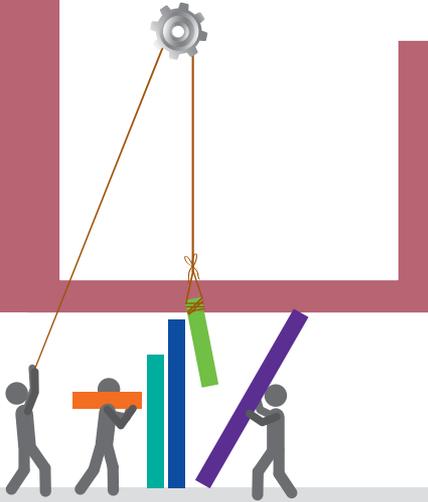


실측데이터를 통한 상태등급 및 내하력 분포특성

Distribution Characteristics of Condition Evaluation and Load Carrying Capacity based on Field Test Data



SCIENTIFIC ARTICLE

1. 서론

국내에서는 1994년 성수대교 붕괴 이후, 구조물 유지관리에 대한 중요성을 고려하여 제정된 “시설물 안전관리에 관한 특별법(이하 시특별법)”에 근거하여 정기적으로 실시되는 안전점검 및 정밀안전진단을 통해 관리되고 있다.

시설물을 효율적으로 관리하고 내구수명을 연장시키기 위해서는 정기점검, 정밀점검 및 정밀안전진단 등의 정기적인 안전점검을 실시하고, 이를 통해 유지관리업무는 국가대행기관인 한국시설안전공단과 국토교통부에 등록된 민간 안전진단전문기관에서 실시하고 있다. 그러나 민간단체는 물론 공공기관에서도 예산확보 등의 문제로 인하여 보수·보강이 적절하게 이루어지지 않거나, 그 시기를 연기 또는 일부 부재에 대해서만 실시하는 경우가 빈번하게 발생되고 있는 현실이다. 그로 인해 적절하게 보수·보강이 실시되지 않은 부재들은 공용년수가 증가함에 따라 점차 내구성능이 저하될 뿐만 아니라, 보수·보강의 비용도 지속적으로 증가할 것으로 판단된다.

한편, 시설물의 내구성 및 내하력 평가를 위하여 5년마다 정기적으로 실시하는 정밀안전진단에서 내하력 평가를 위한 계측 및 평가방법의 체계화, 진단기술 및 범용 구조해석 프로그램의 발전 등에 의하여 해석 및 평가기술이 지속적으로 개선되고 있다. 그러나 시설물의 공용년수 증가와 함께 유지관리 대상시설물의 지속적인 증가, 대상시설물에 대한 전담인력의 교체로 인한 평가업무에서의 일관성 결여, 구조해석용 프로그램의 교체 및 구조해석기법의 다양성에 따른 해석결과의 다양성 등의 문제가 내하력 평가에서의 주요 현안 사항으로 지적되고 있다.

또한, 매년 정기적으로 실시되고 있는 시설물의 유지관리결과에 대하여 구조형식별 내구성 및 내하력 변화 등에 대한 특성적 변화 등의 통계적 정



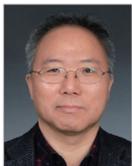
박 진 은 Park, Jineun
한국해양대학교
LINC사업단 산학연구교수
parkjineun@kmou.ac.kr



이 영 일 Lee, Youngil
씨티씨주식회사
상무이사
lyi0891@naver.com



이 성 진 Lee, Sungjin
한국해양대학교
건설공학과 박사과정
lsj_1983@naver.com



경 갑 수 Kyung, Kabsoo
한국해양대학교
건설공학과 교수
kyugks@kmou.ac.kr

리와 이에 대한 정량적, 정성적 및 통계적인 분석은 거의 이루어지지 않는 실정이다. 따라서 보다 효율적이며 예측이 가능한 유지관리를 위해서는 매년 보고되는 막대한 유지관리 결과물에 대한 체계적인 분석 및 검토 등이 필요한 것으로 판단된다. 특히 동일 교량에 있어서 일정 기간에 걸친 안전진단을 통해 평가된 결과는 통계적인 자료의 중요성면에서 더욱 필요한 것으로 판단된다.

본 기사에서는 시트법 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침^{1,2}에 따라 평가된 950여개 교량에 대한 정밀안전진단보고서^{3,4}를 토대로 손상유형 및 손상발생 특성, 상태등급 및 내하력 분포현황, 공용년수에 따른 상태등급과 공용내하력의 추세 등을 통계적으로 분석하였다.

2. 주요 손상유형 및 손상발생특성 분석

구조물의 구조안전성, 사용성, 내구성 및 기능성에 악영향을 미치는 인자를 통상 손상이라고 칭하며, 실제로 이를 세분하면 결함, 손상 및 열화로 구분된다. 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침의 구조부재별 손상종류에 기초하여 연구대상교량의 10대 손상유형을 Fig. 1에 나타내었다. 10대 손상유형은 건조수축균열(15.5%), 박락(10.2%), 백태(7.4%), 누수(4.4%), 재료분리(4.4%), 후타재열(2.9%), 교면포장균열(2.9%), 교량받침부식(2.4%), 강재거더부식(2.2%), 배수구막힘(2.2%)으로 나타났다.

Table 1에 분석대상교량의 결함, 손상 및 열화비율을 나타내었다. 대상교량의 손상 중 결함이 차지하는 비율이 57.7%로 가장 높게 나타났으며, 교량 시공 후 하자만료 전에 보다 정밀한 점검을 통하여 적절한 보수 및 보강이 이루어진다면 추후 유지관리 비용을 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 콘크리트 구조부재는 결함이 약 60~70%로 높게 나타났는데, 이는 콘크리트 재료적 특성 및 시공 미흡에 의해 수화열, 양생불량 등에 의한 건조수축균열과 다짐불량, 타설불량 등에 의한 재료분리, 미세균열 사이로 우수가 침투하여 발생하는 백태 등이 많이 발생하기 때문인 것으로 추정된다. 강재 구조부재는 용접불량,

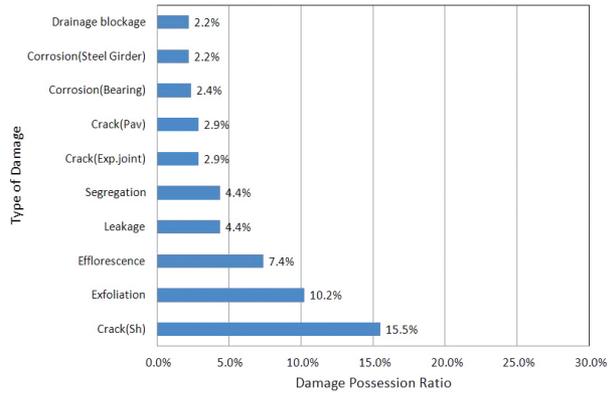


Fig. 1 10 kinds of damage type at target bridges

구분	구분	결함	손상	열화
콘크리트 부재	바닥판	74.0%	1.7%	24.3%
	콘크리트거더	77.1%	1.6%	21.2%
	교대	60.0%	3.2%	36.8%
	교각	69.8%	8.4%	21.9%
강재부재	강재거더	55.0%	1.4%	43.6%
	교량받침	56.2%	1.0%	42.8%
부대시설	신축이음장치	38.8%	27.0%	34.2%
	교면포장	43.2%	56.3%	0.5%
	배수시설	28.8%	11.8%	59.4%
	방호벽	60.9%	20.6%	18.5%
교량 전체		57.7%	12.1%	30.2%

Table 1 Percentage of defect, damage and deterioration at target bridges

시공시 부주의에 의해 모재 및 보강재의 변형, 누락 및 체결력 부족에 의한 볼트결함, 바탕처리 미흡 및 배합비 불량에 의해 발생하는 도장 불량 등으로 결함이 약 55%로 높게 나타났다.

3. 상태등급 및 내하력 분포현황 분석

Fig. 2에 분석대상교량의 교량형식별 상태등급 분포현황을 나타내었다. 교량형식별 분포를 보면 RCS, RCT 및 PSCI에서 D등급의 비율이 높게 나타나는데, 이것은 이들 형식이 공용기간이 오래된 교량에 많이 적용되었기 때문이다. 한편, 상대적으로 최근 적용실적이 증가하고

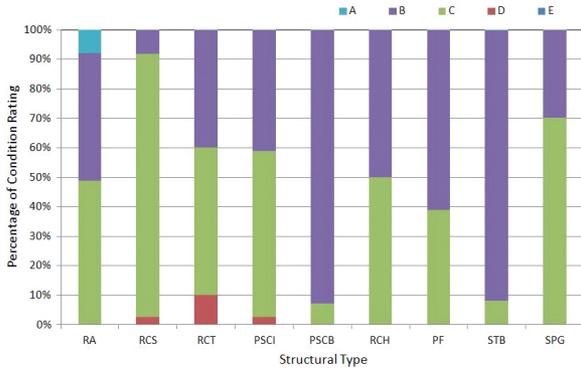


Fig. 2 Distribution status of condition rating at structural type

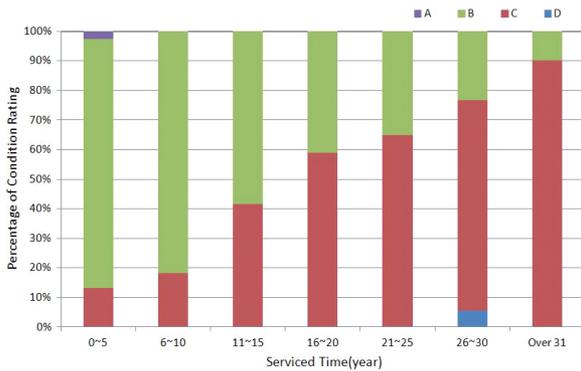


Fig. 3 Distribution status of condition rating at serviced time

있는 PSCB와 STB는 C등급의 비율이 작은 것으로 나타났다.

Fig. 3에 공용년수에 따른 교량전체의 상태등급 분포 현황을 나타내었다. 대체로 공용년수 10년까지는 C등급의 비율이 20% 내외이지만, 15년 이상이 되면 C등급이 큰 폭으로 증가하기 시작하고, 30년 이상이 되면 확연히 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서 공용년수 10년부터는 예방적 유지관리측면에서 지속적인 유지관리와 적절한 보수·보강비용의 투입이 필요할 것으로 판단된다.

4. 공용년수와 상태등급 및 공용내하력의 상관성 분석

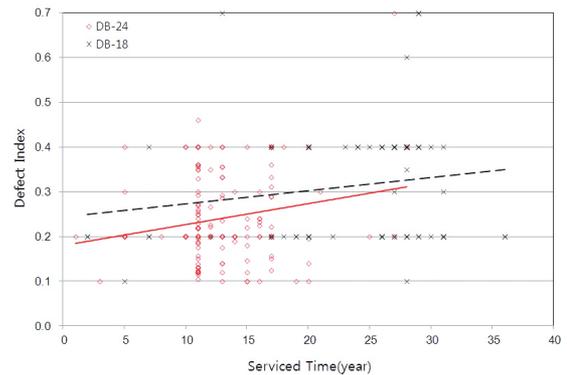
고속도로교량은 설계활하중이 DB-24이지만, 전체 고속도로교량 중 약 26%는 2등급의 설계활하중인 DB-18로 설계되어 부분적 또는 전면적인 성능개선을 통해 현

재 공용중이다. 따라서 연구대상교량 중 고속도로교량을 대상으로 시설물의 설계활하중 차이에 따른 콘크리트 거더, 강재 거더의 상태등급 변화속도를 검토하였다.

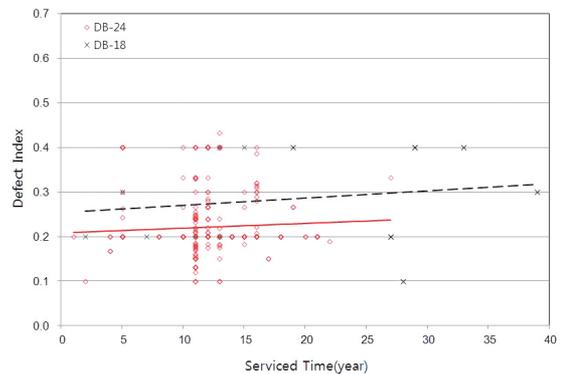
분석대상교량의 설계활하중별 수량 및 평균 공용년수는 Table 2에 나타내었고, Fig. 4에 결함지수의 회귀분석 결과를 나타내었다. 또한, 구조부재의 설계활하중별 상관계수 및 상태등급 변화속도는 Table 4에 나타내었고, Table 5에 부재별 설계활하중에 따른 상태등급현황을 나타내었다.

구분		콘크리트 거더	강재거더
DB-24	수량	177	357
	평균공용년수	12	12
DB-18	수량	73	21
	평균공용년수	24	22

Table. 2 Quantity and average serviced time of main member for design load



a. concrete girder



b. steel girder

Fig. 4 Regression analysis of defect index and serviced time for design load

구분	상관계수	
	콘크리트 거더	강재 거더
DB-24	0.21	0.01
DB-18	0.17	0.03

Table. 3 Correlation coefficient of main member defect index for design load

구분	상태등급 변화속도	
	콘크리트 거더	강재 거더
DB-24	0.0047	0.0011
DB-18	0.0029	0.0016

Table. 4 Condition rating variation velocity of main member for design load

콘크리트 거더는 오히려 설계하중 DB-24 교량이 DB-18 교량보다 다소 빠른 것으로 나타났으나, 대부분의 거더 부재가 B, C등급으로 구조적으로 위험한 정도인 D등급에는 미치지 못하는 상태이다. 대체로 B, C등급에서 나타나는 손상은 준공 당시 결함과 약간의 열화가 대부분을 차지하게 되며, 일부 D등급 콘크리트거더는 긴장력 부족이나 긴장력 손실에 의해 발생된 균열에 의한 것으로 공용년수 증가에 의한 열화가 아니라 준공 초기에 발견되는 것으로 상태변화률에는 영향을 주지 못한 것으로 보인다. 결론적으로 거더에서 설계하중 차이에 따른 등급변화률에서는 특별한 의미를 발견할 수 없었다. 강재거더도 콘크리트거더의 경우와 같이 많은 준공 초기의 결함이 대다수이고 DB-18의 경우는 데이터의 수도 부족하여 설계하중 차이에 따른 등급변화률에서는 특별한 의미를 발견할 수 없었다.

5. 맺음말

시트법 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침에 따라 평가된 교량에 대한 정밀안전진단보고서를 토대로 손상 유형 및 손상발생 특성, 상태등급 및 내하력 분포현황, 공용년수에 따른 상태등급과 공용내하력의 추세 등을 통계적으로 분석하였다. 이 자료가 향후 국내 도로교의 내하력 평가방법 합리적인 개선에 일익을 담당하였으면 하며, 이 기사를 마치고자 한다.☞

● 참고문헌 references ●

- 1 국토해양부/한국시설안전공단, (2010) 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침
- 2 국토해양부/한국시설안전공단, (2012) 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서(교량)
- 3 국토교통부/한국시설안전공단, (2015) 시2015 시설물통계연보
- 4 한국시설안전공단, (1997~2014) 정밀안전진단보고서