

# 도로 및 비탈면 유실 항구적 긴급복구를 위한 골재망 콘크리트 활용기술 개발

## Emergency and Permanent Repair Technology for Damaged Road Bases and Slopes using Gravel-Netting Concrete

김용재	Kim, Yongjae	정회원 · 강원대학교 건설시스템공학과 연구교수 (E-mail : improve@kangwon.ac.kr)
정해국	Jung, Haekook	정회원 · 강원대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : jhk-0418@nate.com)
김승원	Kim, Seungwon	정회원 · 강원대학교 건설시스템공학과 박사후연구원 (E-mail : inncoms@naver.com)
박철우	Park, Cheolwoo	정회원 · 강원대학교 건설시스템공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : tigerpark@kangwon.ac.kr)

### ABSTRACT

**PURPOSES :** The frequency and severity of natural disasters such as torrential rain or typhoons have become increasingly significant worldwide. Events such as summer typhoons and localized torrential downpour can cause severe damages to a residential area and road networks, resulting in serious harm to the daily lives of people, especially in rural areas by isolating residents from road networks. An immediate and emergency repair technology for the collapsed road networks is urgently needed. This study introduces a new technology to repair road bases or slopes.

**METHODS :** The development of new technology for emergency and permanent repair consists of first, packing of cement paste-coated gravel, second, combining appropriate equipment, and third, conducting a field applicability test. In this research, the compressive strength of cement paste-coated gravel, gravel-netting concrete properties, and packing efficiency were determined, and a full scale field mock-up test was carried out.

**RESULTS :** The compressive strength of the cement paste-coated gravel concrete satisfied the required limit for road base of 5 MPa after 7 days. With appropriate netting materials and packing size, gravel-netting concrete was successful up to a slope of 1:1.5. The full scale field mock-up test showed efficiency in the field and penetration resistance performance.

**CONCLUSIONS :** The new technology of emergency and permanent repair for damaged road bases and slopes, introduced in this study, showed satisfactory performance. The technology is expected to be applied in the field when construction procedures and quality specifications are made.

### Keywords

*natural disaster, road base, slope, emergency repair, permanent repair, gravel-netting concrete*

Corresponding Author : Cheolwoo Park, Professor  
Department of Civil Engineering, Kangwon National University,  
346 Choongang-ro, Samcheok, 25913, Korea  
Tel : +82.33.570.6515 Fax : +82.33.570.6517  
E-mail : tigerpark@kangwon.ac.kr

International Journal of Highway Engineering  
<http://www.ksre.or.kr/>  
ISSN 1738-7159 (Print)  
ISSN 2287-3678 (Online)  
Received Nov. 22, 2017 Revised Nov. 24, 2017 Accepted Apr. 04, 2018

### 1. 연구배경 및 목적

자연재해로 인한 사회기반시설물의 피해가 최근 지속적

으로 증가하고 있는 추세이며, 태풍 및 호우는 피해액의 상당수를 차지하고 있다. 이는 기후변화로 인한 것으로 판

단되며 강우강도 증가 및 지속시간의 감소 등에 기인하는 것으로 분석된다(Fig. 1, Fig. 2). 특히 강원권은 인구분포도가 높으며 지형적으로 80% 이상이 산지로 구성되어 있고, 지역적 특성으로 인해 태풍 및 호우의 피해에 대해 매우 취약적이며, 대부분 피해는 공공시설물로 사회기반시설물에 집중되어 있다(Fig. 3). 2003년 태풍 매미로 인한 강원권 도로파손 손실액은 약 5천억원 수준이었으며, 이러한 도로 및 비탈면의 유실시 인구분포도가 넓은 강원권은 도로교통시스템 마비 등의 문제가 야기된다. Fig. 4는 태풍 및 집중호우에 따른 비탈면 및 도로시설물의 피해액을 나타내고 있다. 자연재해가 발생되어 도로 및 비탈면의 유실이 발생하였을 때, 대부분이 산지로 구성되어 있는 강원권은 피해복구를 위한 장비의 접근이 어려운 경우가 많다. 기존의 긴급복구기술의 경우 항구적인 복구가 불가능하며, 복구 또한 위험성의 문제가 대두되고 있다. 이러한 강원권 지역특성으로 유실이 발생하면 우회가능한 도로가 적기 때문에 교통시스템에 오류가 발생된다. 또한 강원권 특성에 적합한 유실긴급복구 기술이 없는 실정이며, 기존 긴급복구방법은 기술의 한계로 항구복구가 불가능한 문제가 발생하고 있다. 따라서 강원권은 유실피해의 복구를 위한 최소장비, 최소인력의 기능유지를 유지한 비탈면 및 도로유실의 긴급복구이면서도 복구시설을 항구적으로 활용할 수 있는 효율적인 기술이 필요한 실정이다.



Fig. 1 Damage Road and Slops due to Typhoon and Other Heavy Rain Disasters

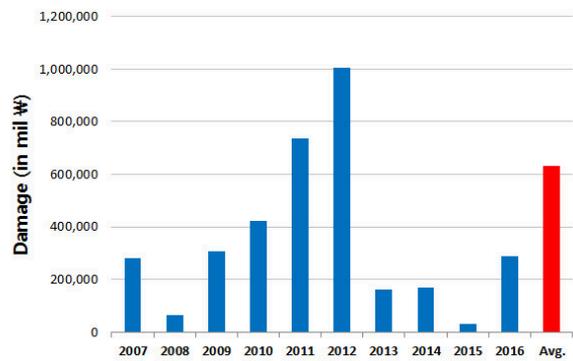


Fig. 2 Damage due to Natural Disaster in Korea

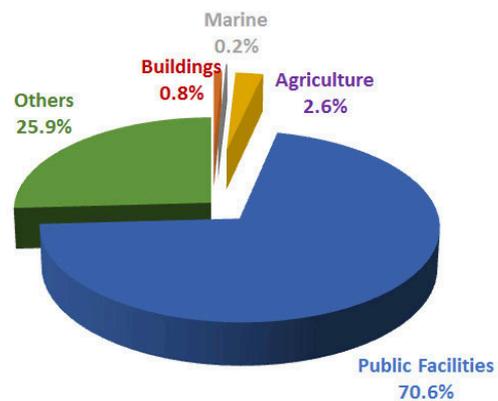


Fig. 3 Damage Devastated Targets due to Natural Disasters in Gangwon Province

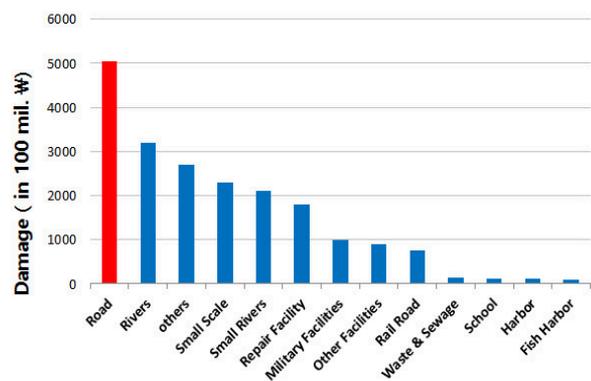


Fig. 4 Damage Devastated Targets due to Typhoon Maemi in Gangwon Province

이 연구에서는 강원권의 산악지역에 발생하는 도로 및 비탈면 유실부의 복구를 위하여 장비와 작업인력을 최소한으로 하고 복구시간을 단축하는 기술을 개발하기 위해 골재망을 활용한 골재코팅 다공질콘크리트를 개발하고자 한다. 이를 위하여 골재망 구성을 위한 재료 및 골재망 시공기술을 분석하였으며, 현장모사 실증실험을 실시하여 개발공법의 현장적용성을 확인하고자 한다.

## 2. 연구방법

이 연구에서는 유실된 비탈면 및 도로의 항구적 긴급 복구 기술개발을 위하여 골재망을 활용한 골재코팅 다공질콘크리트 배합을 확인하였다. 골재망 형성을 위하여 골재망, 체결고리 및 시멘트 페이스트 충전방법을 결정하여 소형 예비실험 및 현장모사 실증실험을 통하여 개발기술을 검증하였다. 소형 예비실험에서는 최소인력, 최소한의 장비를 이용하여 골재망 제작 및 골재망 적치 시 건설공사 비탈면 설계기준에 따른 비탈면 경사 1:1.5 이상의 경사면 형성 가능성을 검증하였다. 또한 현장모사 실증실험을 통하여 도로유실부 복구 개발기술을 적용하여 기술검증 및 안정성을 확인하였다.

## 3. 실험내용 및 결과

### 3.1. 사용재료

골재에 시멘트 페이스트를 코팅 또는 충전하기 위하여 사용된 시멘트는 국내 생산된 제1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다. Table 1과 Table 2는 사용 시멘트의 물리적 및 화학적 특성을 나타내고 있다. 골재망 형성에 있어 골재 유실을 최소화하기 위하여 굵은골재 최대치수 40mm를 사용하였으며, 사용 굵은골재의 물리적 특성은 Table 3과 같다. 또한 시멘트 페이스트의 유동성 확보를 위하여 폴리카르본산계 고성능 AE감수제를 사용하였다.

Table 1. Physical Properties of Used Type I Cement

S.G.	Stability (%)	Fineness (cm <sup>2</sup> /g)	Setting time (min)		Compressive strength (MPa)		
			Initial	Final	3days	7days	28days
3.15	0.1	3,400	230	410	23.0	31.0	40.0

Table 2. Chemical Compositions of Used Type I Cement

SiO <sub>2</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SO <sub>3</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	lg-loss (%)
21.95	60.12	3.32	2.81	2.11	6.59	2.58

Table 3. Properties of Used Coarse Aggregate (Gmax 40mm)

Gmax (mm)	S.G.		Fineness	Absorption (%)	Abrasion resistance(%)
	D Dry	SSD			
40	2.66	2.67	7.2	0.55	20.4

골재망을 활용한 골재코팅 다공질콘크리트 제작을 위하여 사용된 골재망은 Poly Propylene(PP) 재질의

20mm×20mm 그물망(Fig. 5), Poly Ethylene(PE) 재질의 10mm×10mm 러셀망(Fig. 6) 및 PE재질의 25mm×25mm 그물망(Fig. 7)을 사용하였다. 또한 각 그물망에 굵은골재를 채워 골재망을 형성하여 체결고리를 활용하여 인양하였을 때의 그물의 안정성을 각각 비교하였다. 체결고리는 형성된 골재망의 마감과 유실부 적치를 위한 인양수단이며, 직경 5mm 및 10mm 로프를 체결고리로 활용하였다(Fig. 8, Fig. 9).



Fig. 5 PP Netting (20mm×20mm)



Fig. 6 PE Russel Netting (10mm×10mm)

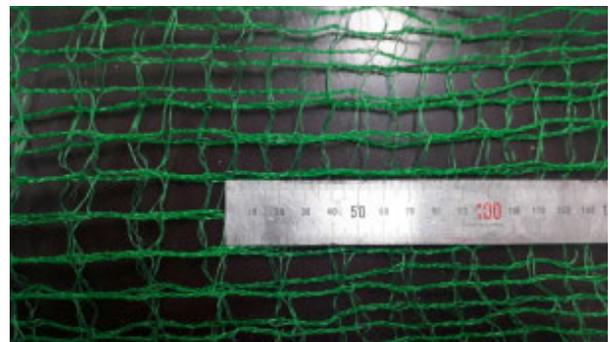


Fig. 7 PE Netting (25mm×25mm)



Fig. 8 ø5mm Rope



Fig. 9  $\phi$ 10mm Rope

골재망 코팅을 위하여 시멘트 페이스트의 적정 수준의 유동성을 확보하고자 고성능 AE감수제를 사용하였다. 유동성 측정은 윗지름 70mm, 아랫지름 100mm의 황동재질의 플로우 콘을 사용하여 Miniflow 시험을 수행하였다. 플로우 콘에 시멘트 페이스트를 상단까지 채워넣어 연직방향으로 들어올려 유리재질로 된 밀판에 시멘트 페이스트의 유동이 멈춘 후의 직경을 측정하였다(Fig. 10).



Fig. 10 Miniflow Test of Cement Paste for Gravel Coating

### 3.2. 골재코팅 다공질콘크리트의 기초물성

#### 3.2.1. 시멘트 페이스트

시멘트 페이스트의 배합은 형성된 골재망의 신속한 충전과 도로공사 표준시방서에서 제시하는 기층포장 콘크리트 재령 7일에 5MP 이상을 만족하는 최소한의 강도를 확보하는 것에 목적을 두었다. 물-시멘트비, 고성능 AE감수제의 배합에 따른 목표 유동성능을 300mm 및 400mm를 변수로 설정하였으며, 유동성능을 확인하기 위해 Miniflow 시험을 수행하였다. 시멘트 페이스트의 물-시멘트비는 0.30, 0.35 및 0.40으로 설정하였다. Miniflow 시험결과, 목표 흐름도 300mm를 가지는 배합에서 골재 침지 시 시멘트 페이스트의 점성으로 인해 침지시간이 최대직경400mm에 비해 많이 걸리는 것으로 확인되었고, 이는 시멘트 페이스트의 유동성능은 골재망 형성을 위한 단계의 골재 침지 및 충전까지의 영향이 큰 것으로 판단되며, 신속성을 겸비하지 못하여 적합한 배합으로 활용할 수 없다고 판단된다. 최대직경 400mm를 가지는 배합의 경우 골재 침지는 신속하였으나 물-시멘트비 0.40수준에서는 압축강도 측정을 위한

시험체 제작 후 몰드 탈형시 충전골재의 이탈 현상을 확인하였다. 이는 물-시멘트비 0.40 이상일 때 시멘트 페이스트 배합수의 양으로 인해 재료분리가 발생된 것으로 판단되며, 신속성을 가지지만 재료분리로 인한 최소한의 강도확보가 어려울 것으로 판단하였다. 최대직경 400mm를 가지는 배합은 물-시멘트비 0.30 및 0.35의 경우에는 골재의 충전성능도 비교적 신속하였고, 압축강도 시험을 위한 몰드탈형시 충전골재의 이탈 현상이 없었다. 물-시멘트비 0.30 및 0.35의 Miniflow시험시 최대직경 400mm를 가지는 배합이 연구목적의 특성상 신속하며, 재료분리 현상없이 골재망의 충전성능을 만족하는 배합으로 판단된다. Fig. 11은 시멘트 페이스트 충전골재의 이탈 현상을 나타내고 있다.



Fig. 11 Insufficiently Coated Gravel

#### 3.2.2. 골재코팅 다공질콘크리트 압축강도

시멘트 페이스트의 유동성능 및 재료분리 검토 결과, 골재코팅 다공질콘크리트의 최적배합은 굵은골재 최대크기가 40mm인 경우, 물-시멘트비가 0.30 또는 0.35으로 나타났고, 이를 기준으로 도로공사 표준시방서 기층포장콘크리트의 요구성능인 재령 7일 5MPa 만족여부를 확인하고자 하였다. Fig. 12는 골재코팅 다공질콘크리트의 압축강도 시험모습을 나타내고 있다. 물-시멘트 0.30의 경우는 평균 14.0MPa를 가지며, 물-시멘트비 0.35는 13.5MPa를 나타내었다(Fig. 13). 물-시멘트비 0.30, 0.35모두 도로공사 표준시방서 기층포장 콘크리트의 재령 7일 5MPa 이상의 강도를 만족하며, 경제성을 고려한다면 시멘트량이 적고, 고성능 AE감수제량이 적으며, 최소한의 강도를 만족하는 물-시멘트비 0.35 유동성능 400mm의 배합이 골재망을 활용한 골재코팅 다공질콘크리트 제작에 적합하다고 판단된다.



Fig. 12 Compressive Strength Test (Before and After Failure)

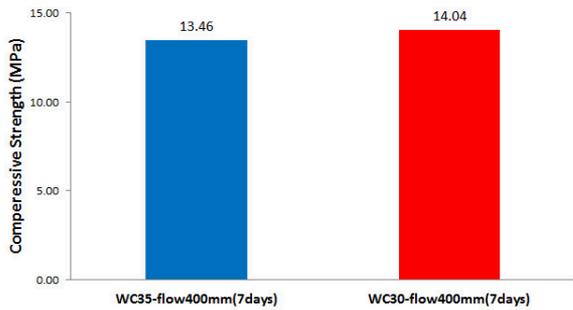


Fig. 13 Compressive Test Results at 7 Days

### 3.2.3. 골재망 및 체결고리의 특성 분석

Fig. 14에서 Fig. 16은 각각 PP 재질 그물간격 20mm×20mm의 결망과 PE 재질 그물간격 10mm×10mm의 러셀망, PE 재질 그물간격 25mm×25mm의 그물망에



Fig. 14 PP Netting (20mm×20mm)



Fig. 15 PE Russel Netting (10mm×10mm)



Fig. 16 PE Netting (25mm×25mm)

최대치수 40mm 굵은골재를 채워넣고, 골재망을 체결하여 인양시켰을 때의 모습을 나타내고 있다. 골재망의 크기는 가로 세로 1.5m 크기로 제작하였으며 골재를 내부에 채워 실험하였다. PE재질 그물간격 10mm×10mm 러셀망과 PE 재질 그물간격 25mm×25mm의 그물망의 경우 동일무게의 골재채움 시 그물망의 터짐이 발생하였고, 골재망 형성을 유지할 수 없었다. PP 재질의 그물간격 20mm×20mm의 결망은 동일 무게의 골재 채움 시 터짐현상이 없어 골재망 형성 유지가 가능하였다. 굵은골재의 유실 또한 비교적 적은 것으로 나타났다. 따라서 골재망 형성을 위한 그물망은 PP재질 20mm×20mm간격의 그물망이 적합하다고 판단된다.

ø10mm와 ø5mm의 로프를 PP재질 20mm×20mm간격의 골재망에 체결하여 비교하였을 때, ø5mm로 체결된 골재망은 로프의 끊어짐이 발생하였고, ø10mm의 로프를 체결한 골재망은 상·하차 및 인양이 가능하여 이를 골재망의 체결고리로 선택하였다.

### 3.2.4. 채움골재망 시멘트 페이스트 코팅 기술

선택한 골재망, 체결고리 및 시멘트 페이스트를 활용하여 골재를 채운 골재망의 골재코팅 다공질콘크리트를 완성하기 위하여 시멘트 페이스트의 충전방법을 주입방법과 코팅방법의 두 가지를 활용하고자 하였다. 주입방법은 골재망에 골재를 채운 후 앞 절에서 선택된 최적 페이스트를 외부에서 부어서 중력의 작용으로 페이스트가 자연스럽게 스며들 수 있도록 주입하였고 코팅방법은 골재를 채운 골재망을 시멘트 페이스트에 침전하여 골재의 외부를 직접적으로 코팅할 수 있도록 하였다. 각각의 경우에 대하여 경화 후 코어를 채취하여 내부의 충전상태를 확인하였다.

주입방법의 경우, 외관 확인 시 전체적으로 시멘트 페이스트의 충전이 잘 되는 것으로 확인되었지만 골재망

을 해체하였을 때 내부의 일부는 시멘트 페이스트 충전이 되지 않은 상태를 확인하였으며, 이는 유동성을 가진 시멘트 페이스트가 흐르는 유선을 따라 같은 경로로만 투입되어 내부전체에 충전이 되지 않은 것으로 판단된다. 코팅방법의 경우 골재망 해체 시 내부전체에 시멘트 페이스트가 골고루 충전된 것을 확인하였다. 또한 주입방법은 골재망 상부에 시멘트 페이스트를 붓는 방식으로 지면으로 손실되는 시멘트 페이스트가 많은 반면에 코팅방법은 골재망을 직접 페이스트에 충전시켜 인양하는 방식으로 시멘트 페이스트의 손실을 최소화할 수 있었다. 이러한 실험결과를 통하여 골재망의 시멘트 페이스트 충전기술은 충전정도 및 시멘트 페이스트의 손실을 최소화 할 수 있는 코팅방법이 적합하다고 판단된다. Fig. 17 및 Fig. 18은 각각 주입방법과 코팅방법의 골재망 해체 시 내부코어의 모습을 나타내고 있다.



Fig. 17 Paste Infiltration of Pour-over Method and Core Inside



Fig. 18 Paste Infiltration of Direct Immersion Coating and Core Inside

### 3.3. 소형 예비실험

건설공사 비탈면 설계기준에 따른 비탈면 경사도 1:1.5 구현 가능성을 위하여 예비 실험을 수행하였다. 1.5m×1.5m크기의 그물망에 최대크기 40mm 굵은 골재를 채워 현장제작 하였으며, 물-시멘트비 0.35 유동성능 400mm를 가지는 시멘트 페이스트에 골재망을 코팅하여 형성된 다공질콘크리트를 적치하였다. 이때 골재망의 체결고리를 버켓용적 0.6m<sup>3</sup> 백호우와 연결하여 적치 및 쌓기를 진행하여 Fig. 19와 Fig. 20과 같은 길이7.0m, 폭2.7m, 높이1.8m의 경사도 약 56도의 실험체를 형성하였다.



Fig. 19 Delivery of Gravel-netting Concrete



Fig. 20 Preliminary Experiment for Repair of Damage Road

이 때 시공투입장비로 버켓용적 0.6m<sup>3</sup> 백호우를 사용하였고, 시멘트 페이스트에 골재망 침지작업 및 체결고리 연결작업을 위한 인력 2명과 시멘트 페이스트 코팅 골재망 적치작업 및 쌓기 작업을 위해 인력 1명이 고용되었다. 일반적으로 유실부 현장에서 긴급복구의 일환으로 사용되는 모래포대의 경우, 경사각 형성을 유지하기 위해 적치높이가 높아질수록 무너짐 방지를 위해 소요되는 포대의 개수가 증가하고 포대 재질의 내구성에 따라 항구적으로 사용이 불가능한 것으로 알려져 있다.

한편 개발 기술의 경우, 골재망 적치 시 건설공사 비탈면 설계기준에 따른 경사도 1:1.5를 유지하며 작업하였고, 코팅된 골재망의 경우 경사각이 높아져도 무너짐 방지 보강을 위한 골재망의 소요는 비교적 적었다. 이는 그물망의 인장력이 확보되어 골재의 무게를 견디며 내부의 골재로 성형이 가능하여 보강용 골재망이 적었던 것으로 판단된다. 적치가 완료된 시험체는 장기성능 확인을 위해 장기간 현장에 유지시켰다. 약 1년 10개월 후까지도 실험체 형상의 변동이 없었다. 이는 시멘트 페이스트의 경화에 따른 형상을 유지한 채 경화된 골재코팅 다공질콘크리트가 형성되었기 때문이라고 판단된다.

### 3.4. 현장모사 실증실험

골재망을 활용한 골재코팅 다공질콘크리트 항구적 긴 급복구 개발기술의 현장 적용성 검증을 위하여 도로유실을 모사한 실험체를 도로구성에 맞는 노체, 노상, 보조기층을 도로설계 품질기준에 따라 설계하고 임의 유실을 가정하도록 실험계획을 구상하였다. Fig. 21은 현장모사 실험계획의 크기와 형상을 나타내고 있다. 길이 약 24.5m, 높이 약 2.5m, 도로2차선기준 약 6.4m의 시험도로를 제작하였고, 개발기술의 비교검증을 위하여 일반도로구역과 유실부를 구분하여 제작하였다.

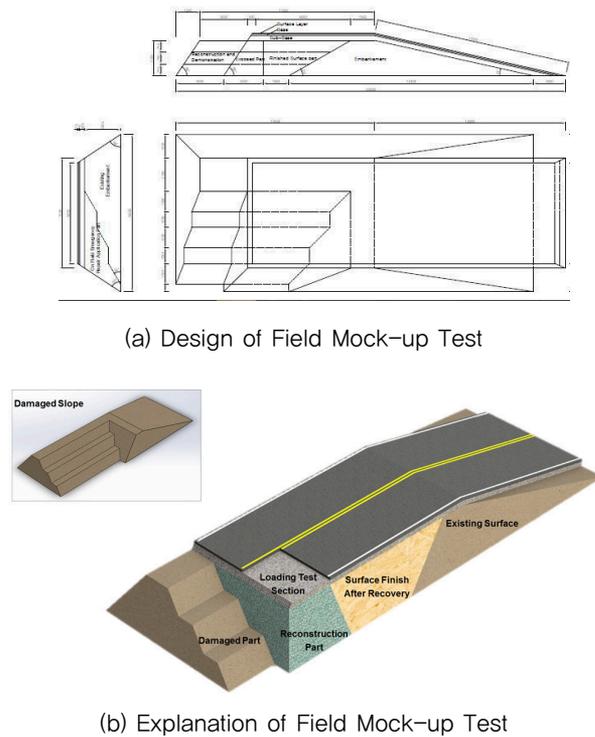


Fig. 21 Field Mock-up Test Plan

다짐도 측정을 실시하여 품질기준에 맞는 아스팔트포장 도로2차선 형식으로 제작하였고, 실제 도로형식을 모사하였다. 유실부를 최소한의 인력 및 최소한의 장비를 통해 복구하여 개발검증을 위한 실험을 수행하였고, 개발기술 적용부 안정도 확인을 위하여 기술적용부와 일반 성토부를 평판재하시험 및 차량재하시험을 실시하여 비교분석하였으며, 장기성능 확인을 위해 약 4개월간 방치한 기술적용부의 코어를 채취하여 압축강도를 측정하였다.

#### 3.4.1. 현장모사 실증시험체 시공

개발 기술을 적용하기 위한 유실부에 골재망을 활용한 골재코팅 다공질콘크리트 기술을 활용하여 복구하였

다. 실험체 제작 단계로는 1.0t/m<sup>3</sup> 백호우 및 10ton 다짐롤러를 활용하여 도로포장체 구성의 노체, 노상까지 성토하였고, 다짐도 검증을 위하여 도로설계기준에 따른 노체는 두께 90cm마다 1회, 노상은 두께 20cm마다 1회 평판재하 시험을 실시였고, 구성된 성토까지의 실험체 일부를 깎아 도로유실로 상태를 모사하였다. 유실 모사한 부위에 골재망을 활용한 골재코팅 다공질콘크리트 개발기술을 적용하여 복구하였고, 보조기층을 포설한 후 복구부 미관개선을 위한 슛크리트를 타설하였다. 아스팔트 포장은 피니셔, 텐덤롤러, 타이어롤러를 활용하여 아스팔트포장기준에 맞는 포장 및 다짐을 실시하였다. Fig. 22는 현장 시공단계를 나타내고 있다.



Fig. 22 Field Mock-up Construction

실증실험 시 투입인원 및 투입장비와 소요시간을 확인한 결과, 골재망 250개를 현장제작하기 위하여 mini 백호우 1대와 인력 3명으로 최대크기 40mm 굵은골재 40m<sup>3</sup> 물량으로 총 2일이 소요되었다. 또한 길이 약 15m, 도로 2차선 유실부 복구를 위한 물-시멘트비 0.35 유동성 400mm 성능의 시멘트 페이스트를 레미콘

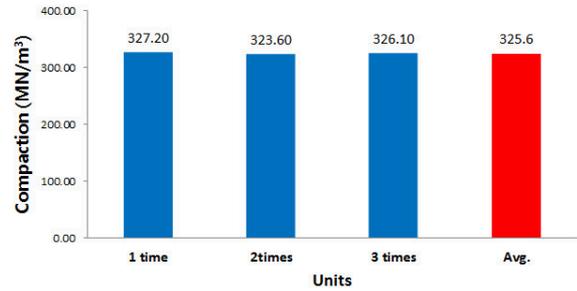
회사에 발주하였고, 골재망 코팅용으로 4m<sup>3</sup> 크기의 시멘트 페이스트 적재Box, 골재망 운반 및 적치용 1.0t/m<sup>3</sup> 백호우를 활용하였다. 총 시멘트 페이스트 13m<sup>3</sup>, 골재망 250개, 1.0t/m<sup>3</sup> 백호우 1대, 인력 3명을 2일동안 투입하여 복구공사를 수행하였다. 골재망의 제작은 동일 개수 제작 시 mini백호우를 1대 더 추가하게 되면 제작기간은 하루 이내로 줄어듦으로 판단되며, 동일 크기의 유실부 복구는 0.6t/m<sup>3</sup> 백호우 이상의 1대 추가 시 1일 이내에 충분히 복구공사가 가능할 것으로 예상된다. 이는 실증시험 시 골재망 코팅을 위한 시멘트 페이스트의 코팅과 유실부 적치를 위한 장비가 1.0t/m<sup>3</sup> 백호우 1대만 활용하였기 때문에 침지 및 적치용 장비를 분리하여 시공한다면 효율성을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

### 3.4.2. 유실 복구부의 평판재하 시험

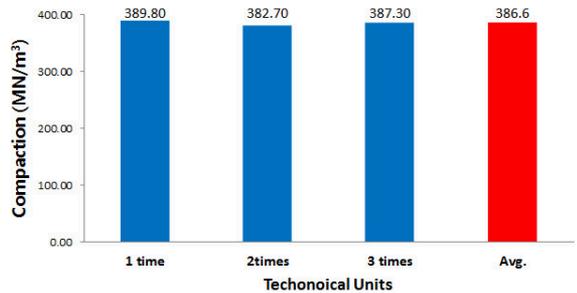
개발기술을 적용한 유실 복구부의 장기적인 성능 안정성 확인을 위하여 보조기층 포설 후 일반 성토부와 골재망을 활용한 골재코팅 다공질콘크리트 복구 적용부위에 도로설계기준의 보조기층 다짐도 기준으로 평판재하 시험을 수행하였다. 위치별 3회씩 측정을 하였으며 일반 성토부 및 골재망을 활용한 골재코팅 다공질콘크리트 적용부 모두 보조기층 다짐도 기준 300MN/m<sup>3</sup>을 만족하는 것으로 분석되었다. 일반성토부는 평균 325.6MN/m<sup>3</sup>으로 측정되었고, 골재망을 활용한 골재코팅 다공질콘크리트 적용부는 평균 386.6MN/m<sup>3</sup>로 측정되어 개발 기술 적용부가 약 60MN/m<sup>3</sup> 높게 측정되었다. 이로 인하여 추후 개발기술 적용부가 일반 성토부보다 침하량이 적을 것으로 예상되며 별도의 다짐없이 일식으로 쌓아올린 골재망을 활용한 골재코팅 다공질콘크리트는 도로포장 노상이상의 기준을 만족하며, 도로유실 긴급복구 시 성토부 대체 활용가능할 것으로 판단된다. Fig. 23은 성토부와의 비교를 위한 평판재하시험 결과를 나타내고 있다.



(a) Plate Bearing Test



(b) Plate Bearing Test Results: Fill-up Area



(c) Plate Bearing Test Results: Damage Repaired Area

Fig. 23 Comparison of Compaction of Repaired Area

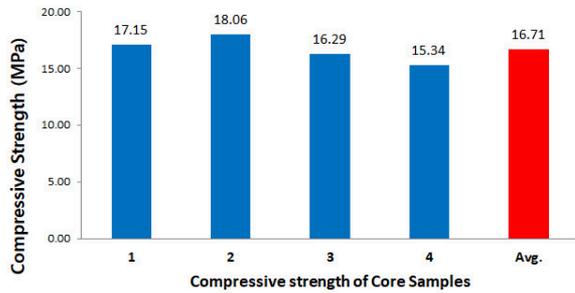
### 3.4.3. 현장코어 압축강도 시험

현장 실증시험 골재망을 활용한 유실부 복구기술 적용구간의 장기성능 평가 확인을 위하여 개발기술 적용부의 동절기를 포함한 약 4개월 뒤에  $\phi 100 \times 200$ 의 압축강도 측정용 코어를 4개 채취하여 압축강도 시험을 진행하였다. 채취한 코어를 활용하여 압축강도를 측정 한 결과 평균 약 16.7MPa의 강도를 나타내었다.

동절기를 포함해 별다른 양생조건 없이 노출된 경우에도, 기준 강도인 재령 7일 5MPa을 초과하는 강도를 지속적으로 발현하는 것으로 분석되어 골재망을 활용한 골재코팅 다공질콘크리트는 일시적 긴급복구가 아닌 항구적 긴급복구 재료로서 장기적인 역학성능도 충분히 만족하는 것으로 판단된다.



(a) Cored Specimens



(b) Compressive Strength of Core Specimens

Fig. 24 Core Specimens from Field and Test Results

#### 4. 결론

기후변화와 함께 자연재해로 인한 피해가 증가하고 있으며 도로나 절토부의 경사지 등의 파손으로 인한 위험도가 증가하고 있다. 특히 강원도 지역과 같이 산악이 많고 상대적으로 인구의 분포가 넓게 퍼진 지역에 자연재해로 인한 도로네트워크의 상실은 경제적 및 사회적 피해가 매우 심각하다. 이 연구에서는 이러한 도로 및 경사지 유실부에 대하여 긴급복구가 가능하고 항구적인 사용이 가능한 복구공법을 개발하고자 하였다. 골재망을 활용한 골재코팅 다공질콘크리트를 활용하여 유실부에 쌓는 기술로서, 재료기술과 장비조합을 유도하고 현장 Mock-up 실험을 통하여 현장 적용성을 검증하였다.

1. 시멘트 페이스트 배합은 유동성능 및 재료분리 검토크 결과, 골재코팅 다공질콘크리트의 최적배합은 굵은 골재 최대크기가 40mm인 경우, 물-시멘트비가 0.30 또는 0.35로 나타났다.
2. 골재코팅 다공질콘크리트의 압축강도 실험결과 재령 7일에서 약 15MPa를 나타내어 도로공사 표준시방서 기층포장 콘크리트의 요구성능 재령 7일 5MPa 만족하는 것으로 분석되었다.
3. 시멘트 페이스트를 골재에 충전하는 방법으로 주입식과 코팅식을 분석하였는데, 주입식은 내부까지 주입의 한계가 있고 코팅방법이 우수한 것으로 분석되었다.
4. 현장 쌓기를 소형 백호우 장비를 활용하여 실험한 결과, 건설공사 비탈면 설계기준에서 제시하는 경사도 1:1.5의 성토 높이까지 효율적으로 시공가능함을 확인하였다.
5. 현장 실험크기 Mock-up 실험을 수행하였으며, 현장에서의 장비조합의 효율성을 확인하였고 기층 요구성능인 평판재하 실험결과와는 다짐도 기준 300MN/m<sup>3</sup>을 만족하는 것으로 분석되었다. 기존의 비유실된 성토

부보다 약 60MN/m<sup>3</sup> 높게 측정되어 장기적인 성능도 만족할 것으로 기대된다. 또한 약 4개월 간 현장노출 후 코어를 채취하여 압축강도를 실험한 결과, 평균 16.7MPa를 나타내어 장기강도 또한 만족하는 것으로 분석되었다.

이러한 기술을 통하여 장기적인 성능을 지속적으로 관찰하고 공사의 시방 및 품질 기준 등이 마련되면 향후 현장적용이 충분히 가능한 효율적인 공법이 될 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토교통기술지역특성화사업의 연구비지원(17RDRP-B134576)에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

#### REFERENCES

- Chindaprasirt, P., Hatanaka, S., Chareerat, T., Mishima, N., Yuasa, Y. (2008). "Cement paste characteristics and porous concrete properties", *Construction and Building Materials* 22, pp.894-901 (in US).
- Cho, H. M., Jeon, S. P., Yun, G. G., Park, C. W. (2015). "Fundamental Study of Mix Proportions of High-Flow Cement-Based Mortar for Gravel-Fill Used in Restoration of Collapsed Roads", *Journal of Korean Society of Road Engineers*, Vol.18, No. 2, pp.63-70 (in Korean).
- Kim, S. W., Oh, J. H., Kim, I. T., Park, C. W. (2013). "Fundamental Study on Pervious Concrete Materials for Airport Pavement Cement Treated Base Course", *Journal of Korean Society of Road Engineers*, Vol.15, No. 4, pp.65-73 (in Korean).
- Lian, C., Zhuge, Y. (2010). "Optimum mix design of enhanced permeable concrete-An experimental investigation", *Construction and Building Materials* 24, pp.2664-2671 (in US).
- Lian, C., Zhuge, Y., Beechan, S. (2011). "The relationship between porosity and strength for porous concrete", *Construction and Building Materials* 25, pp.4294-4298 (in US).
- Maguesvari, M., Narasimba, V. (2013). "Studies on Characterization of Pervious Concrete for Pavement Applications", *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 104, pp.198-207 (in US).
- Park, C. W., Kim, Y. J., Kim, S. W. (2017). "Rapid and Permanent Recovery Technique of Collapsed Slope with Free Formed Aggregate-Pocket Bag." *Magazine of the Korea Concrete Institute*, Vol.29, No.2, pp.18-21 (in Korean).
- Rangeloy, M., Nassiri, S., Chen, Z., Russell, M., Uhlmeier, J. (2017). "Quality evaluation tests for pervious Concrete pavements' placement", *International Journal of Pavement Research and Technology*, Vol.10, issue3. pp.245-253 (in US).