

확률분포를 활용한 일반국도 교량 평균 보수보강단가 추정

이용준*, 박경훈*, 선종완*

*한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 도로관리통합센터
e-mail:yongjunlee@kict.re.kr

Estimation of Repair and Reinforcement Cost of National Highway Bridges using Probability Distribution

Yongjun Lee*, Kyung-Hoon Park*, Jong-Wan Sun*

*Dept. of Infrastructure Safety Research, Korea Institute of Civil Eng. and Building Tech.

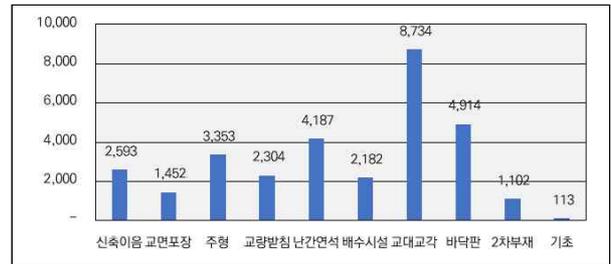
요약

본 연구에서는 국내 교량의 효율적인 유지관리 예산 계획 수립을 위해 일반국도 교량관리시스템(BMS)에 수집된 2019년 교량 바닥판과 교대/교각의 보수보강공사의 공법별 비용 데이터를 활용하여 최적 보수보강 단가의 분포를 추정하고 평균 및 신뢰구간에 따른 단가를 추정하였다.

1. 서론

국내 교량 개소 및 총 연장 증가로 인한 유지관리 보수비용 증가가 예상됨에 따라 합리적인 유지관리비용 추정은 최적 유지관리계획 수립을 위한 주요한 기능 중 하나이다. 교량의 유지관리비용 추정은 교량의 부재별 손상유형에 따라 공법을 결정하고 손상물량에 공법별 단가를 적용하여 추정할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 2019년에 수행된 점검진단보고서 상의 손상정보 및 보수보강공사 보고서 상의 단가 데이터를 수집하고 확률분포를 활용하여 손상이 가장 많은 부재의 유지보수 공법별 평균단가를 산정하려고 한다.

이에 본 연구에서는 교량 부재 중 상부구조에서 손상개수가 가장 많은 바닥판과 하부구조에서 손상개수가 가장 많은 교대/교각을 대상으로 분석을 수행하였다.



[그림 1] 부재별 손상 개수

2. 데이터 수집

2.1 점검진단데이터 수집

교량의 점검진단보고서에는 교량 상태, 결함 및 손상에 따라 손상 부위와 규모를 파악하고, 적정한 보수보강 공법, 물량, 비용 등을 개략적으로 추정하여 제시하고 있다. 교량관리시스템(Bridge Management System; BMS)은 이러한 점검진단 정보를 BMS 유지관리 정보관리체계에 맞춰 객체화 된 형태로 입력 및 관리하고 있다. 이에 본 연구에서는 BMS를 통해 2019년에 수행된 일반국도 교량의 점검진단 데이터를 수집하였다.

[그림 1]은 2019년 점검진단 실시 교량의 부재별 손상 개수를 나타낸 것으로, 하부구조인 교대/교각이 8,734개로 교량 부재에서 손상 개수가 가장 많았으며, 상부구조인 바닥판이 4,914개, 기타부재인 난간/연석 4,187개로 다음으로 많았다.

2.2 보수보강공사데이터 수집

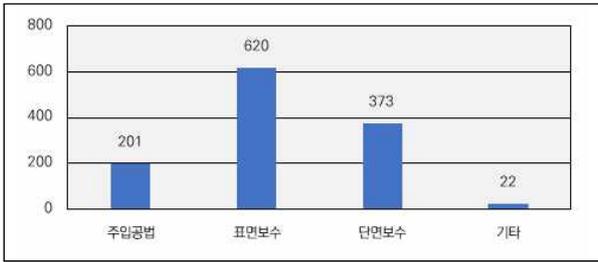
교량의 보수보강 보고서 상의 보수공법 단가정보는 ‘준공(설계) 내역서’의 공법별 단가를 바탕으로 수량산출서, 보수도면 등 추가 자료를 통해 공법이 수행된 부재 및 물량, 위치(경간/지점) 등의 세부적인 정보를 BMS에 객체화 된 형태로 입력 및 관리하고 있다.

본 연구에서는 교량의 바닥판과 교대/교각의 보수보강 공법별 평균 및 신뢰구간에 따른 단가 추정을 위하여 BMS에서 2019년 교량의 보수보강 데이터를 수집하였다.

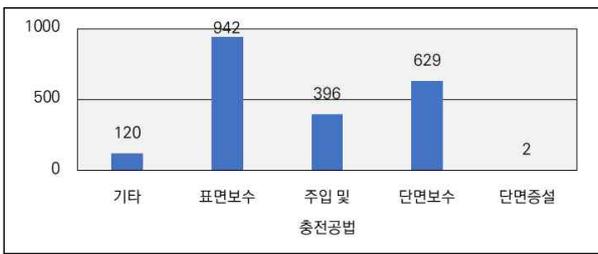
[그림 2]는 2019년 교량 바닥판의 보수보강공사 수행현황으로 표면보수가 620건으로 가장 많았으며 단면보수 373건, 주입공법 21건순으로 많이 수행되었다.

[그림 3]은 2019년 교량 교대/교각의 보수보강공사 수행현황으로 표면보수가 942건으로 가장 많았으며 단면보수

629건, 주입 및 충전공법 396건순으로 많이 수행되었다. 이에 본 연구에서는 위의 결과를 바탕으로 수행건수가 많았던 공법위주로 분석을 수행하였다.



[그림 4] 바닥판 보수공법 수행현황



[그림 5] 교대교각 보수공법 수행현황

3. 최적 확률분포를 활용한 평균단가 추정

수집된 보수보강 공법별 단가 데이터가 어떤 확률분포를 따르는가는 평균 및 신뢰구간에 따른 단가를 추정하는 과정에서 매우 중요한 과정이며, 이러한 모집단의 분포가 찾아지면 모수적 방법에 의하여 평균 및 신뢰구간에 따른 단가를 산정할 수 있다. 본 연구에서는 2019년 수행된 바닥판과 교대/교각의 보수보강 공법별 단가 데이터를 최대우도법을 활용하여 모수를 추정하였으며 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Max_{\theta} \ln L(\theta) = \sum_{i=1}^n \ln f(t_i, \theta) \quad (1)$$

최적 확률분포의 선정을 위해 AD(Anderson-Darling) 통계값을 사용하였으며 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다. AD 통계량이 작으면 작을수록 특정분포를 따르게 되는 적합성이 크다고 할 수 있으며, 정규분포, 로그정규분포, 로지스틱분포, 로그로지스틱분포 총 4가지 분포에 대해 비교하였다.

$$Q_n = n \int_{-\infty}^{+\infty} [F_n(x) - F(x)]^2 \psi(x) dF(x) \quad (2)$$

[표 1]은 수집된 바닥판 보수보강공법별 단가 데이터의 최적 분포를 산정한 결과이며, 부재별 공법 모두 로그로지스틱 분포가 가장 적합한 것으로 나타났다.

[표 1] 부재별 최적 분포 산정 결과

부재	공법	정규	로그정규	로지스틱	로그로지스틱
바닥판	표면보수	32.4	18.2	12.4	8.0
	단면보수	2.5	2.3	2.7	2.1
	주입공법	16.6	5.1	7.7	3.2
교대교각	표면보수	59.8	40.2	22.3	21.8
	단면보수	5.8	5.3	3.0	2.4
	주입 및 충전공법	40.1	15.8	25.5	12.0

수집된 보수보강공법별 단가 데이터가 로지스틱분포를 따를 때, 위치모수와 척도모수를 이용하여 평균 및 신뢰구간에 따른 단가를 [표 2]와 같이 산정할 수 있다.

분석결과, 바닥판과 교대/교각 모두 단면보수가 평균단가가 465.7~473.3천원으로 가장 높았으며, 신뢰구간 1σ 범위에서는 284.8천원~697.5천원 수준인 것으로 분석되었다.

표면보수의 경우 평균단가는 113.7~126.0천원 수준이었으며, 신뢰구간 1σ 범위에서는 69.8천원~174.9천원 수준인 것으로 분석되었다.

[표 2] 3-Sigma 기법을 활용한 단가 범위 추정(단위: 천원)

부재	공법	평균 단가	3-Sigma					
			-3σ	-2σ	-1σ	1σ	2σ	3σ
바닥판	표면보수	126.0	18.7	40.7	71.0	174.9	304.6	664.7
	단면보수	473.3	109.9	209.4	331.1	697.5	1,103.0	2,101.0
	주입공법	75.5	22.4	37.2	53.4	96.2	138.1	229.7
교대교각	표면보수	113.7	21.7	42.9	69.8	153.6	249.6	494.0
	단면보수	465.7	88.0	174.8	284.8	629.9	1,026.0	2,039.0
	주입 및 충전공법	86.9	16.0	32.1	57.7	117.9	193.5	388.1

4. 결론

본 연구에서는 교량 부재중 상부구조와 하부구조에서 손상 개수가 많은 바닥판과 교대/교각을 대상으로 유지보수 공법별 평균 및 신뢰구간에 따른 단가를 산정하였다. 본 연구에서 도출한 결과를 바탕으로 불확실한 요소가 복합적으로 관계하는 교량 유지관리 예산 추정에 활용한다면 합리적인 유지보수 예산 계획 수립이 가능할 것이라 기대된다.

참고문헌

- [1] <https://nbms.kict.re.kr>, 교량통합관리시스템, 국토교통부.
- [2] 국토교통부, “교량 및 터널 관리시스템 운영 위탁” 최종 보고서, 한국건설기술연구원, 2020년