

# 교량 유지관리비용 분석을 위한 대표 보수보강 비용모델 개발

선종완, 이동열, 박경훈\*  
한국건설기술연구원 구조융합연구소

## Development on Repair and Reinforcement Cost Model for Bridge Life-Cycle Maintenance Cost Analysis

Jong-Wan Sun, Dong-Yeol Lee, Kyung-Hoon Park\*

Structural Eng. Research Division, Korea Institute of Civil Eng. and Building Tech.

**요약** 교량관리시스템(Bridge Management System, BMS)을 활용한 교량의 생애주기 관리를 위해서는 교량의 부재별 보수보강 비용 산정이 필수적이다. 본 연구에서는 BMS에 적용 가능한 체계적인 유지관리 비용 모델의 개발을 위하여 교량을 구성하는 대표 부재를 정의하고, 대표 부재별 세부 및 대표 보수보강 공법을 도출하였다. 세부 보수보강 공법별 단가를 산정하기 위해 표준 폼셈과 실적 공사비를 이용해 각 세부 보수보강 공법별 일위대가를 구성하고, 적산 프로그램을 활용하여 보수보강 단가의 갱신이 용이하도록 체계적인 절차를 제시하였다. 또한 세부 보수보강 공법별 단가와 적용 빈도를 고려해 가장 평균 형태로 대표 보수보강 공법의 평균 단가를 산정하였다. 도출된 평균 단가를 기존의 실적 비용 단가와 비교 검증하여 적정성을 검토하였다. 제안된 평균 보수보강 비용 단가는 교량 유지관리 계획 수립 단계에서 요구 예산의 타당성을 검증하거나 보수보강 실적 비용의 적정성을 검토하는 데 활용될 수 있다. 본 연구를 통해 유지관리 비용 정보의 신뢰도와 의사결정의 합리성을 증진시킬 수 있을 것으로 판단된다.

**Abstract** Estimating the repair and reinforcement (R&R) costs for each bridge member is essential for managing the life cycle of a bridge using a bridge management system (BMS). Representative members of a bridge were defined in this study, and detailed and representative R&R methods for each one were drawn in order to develop a systematic maintenance cost model that is applicable to the BMS. The unit cost for each detailed R&R method was established using the standard of estimate and historical cost data, and a systematic procedure is presented using an integration program to enable easy renewal of the R&R unit cost. Also, the average unit cost of the representative R&R methods was calculated in the form of a weighted average by considering the unit cost and application frequency of each detailed R&R method. The appropriateness of the drawn average unit cost was reviewed by comparing and verifying it with the previous historical unit cost. The suggested average R&R unit cost can be used to review the validity of the required budget or the appropriateness of the R&R performance cost in the stage to establish the bridge maintenance plan. The results of this study are expected to improve the reliability of maintenance cost information and the rationality of decision making.

**Keywords** : Bridge Maintenance Cost, Bridge Repair and Reinforcement(R&R) Method, Repair and Reinforcement Cost Model, Life Cycle Management, Bridge Management System(BMS)

### 1. 서론

교량의 생애주기를 고려한 유지관리 계획 수립과 유

지관리비용의 합리적인 산정을 위해서는, 교량 유지관리 정보의 체계적인 관리와 분석에 기초한 교량관리시스템(Bridge Management System, BMS)의 활용이 필수적이

본 논문은 국토교통부의 지원으로 수행되었음.

\*Corresponding Author : Kyung-Hoon Park(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)

Tel: +82-31-910-0565 email: paul@kict.re.kr

Received October 20, 2016

Accepted November 10, 2016

Revised (1st November 4, 2016, 2nd November 9, 2016)

Published November 30, 2016

라 할 수 있다. BMS를 활용하여, 발생한 손상에 적절한 보수보강공법을 적용함으로써 교량의 수명을 연장하고 안전 및 성능을 일정한 수준으로 확보하는 동시에 장래 유지관리 비용의 합리적인 추정과 절감을 위한 의사결정 지원을 도모할 수 있다[1].

일반적으로 교량의 유지관리 조치는 건설 이후 일정 시기가 경과한 후에 발생하는 손상에 기인하여 수행하게 된다. 국내 고도 성장기에 교량의 건설이 집중되었던 것과 마찬가지로 보수보강 시기도 동시다발적으로 도래할 것이 예상된다. 따라서 향후 소요될 막대한 보수보강비용의 추정을 통해 선제적인 대응전략을 마련하기 위해서는 적절한 보수보강비용 모델의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 BMS에서 생애주기관리를 위하여 시스템적으로 활용 가능한 보수보강비용 추정 모델을 개발하고자 하였다. 연구 수행절차는 Fig 1.과 같이 보수보강공사 비용 산정 현황, 국내의 보수보강비용 모델 개발 현황, 보수보강비용 관련 정보관리체계 등을 조사하고, 이를 바탕으로 교량 유지관리를 위한 대표 부재 및 세부 부재를 정의하였다. 또한 BMS 데이터베이스의 적용된 보수보강공법에 대한 빈도분석을 통해 부재별 대표보수보강공법과 세부보수보강공법을 정의하였다. 도출된 세부보수보강공법의 비용단가 산정을 위해 상용 적산프로그램(Event Breakdown System, EBS)[2]을 활용하여 세부보수보강공법에 대한 적산작업을 수행하고 공법별 보수보강 단가를 산정하였다. 산정된 공법별 비용과 적용 빈도를 고려하여 대표보수보강공법의 단가를 정의하고 그 활용방안을 제안하였으며, 마지막으로 개발된 모델의 신뢰도를 검토하였다.

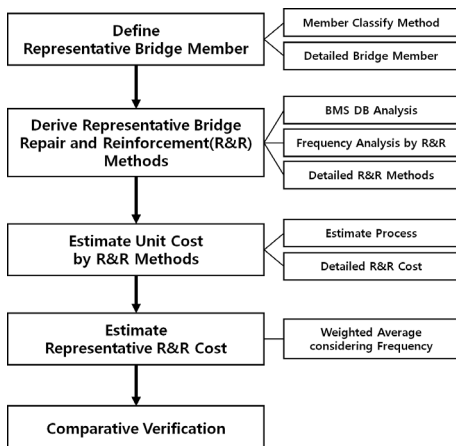


Fig. 1. Research Process

## 2. 기존연구동향

교량의 유지관리에 대한 수요의 증가와 함께 국내에서는 국토교통부와 한국도로공사 등 교량의 관리주체와 공공기관을 중심으로 유지관리 비용을 산정하기 위한 연구가 진행되고 있다. 한국도로공사에서는 고속도로교량 관리시스템(Highway Bridge Management System, HBMS)을 개발하면서 기존 데이터베이스의 교량정보 및 비용정보를 수집 분석하고 교량의 생애주기 동안 발생하는 유지관리비용의 예측과 관련된 연구를 수행하였으며[3], 교통시설 투자평가지침에서는 유지관리비용을 운영비, 수선유지비, 도로개량건설비 등으로 구분하여 한국도로공사의 업무통계자료를 바탕으로 고정비용과 로그곡선식 기반의 변동비를 제안하였다. 이를 바탕으로 연차별 고속도로 표준 유지관리비를 제시하고 이를 기준으로 국도 및 지방도의 유지관리비 적용방안을 제시하였다[4]. 또한 교량의 생애주기비용 및 경제성 분석에 활용하고자 형식별 유지관리 기간에 따른 보수보강비용을 산정하는 연구가 수행되었으며, 이를 위해 도로의 유지관리비 구성과 도로 종류별 유지관리비 집행실적을 조사하고 1종 교량의 형식별 초기 건설비와 보수보강비용을 산정하였다[5]. 하지만 폐쇄형인 고속도로 상 교량과 개방형인 일반도로 상 교량은 공사여건(교통량, 속도, 차량통제 가능여부 등)이 다르기 때문에 동일한 보수보강공법을 사용한다고 할지라도 필요 공사비는 평균적으로 다를 수 있으며, ‘시설물의 유지관리에 관한 특별법’에 따라 정의되는 1종 교량의 개소는 전체 교량의 약 11%에 불과하기 때문에 일부 교량에 한정하여 개발된 모델을 모든 교량에 그대로 적용하는 것에는 한계가 있다.

미국에서는 교량의 놓인 위치의 환경, 성능 평가나 조치방법의 결정 그리고 그와 같은 정보의 전달을 위한 최소단위로 공통적으로 인식되는 부재(Commonly Recognized(CoRe) Elements)를 정의하였다[6]. 이를 바탕으로 미국의 주도로교통공무원협회(American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO)에서는 효율적인 점검교량의 유지관리를 위한 매뉴얼을 제안[7]하고 있으며, Florida 교통국(Department of Transportation, DOT)에서는 BMS에 사용할 부재별 보수보강공법 비용을 도출하였다[8]. 미국에서 적용중인 기법은 CoRe 요소에 기반하여 성능 및 비용을 평가하고 해당 정보는 표준화되어 있기 때문에

정보의 활용이 용이하다는 점에서 현실적이고 실용적이거나, 비용모델 개발 시 전문가 판단이 지배적으로 적용되었고 주기적인 갱신이 곤란하여 제안된 단가가 실제적이지 않을 수 있다. 기타 국가에서 운영하고 있는 BMS에서도 보수보강비용을 고려하고 있는 것으로 보고되고 있으나[9], 구체적인 사례를 제공하고 있지는 않은 실정이다.

### 3. 교량 대표보수보강공법 도출

#### 3.1 교량 대표부재 도출

교량의 성능평가와 비용산정의 기준을 정의하기 위해 본 연구에서는 AASHTO에서 정의한 CoRe 요소[6]와 국내의 교량터널조사기업 지침서[10], 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침[11]을 조사하였다. AASHTO에서 정의한 106개의 CoRe Set에서는 DOT별로 대표부재 및 환경 여건 등을 고려해 세부 대표부재를 정의하고 있으며 이를 바탕으로 공법별 비용을 도출하여 활용하고 있다[6][8]. 국내의 BMS 정보관리체계를 정의하고 있는 교량터널조사기업 지침서에서는 교량을 교면포장, 배수시설, 난간연석, 바닥판/슬래브, 콘크리트주형, 콘크리트 가로보, 강재주형, 강재가로보, 신축이음(본체, 후타재), 교량받침, 교대 및 교각(구체, 기초)로 부재를 구분하고 있다[10]. 세부지침에서는 교량의 부재를 주요부재와 보

조부재로 구분하고 있다. 주요부재는 다시 상부구조(바닥판, 거더), 하부구조(교대, 교각, 주탑, 기초), 받침, 케이블(케이블, 정착구, 행어밴드, 새들), 기타부재(신축이음, 배수시설, 난간 및 연석, 교면포장)로 구분하고 보조부재는 2차부재인 가로보 및 세로보를 의미한다. 또한 각각의 부재를 종류에 따라 구분하여 점검부위, 손상종류를 제시하고, 각 손상별 상태평가 기준을 제시하고 있다[11].

본 연구에서는 상기의 국내의 지침에 대한 분석과 국내 실정에 적합하도록 전문가 자문 결과 등을 고려하여, Table 1과 같이 10가지 대표부재 및 84개 세부부재로 정의하였다. 세부적으로 바닥판은 국외사례를 준용하여 거더가 지지하는 바닥판과 자체적으로 지지하고 있는 슬래브로 구분하고 각각을 구조형식에 따라 9개의 세부부재로 구분하였다. 주형은 상부형식별 구분을 이용하여 재료별 구분을 만족할 수 있도록 9개 세부부재로 구분하였다. 2차부재는 가로보 및 세로보를 5개 세부부재로 구분하였다. 교대 및 교각은 국내 기준에 국외 기준(수중여부)을 준용하여 6개 세부부재로 구분하였으며, 기초는 국내의 부재구분을 기준으로 6개 세부부재로 정의하였다. 교량 받침 및 신축이음은 국내 사례를 기준으로 국외 사례를 추가하는 형태로 정의하였다. 교면포장의 부재 구분은 주로 사용되는 아스팔트와 콘크리트 및 방수층으로 구분하였다. 배수시설 및 연석은 별도의 재료구분 없

Table 1. Result of Classify Representative and Detailed Members

| Representative Member |            | Detailed Member   |
|-----------------------|------------|---|
| Deck                  | Deck       | Concrete, Steel, Prestressed Concrete, Hollow, Prestressed Concrete-Hollow, Other   |
|                       | Slab       | Concrete, Prestressed Concrete, Hollow, Prestressed Concrete-Hollow, Other  |
| Girder                |            | RCT, Steel-I, PSCI, PSC-Box, Steel Plate, Preflex, RC Box, Steel Box, Other   |
| Secondary Member      | Cross-beam | Concrete, Steel and Other   |
|                       | Stringer   | Steel and Other   |
| Abutment/Pier         | Abutment   | Concrete, Underwater Concrete, Other  |
|                       | Pier       | Concrete, Underwater Concrete, Other  |
| Foundation            |            | Spread, Open Caisson, RC Pile, PSC Pile, Steel Pile, Other  |
| Bearing               |            | Plane, Line, Pot, Rubber, High Tensile Brass, Roller, Rocker, Pivot, Pin, Other   |
| Expansion joint       |            | Angular, Cutting, Joint Filler, Angle Reinforcement, Steel Reinforcement, Cut off, Coupling, Hama, Rubber Top, Sandwich, Trans Flex, Fressynet, Steel Finger, Steel overlap, Mageba, Damage Type, Gai Top, Rail Type, Bedding Mortar, Other |
| Pavement              |            | Concrete, Asphalt, Waterproof, Other  |
| Drainage              |            | Drainage  |
| Barrier/Curb          | Barrier    | Concrete, Steel, Aluminum, Other  |
|                       | Curb       | Curb  |

이 단일한 부재로 정의하였으며, 난간은 재료에 따라 구분하였다.

### 3.2 대표보수보강공법 도출

교량에 적용되는 보수보강공법은 사용재료, 공법, 적용대상 등에 따라 다양하게 분류된다. 접착공법을 예로 들면 접착재료에 따라 강관접착, 탄소섬유 부착, 탄소판 부착, 유리섬유 부착 등으로 구분할 수 있다. 따라서 사용되는 모든 보수보강공법의 단가를 산출하여 준비해 두는 것은 실질적으로 불가능하며, 가능하다고 할지라도 세부공법을 지정해 예산배분 등 의사결정을 수행하는 것은 이해관계의 문제를 야기할 수 있으므로 대표적인 공법을 제공해주는 것이 타당할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 대표보수보강공법을 도출하기 위해 BMS에 입력된 보수기록을 바탕으로 적용 빈도 분석을 수행하고, 공법별 구분의 적정성에 대한 교량 보수보강 전문가의 검토 결과를 반영하여 Table 2와 같이 대표 부재별로 다수의 세부보수보강공법을 대표하는 보수보강 공법을 정의하였다. 정의된 대표보수보강공법은 총 48건이고 하위 연계된 세부보수보강공법은 117건이다.

## 4. 대표보수보강공법 비용도출

### 4.1 실적공사비를 고려한 단가산정

현재 대부분의 교량 관리주체는 품셈(quantity per unit)에 따라 각 보수보강 공법별 공종과 각 공종별 일위대가를 정의하고, 매월 발간되는 물가자료, 정부에서 발표한 노임단가 등을 이용해 일위대가에 포함된 기초단가를 갱신하는 방법으로 보수보강공법별 단가를 산정한다.

본 논문에서는 기존 방법의 일위대가를 구성하는 공종 중 실제 실적이 있는 공종은 실적 공사비를 적용하는 방식으로 기존 표준 품셈에 따른 단가 산정 절차를 개선하였다. 또한 적산프로그램인 EBS를 이용해 각 공법별 단가 산정식을 관리하고, 자재비, 노무비, 경비로 구성된 기초 단가 자료와 기계경비와 같은 중기 비용, 환율 및 유류비 등의 기초비용자료와 실적공사비 적용 공종의 단가를 변경하면 시스템적으로 공법별 단가가 갱신될 수 있도록 표준화된 산정방식을 적용하였다. 이와 같은 절차를 도식화하면 Fig 2와 같다.

Table 2. Repair & Reinforcement(R&R) Method for Representative Member

| Representative Member       | R&R Method                     |          |
|-----------------------------|--------------------------------|----------|
|                             | Representative                 | Detailed |
| Deck                        | Grouting                       | 1        |
|                             | Concrete Surface Repair        | 1        |
|                             | Concrete Section Repair        | 2        |
|                             | Bonding                        | 7        |
|                             | Waterproof                     | 3        |
|                             | Slab Thickening                | 2        |
|                             | Replacement                    | 6        |
| Girder and Secondary Member | Surface Repair                 | 1        |
|                             | Injection/Grouting             | 3        |
|                             | Concrete Section Repair        | 2        |
|                             | Bonding                        | 7        |
|                             | External Prestress             | 1        |
|                             | Prevent Crack                  | 1        |
|                             | Painting                       | 3        |
|                             | Bolt Replacement               | 1        |
|                             | Welding                        | 2        |
|                             | Additional girder installation | 3        |
| Rehabilitation(Plate)       | 1                              |          |
| Abutment/Pier               | Injection/Grouting             | 1        |
|                             | Section Repair                 | 2        |
|                             | External Prestress             | 3        |
|                             | Bonding                        | 2        |
| Foundation                  | Section Enlargement            | 4        |
|                             | Scour Preventing               | 1        |
|                             | Ground Improvement             | 3        |
| Bearing                     | Pile Reinforcement             | 3        |
|                             | Repair                         | 2        |
|                             | Rehabilitation                 | 2        |
|                             | Painting                       | 1        |
|                             | Replacement                    | 1        |
| Expansion Joint             | Repair                         | 5        |
|                             | Bedding Mortar Repair          | 5        |
|                             | Edge Reinforcement             | 1        |
|                             | Replacement                    | 1        |
| Pavement                    | Asphalt Surface Treatment      | 5        |
|                             | Asphalt Patching               | 2        |
|                             | Asphalt Cutting Overlay        | 2        |
|                             | Concrete Surface Treatment     | 3        |
|                             | Concrete Patching              | 1        |
|                             | Concrete Cutting Overlay       | 1        |
|                             | Surface Cleaning               | 2        |
| Drainage                    | Replacement                    | 2        |
|                             | Repair                         | 2        |
| Barrier/Curb                | Replacement                    | 1        |
|                             | Repair                         | 2        |
|                             | Barrier Replacement            | 5        |
|                             | Curb Replacement               | 4        |

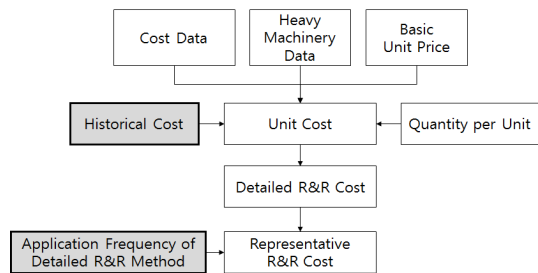
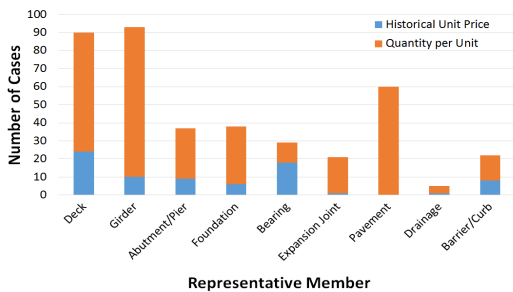


Fig. 2. Estimating Process for R&R Cost

**Table 3.** Number of Basic Cost Data for Estimating Detailed R&R Cost by Bridge Members

| Representative Member | Historical Unit Price | Quantity per Unit |
|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| Deck                  | 24                    | 66                |
| Girder                | 10                    | 83                |
| Secondary Member      | 8                     | 75                |
| Abutment/Pier         | 9                     | 28                |
| Foundation            | 6                     | 32                |
| Bearing               | 18                    | 11                |
| Expansion Joint       | 1                     | 20                |
| Pavement              | 0                     | 60                |
| Drainage              | 1                     | 4                 |
| Barrier/Curb          | 8                     | 14                |
| Total                 | 85                    | 393               |

Table 3은 Table2에서 정의된 대표 부재별 세부보강공법을 구성하는 공종의 산정근거를 실적정보(historical unit price)와 표준품셈(quantity per unit)으로 구분하여 정리한 것이다. 세부보수보강공법을 구성하는 공종 중 품셈은 318건, 실적단가는 77건으로 약 20%의 공종을 실적단가에 근거하여 정의하였다. 그 중 바닥판, 주형, 교대/교각 등 콘크리트 부재의 접착공법에 대한 세부보수보강공법 정의가 가장 많으며, Fig. 3과 같이 전체 부재 중 받침장치가 실적공사비 적용비율이 높았으며, 교면포장과 신축이음장치, 주형, 기초 등은 적용비율이 상대적으로 낮은 것으로 조사되었다.



**Fig. 3.** Component of R&R Cost Distribution by Bridge Members

**4.2 보수보강공법 적용 실적 비율 고려**

각 대표 부재별 세부보수보강공법을 포괄하는 대표보수보강공법을 정의하기 위하여 보수공법 적용 실적 조사 및 데이터 정규화 과정을 통해 각 세부공법별 적용빈도를 수집하였다. 이를 가중치로 이용해 식 (1)과 같이 가

중평균을 산정하는 방식으로 대표보수보강공법별 단가를 정의하였다.

$$URC_M = \sum_{i=1}^n N_{M_i} \times URC_{M_i} / \sum_{i=1}^n N_{M_i} \quad (1)$$

여기서  $URC_M$ 는 대표보수보강공법  $M$ 의 단가,  $N_{M_i}$ 는 대표보수보강공법  $M$ 을 구성하는 세부보수보강공법  $M_i$ 의 적용빈도,  $n$ 은 대표보수보강공법  $M$ 을 구성하는 세부보수보강공법의 개수,  $URC_{M_i}$ 는 앞선 보수보강공법별 단가 산정 프로세스를 통해 산정된 세부보수보강공법의 표준 단가를 의미한다.

Fig 2의 단가산정절차에 따라 Table 2와 같이 구성된 세부보수보강공법별로 Table 3의 품셈 및 실적단가를 이용해 구성된 공종별 일위대가 목록에 기초 단가를 갱신하는 방법으로 최신의 세부보수보강공법별 단가를 산정할 수 있다. 지면의 제약으로 인해 Table 4에서는 일부 대표부재별 대표보수보강공법의 대표단가를 도출하기 위한 세부보수보강공법공의 단위비용과 적용 빈도를 나타내었다. 매년 수집되는 보수보강 이력정보를 활용해 세부보수보강공법별 적용빈도를 산정하고 식 (1)을 활용해 대표보수보강공법별 가중 평균된 단가를 산정할 수 있다.

**5. 기존 보수보강비용과 사례 비교**

본 연구에서 제안하는 대표보수보강공법별 단가는 개별적인 적산작업을 통해 세부보수보강공법에 대해 산정된 단가와 세부보수보강공법별 적용빈도를 가중곱의 형태로 산정한 것이다. 따라서 세부보수보강공법 수준이 아닌 대표보수보강공법 수준의 자료를 활용해 검증할 수 있다. 본 연구에서 제시한 보수보강공법비용의 검증을 위하여 한국도로공사의 정보[12]를 활용하였다.

도로공사의 정보 중 데이터 관리가 양호한 바닥판과 포장의 보수보강시점, 대표보수보강공법, 투입비용 및 물량 등을 정리하고 시간효과의 상쇄를 위해 물가상승률 3%를 적용해 현재시점의 비용으로 변환하여 보수보강공법별 평균단가를 산정하였다. 유사한 방법으로 지방도의 실적공사비[13]에 대해서도 보수물량, 보수공법, 보수비용으로 자료를 정리하고 보수보강공법별 평균단가를 산정한 후 Fig. 4와 같이 본 연구의 결과와 비교하였다.

Table 4. R&R Cost Model for Some Bridge Members

| Representative Member | Representative R&R  |                | Detailed R&R                       |                | Frequency (number) |
|-----------------------|---------------------|----------------|------------------------------------|----------------|--------------------|
|                       | Method              | Unit Cost(Won) | Method                             | Unit Cost(Won) |                    |
| Deck                  | Bonding             | 696,000        | Steel Plate                        | 777,000        | 351                |
|                       |                     |                | Carbon Fiber                       | 280,000        | 2                  |
|                       |                     |                | Carbon Plate                       | 300,000        | 24                 |
|                       |                     |                | Carbon Fiber-Steel Composite Plate | 539,000        | 6                  |
|                       |                     |                | Glass Fiber                        | 332,000        | 31                 |
|                       |                     |                | Glass Fiber Panel                  | 470,000        | 9                  |
|                       |                     |                | Glass Fiber-Steel Composite Plate  | 571,000        | 30                 |
| Girder                | Painting            | 36,000         | Mixed Paint                        | 20,000         | 105                |
|                       |                     |                | Heavy Anti-Corrosive               | 34,000         | 90                 |
|                       |                     |                | Super Heavy Anti-Corrosive         | 49,000         | 137                |
| Bearing               | Replacement         | 4,661,000      | Pot                                | 3,674,000      | 107                |
|                       |                     |                | Elastomeric Rubber                 | 3,883,000      | 37                 |
|                       |                     |                | Spherical                          | 3,899,000      | 159                |
|                       |                     |                | Disk                               | 4,135,000      | 173                |
|                       |                     |                | Steel Damper                       | 7,648,000      | 116                |
| Expansion Joint       | Replacement         | 1,176,000      | New Mono Cell                      | 685,000        | 674                |
|                       |                     |                | ACE NB-80                          | 765,000        | 605                |
|                       |                     |                | W.F 80                             | 951,000        | 798                |
|                       |                     |                | FINGER 120                         | 1,599,000      | 502                |
|                       |                     |                | MAURER B-160                       | 2,713,000      | 355                |
| Pavement              | Asphalt Patching    | 105,000        | Hot Mixing                         | 76,000         | 41                 |
|                       |                     |                | Cold Mixing                        | 117,000        | 96                 |
| Barrier/Curb          | Barrier Replacement | 268,000        | Concrete                           | 148,000        | 417                |
|                       |                     |                | Steel                              | 300,000        | 277                |
|                       |                     |                | Stainless                          | 409,000        | 291                |
|                       |                     |                | Aluminum                           | 268,000        | 496                |

본 연구에서 제안한 값을 기준으로 고속국도 실적공사비는 약 1.17배 수준이며, 일반국도와 유사한 환경인 지방도의 보수보강 단가는 제안된 값의 0.88배 수준으로 분석되었다. 이러한 결과는 다양한 원인에 기인할 것이지만, 일반국도에 비해 고속국도의 보수보강비용 단가가 높고 지방도의 단가가 낮은 것은 도로별 관리수준과 공사의 난이도 등을 고려할 때 적절한 결과로 판단된다. 향후 BMS를 통해 수집되는 유지관리 이력 분석을 통해 지속적인 정보의 갱신이 필요할 것으로 판단된다.

## 6. 결론

본 연구에서는 교량의 생애주기 관리를 위한 유지관리 비용 중에서 보수보강비용 산정방안에 대한 연구를 수행하였다. BMS에 활용을 위한 보수보강비용 모델을 교량의 부재별 특성과 세부 및 대표 보수보강공법을 고려하여 개발하였다. 본 연구를 통해 아래와 같은 결론을 도출하였다.

비용 및 성능 모델과의 연계를 통한 시스템적 활용을 위하여 총 10가지의 대표부재로 구분하여 정의하였다. 또한 실제 수행된 보수보강 실적 정보를 활용하여 부재별 대표보수보강공법은 48종류로 정의하고 세부보수보강공법은 117종류를 고려하였다. 제안된 대표부재와 대표보수보강공법은 현재 공용중인 국내의 일반 도로교량과 실무에서 적용되고 있는 보수보강공법을 포괄할 것으로 판단된다.

세부보수보강공법별로 공법별 단가를 산정하고, BMS의 실적정보를 활용하여 적용빈도를 산정한 후 이를 가중치로 활용하여 대표보수보강공법별 대표단가를 도출하는 방법을 제안하였다. 세부보수보강공법별 단가

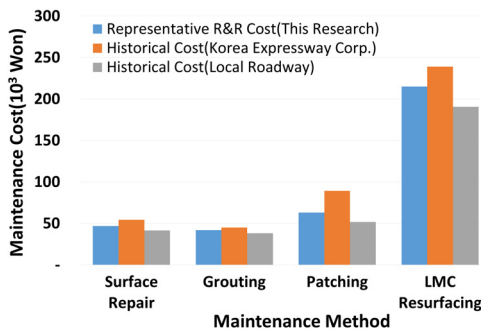


Fig. 4. Comparison R&R Cost between This Research and Reference Cost Data

는 각 공종별 일위대가를 정의하고, 실적공사비와 품셈 등을 이용해 일위대가를 구성하는 기초단가와 변동 가능한 단가, 실적단가를 고려함으로써 산정하였다. 도출된 일부 대표보수보강공법의 대표단가를 기존의 실적비용 단가와 비교 검증하여 적정성을 검토한 결과 약 (-)12%~(+17%의 편차를 나타내었다.

본 연구에서 제안한 보수보강비용 단가는 표준적인 조건을 가정하여 개발되어 조건이 다른 일부 실적 정보와 차이가 있을 수 있으나, 교량 유지관리 계획 수립 단계에서 요구 예산의 타당성을 검증하거나 보수보강 실적비용의 적정성 검토 등에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

## References

- [1] Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, *Developing Bridge Management System considering Life-Cycle Cost and Performance of Bridges*, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2012.
- [2] <http://www.glotechsoft.com>
- [3] Korea Expressway Corporation, *Guidelines for Life Cycle Cost Analysis of Highway Bridges*, 2004.
- [4] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, *Appraisal of Investment Guidelines For Transportation Facilities(5th Revision)*, 2013.
- [5] Lee Yeon San, *An Estimation of Repairing and Reinforcement Cost by the Bridge of Type 1 Facility*, Pukyong National University, 2013.
- [6] Paul D. Thompson, Richard W. Shepard, "AASHTO Commonly Recognized(CoRe) Bridge Elements", *National Workshop on Commonly Recognized Measures for Maintenance*, Scottsdale, Arizona, 2000.
- [7] American Association of Highway nad Transportation Officials(AASHTO), *AASHTO Bridge Element Inspection Guide Manual*, 2010.
- [8] Florida Department of Transportation, *Development of Agency Maintenance, Repair & Rehabilitation (MR&R) Cost Data for Florida's Bridge Management System*, 2001.
- [9] Zanyar Mirzaei, Bryan T. Adey, Leo Klatter, and Paul D. Thompson, *Overview of existing bridge management system*, Bridge Management Committee, IABMAS, 2014.
- [10] Ministry of Construction and Transportation, *Bridge and Tunnel Investigation and Record Manual(2005 Revision)*, 2005.
- [11] Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation, *Detailed Guidelines for Safety Inspection and Precise Safety Diagnosis*, 2009.
- [12] Korea Expressway Corporation, *A Study of LCC DB Improvement & System Application in Highway Design Stage*, 2014.

- [13] Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, *Informatization Project on Bridge Management System for Gyeonggi-Do*, 2016.

### 선 종 완(Jong-Wan Sun)

[정회원]



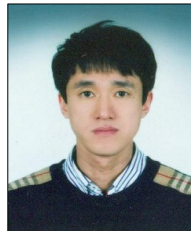
- 2004년 2월 : 한양대학교 대학원 토목환경공학과 (구조공학석사)
- 2010년 8월 : 한양대학교 토목공학과 (구조공학박사)
- 2008년 8월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 구조융합연구소 연구원

<관심분야>

기반시설생애주기관리, 구조신뢰성

### 이 동 열(Dong-Yeol Lee)

[정회원]



- 2010년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (건설관리학석사)
- 2013년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (건설관리학박사수료)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 충남대학교 대학원 연구생(한국건설기술연구원 학생연구생)

<관심분야>

건설관리, SOC 자산관리

### 박 경 훈(Kyung-Hoon Park)

[정회원]



- 1998년 8월 : 한양대학교 대학원 토목공학과 (구조공학석사)
- 2006년 2월 : 한양대학교 대학원 토목환경공학과 (구조공학박사)
- 1999년 3월 ~ 2000년 2월 : 한양대학교 강사
- 2000년 3월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 구조융합연구소 수석연구원

<관심분야>

교량공학, 기반시설생애주기관리