

고소 작업 시간 단축 및 고소 작업자 안전성을 확보한 매립형 앵커 및 배관 지지대에 관한 연구

추용대¹, 이재민^{2*}

¹모아산업, ²전남대학교 조선해양공학과

Development of an embedded anchor and pipe support that reduces working time at the height

Yong Dae Choo¹, Jae min Lee^{2*}

¹MOA Industry

²Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Chonnam National University

요약 현재 교량 하부에서 배수 목적의 배관 설치하기 위한 대부분의 공법들은 교량 건설의 마지막 단계에서 이뤄진다. 거푸집 제거 후 고소 작업차를 이용하여 교량 하부를 천공 후, 앵커 삽입 후 배관 설치 작업을 진행한다. 그러나 현행 공법의 문제점은 천공, 앵커 설치 그리고 배관 설치 작업에 이르기까지 크레인을 이용한 고소 작업의 시간이 지나치게 많이 소요된다는 점이 있다. 고소 작업 시간의 증가는 낮은 효율성과 비용 증가 및 안전 확보 어려움의 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 고소작업시간 단축 및 고소 작업자의 안전성을 확보한 매립형 앵커 및 안전 고리 걸이대를 구비한 배관 지지대를 개발하였다. 매립형 앵커는 철근 배근 단계에서 콘크리트 타설과 함께 설치되는 구조를 이용하며 거푸집 제거 후 교량 하부에서는 천공 작업 없이 배관 설치 작업만을 빠르게 수행이 가능하다. 또한 배관 설치 작업 시 작업자는 배관 지지대에 구비된 안전 고리 걸이대를 이용하여 고소 작업의 안전성을 확보할 수 있다. 앵커의 인발 하중 시험, 배관 지지대의 하중 시험, 안전 고리의 지지 하중 시험 등을 통하여 개발된 앵커, 배관 지지대 그리고 안전고리 걸이대의 구조 안정성을 검증하였다. 개발된 기술을 활용하면 기존 대비 천공 작업, 앵커 삽입 작업이 생략됨으로 공사 기간 및 비용을 절감하는 것이 가능하다.

Abstract Currently, most of the construction methods of installing drainage pipes under the bridge are performed during the last stage of bridge construction. In these methods, the concrete formwork is removed first, and then an aerial lifer is used to drill under the bridge, insert the anchor, and install the pipe. However, the current construction method requires working at height for several hours. This high working time at height results in low efficiency, increased cost, and low safety levels. In this study, an embedded anchor equipped with a safety ring hanger to reduce working time at height and secure the workers at height is developed. The embedded anchor can be installed at the rebar arrangement stage itself. After removing the formwork, it is possible to perform only the pipe installation work quickly. In addition, during the pipe installation work, the workers can secure themselves at height by using the safety ring hanger equipped in the pipe support. The structural safety of the developed anchor, pipe support, and safety ring hanger was verified through various load tests. The developed embedded anchor and pipe support can reduce the construction time and cost compared to the existing system as drilling and anchor insertion are omitted.

Keywords : Drainage Pipe, Safety Ring, Embedded Anchor, No Drilling, Pre-Installed

본 연구는 2020년 전라남도와 전남테크노파크의 지역수요맞춤형 연구개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Jae Min Lee(Chonnam National University)

email: jae27v@jnu.ac.kr

Received August 24, 2021

Revised October 14, 2021

Accepted January 7, 2022

Published January 31, 2022

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

교량 배수 시설은 교량의 운영 및 수명과 직접적으로 관계된 중요한 시설물이다. 교량 배수 시설은 강우 시 교면의 우수를 신속하게 배수하여 교량 이용자의 안전을 도모하고 구조물을 효율적으로 유지 관리하기 위하여 설치된다[1]. 또한 교량 노후의 주원인 중 하나는 배수 불량이다. 배수 불량으로 인한 체수 및 누수가 교량 슬래브의 내구성 저하에 결정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[2]. 배수 불량 시, 침투수 수분에 의해 교량 내부 구조물의 체적 팽창이 발생하고 그에 따른 보 하부 콘크리트와 슬래브의 균열 등이 발생하여 교량 슬래브의 내구성 저하를 일으키는 것으로 알려져 있다[3,4]. 이러한 침투수의 장기 체류 문제는 교량의 유지 및 보수비용을 증가시키며 교량의 수명을 단축시킨다[5]. 따라서 교량 배수 시설의 관리는 교량의 수명을 연장시키는 중요한 역할을 수행하기 때문에 합리적이고 경제적인 계획, 설계 및 시공 그리고 유지 보수가 필요하다.

본 연구에서는 교량 배수 시설의 시공에 주목하였다. 현재 교량 하부에서 배수 목적의 배관 설치하기 위한 대부분의 공법들은 교량 건설의 마지막 단계에서 이뤄진다. 현행 공법의 문제점은 천공, 앵커 설치 그리고 배관 설치 작업에 이르기까지 크레인을 이용한 고소 작업의 시간이 지나치게 많이 소요된다는 점이다. 배수 시설을 설치하기 위해서는 교량 건설의 마지막 단계로서 콘크리트 거푸집 제거 후 고소 작업자 이용하여 교량 하부를 천공하며, 천공 후에는 앵커를 삽입하고 배관 설치 작업을 진행한다. 천공 작업 시 배근된 철근과의 간섭이 발생하면 작업자가 천공 부위를 이동하여 천공 작업을 다시 진행한다. 이로 인해 고소 작업으로 인한 공사 기간과 시공비의 증가, 앵커 시공 시 교면 철근과의 간섭으로 인한 재천공의 문제들이 야기된다. 또한 지나친 고소 작업 시간의 증대로 인하여 작업자의 추락 사고 발생 등의 안전 문제도 발생한다[6].

따라서 본 연구의 목적은 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 천공 작업이 필요 없고, 고공에서 배수 시설 설치 시간을 최소화하며 작업 시 추락을 방지할 수 있는 기술을 개발하는데 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 2가지로 구성된 기술을 개발하였다. 첫 번째는 자립식 매립형 앵커이다. 기존 기술과 달리 집수구 철근 단계에서 앵커가 자립식 매립형으로 설치되기 때문에 배관 설치 위치 찾기, 천공작업, 앵커 삽입 작업이 생략되어서 공사 기간 및 시공 비용을 획기적으로 줄일 수 있다. 두 번째는 안

전 고리 걸이대가 확보된 배관 지지대이다. 배관 설치를 위한 고소 작업 시 작업자는 배관 지지대에 안전 고리를 체결함으로 추락사를 방지할 수 있다.

1.2 연구의 구성

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 먼저 2장에서는 교량의 배수 시설 설치에 관한 관련 연구를 소개하여 기존의 공법과 그 한계점에 대해서 분석한다. 3장에서는 본 연구에서 개발된 기술의 우수성과 차별성에 대해서 설명한다. 또한 앵커의 인발 하중 시험, 배관 지지대의 하중 시험, 안전 고리 걸이대의 지지 하중 시험 등을 통하여 개발된 앵커, 배관 지지대 그리고 안전 고리의 구조 안전성 검토 내용을 통해 개발된 기술의 유효성을 검증한다. 마지막 4장에서는 연구를 요약한다.

2. 관련 연구

2.1 교량 배수 시설 고찰

빗물이나 지하수 등이 교량의 배면에 머물거나 교량 내로 침투하게 되면 구조물의 안전성 저하, 차량 안전 주행에 악영향을 유발한다. 따라서 설계 단계에서 합리적인 배수 시설에 대한 고려가 필수적이며 국내외에 다양한 교량 배수 시설 설계 기준들이 존재 한다[7-9]. 대표적으로 배수구 배치 기준 및 간격, 배수관의 형상 등에 대한 설계 지침 등이 있으며 교면 배수와 아스팔트 포장 침투수 배수를 원활하게 하는 교량 상판 배수 처리 공법 등에 대한 지침 등이 존재한다. 또한 관련 국내 문헌 조사를 수행한 결과, 모형 제작 후 수리실험을 통해 교량 방호벽 선배수 시설의 차집 능력을 분석한 연구[1] 및 항만 구조물의 상부의 수분의 배출시키고, 하부로부터 유입되는 염기를 막을 수 있는 물배출 앵커 및 트랩볼트 개발에 관한 연구[2,3] 등이 존재한다.

그러나 현재 적용되고 있는 교량 배수 시설 관련 연구들은 원활한 배수 등에만 초점을 두고 있으며 시공 작업 시 작업자의 안전에 초점을 맞춘 시공 공법 개발 연구 사례는 전무한 상황이다.

배수용 배관 설치 작업은 교량 하부에서 이뤄져야 하는 고소 작업이다. 2019년 산업재해 발생보고 현황(산업 재해조사표 제출 기준)[10]에 따르면, 2019년 대한민국 산업 재해자 중 건설업 재해자는 20,251명, 22.5%이다. 또한 전체 사고사망자를 산업별 기준으로 분류하였을

때, 건설업(330명, 40.8%)에서 사고사망자 가장 높았으며 재해 유형별로 분류하였을 때, 추락 재해 (283명, 35.0%) 비율이 가장 높다. 또한 기인물별 분류 시, 건축물·구조물 및 표면 (187명, 23.1%) 비율이 가장 높다. 기인물별 분류 중 건축물·구조물 및 표면은 완료되었거나 시공 중인 건축물 또는 구조물(교량, 터널 등)과 공사를 위하여 설치된 가설 구조물 등을 의미한다.

2019년에 발생한 사고사망자 중 산업별, 재해 유형별, 기인물별로 구분하여 보았을 때, 배수용 배관 설치 작업은 안전 문제에서 매우 취약하다고 볼 수 있다. 따라서 추락 재해 방지를 위하여 교량 배수 시설 시공 시 고소 작업 시간을 줄일 수 있는 기술 개발이 필요하다.

2.2 기존 공법의 고찰

1.1절에서 기술한 바와 같이 현재 교량 배수용 배관 설치 작업은 교량 건설 마지막 단계에서 이뤄진다. 배관 설치 작업 시, 가장 먼저 작업자가 크레인을 이용하여 교량 하부에서 천공 작업을 수행한 후 앵커를 삽입한다(Fig. 1). 앵커는 교량 하부에 설치된 배관을 지지하는 역할을 수행하며(Fig. 2), 앵커 삽입 후 배관 설치 작업이 진행된다. 이처럼 기존 공법은 교량 하부에서 천공 작업, 앵커 삽입 그리고 배관 설치 순으로 이뤄진다. 기존 공법은 배관 지지 목적의 앵커 삽입을 위하여 교량의 하부에서 천공 작업이 필수적으로 선행되어야 하며 이로 인해 여러 가지 문제점들이 야기된다. 그 문제점들은 다음과 같다.



Fig. 1. Anchor bolt insertion drilling work at height for installation of drainage pipes
(a) Anchor bolt insertion drilling work
(b) Working at height with a crane

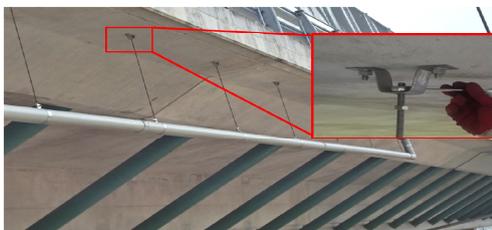


Fig. 2. Anchor supporting drainage pipe under the bridge

첫째로는, 고소 작업의 높은 의존성이다. 앞서 기술한 바와 같이 교량 배수 시설 설치 작업은 교량 하부에서 고소 작업차를 임대하여 천공 작업, 앵커 삽입 그리고 배관 설치 작업 순으로 진행된다. 현행 공법은 배수용 배관 설치를 위한 제반 작업이 모두 고소 작업차를 이용한 고소 작업으로 이뤄지기 때문에 고소 작업에 대한 의존성이 높다. 고소 작업이란 사다리, 비계 혹은 고소 작업차를 이용하여 높은 위치에서 수행되는 작업을 의미한다. 고소 작업은 추락 재해 등 중대 재해의 발생 빈도가 매우 높으며 산업안전보건법규에서는 일정 높이 이상에서 작업이 수행되는 경우 추락 방지에 필요한 조치를 실시하도록 강제적으로 규정하고 있다. 이처럼 고소 작업은 태생적으로 위험성을 크게 내포하고 있다. 이러한 추락 위험을 없애는 가장 원천적인 방법은 고소 작업 시간을 절감하는 것이다. 고소 작업 시간을 절감을 위해서는 기존 공법에서 고소에서 이뤄지는 작업 공정을 제거하거나 고소 작업 전에 이뤄져야 하는데 현재까지는 이러한 적용 사례가 전무하다.

두 번째로는, 기존 공법의 앵커 삽입을 위한 천공 작업의 방식이다. Fig. 1(a)에서 나온 것과 같이 현재 작업 방식은 작업자가 앵커의 위치를 측정하여 천공 및 설치 작업이 이뤄진다. 따라서 천공작업 전에는 철근 간섭의 유무관계를 확인할 수 없어 빈번한 간섭이 발생한다. 이러한 현행 작업 공정은 천공 작업으로 인하여 철근과 간섭 시 다시 적절한 위치를 선정하여 작업을 반복해야 하므로 위치 선정을 위한 전체적인 작업 시간이 증가한다. 또한 천공 작업으로 인한 철근의 손상으로 인한 구조물의 안전 또한 보장 할 수 없게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 한국도로공사에서는 2018년 7월 교량점검 시설 설치 지침에서 철근 탐지기를 활용하여 철근간섭을 피해 앵커를 설치하도록 규정을 개정하였다. 그러나 이는 장비의 휴대와 작업 공정을 추가함으로써 유해 및 위험 기계 기구와 건설장비 사용에 따른 위험성을 가중시킬 수 있다. 따라서 철근과 간섭 없이 효율적으로 앵커 삽입 작업이 이뤄질 수 있는 기술 개발이 필요하다.

3. 개발 기술

본 연구는 앞서 언급한 현행 공법의 문제점들을 해결하기 위하여 고소 작업 시간 단축 및 고소 작업자의 안전성을 확보한 매립형 앵커 및 안전고리 걸이대를 구비한 배관 지지대를 개발하였다. 본 장은 개발된 기술에 대한

설명, 성능 시험을 통한 유효성 검증 그리고 기존 기술과 성능 비교로 이뤄지며 상세 구성은 다음과 같이 구성된다. 3.1절에서는 개발된 기술의 구성과 개발 기술의 우수성에 대해서 기술하고, 3.2절에서는 개발된 기술의 구조적 성능에 대해서 다양한 성능 시험을 통해 그 유효성에 대해서 검증한다.

3.1 매립형 앵커 및 안전고리 걸이대를 구비한 배관 지지대

3.1.1 개발 기술의 구성

개발 기술은 매립형 앵커와 안전 고리 걸이대를 구비한 배관 지지대로 구성된다. 개발 기술의 개념도는 Fig. 3과 같다.

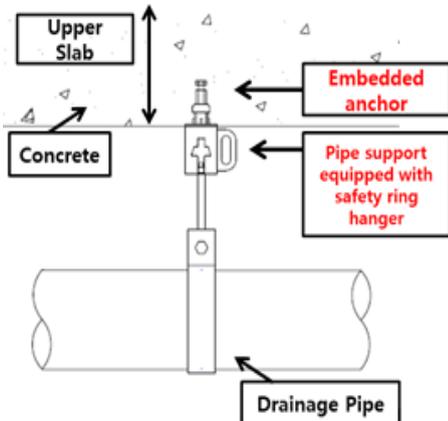


Fig. 3. Schematic of developed embedded anchor and pipe support equipped with a safety ring

매립형 앵커는 철근 배근 작업 후 집수구 설치 단계에서 설치된다. 매립형 앵커는 집수구와 동일 선상의 거푸집에 설치되며 매립형 앵커 하부 구조물에 형성된 3개의 볼트 고정홀에 접시머리 볼트에 의하여 거푸집에 고정된다(Fig. 4).

해당 구조는 거푸집에 매립형 앵커 고정 볼트가 탈착이 가능하며 슬래브 높이에 대응할 수 있는 구조를 갖는다. 또한 매립형 방식을 적용하면 콘크리트 양생 후 거푸집 제거 시 매립형 앵커가 교량 구조물 하부에 노출되므로 배관 설치 작업 시 별도의 천공 작업 없이 노출된 앵커에 배관 지지대를 체결할 수 있다(Fig. 5).



Fig. 4. Developed embedded anchor and its installation
(a) Assembled embedded anchor
(b) Embedded anchor installation



Fig. 5. Drainage facilities installation process after removing the formwork under the bridge
(a) Exposed embedded anchor
(b) Fastening of pipe support

개발된 배관 지지대의 주요한 특징은 안전 고리가 확보되어 있다는 점이다. 매립형 앵커에 배관 지지대를 체결한 뒤 작업자의 안전 고리를 배관 지지대에 체결하여 후행 작업을 진행하기 때문에 전도, 추락으로부터 작업자의 생명보호를 할 수 있다(Fig. 6).



Fig. 6. Pipe support equipped with a safety ring hanger
(a) Pipe support (b) Securing worker safety by fastening safety rings

3.1.2 개발 기술의 우수성

개발 기술을 적용하면 기존 기술 대비 고소 작업 시간을 획기적으로 단축할 수 있다. 기존 기술의 경우 천공 작업에서부터 앵커 설치 및 고정 그리고 배관 지지대 설치 작업 순으로 공정이 진행된다 (Fig. 7). 또한 이 공정 작업이 크레인을 이용한 고소 작업으로 진행되어 고소 작업 시간이 지나치게 많다.

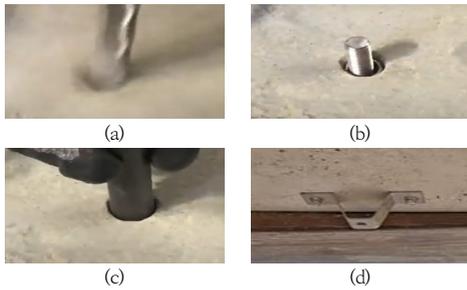


Fig. 7. Anchor and pipe support installation process of previous system
 (a) Drilling work (b) Anchor installation (c) Anchor fixation using punch hammer (d) Pipe support assemble

그러나 개발 기술은 집수구 설치 단계에서 매립형 앵커를 설치한 후 배수관 설치작업 시 배관 지지대를 체결하는 방식으로 작업 공정이 진행된다. 따라서 배관 지지대 위치 선정, 천공 작업, 앵커 체결 등의 과정이 생략되어 고소 작업을 획기적으로 줄일 수 있다. 통상적으로 기존 기술 적용 시, 앵커 및 배관 지지대 설치를 위한 고소 작업 시간이 1개소 당 15분이 소요되었다면, 개발 기술 적용 시 1개소 당 1분 내외로 소요되는 것으로 파악되었다. 기존 기술과 개발 기술의 앵커와 배관 설치 작업 방식의 특징 및 작업 시간 비교는 Table 1과 같으며 전체 시스템에 대한 형상 비교는 Fig. 8과 같다.

Table 1. Comparison of the previous system and the developed system for the anchor and pipe support installation

Category	Previous system	Developed system
Characteristics	1. High risk of safety accidents due to long-time work at height 2. Possibility of damaging rebar due to drilling works	1. Low risk of safety accidents by prior anchor installation work 2. No possibility of rebar damage due to the elimination of the drilling process
Average installation working time [min]	15	1

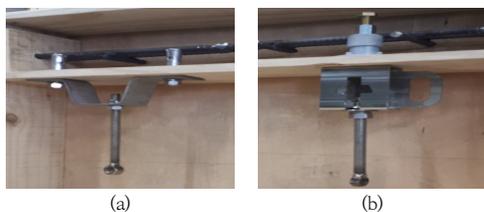


Fig. 8. Anchor and drainage pipe support system
 (a) Previous system (b) Developed system

3.2 성능 시험

3.2.1 개요

개발된 기술의 구조적 성능을 검증하기 위해 다양한 성능 시험을 진행 하였다. 진행한 모든 시험은 국가공인 시험기관에서 진행되었으며 시험 목적에 부합하는 의뢰자 제시 시험 방법으로 진행되었다.

3.2.2 자립도 시험

개발된 매립형 앵커는 콘크리트 타설 시 초기 설치 개소에 그대로 자리 잡고 있을 수 있는 자립도에 대한 검증이 필요하다. 정성적인 검증 방법은 사각 거푸집에 매립형 앵커를 설치 후 콘크리트 타설 작업을 수행하여 충분히 경화되는 시점까지 원위치를 유지하는지 확인하는 방식으로 진행되었다. 총 5개의 거푸집을 제작 후, 동일 시험을 5회 반복 수행한 결과 시험 전부에 대해서 원위치를 유지하는 것으로 파악되었다(Fig. 9).



Fig. 9. Embedded anchor's self-supporting test
 (a) Test specimen: before test (b) Test specimen: after test

또한 정량적인 검증을 위하여 자립 하중 시험을 실시 하였다. 측정 방법은 매립형 앵커를 거푸집을 대체할 수 있는 두께 12 mm의 합판에 볼트 고정 후 수직 방향으로 압축 하중을 가했을 때 최대 하중을 구하는 방식으로 진행되었다(Fig. 10).

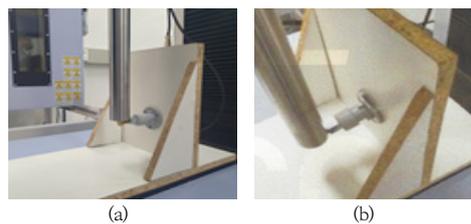


Fig. 10. Self standing load test for embedded anchor
 (a) Test specimen: before test (b) Test specimen: after test

시험 결과, 최대 자립 하중은 113.7 N으로 측정되었다. 사각 거푸집에 콘크리트 타설 작업을 수행 시 레미콘의 압력과 매립된 앵커의 단면 및 체적을 고려하여 선행 시험을 수행한 결과 50 N의 시험 하중에서도 매립앵커의 쓰러짐이 발생하지 않았다. 이를 측정된 최대 자립 하중과 비교했을 때 약 2배 이상의 강도를 갖는 것으로 확인된다. 따라서 정성적 실험과 정량적 실험을 통해 개발된 매립형 앵커의 자립도는 충분히 확보되었음을 성능 시험을 통해 확인 되었다.

3.2.3 인발 하중 시험

개발된 기술은 경화된 콘크리트 내부에서 고정된 매립형 앵커가 설치될 배관의 최대하중을 충분히 견딜 수 있는 인발 하중에 대한 검증이 필요하다. 측정 방법은 매립형 앵커 설치 후 콘크리트가 충분히 경화되는 시점에 피로 시험을 수행한 뒤, 인발 하중을 가했을 때 최대 하중을 구하는 방식으로 진행되었다(Fig. 11). 피로 시험은 0.3 kN에서 1 kN의 하중 범위에서 1 Hz의 진동수로 5만 cycle의 반복 하중을 가하는 방식으로 진행되었다.

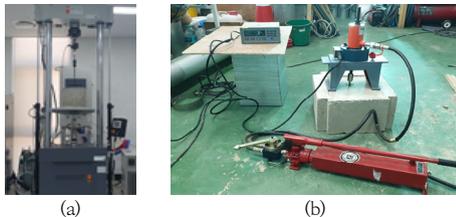


Fig. 11. Fatigue test and Pull-out load test for embedded anchor
(a) Fatigue test (b) Pull-out load test

시험 결과, 최대 인발 하중은 34.5 kN으로 측정 되었다. 기존 기술인 세트형 앵커에 대해서 동일 시험을 수행 하였을 때 측정된 최대 인발 하중은 28.5 kN으로 개발 기술의 인발 강도가 기존 기술 대비 25% 향상됨이 확인 되었다.

또한 개발 기술의 최대 인발 하중을 무게 단위로 환산 하면 약 3,450 kg이다. 교량용 배수 시설의 배관으로 활용되는 최대 사이즈의 배관은 직경 400mm와 10mm의 두께를 갖으며 재질은 알루미늄 합금 계열(비중: 2.7)이다. 배수관에 빗물이 가득 차 있다고 가정하였을 때, 단위 길이 당 배관과 빗물의 무게의 합은 약 160 kg/m로 계산된다. 이를 측정된 최대 인발 하중과 비교했을 때 대략 20 m 길이의 배수관을 지지 가능하다. 통상적으로 배

관 지지대는 1.5 m ~ 2 m 간격으로 설치되는 것을 고려 할 때, 개발된 기술의 인발 하중 강도는 충분히 확보되었음을 성능 시험을 통해 확인 되었다.

3.2.4 지지 하중 시험

개발된 기술은 배관 설치 작업 시 배관 지지대의 안전 고리 걸이대에 체결된 안전 고리를 통해 전달되는 작업자의 하중을 충분히 견딜 수 있는 지지 하중에 대한 검증이 필요하다. 측정 방법은 배관 지지대에 안전 고리를 체결한 뒤 안전 고리에 인장 하중을 가했을 때 최대 하중을 구하는 방식으로 진행되었다(Fig. 12).

시험 결과, 파단 하중은 5.0 kN으로 측정 되었으며 파단 부위는 측정 대상인 안전 고리 걸이대가 아닌 안전 고리와 연결된 로프 부위로 확인 되었다. 또한 측정된 최대 하중을 무게 단위로 환산하면 약 500 kg이다. 성인 남성의 평균 몸무게인 80kg을 기준으로 할 경우, 개발된 안전 고리 걸이대는 최대 6명의 성인 남성을 감당할 수 있으므로, 개발된 배관 지지대의 안전 고리 걸이대는 구조적으로 안전함이 성능 시험을 통해 확인 되었다.

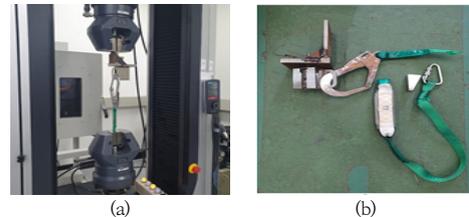


Fig. 12. Tensile load test for pipe support equipped with a safety ring hanger
(a) Tensile test (b) Tensile specimen: after tensile test

3.2.5 시험 시공 진행 현황

제안한 기술이 실제 건설 현장에서 활용되기 위해서는 콘크리트가 건조 수축을 함에도 당초 설치된 매립형 앵커가 수십 미터 혹은 수백 미터 길이의 배수관을 거치할 수 있는 직진도를 확보하는 것이 중요하다.

직진도 유지 검증 관련해서는 현재 개발된 기술을 적용하여 시험 공사가 진행 중이다. 대상 교량은 강원도 정선군 국도 59호 정선 3교이며 교량 길이는 460m이다. Fig. 13은 개발된 기술을 활용하여 정선 3교에 배수 시설을 설치한 현황이다. Fig. 13(d)는 앵커 간격 2m 기준으로 교량 하부의 양단의 길이에 해당되는 총 길이 920m (460m x 2) 중 800m 가량을 설치가 완료된 현황이다. 시험 시공이 진행되고 있는 교량을 기준으로 현

재까지 설치된 전 구간에 걸쳐서 배관 작업이 성공적으로 이뤄진 것으로 미뤄볼 때, 직진도의 문제는 시험 시공을 통해 검증이 되었다고 볼 수 있다.

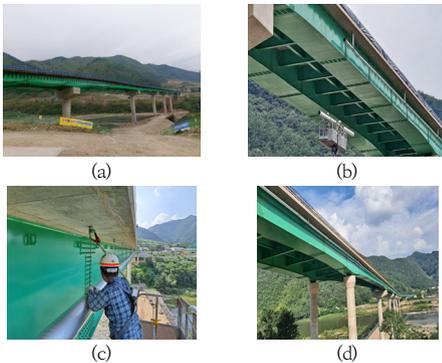


Fig. 13. Jeongseon 3 bridge's drainage system installation status using developed embedded anchor and drainage pipe support system
 (a) Before installing the drainage system (b) Drainage pipe transfer work (c) Drainage pipe installation (d) After installing the drainage system

4. 결론

본 연구에서는 교량용 배수 시설 설치 시, 고소 작업 시간을 단축시키며 고소 작업자의 안전성을 확보한 기술을 개발하였다. 개발 기술은 매립형 앵커와 안전고리 걸이대가 확보된 배관 지지대로 구성된다.

개발 기술은 매립형 앵커를 도입하여 교량 건설 마지막 단계 중 교량 하부에서 이뤄지던 천공 작업, 앵커 삽입 공정을 제거하였다. 이에 따라 고소 작업 시간이 기존 15분에서 1분으로 단축 되었다. 또한 고소 작업 중 작업자의 안전성을 확보하기 위해 안전 고리 걸이대가 구비된 배관 지지대를 개발하였다. 작업자는 배관 설치 작업 시 안전 고리 걸이대를 배관 지지대에 체결함으로써 추락 사고를 방지할 수 있다. 다양한 하중 시험을 통해 개발 기술이 구조적 성능을 충분히 만족함을 확인 하였으며 개발 기술을 적용하면 교량용 배수 시설 작업 시 공사 시간 및 비용을 절감하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

향후 연구에서는 콘크리트 실험체를 구간 별로 시차를 두어 타설하고 일정 간격으로 매립형 앵커가 충분한 기간으로 건조된 후에도 직진도 유지 여부 등을 실험적으로 검증하여 개발된 기술의 완성도를 높일 계획이다.

References

- [1] Minsung Lee, Jungsoo Kim, Ingi Yoo, "Analysis of Interception Capability of the Bridge Linear Drainage System", *The Society of Convergence Knowledge Transactions*, Vol.9, No.2, pp.25-37, Jun 2021. DOI: <https://doi.org/10.22716/sckt.2021.9.2.012>
- [2] Jee-Hoon Lee, Sung-Kweon Choi, Hyun-Woo Lee, Jun-Hee Lee, Yong-Chan Park, "Design and Maintenance About the Bridge Drainage", *Magazine and Journal of Korean Society of Steel Construction*, Vol.26, No.4, pp26-34, Aug 2014.
- [3] Jong-Ho Ock, Sang-Deok Moon, Hwa-Sun Lee, Kyung-Soo Shin, "Developing an improved water discharge anchor & trap bolt to prevent basic salt penetration to harbor structures", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.19, No.4, pp.674-682, Apr 2018. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.4.674>
- [4] Jong-Ho Ock, Sang-Deok Moon, Hwa-Sun Lee, Kyung-Soo Shin, "Developing a water discharge anchor & trap bolt to prevent basic salt from penetrating to harbor structures", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.19, No.3, pp.535-541, Mar 2018. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.3.535>
- [5] Hyun Jong Lee, Hyung Bae Kim, Jae Woon Seo, "Development of a Drainage System to Mitigate Moisture Damage for Bridge Deck Pavement", *International journal of highway engineering*, Vol.9, No.2, pp129-140, Jun 2007.
- [6] Do-Su Kim, Yoon-Seok Shin, "A Study on the Risk Factors according to the Frequency of Falling Accidents in Construction Sites" *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, Vol.19, No.2, pp.185-192, Apr 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5345/JKIBC.2019.19.2.185>
- [7] Kee-Jeung Hong, Chang-Kook Oh, "Problem and Improvement in Design of Drainage Pipe for Bridges", *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol.11, No.3, pp.37-42, Jun 2011.
- [8] G. K. Young, S. E. Walker, F. Chang, Design of Bridge Deck Drainage Hydraulic Engineering Circular 21, Technical Report, Federal Highway Administration, United States, pp.30-36.
- [9] S. A. Brown, J. D. Schall, J. L. Morris, C. L. Doherty, Urban Drainage Design Manual Hydraulic Engineering Circular 22 Third Edition, Technical Report, Federal Highway Administration, United States, pp.91-94.
- [10] Ministry of Employment and Labor, 2019 Industrial accident analysis, Ministry of Employment and Labor, Korea, pp.628-637.

추 용 대(Yong Dae Choo)

[정회원]



- 1996년 2월 : 여수수산전문대학 해양토목과(졸업)
- 1995년 9월 ~ 2003년 1월 : (주)도우엔지니어즈
- 2003년 2월 ~ 2013년 3월 : (주)하이콘엔지니어링
- 2013년 7월 ~ 현재 : 모아산업 대표

<관심분야>

도로교통, 교량배수

이 재 민(Jae Min Lee)

[정회원]



- 2014년 2월 : 중앙대학교 기계공학과 (공학사)
- 2015년 8월 : KAIST 해양시스템 공학과 (공학석사)
- 2019년 8월 : KAIST 기계공학과 (공학박사)
- 2020년 9월 ~ 현재 : 전남대학교 조선해양공학과, 조교수

<관심분야>

용접역학, 구조역학