

프리캐스트 콘크리트를 이용한 신축이음장치의 한강상 교량에서의 시공성 평가

나용수¹, 이노진², 조수진^{1,3*}

¹서울시립대학교 토목공학과, ²서울특별시청 교량안전과, ³서울시립대학교 도시빅데이터융합학과

Constructability Evaluation of Expansion Joint Using Precast Concrete at Bridges on Han River

Yongsoo Na¹, No-Jin Lee², Soojin Cho^{1,3*}

¹Department of Civil Engineering, University of Seoul

²Bridge Maintenance Division, Seoul Metropolitan Government

³Graduate School of Urban Big-data Convergence, University of Seoul

요약 본 논문은 서울시에서 관리하고 있는 교량 신축이음장치의 시공과 유지관리에서 나타난 2가지 문제점(시공시간, 물고임) 해결방안에 대하여 기술하였다. 일반적인 신축이음장치 설치 시 고정을 위하여 후타 콘크리트를 주로 이용하고 있으나, 프리캐스트 콘크리트를 이용할 경우 공사 시간 축소 및 차량의 통행 제한의 최소화가 가능하다. 본 연구에서는 기존 신축이음장치 교체 공사 시 발생하는 공사시간 부족 및 통행제한, 배수부 파손 및 모물퇴적, 오수 배출능력, 부분 교체 어려움 등의 문제점들을 해결하기 위하여 프리캐스트를 이용하여 신축이음장치의 부분 교체가 가능한 공법을 실제 한강교량에 적용하고, 그 시공성(전체 교체 및 부분교체 시공시간, 배수효과)를 분석하였다. 그 결과 전체 재설치 시 공사 시간은 8시간으로 유사하였으며, 고무씰의 파손, 빗물 고임, 이물질 퇴적 등의 문제들을 해결가능함을 확인하였다. 부분 교체 시에는 2.5시간 내에 핑거판과 프리캐스트 콘크리트 교체가 가능하여, 실제 신축이음장치의 관리 시 부분 교체를 통해 시공시간 및 통행차량의 제한을 최소화할 수 있음을 확인하였다. 단, 프리캐스트 시공 시 기존 시공면과의 접합에 주의를 기울여야 하는 주의사항 또한 함께 도출되었다.

Abstract This paper presents solutions to two problems (construction time and waterlogging) faced in constructing and maintaining the new bridge expansion joints managed by the Seoul Metropolitan Government. Cast-in-situ concrete is generally used to replace the expansion joints, but precast concrete is expected to reduce the construction time and vehicle traffic restrictions. New expansion joints using precast concrete to replace finger plates and mortar partially were used in a bridge crossing Han River, and the installation process was investigated. The investigation showed that the replacement of precast expansion joints takes 8 hours like the conventional expansion joints. However, precast expansion joints resolved problems such as damage to rubber seals, rainwater retention, and debris deposition. On the other hand, finger plates and mortar were replaced partially within 2.5 hours, much shorter than the 8 hours of conventional construction using cast-in-situ concrete. This reduced replacement time minimized the construction and traffic block times. However, increased attention to ensure bonding between existing construction surfaces is needed during the installation of precast concrete.

Keywords : Expansion Joints, Precast Concrete, Replacement Process, Constructability, Precast

이 논문은 2019년도 서울시립대학교 교내학술연구비에 의하여 지원되었음.

*Corresponding Author : Soojin Cho(Univ. of Seoul)

email: soojin@uos.ac.kr

Received January 7, 2022

Revised February 16, 2022

Accepted March 4, 2022

Published March 31, 2022

1. 서론

신축이음장치는 교량 움직임에 중요한 영향을 미치는 온도와 활하중이 교량 상부구조에 발생하는 신축·처짐 및 회전 등의 거동을 흡수하고, 차량이 원활하게 통과할 수 있도록 설치하는 장치로 교량에서 꼭 필요한 부속시설이다. 신축이음장치는 공용 중에 지속적인 통행 차량 하중의 누적 및 과적차량, 대기온도 변화 등 외적인 하중 요인으로 파손이 발생하는 경우가 잦으며, 이 경우 교체가 필수적이다. 신축이음장치는 주로 차량 하중에 의한 본체 및 이음부 파손으로 인하여 교체되기도 하지만, 배수장치가 잘 동작하지 않아 고무씰이 파손되거나 누수되는 문제, 흙과 이물질이 퇴적되어 기능이 열화되는 문제로 인하여 교체되기도 한다. 신축이음장치의 교체는 높은 공사비용과 제한된 교체 시간, 차량 통행제한으로 인한 사회적 비용 증가 등의 문제를 야기시킨다.

지금까지 신축이음장치 적용에 대한 개선사항이나 신축이음장치의 손상유형, 유지관리 방안 등에 대한 연구 [1-13]들이 수행된 바 있으나, 실제 현장에서 공사시간 축소가 가능한 공법에 대한 연구는 수행된 바 없었다. 그 외에 신축이음장치 자체를 대체하는 방법으로, 교량 신설 시에 연속교나 무조인트교 등의 방식 [13,14]으로 신축이음장치의 수를 줄이거나, 유지관리 시에 기존의 신축이음장치를 철거하고 연속화하는 방안 [15,16]들이 실무에서는 주로 활용되고 있다.

본 논문에서는 신축이음장치의 설치 시간을 절감하면서 동시에 신축이음장치의 배수를 원활하게 할 수 있는 프리캐스트 콘크리트를 이용한 신축이음장치를 실제 한강상 교량에 설치하고, 그 시공성에 대한 연구를 수행하였다. 일반적으로 신축이음장치 설치 시 후타 콘크리트를 사용하고 있으나, 공용 중 교량의 신축이음장치 교체가 필요한 경우 8시간 이상, 후타재(콘크리트) 파손에 의한 교체만으로도 4시간 이상의 보수시간이 필요하다. 또한 부속부재(고무씰, 볼트파손 등)의 문제 발생 시에도 신축이음장치 전체를 교체하여야 하는 문제점이 있다. 프리캐스트를 사용하는 신축이음장치는 신축이음장치 전체 교체 시뿐만 아니라, 부속부재만을 교체하는 경우에도 활용이 가능하다. 본 논문에서는 신축이음장치의 설치 및 보수이력 [17] 등의 관리 현황을 조사하고, 프리캐스트 콘크리트를 이용한 신축이음장치의 배수 방식에 대해 설명하였다. 또한 프리캐스트 콘크리트 신축이음장치를 한강상 교량에 실제 시공하고, 현장조사를 통해 파손, 배수, 이물질퇴적을 확인하였다. 또한, 기존 방식의 신축

이음장치와 시공시간을 비교하였으며, 추가적으로 프리캐스트 콘크리트만을 교체하는 경우의 시공시간을 제시하였다. 이를 통해 실제 교량에서의 시공성(전체 교체 및 부분교체 시공시간, 배수효과)에 대해 평가하였다. 마지막으로, 추후 보완이 필요한 사항들에 대하여 제시하였다.

2. 연구 동향

신축이음장치의 개선에 대한 연구는 아래와 같이 크게 두 가지 유형으로 분류할 수 있다. 첫째는, 1) 신축이음 손상 유형 및 실태 조사 및 유지관리 방안 제시 [1-5], 2) 둘째는 신축이음장치의 방수성 혹은 내구성 개선에 관한 연구이다 [6-13]. 기존 연구 동향은 신축이음 교체의 신속한 시공보다는, 거시적인 정책 결정 및 신축이음 자체의 성능 개선에 초점이 맞추어져 있다. 본 논문은 기존 연구동향과 달리, 프리캐스트 콘크리트 이용 신축이음장치의 신속한 현장 시공 능력에 초점을 맞춘다.

첫 번째 유형의 연구 동향의 경우, 주로 현재 신축이음 장치 손상 유형의 통계를 조사하고 이를 바탕으로 새로운 유지관리 방안이나 신축이음 설치 방식을 제안하였다. Kim 등(2015-1) [3]은 기존 모노셀 타입은 누수에 취약하고, 내부 고무재 교체시 신축이음장치 전체를 교체해야 하는 단점이 있지만, 고속도로에 널리 활용되고 있음을 지적하고, 새로운 기준에서는 모노셀 시공시, 누수에 강하고, 고무재만 별도로 교체 가능한 모델을 사용하도록 제안하였다. 또한 Kim 등(2015-2) [4]은 신축이음부 누수현황을 조사하여 모노셀 타입의 신축이음장치는 96%의 누수율을, 레일식은 5%의 누수율을 보임을 확인하고 100mm 이하 신축유간의 경우 레일식을 적용할 것을 제안하였다. Choi 등(2019) [5]은 최근 기후 변화에 따른 신축이음 온도설계 기준을 새롭게 제시하였다.

두 번째 유형의 연구동향의 경우, 다양한 방식의 재료 및 시공방법을 사용하여 신축이음장치의 방수성 혹은 내구성을 향상시킨다. Lee 등(2010) [6]은 DHH-RJF System을 통하여 기존 철도교용 신축이음장치 설치의 필수적이었던 교량단부 콘크리트 일부 제거 단계 및 무수축콘크리트 타설 및 양생 단계를 생략하는 공법을 제안한다. Jung 등(2017) [7]은 동절기 교량 신축이음장치 후타재의 균열 저감을 통한 내구성 향상 연구를 수행하였다. Lee 등(2020) [8]은 경사 스프링 앵커를 통하여 신축이음의 내구성을 향상시켰으며, Kim and Lee (2020) [9]은 HRS (Hybrid replacement system) 신축이음장치의

방수성능을 검증하였다. 그 외 폴리우레아[10], 유리섬유 보강판[11], 유간 방수재[12] 등을 사용하여 신축이음장치의 성능 개선을 도모한 연구들이 보고되었다.

3. 신축이음 장치 관리 현황

3.1 서울시 한강상 교량

한강을 가로지르는 공용 중 교량은 팔당대교~일산대교까지 30개 교량(공사 중 교량 제외)이 있으며, 이중 22개 교량을 서울시에서는 관리하고 있다. 철도교(한강철교)를 제외한 21개(구리암사대교, 광진교, 천호대교, 올림픽대교, 잠실철교(도로교), 잠실대교, 청담대교, 영동대교, 성수대교, 동호대교, 한남대교, 반포대교, 동작대교, 한강대교, 원효대교, 마포대교, 서강대교, 양화대교, 성산대교, 가양대교, 행주대교) 도로교의 신축이음장치에 대하여 Table 1과 같이 현황 조사를 시행한 바, 총 787개의 신축이음장치가 설치되어 있으며 총 연장은 11,910m에 달한다. 평균적으로 교량당 37개(연장 567m)의 신축이음장치가 설치되어 있다.

Table 1. Number of expansion joints installed on Han River bridges [17]

No. Bridges	No. Exp. Joints	Total Length (m)
21	787	11,910

3.2 신축이음장치 종류

Fig. 1과 같이 핑거형, 모노셀형, 레일형, 맹조인트 등 다양한 형식의 신축이음장치가 시판되고 있으며, 한강상

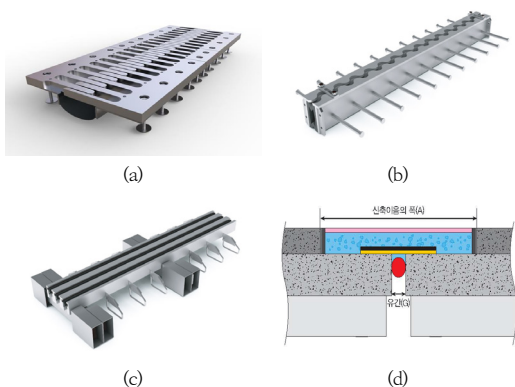


Fig. 1. Types of Expansion joint
(a) Finger (b) Monocell (c) Rail (d) Dummy Joint

도로교에는 주로 핑거형, 모노셀형, 레일형 신축이음장치가 설치되어 있다.

Table 2는 한강상 도로교의 신축이음장치 현황을 정리한 것이다. 전체 787개의 신축이음 장치 중 핑거형식이 525개(66.7%)로 가장 많이 설치되어있으며, 레일형식 130개(16.5%), 모노셀형식 105개(13.3%), 기타형식(맹조인트, 고무계 신축이음 등)이 27개(3.4%)가 설치되어 운영 중이다.

Table 2. Numbers of expansion joints according to their types [17]

Finger	Monocell	Rail	Dummy Joint	Total
525 (66.7%)	105 (13.3%)	130 (16.5%)	27 (3.4%)	787 (100.0%)

3.3 배수처리

신축이음장치는 배수형식에 따라 Fig. 2와 같이 비배수형식과 배수형식 2가지로 분류된다. 비배수형식은 신축이음장치 상부에서 물이 증발하도록 유도하며, 배수형식은 신축이음장치 사이에 U형-고무씰을 설치하여 단부 배수흡통을 통해 물을 유도배수한다.

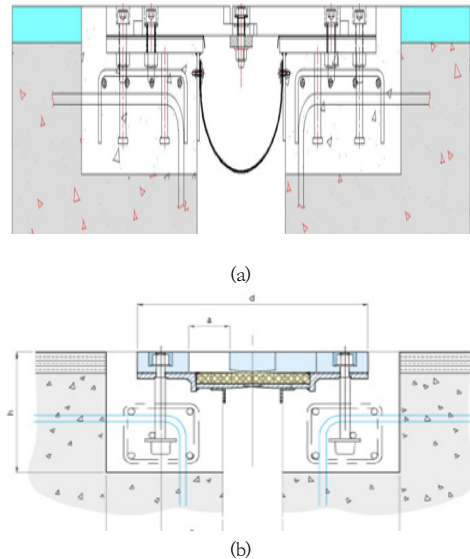


Fig. 2. Classification of expansion joints according to drainage method
(a) Non-drainage (b) Drainage

비배수형식에서도 열화나 외적 요인으로 고무씰의 파손이 발생하기 때문에, 서울시에서는 U형-고무씰을 추가 설치토록 하고 있다. 다만, 레일형식의 신축이음의 경우에는 고무씰이 많고 전체 구간이 다른 형식들보다 상대적으로 넓어, 고무씰 교체를 통해 유지관리를 하고 있다. 또한 차량의 진행에 따라 고무씰에 모래 및 이물질 적치로 고무씰 파손이 가속되어 매년 2회씩 청소를 실시하지만, 차량 소통량과 과적차량의 통행으로 관리에 어려움을 겪고 있다.

3.4 보수 이력

서울시 한강교량은 한강대교(1937년)를 시작으로 암사대교(2016년)까지 교량마다 신축이음 구축 이력이 다양하다. 7년간의(2013년~2019년) 신축이음 보수이력을 아래 Table 3에 정리하였다. 보수 주기는 보통 7~29년 간격이었으며, 거의 보수가 수행되지 않은 2017년을 제외하면 매년 평균 23개의 신축이음 장치에 대한 보수가 진행되었다.

Table 3. Numbers of repaired expansion joints and related repair costs by years (2013-2019)

Year	Whole Repair	Partial Repair	Cost (1,000KRW)	Note
2013	10	13	249,032	
2014	14	5	291,635	
2015	25	3	857,235	
2016	13	20	311,334	
2017	1	2	21,171	
2018	8	8	115,099	
2019	17	7	491,601	
Total	88	58	2,337,107	
Average	14	9	385,989	2017 Excluded

한강상 교량들의 경우 신축이음장치 본체 전체가 파손되는 경우보다 부분적으로 파손되는 경우가 많았으며, 이에 우선적으로 부분보수가 검토된다. 2013년, 2016년, 2017년에는 전체보수보다 부분보수를 2014년, 2015년, 2019년에는 부분보수보다 전체보수를 많이 시행하였다. 전체보수 시에는 기타형식의 신축이음을 핑거형식이나 모노셀형식으로 교체하는 경우가 많았으며, 핑거형식 중에서도 재질이 알루미늄 합금으로 이루어진 신축이음장치는 강재재질의 핑거형식으로 교체하였다.

신축이음장치 보수의 사유로는 Fig. 3과 같이 본체 파손이 64%, 연결부 파손 8%, 배수장치 파손 8%, 두 가지

이상의 복합 손상이 19%가 발생하여 보수를 진행하였다. 대부분 본체 파손이 원인이었으나, 단순 연결부 파손이나 배수장치 파손으로 신축이음을 교체하는 경우도 16%나 있었으며, 복합적인 손상(19%)에 의하여 신축이음을 교체하는 경우도 발생한 것을 알 수 있다.

3.5 신축이음장치 교체 공사

신축이음장치는 교량의 주요부재는 아니지만, 파손 시 Fig. 4와 같이 바닥판과 거더, 하부구조의 받침장치 등 주요부재의 파손을 발생시킬 수 있다. 또한 온도에 따른 거동을 방해하는 경우도 있어, 교량에서는 필수적인 부재이다. 따라서 신축이음장치에 문제가 발생할 경우, 신속한 교체를 통해 교량에 미치는 영향을 최소화할 필요가 있다.

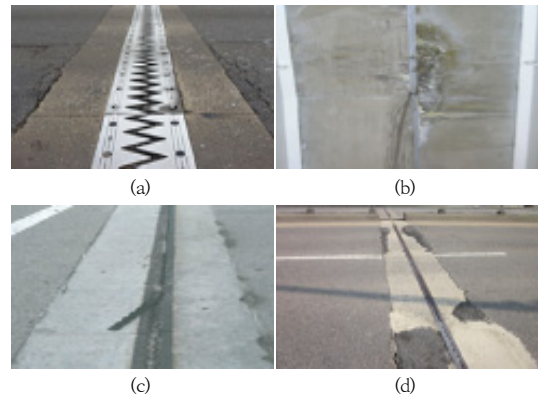


Fig. 3. Damaged parts of expansion joints
(a) Main Body (64%) (b) Connection (8%)
(c) Drainage (8%) (d) Mixed (19%)



Fig. 4. Damaged components of bridges due to damaged expansion joints
(a) Deck (b) Bearing Rust

차량소통이 빈번한 서울시 교량들의 경우 22시부터 다음날 06시까지(8시간) 교통 통제 후 신축이음장치 교체 공사가 시행된다. 그러나, 이와 같이 야간에 긴급하게 수행하는 공사는 공사의 질을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 시

공 후 하자발생이 발생하는 원인이 되기도 한다. 또한 야간에는 주차가 근처의 경우 소음으로 인한 민원이 발생할 수 있고, 야간공사로 인한 사고발생의 위험이 많은 것도 문제이다.

신축이음장치 교체공사에서는 후타콘크리트를 우선적으로 제거한 뒤, 다시 콘크리트를 타설하고, 양생을 거쳐 차량 통행을 시행하게 된다. 이때, 철거시간(3~4시간)과 후타콘크리트 양생(2시간 이상)에 많은 시간이 걸린다. 양생 시간이 부족하면 후타콘크리트 밀림 현상 및 균열이 발생되어 마무리 과정에서 발생된 문제가 전체 재시공을 하여야 하는 사유가 된다. 따라서 콘크리트 양생시간을 절감하는 신축이음장치 시공방법을 적용한다면, 효율적인 교체공사가 가능하다.

4. 프리캐스트 콘크리트를 이용한 신축이음장치

3.5에서 언급한 일반적인 신축이음장치 교체 공사의 문제점을 해결하고 신축이음장치 배수 과정을 단순화하기 위하여, 프리캐스트 콘크리트를 이용한 신축이음장치가 개발되었다. 프리캐스트 콘크리트를 이용하는 경우 교체공사 시간 최소화를 위하여 교체공정을 단순화할 수 있으며, 추가적으로 배수커튼을 활용하여 배수 과정을 단순화할 수 있다.

4.1 프리캐스트 콘크리트 신축이음장치 구성

개발된 신축이음장치는 후타콘크리트의 제거, 설치, 양생에 필요한 시간 단축을 위해 Fig. 5와 같이 블럭처럼 조립하는 프리캐스트를 사용한다. 구성을 살펴보면 차량소통을 위한 핑거판과 “L자형”의 프리캐스트 콘크리트 블록, 바닥판과 철근의 일체화를 위한 앵커소켓으로 구성되어 있다. 또한 우수흐름을 유도할 배수커튼과 주부재 손상방지를 위한 배수관을 구축하여 신축이음장치를 이룬다. 프리캐스트 콘크리트를 사용할 경우, 현장에서는 콘크리트 타설 공정을 생략할 수 있다. 또한 본체가 아닌 프리캐스트가 파손된 경우, 기존 프리캐스트만을 철거 후 신규로 조립할 수 있어 편의성과 시공성이 우수하다.

Fig. 4에서 보듯 신축이음장치는 물로부터 발생하는 문제를 꼭 해결해야 한다. 이를 해결하기 위해 프리캐스트 신축이음장치에는 Fig. 6과 같이 상부(바닥판)에서의 배수가 아닌 하부(받침장치)에서 배수를 유도하는 공법

이 사용되었다. 신축이음장치 하부에 배수커튼을 설치함으로써, 상부 바닥판을 타고 흐르는 우수가 신축이음장치 상부에서 배수커튼을 통해 하부 코핑부로 흘러 자연스럽게 배수된다.

이 같은 배수 방식은 기존 장치에서 지속적으로 발생되고 있는 고무질의 파손과 누수, 흙과 이물질 퇴적문제도 함께 해결할 수 있다. 또한, 이상기후 발생으로 교량 배수 설계보다 더 많은 폭우가 발생할 때에도, 기존 배수 방식과 달리 우수의 배수가 가능한 장점을 가지고 있다.

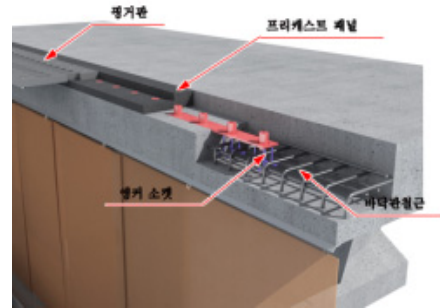


Fig. 5. Expansion joint using precast concrete

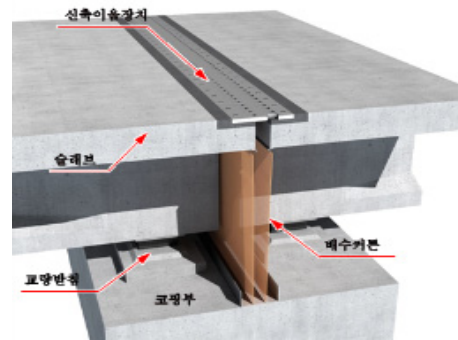


Fig. 6. Drainage of expansion joints using precast concrete

4.2 KS F 4425 시험

교량 신축이음장치는 KS F 4425 기준에 근거한 시험을 수행하여야 한다. 본 프리캐스트를 활용한 신축이음장치에 대해 KS F 4425 시험을 추진하였다. 지그 제작 후 프리캐스트 콘크리트를 설치하고 연결볼트 설치 및 핑거 플레이트를 연결하여 볼트를 체결하였다. 볼트는 양쪽 단부를 하나씩 조였으며, 볼트 조임 후 프리캐스트 콘크리트 중앙부에 Fig. 7과 같은 균열이 발생되었다.

균열 발생에 대한 원인을 분석한 결과 하부 기존 콘크리트 면과 프리캐스트 콘크리트 면의 접착면이 Fig. 8과

같이 중앙부분이 높고 양쪽 단부가 낮아(2~4mm) 볼트 체결에 따른 휨 균열이 발생된 것으로 파악되었다. 이러한 문제점 해결을 위해 Fig. 9와 같이 프리캐스트 콘크리트 타설 시 거푸집 마감면을 하면에서 측면으로 변경하였으며, 또한 볼트와 콘크리트 단부 거리를 증가(50mm→75mm) 시켰다. 이렇게 거푸집 마감면 변경과 볼트홀 위치 변경을 통해 2차 KS F 4425 시험을 수행하였으며, 양호한 성적을 얻었다. 또한 시험 완료 후 해체 시 조사과정에서도 특이점은 발견되지 않았다.



Fig. 7. Crack on precast concrete

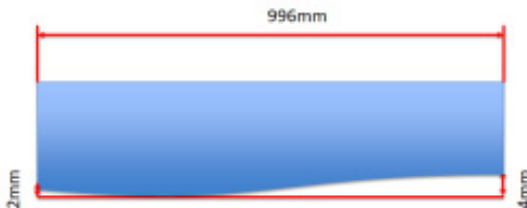


Fig. 8. Causes of cracks on precast concrete

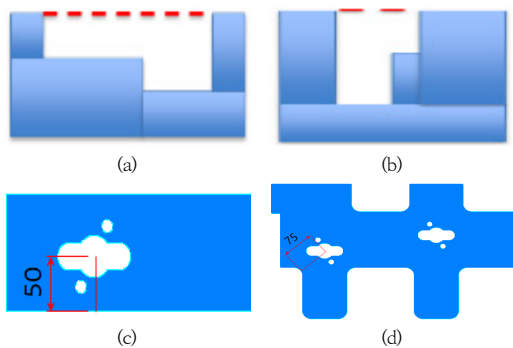


Fig. 9. Solutions for cracks on precast concrete
 (a) 180-degree batting finish (b) 90-degree batting finish (c) End distance 50mm (d) End distance 75mm

5. 프리캐스트 콘크리트를 이용한 신축이음장치의 시공

5.1 시험시공

현재 운영 중인 한강상 교량에 프리캐스트 콘크리트 신축이음장치를 시험시공하고, 전체 및 부분교체 시 공 사 소요시간 산정, 배수 능력 확인을 수행하였다. 시공과정의 문제점 파악을 위해 주간에 시공이 가능한 구간, KS F 시험이 완료된 크기(No. 150), 현재 시공된 신축이음장치의 교체가 필요한 상황 등을 고려하여 서울 광진구와 송파구를 연결하는 올림픽대교를 대상 교량으로 선정하였다. 시험시공 위치는 2005년도에 교체된 후 14년간 공용 중인 신축이음(L=10m)으로, 신축이음의 단차 및 누수가 발생되고 있다는 정밀안전점검 의견을 참고하여 선정하였다.

5.2 시공순서 및 공사 소요시간 산정

Table 4는 기존 신축이음장치를 교체하는 순서와 그에 따른 소요 시간(서울시에서 관리하는 교량의 평균)을 나타낸 것이다. 프리캐스트 콘크리트 신축이음장치로 교체하는 경우, 시공순서는 Table 5와 같다. 기존 신축이음장치 교체공사와는 다른 프리캐스트와 평거판의 고정을 위한 앵커소켓 설치공정, 볼트소켓 및 배수커튼 설치와 프리캐스트 설치 과정이 있다. Fig. 10은 이와 같은 공정을 그림으로 나타낸 것이다.

공정을 검토한 결과, 기 설치된 신축이음장치 철거에 필요한 4시간을 포함한 8시간 동안, 프리캐스트 콘크리트 신축이음장치의 설치가 가능한 것으로 확인되었다. 일반적인 공법의 경우, 신규 신축이음장치를 먼저 거치한 뒤 콘크리트를 타설하는 반면, 프리캐스트 콘크리트 신축이음장치는 프리캐스트 콘크리트를 설치하기 위한 작업을 우선 수행한 뒤 신축이음장치를 설치한다. 일반적인 공법에서는 철근용접에 1시간, 후타재 양생에 2시간을 사용하는 반면, 프리캐스트 콘크리트를 사용하는 신축이음장치는 콘크리트 설치 및 배수커튼 설치를 위한 작업에 3시간을 사용한다. 따라서 설치 시간은 동일하지만, 이미 공장에서 양생한 콘크리트를 이용하므로 고품질 시공이 가능한 것이 장점이다. 또한, 배수장치까지 모두 제한된 시간 내에 설치가 가능하다.

Table 4. Typical replacement process of conventional expansion joints

Typical Expansion Joint → Typical Expansion Joint (8hour)
① Removal of Existing Expansion Joints (max 4hour)
② Installation of New Device Holder (0.5hour)
③ Reinforcement Welding (1hour)
④ Unshrinkable Mortar Placing (0.5hour)
⑤ Hardening (2hour) + Vehicle Opening

Table 5. Replacement process of typical expansion joint to expansion joint using precast concrete

Typical Expansion Joint → Precast Concrete Expansion Joints (8hour)
① Removal of Existing Expansion Joints(max 4hour)
② Rebar Welding After Anchor Socket Installation (1hour)
③ Reinforcement Welding (1hour)
④ Installation of Bolt Sockets and Drain Curtain (1hour)
⑤ Installation of Precast Concrete (0.5hour)
⑥ Fingerplate Installation (0.5hour) + Vehicle Opening

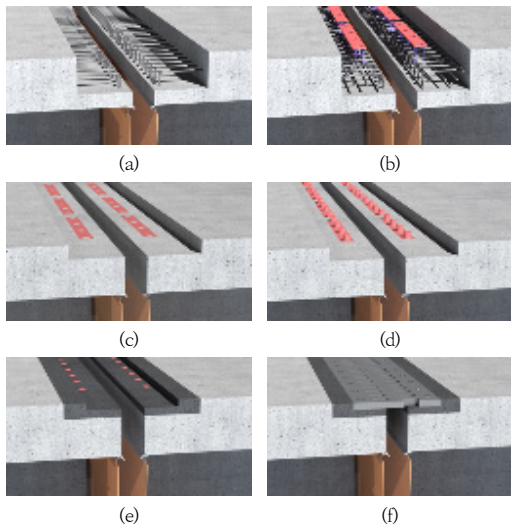


Fig. 10. Rendered replacement process of expansion joint using precast concrete

- (a) Removal of existing expansion joint
- (b) Rebar welding after anchor socket installation
- (c) Casting of non-shrinkage concrete
- (d) Installation of bolt sockets and drain curtain
- (e) Installation of precast concrete
- (f) Installation of finger plate

5.3 시공 후 현장 조사

교체 시공이 끝나고 현장 조사를 진행하였다. 현장 조사 결과, 신축이음 장치에 구조적인 문제는 발생하지 않은 것을 확인하였으며, 우수 뒤에도 일반적인 신축이음 장치에서 나타나는 빗물 고임 현상이나 이물질 퇴적의 문제점도 없음을 확인하였다.

또한 제안한 신축이음장치는 기존에 사용하는 배수구 대신 배수커튼을 활용함으로써 이상기후로 인한 폭우에 대비가능한 배수능력을 제공한다. 여름철 올림픽대교의 신축이음장치 유간이 최소(7.5cm)인 경우를 가정했을 때, 기존 올림픽대교의 배수구(직경 10cm)의 배수가능 면적은 최소 78.5cm²인 반면, 제안한 신축이음장치는 길이 1m 당 배수구 역할을 하는 배수가능 면적이 7,500cm²이다. 따라서 실제로 길이 1m 당 95개(=7,500/78.5)의 배수구가 설치된 효과를 발휘하므로, 폭우 발생시에도 확실한 배수가 가능함을 확인할 수 있다.

5.4 시공 주의사항

프리캐스트라는 제품을 현장에 적용하여야 함에 주의 사항이 몇 가지가 도출되었다. 현장 조사시 프리캐스트 크기를 정확히 측정하여야 한다. ① 현장 시공시 사이즈 변경이 불가하기 때문이다. 또한 ② 앵커소켓과 프리캐스트 하면의 정밀도가 시공 품질확보에 영향을 미쳤다. ③ 현장에서 발생하는 변경 사항에 대한 대응이 어려웠고 ④ 프리캐스트 콘크리트 파손시를 대비할 방안이 필요하였다. Fig. 11과 같이 일반적인 신축이음장치와는 다르게 정확한 계획과 시공이 필수조건이다.

5.5 프리캐스트 신축이음장치의 장점

기존 후타콘크리트 보수시에 나타나는 시공상의 문제점 해결을 위해 프리캐스트 콘크리트를 교체하는 공사를 시공 6개월 후에 시행하였다. 프리캐스트 콘크리트 교체는 Table 6과 Fig. 11에서 보인 바와 같이 핑거볼트 제거 - 핑거판 제거 - 프리캐스트 콘크리트 제거 - 프리캐스트 콘크리트 설치 - 핑거판 설치 - 핑거볼트 설치의 순서로 진행된다. Table 4에서 보인 바와 같이 일반적인 신축이음장치 교체는 약 8시간이 필요한 반면, 프리캐스트 콘크리트를 이용한 콘크리트 교체의 경우 Table 6과 같이 2.5시간이 소모되어 기존 공법 대비 68.75%의 시간 절감 효과를 보였다. 따라서 신축이음 교체 시공에 필요한 시간을 절감하여 교통통제에 대한 사회적 비용과 함께 신축이음장치 교체에 소모되는 비용 또한 최소화할 수 있다.

Table 6. Replacement process of expansion joint using precast concrete

Precast Concrete Expansion Joints → Precast Concrete Expansion Joints (2.5hour)
① Removal of Fingerplates and Precasts (1hour)
② Precast Concrete Installation (1hour)
③ Fingerplate Installation (0.5hour) + Vehicle Opening

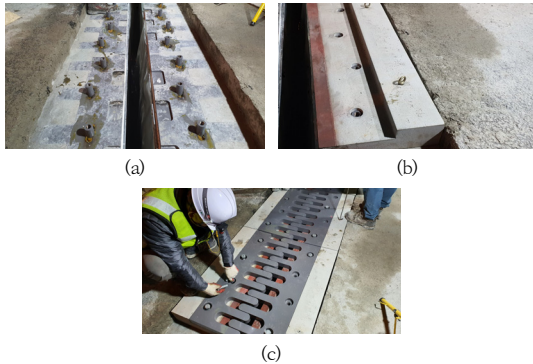


Fig. 11. Photos of precast concrete replacement process

- (a) Removal of Fingerplates and Precasts
- (b) Precast Concrete Installation
- (c) Fingerplate Installation

6. 결론

본 연구에서는 기존 신축이음장치 한계점이었던 긴 교체 공사시간, 잦은 배수부 파손 및 오물 퇴적, 약한 오수 배출능력, 어려운 부분 교체 등을 해결하기 위하여 프리캐스트 콘크리트를 이용한 신축이음 장치를 한강상 교량에 시험시공하고, 그 시공성을 확인하였다. 본 연구는 기존 신축이음장치 관련 연구들이 주로 신축이음 유지관리 방안 제시, 혹은 신축이음장치 자체의 내구성 향상에만 집중하였던 것과 달리, 공장에서 완성된 프리캐스트 콘크리트의 현장 급속 시공을 통한 공사 시간 절감에도 중점을 두어 연구를 진행하였다.

본 연구에 사용된 프리캐스트 콘크리트 신축이음장치는 차량 통행 하중을 지탱하는 핑거판, 핑거판 아래에 위치하는 프리캐스트 콘크리트 블록, 바닥판과 철근의 일체화를 위한 앵커 소켓으로 구성되며 우수흐름 유도를 위한 배수커튼도 사용되었다. 프리캐스트 콘크리트 신축이음장치를 KS F 4425 실험을 통하여 검증하였으며 실험을 통하여 볼트와 콘크리트 단부 거리를 최적화하였다. 실제 올림픽대교 시험시공을 통하여 전체 신축이음

장치 교체시에는 기존 신축이음장치 변경과 유사한 교체 시간인 8시간이 소요되었으나, 기존 신축이음장치의 문제점으로 지적되었던, 고무씰의 파손, 물고임, 이물질 퇴적 등의 문제를 해결하는데 큰 도움이 되었다. 또한 프리캐스트 콘크리트 신축이음장치가 기 시공된 영역의 경우 파손된 콘크리트부만 교체할 시 약 2.5시간의 획기적으로 단축된 시공시간이 확보됨을 확인하였다.

현재 프리캐스트 콘크리트 신축이음장치 공학적인 한계는 다음과 같다. 기존 방식은 현장에서 콘크리트를 타설하기 때문에, 유동적인 시공이 가능하였지만, 프리캐스트 콘크리트를 사용할시, 공장에서 콘크리트 타설이 종료되기 때문에, 현장에서 시공오차에 대응하기가 어렵다. 공장에서의 여분 확보 등의 문제점이 개선된다면 지금보다 더 효과적인 신축이음장치가 될 것으로 판단된다.

현재 국내 많은 교량들의 노후화가 진행됨에 따라 더 많은 신축이음장치 교체 수요가 발생할 것으로 예측된다. 프리캐스트 콘크리트 신축이음장치를 이용한 교체 시공이 더 활발하게 이루어진다면, 교량 교체에 투입되는 인건비와 같은 직접적인 비용뿐 아니라, 교통 통제 시간 감축에 따른 부가적인 사회 비용의 절감도 크게 기대된다.

References

- [1] S. Y. Yang, "Application for Improvement of Expansion Joints," *Technical Report*, Korea Expressway Corporation, Korea, pp.1-9, 2009.
- [2] Y. J. Kim, "A Research on the effect of reducing the construction cost and noise reduction of the expansion joints on the bridge," *Technical Report*, Land & Housing (LH) Institute, Korea, pp.1-40, 2014.
- [3] K-H. Kim, S-K, Kang, and I-B, Kim, "Corruption Investigation of Expansion Joints of Expressway Bridge," *Proceedings in Annual Conference of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, pp. 595-596, Oct. 2015.
- [4] K-H. Kim, H-S. Kim, S-K, Kang, and N-K. Kang, "Modification Approach for Expansion Joint on Deteriorated Expressway Bridges by Water Leakage," *Proceedings of the KSCE 2015 Convention*, pp. 25-26, Oct. 2015.
- [5] H. Choi, J. Yun, and Y. Cho, "A Study on the Analysis of Temperature Design Standards for Expansion Joint Considering Recent Current Climate Change," *Proceedings of the KSCE 2015 Convention*, pp. 610-611, Oct. 2019.
- [6] P. Lee, E. Kim, and M-C. Kim, "A Study on the

Improvement and Application of Expansion Joint System for Railway Bridge," *Proceedings in Annual Conference of the Korean Society for Railway*, pp. 1686-1691, 2010.

- [7] J-P. Jung, M-J. Jang, Y-S. Yoon, M-J. Kim "Crack Properties of Expansion Joint using RS-LMC," *Proceedings in Annual Conference of the Korea Concrete Institute*, Vol. 29, No. 1, pp. 559-560. 2017.
- [8] Y. I. Lee, D. Y. Kim, S. G. Cho, and S. J. Yoon, "Analytical study on performance improvement of expansion joints for bridges using the Sloped Spring Anchors," *Proceedings in Conference of Korean Society Of Steel Construction*, Vol.31, No.1 pp. 201-202. 2020.
- [9] D. Kim, and J. Lee, "Evaluation of Waterproofing Performance of Hybrid Replacement System Modular Joints". *Proceedings of the KSCE 2020 Convention*. pp. 1201-1202, Oct. 2020.
- [10] G. S. Jeon, Y. S. Cho, and I. W. Seo, "Development of Maintenance Process for Expansion Joint using Poly-urea," *Proceedings in Conference of the Korean Society for Railway* pp. 263-268, Oct. 2016.
- [11] Y-J. Kim, and S-H. Yoon, "A promoting Durability of Underpass Expansion Joint Using Glass Fiber Reinforced Plate," *Journal of Korean Society for Advanced Composite Structures*, Vol. 3, No. 3, pp. 17-22. 2020.
- [12] S-Y. Kim, H-G. Kim, J-Y. Song, H-S. Kim, K-D. Kang, and S-J. Yoon, "A Development of Waterproof System with Bituminous Mixtures in Bridge Expansion Joint," *Proceedings of the KSCE 2017 Convention*, pp. 962-963, Oct. 2017.
- [13] J-H. Kim, B-C. Joo, S-J. Lee, Y-G. Kim, "Field Applicability Verification of Non-Joint Bridge Repair Method," *Proceedings in Annual Conference of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, Vol. 23, No. 2, pp. 150, 2019.
- [14] M. S. Koo, "Continuation of P.S.C. Beam Bridge", *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol.47 no.8, pp.31-36, Aug. 1999.
- [15] Y. Y. Kim, Y. D. Park, "Design Concept and Approach Proposed for Engineered Cementitious Composites (ECC) Link Slabs in a Jointless Bridge Deck System", *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol.24, No.6 A, pp.1151-1158, Nov. 2004.
- [16] K. S. Choi, T. H. Lee, G. W. Jeon, I. H. Kim, K. H. Lee, "The Present and Future of Jointless Bridges for Expressway", *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol.66, No.10, pp.51-56, Oct. 2018.
- [17] Y. S. Na, "Report on the results of an investigation on the status of replacement of expansion joints," *Technical Report*, Seoul Metropolitan Government, Korea, pp.1-5, 2015.

나 용 수(Yongsoo Na)

[정회원]



- 2002년 2월 : 서울과학기술대학교 토목공학과 (공학사)
- 2018년 8월 : 서울시립대학교 공과대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 서울특별시 교량안전과 주무관

- 2019년 3월 ~ 현재 : 서울시립대학교 공과대학원 토목공학과 (공학박사과정)

<관심분야>

구조물 유지관리, 교량 계측관리

이 노 진(No-Jin Lee)

[정회원]



- 2003년 2월 : 서울시립대학교 일반대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 ~ 2011년 3월 : (주)청석엔지니어링 특수사업부 과장
- 2011년 9월 ~ 2012년 3월 : 한국철도기술연구원 연구원
- 2015년 10월 ~ 현재 : 서울특별시 교량안전과 주무관

<관심분야>

구조물 유지관리, 교량 내진성 향상

조 수 진(Soojin Cho)

[정회원]



- 2004년 2월 : 한국과학기술원 건설및환경공학과 (공학사)
- 2005년 8월 : 한국과학기술원 건설및환경공학과 (공학석사)
- 2011년 2월 : 한국과학기술원 건설및환경공학과 (공학박사)
- 2016년 3월 ~ 2020년 2월 : 서울시립대학교 토목공학과 조교수

- 2020년 3월 ~ 현재 : 서울시립대학교 토목공학과 부교수

<관심분야>

구조물 유지관리, 영상처리, 딥러닝