

기존 교량의 보수비용 분석과 경제성에 관한 연구

양 학 수 *
한 봉 구 **
손 기 상 ***

1. 서론

교량의 잔존수명 평가를 위한 관계 연구는 상당히 진행되어왔다.(참고1, 2, 3) 그간 발표되어온 연수내용을 기초로 하여 좀더 신뢰도를 높이는 방안을 추진하는 것으로 하였다. 지난 수십 년간 유럽에서는 결정권자들이 최상의 재원할당을 하는 수많은 관리전략들을 분석하도록 하는 즉, 적절한 교량 성능을 확보토록 하는 최상의 관리전략을 세우도록 하는 컴퓨터 보조 교량관리 시스템이 계속 개발되어 왔다.

국내의 건교부에서도 건설설계, 시공, 유지관리를 총괄하는 시스템 CICS라는 네트워크를 개발해 왔다. 교량성능이 일정할 수가 없기 때문에 이들 시스템들도 이에 상응하여 up-date 되어야 할 필요성이 상존한다고 볼 수 있다.

손상된 교량의 intervention 결정을 위한 도구가 필요한데 이것은 안전, 사용성 그리고 경제성을 고려한 최선의 intervention 전략의 목표가 되는 것이다.

본 연구는 기존의 잔존수명 평가 방법에 대한 추가 고려 요소와 다른 기법을 도입하여 보다 신뢰도를 높이는데 주목적을 두었다.

2. 이론고찰

국내교량에 대한 안전진단을 교량 준공 이후 경과년수에 따른 조사결과는 다음과 같다. 경과년수별 교량당 평균 결함수는 21~60년 사이에서 가장 많이 발생하고 있는데, 이것은 사용기간에 20년을 초과하게 되면 피로균열, 중성화, 염해, 동결융해, 부식 등 공용년수가 장기화되면서 열화현상이 추가되기 때문으로 보고되고 있다.

* 서울보건대학 시스템안전학과
** 서울산업대학교 구조공학과
*** 서울산업대학교 안전공학과

표1. 교량 경과년수별 결함 결과

구분	결함의 유형	경과년수별 결함수량				
		5년이하	6~11년	12~20년	21~60년	계
진단교량수		81	38	35	22	176
강교상부구조	부식	49	20	18	15	102
	볼트체결 불량	29	14	14	10	67
	부재변형	8	4	4	7	23
	균열	1	1	11	6	19
	처짐	0	1	1	0	2

구분	결함의 유형	경과년수별 결함수량				
		5년이하	6~11년	12~20년	21~60년	계
콘크리트 상부구조	철근노출 및 부식	18	10	13	10	51
	휨균열	9	3	4	4	20
	전단균열	7	3	1	3	14
	부재변형	2	0	0	0	2
	처짐	4	0	1	0	5
	중성화	0	2	1	1	3
	염해	0	0	0	0	0
	강도부족	0	0	0	0	0
하부구조	구조적 균열	10	4	1	3	18
	세굴	4	2	2	3	11
	변형	1	1	0	0	2
	편기설치	1	2	0	0	3
	연단거리 부족	0	1	0	1	2
소계		143	68	71	63	345
받침장치	부식	36	9	13	11	69
	편기 및 경사설치	23	9	6	8	46
	작동불량	10	13	10	12	45
	받침몰탈 파손	15	3	6	7	31
	부품누락 및 탈락	7	7	2	6	22
신축장치	누수	29	13	11	5	58
	파손	29	13	12	4	58
	단차	17	7	6	0	30
	유간부족 및 과다	4	2	2	4	12
소계		170	76	68	57	371
계		313	144	139	120	716

그러나 상기 자료에 대한 내용을 비용으로 환산코자 한 것이 연간 교량보수비용(표2)이 되겠다. 10년 간에 걸친 교량보수비용과 보수내용을 보면 성능개선, 교좌장치, 처짐방지, 부식제도장, 우물통보수, 강선설치, 주형도장, 강제부도장, 빗물막이부설치, 점검통로설치, 복구공사, 바닥판교체, 교면포장, 방호벽도장 등 세부작업이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

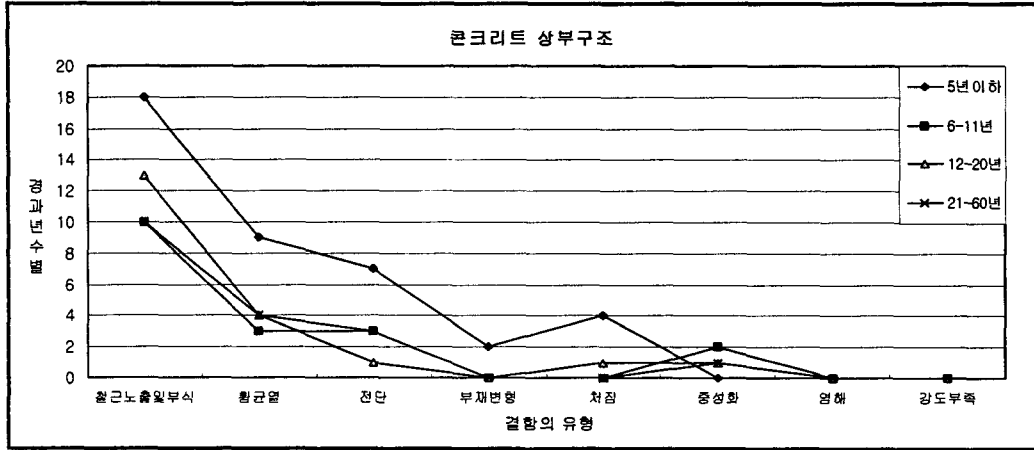
표2. 10년간 교량보수 비용

단위(백만원)

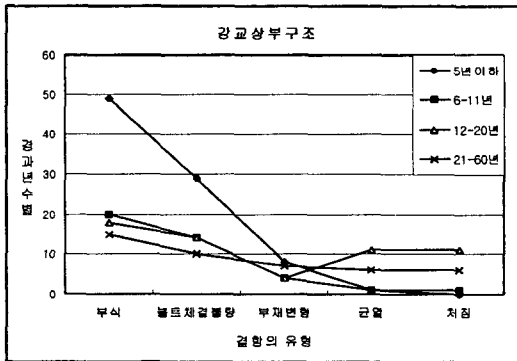
교량명	공사금액	세부사항	1991	1992	1993	1994	1995	1996	비고
H대교 69년 12월	552억원	보수비						128,118	①
		보수내용						확장, 성능개선	
O대교 70년 5월	858억원	보수비					2,740	129,114	②
		보수내용					교과장치 치검방지 부식제도장	확장, 성능개선	
C대교 72년 7월	20.13억원	보수비							③
		보수내용							
O대교 73년 11월	20.65억원	보수비							④
		보수내용							
B대교 76년 7월	215억원	보수비				10,067	2,649	2,021	⑤
		보수내용				우물통보강 세굴방지공	단부보강 방수포장 경계연석교체	교각충돌방지 점검구설치 Box내부정비	
C대교 76년 7월	384억원	보수비							⑥
		보수내용							
C대교 79년 10월	30.720억원	보수비							⑦
		보수내용							
S대교 80년 6월	246.5억원	보수비					9,307	1,731	⑧
		보수내용					교과장치보수 E.C.B보강 S.Box도장	도장	
O대교 81년 10월	245억원	보수비			9,689				⑨
		보수내용			우물통보수 강선설치				
Y대교 82년 2월	740억원	보수비						451	⑩
		보수내용						교과장치보수 주형도장 우물통보수	
H대교 82년 2월	121.3억원	보수비					2,585		⑪
		보수내용					보수및정비 강재부분도장 빗물받이설치		
D대교 84년 12월	237억원	보수비					2,442		⑫
		보수내용					교과장치보수 Box내부도장 점검통로		
D대교 84년 12월	553.7억원	보수비					2,484		⑬
		보수내용					교각하부보수 Box내부도장 점검통로설치		
O대교 90년 6월	687.3억원	보수비						732	⑭
		보수내용						균열보수 점검로설치	
S대교 97년 8월	670억원	보수비					75,000		⑮
		보수내용					복구공사		

교량명	공사금액	세부사항	1997	1998	1999	2000	2001	2002	비고
H대교 69년 12월	562억원	보수비							①
		보수내용							
O대교 70년 5월	858억원	보수비							②
		보수내용							
C대교 72년 7월	20.13억원	보수비	100,024						③
		보수내용	확장, 성능개선						
O대교 73년 11월	20.65억원	보수비	377			7,300			④
		보수내용	점검통로 균열보수			보강보수 바닥판교체 교면포장			
B대교 76년 7월	215억원	보수비	3,100	16,731					⑤
		보수내용	내부도장 점검구설치 교각보수	교량받침 보차도포장 도장					
C대교 76년 7월	384억원	보수비	754			8,410			⑥
		보수내용	외부도장 교좌장치 구조물보수			우물통보수 교면포장 상판교체			
C대교 79년 10월	30.720억원	보수비	1,248						⑦
		보수내용	교각부설치 splice설치 볼트교체						
S대교 80년 6월	246.5억원	보수비	5,010	20,939			10,818		⑧
		보수내용	단부보강 교좌장치 횡부재보강	도장 교량받침			난간보수 울타리설치 교면포장 우물통보수		
O대교 81년 10월	245억원	보수비	3,200	1,700					⑨
		보수내용	교좌보수 내부도장 점검통로	교량받침 내부도장 균열,면보수					
Y대교 82년 2월	740억원	보수비						101,107	⑩
		보수내용						신교보수 성능개선	
H대교 82년 2월	121.3억원	보수비		10,150				2,480	⑪
		보수내용		스라브교체 도장 연결부보수 통로설치				우물통보수 강제도장 교면포장	
D대교 84년 12월	237억원	보수비	1,351	4,009				7,784	⑫
		보수내용	교좌장치 점검통로 내부도장 방호벽도장	도장 점검통로 교좌장치				교면포장 점검통로 도장	
D대교 84년 12월	553.7억원	보수비	1,800					9,176	⑬
		보수내용	균열보수 내부도장					교량받침교체 점검통로설치	
O대교 90년 6월	687.3억원	보수비					800	1,900	⑭
		보수내용					연석교체	방호벽설치 연석교체	
S대교 97년 8월	670억원	보수비				78,511			⑮
		보수내용				확장공사증			

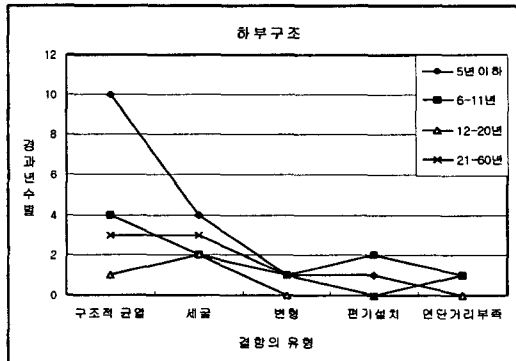
3. 설문결과



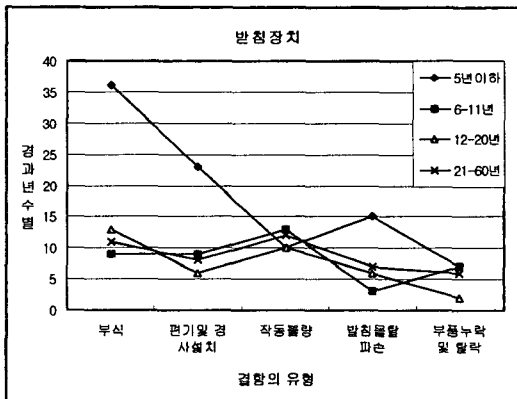
(1) 콘크리트 상부구조



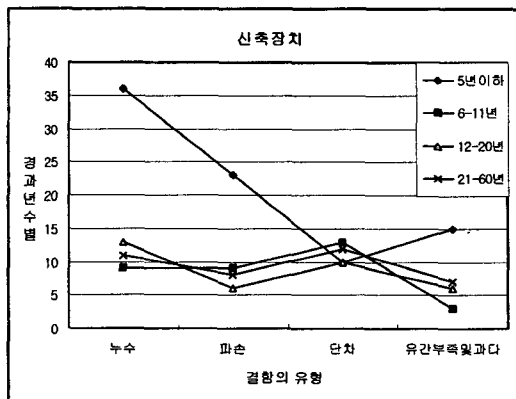
(2) 강교상부구조



(3) 하부구조



(4) 받침장치



(5) 신축장치

4. 분석

- 1) 준공후 5년 이하 경과년수에 조사된 전체 보수교량의 46%(81/176)를 나타냈다.
- 2) 교량의 핵심인 하부구조에서의 가장 중요한 구조적 균열 결함은 5년 이하에서 56%(10/18)를 나타냈다.
- 3) 교량상판과 교각과의 중간 연결체인 받침장치의 최대 결함은 부식인데 비해 이를 방지하기 위한 보수비용은 81년 준공한 O대교에서 20%(49/245), 84년 준공한 D대교에 대해 5.7%(13.5/237)로써 당해 교량 전체비용 10년 간에 대해 비교적 낮은 것으로 분석된다.
- 4) 상부구조의 철근노출 및 부식은 전체 조사량 51건중 5년 이하가 18건으로 35.3% (18/51)으로 나타났다.
- 5) 성수대교 사고 이전에 교량보수 비용 상승은 61년 준공 교량에서 84년 준공 교량까지 모두 나타나지 않음을 알 수 있다.

5. 결론

이상과 같은 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 핵심은 하부구조의 구조적 균열은 준공 5년 이하에서 지속적 점검과 보강을 실시하는 것이 경제적 유지관리를 보증할 수 있다.
- 2) 교량결함 수량이 많은 것에 비해 보수비용은 충분치 못함을 보수내용으로 확인 가능하다.
- 3) 경과 년도별 결함수량은 준공 5년 이하가 전체의 약 절반으로 보수비용 투자를 같은 시간적 고려를 통한 예비적인 효율적 투자를 유지관리에 기여할 수 있다.
- 4) 공사금액, 보수비용, 경과 년수별 결함수량의 상관관계를 함수화한 예측 프로그램 개발이 필요하다.

6. 참고문헌

- [1] 방명석, "교량안전 진단주기와 구조적 안전도의 상관관계", 월간안전기술, 200. 4, pp.20-25
- [2] Eugen Brehwiler, "Improving Safety of Civil Structure", pp.74~90, July 2001, International Seminar, Seoul, Korea
- [3] Aleks and RADOJICIC, "Models for Identification of Cost Effect Interventions on Existing Structure", EPFL, Switzerland, April 2002
- [4] Bryan ADEY, "A Supply and Demand System Approach to the Development of Bridge Management Strategies", EPFL, Switzerland, January 2002
- [5] Karsten Geissler, "Assessment of Old Steel Bridges, Germany", "Structural Engineering International, April 2002