위치하고 있는 도로재난 간접영향인자(인구, 재산, 복구력)로 분류되며, 1등급은 1.000~0.801의 범위에 해당한다. 여기서 레질리언스 점수가 높을수록 해당 지방도로는 재난에 대해 레질리언스 요소가 잘 갖춰진(회복력이 높은) 도로를 의미한다. 이에 반해 5등급은 0.2000~0.000의 범위에 해당하며, 레질리언스 점수가 낮을수록 해당 지방도로는 도로재난에 대해 취약한 도로를 나타낸다. 또한 Level3의 도로교통량과 인구 및 재산 항목의 경우 행정안전부의 급경사지 재해위험등급표에 따라 가중치를 분류하였으며, 인구자료는 USACE에서 사용하는 인구산정법(인구수=건물수×3)을 이용하였다.

중분류에 해당하는 Level 2는 도로재난 직접영향인자와 도로재난 간접영향인자로 구성되며, AHP분석 결과 도로재난 직접영향인자는 0.742, 도로재난 간접영향인자는 0.258로 나타나 도로재난직접영향인자가 도로재난간접영향인자보다 상대적으로 중요한 것으로 나타났다.

하위항목에 해당하는 Level 3의 도로재난 직접영향인자는 도로측방여유폭, 도로교통량, 배수시설, 방호시설로 구성되고, AHP분석결과 도로측방여유폭(0.312), 방호시설(0.286), 도로교통량(0.213), 배수시설(0.190)순으로 도로중심 재난레질리

**Table 9.** Evaluation system of Disaster Resilience focusing on the road (DRR)

Level 1		Level 2	Level 3	Classification	Local road risk judgment weight	
Disaster Resilience focusing on the Road (1.000)	Rank Score	Direct factors influencing road disasters (0.742)	Road side margin (0.231)	Sidewalk	have = 0.231 none = 0.000	
				bicycle road		
				Safe zone		
			Road traffic (0.158)	Less than 500	0.158	
					500~5,000	0.106
					5001~10,000	0.053
					More than 10,001	0.00
					Drainage facility (0.141)	Culvert
			Protective facilities (0.212)	Rockfall prevention facility	gutter	none = 0.000
					Firewall	have = 0.212 none = 0.000
					Guard rail	
					Retaining wall	
					Stonework	
			Population (0.095)	0	0.095	
					1~4	0.0475
More than 5	0.00					
Property (0.086)	0	0.086				
		1~4	0.043			
		More than 5	0.000			
Recovery (0.298)	Bypass accessibility	have = 0.298				
		Recovery equipment	none = 0.000			
		Maintenance team				
Factors indirectly influencing road disasters (0.258)	Inclined protection net	0	0.095			
		1~4	0.0475			
		More than 5	0.00			



인스 가중치가 높은 것으로 분석되었다. 또한 Level 3의 도로재난 간접영향인자는 인구, 재산, 복구력으로 구성되며 인구(0.370), 재산(0.332), 복구력(0.298)순으로 도로중심 재난레질리언스의 가중치가 높은 것으로 분석되었다.

## 5. 결론

지방도로 중심의 재난레질리언스의 평가체계구축을 위해 실시한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 도로중심 재난 레질리언스에 대한 정의를 위해 국내·외 문헌조사를 실시한 결과 연구대상의 공간적 특성을 반영하여 ‘지방도로 또는 인명이나 시설물이 인접해 있는 지방도로에서 발생하는 복합재해(집중호우, 산사태, 토석류)에 대한 복원능력’으로 정의하고 이를 도로중심 재난레질리언스(DRR: Disasters Resilience focusing on the Roads)로 구분하였다.
- (2) 도로중심 재난레질리언스의 인자들은 추후 연구에서 GIS를 이용하여 매핑작업을 실시하기 위해 국내 정부기관에서 제공하는 수치지도 및 TMS등의 데이터를 기초로 구성하였다. 또한 도로중심 재난레질리언스 평가체계의 Level3 단계에 해당하는 레질리언스 인자 중 도로교통량과 인구 및 재산의 분류는 행정안전부의 급경사지 재해위험등급표를 인용하였고, 인구산정방법은 USACE에서 제시한 방법을 활용하여 평가체계를 구축하였다.
- (3) AHP분석을 위한 도로중심 재난레질리언스(DRR)의 계층구조 설정결과 DRR은 Level1~Level3으로 구성하였으며, 레질리언스 등급은 5단계로 분류되고 점수가 높을수록 해당 지방도로는 재난에 대해 레질리언스 요소가 잘 갖춰진 (회복력이 높은) 도로를 의미하며, 반대로 점수가 낮을수록 지방도로는 도로재난에 대해 취약한 도로를 나타낸다.
- (4) 도로관리 실무자 20명과 재난분야 연구원 10명의 AHP설문지 분석결과 도로재난 직접영향인자의 가중치는 0.742, 도로재난 간접영향인자는 0.258로 나타나 직접영향인자가 간접영향인자보다 상대적으로 중요하게 나타났다.

## Acknowledgments

This research was supported by a grant (19CTAP-C141846-02) from Technology Advancement Research Program (TARP) funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean Government.

## References

- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., and Webb, J. (2008). A Place-based Model for Understanding Community Resilience to Natural Disasters. *Global Environmental Change*. 18(4): 598-606.
- Cutter, S. L., Burton, C. G., and Emrich, C. T. (2010). Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*. 7(1).
- Godschalk, D. R. (2003). Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities. *Natural Hazards Review*. 4(3): 136-143.
- Han, W. S. and Yu, J. W. (2015). Directions for Establishing Disaster Prevention Resilience in Response to Climate Change Disasters. *National Territorial Policy Brief*. 518: 1-8.
- Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 4(1): 1-23.
- Jeon, E. Y. and Byun, B. S. (2017). A Study on the Development and Application of Community Resilience Evaluation Indicators for Responding to Climate Change. *The Korean Association of Professional Geographers*. 51(1): 47-58.
- Ministry of the Interior and Safety (2018). *Disaster Risk Assessment Criteria for Steep Slopes*. Sejong: Ministry of the Interior and Safety.

- Nations, U. (2009). UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Report. Switzerland: UNISDR.
- Pelling, M. (2003). The Vulnerability of Cities. Natural Disasters and Social Resilience London: Earthscan. London: Earthscan.
- Timmerman, P. (1981). Vulnerability Resilience and Collapse of Society. A Review of Models and Possible Climatic Applications. Toronto, Canada. Institute for Environmental Studies, University of Toronto.
- UNISDR, M. (2009). UNISDR Terminology for Disaster Risk Reduction. United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) Geneva. Switzerland: UNISDR.
- U.S. Army Corps of Engineers. (2018). Appendix a Usace Hurricane Debris Estimating Model. United States of America: U.S. Army Corps of Engineers.

#### **Korean References Translated from the English**

- 전은영, 변병설 (2017). 기후변화에 대응하기 위한 커뮤니티 리질리언스 평가지표 개발과 적용. 국토지리학회지. 51(1): 47-58.
- 한우석, 유진욱 (2015). 기후변화 재해에 대응한 방재복원력(Resilience) 구축방향. 국토정책 Brief. 518: 1-8.
- 행정안전부 (2018). 급경사지 재해위험도 평가기준. 세종 : 행정안전부.