



제 4 장 내구성 조사 및 시험

4.1 조사 및 시험 수량

4.2 콘크리트 내구성조사 및 시험

4.3 내구성조사 및 시험 결과

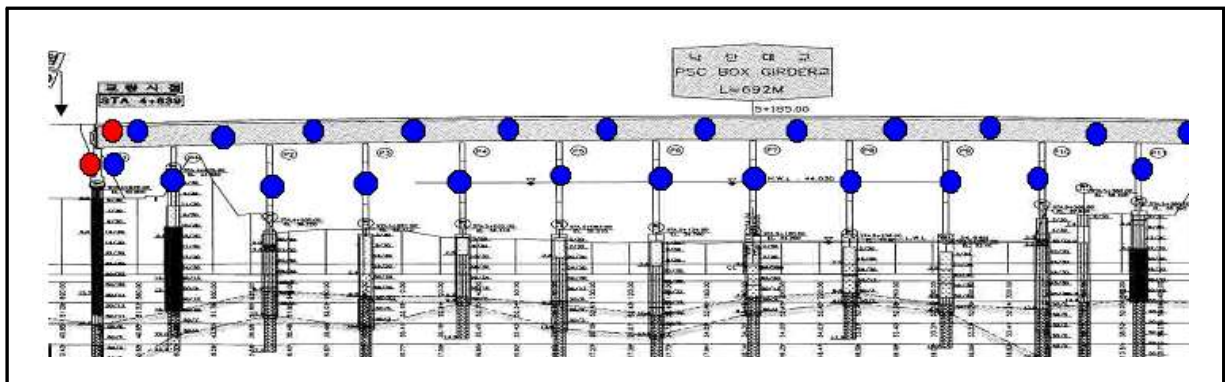
제 4 장 내구성 조사 및 시험

4.1 조사 및 시험 수량

본 교량에 대한 콘크리트 비파괴 시험은 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부, 2013.04)”에 근거하여 위치 및 수량을 결정하였으며, 구조물의 분석이 객관적이며 보편타당하게 이루어질 수 있도록 기준 수량을 모두 만족하였다.

【표 4.1】 내구성조사 시험수량 및 시험위치도

구 분		세부지침 기준		세부지침 기준 산출 수량		금회 시험 수량		비 고
		상부구조	하부구조	상부구조	하부구조	상부구조	하부구조	
콘 크 리 트	반발경도 시험	◦ 50m 마다	◦ 연장50m마다	14개소	14개소	14개소	14개소	
	탄산화깊이 시험	◦ 5경간 이내 : 2~3개소 (상부구조 1개소 이상) ◦ 5경간 이상 : 3~6개소 (상부구조 2개소 이상)		2개소	1개소	2개소	2개소	



반발경도 시험



탄산화깊이 시험(드릴링)



피복두께측정(철근탐사)

【그림 4.1】 내구성 조사 및 시험현황

제1장

제2장

제3장

제4장

제5장

제6장

제7장

제8장

4.2 콘크리트 내구성 조사 및 시험

4.2.1 콘크리트 강도 및 품질시험

대상구조물의 콘크리트 압축강도를 평가하기 위하여 비파괴시험법인 반발경도법을 실시하였으며, 시험결과는 설계자료와 비교·분석하였다.

(1) 반발경도법에 의한 콘크리트 압축강도 추정결과

반발경도법에 의한 압축강도 추정은 각 측정부재에 따라 타격방향에 의한 보정을 한 후 콘크리트 압축강도를 추정하였고 일본재료학회와 일본건축학회 계산식을 사용하여 두식의 평균으로 설계강도와 비교하였다.

【표 4.2】 반발경도법에 의한 콘크리트 압축강도 추정결과

구분	부재	측정 위치	추정강도(MPa)		평균 (MPa)	설계강도 (MPa)	강도율 (%)	비 고
			일본재료 학회식	일본건축 학회식				
상부 구조	PSC BOX 거더	S1 1런 벽체	48.1	39.7	43.9	40.0	109.8	
		S2 1런 벽체	49.5	40.5	45.0		112.5	
		S3 외부 하면	48.7	40.0	44.3		112.5	
		S4 외부 하면	49.2	40.3	44.7		113.5	
		S5 외부 하면	49.3	40.4	44.9		113.8	
		S6 1런 벽체	48.3	39.8	44.1		110.3	
		S7 1런 벽체	49.5	40.5	45.0		112.5	
		S8 2런 벽체	50.9	41.3	46.1		115.3	
		S9 2런 벽체	49.0	40.2	44.6		111.5	
		S10 2런 벽체	47.8	39.5	43.6		109.0	
		S11 2런 벽체	48.6	39.9	44.3		110.8	
		S12 2런 벽체	57.5	45.0	51.3		128.3	
		S13 2런 벽체	57.8	45.1	51.5		128.8	
		S14 2런 벽체	53.2	42.5	47.9		119.8	
하부 구조	교대/교각	A1	30.6	29.8	30.2	24.0	125.8	
		P1 기둥	29.4	29.1	29.3		122.1	
		P2 코핑	29.0	28.9	29.0		120.8	
		P3 코핑	27.6	28.1	27.8		115.8	
		P4 코핑	24.1	26.1	25.1		104.6	
		P5 코핑	25.5	27.0	26.2		109.2	
		P6 코핑	25.6	27.0	26.3		109.6	
		P7 코핑	26.0	27.2	26.6		110.8	
		P8 코핑	26.2	27.3	26.7		111.3	
		P9 코핑	24.3	26.3	25.3		105.4	
		P10 코핑	30.6	29.8	30.2		125.8	
		P11 코핑	29.4	29.1	29.3		122.1	
		P12 코핑	25.6	27.0	26.3		109.6	
		P13 기둥	26.0	27.2	26.6		110.8	

주) 강도율(%) = (추정강도/설계강도) × 100

반발경도법에 의한 압축강도 추정 결과 상부구조의 강도율은 109.0~128.8%, 하부구조는 104.6~125.8%로 측정되어, 전 구간 모두 설계강도 이상으로 콘크리트의 품질상태는 양호한 것으로 판단된다.

(2) 시험 보고서

【표 4.3】 반발경도 시험보고서

구 분	낙단대교
시험일자	2015. 09. 08 ~ 2015. 09. 17
시험시간	09:00~18:00
구조물에서 시험 영역의 위치	거더, 교대, 교각
시험 대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	비교적 양호한 상태 (구조적 손상 없음)
콘크리트의 설계 조건	거더 : fck=40.0MPa, 교대·교각 : fck=24.0MPa
시험 위치의 표면 상태	양호
시험시의 온도	기온 : 18.3℃ ~ 21.9℃
콘크리트의 재령	재령:3000일 이상
콘크리트 내부 함수상태	기건 상태
반발경도측정기의 종류 및 제품 번호	종류:NR-TYPE, 제품번호: 28191
반발경도측정기의 타격 방향	90°, 0°

(3) 기 점검 시 비파괴강도 비교·분석

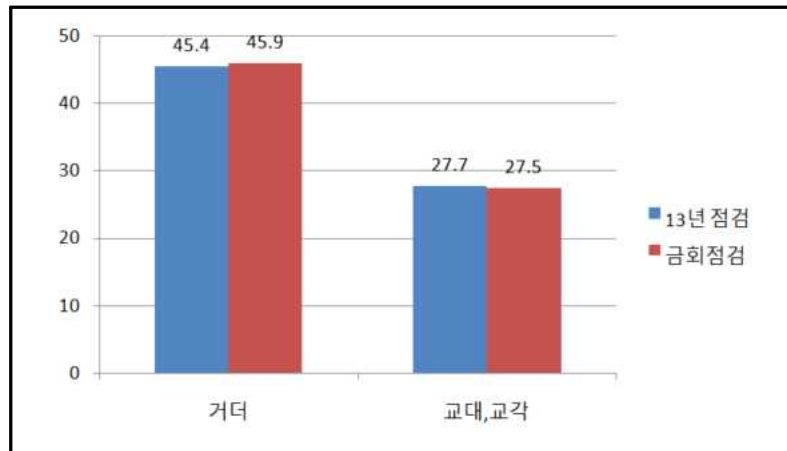
① 비파괴강도

본 교량에 대한 기 점검시의 추정압축강도 결과와 금회의 추정압축강도를 비교·분석한 결과 다음과 같다.

【표 4.4】 기 점검 시 추정압축강도 결과 비교

구분	반발경도법 (MPa)		설계강도	비 고
	2013년 점검	금회점검		
거더	45.4	45.9	40.0	
교대/교각	27.7	27.5	24.0	

주) 전차와의 비교는 각각의 측정위치가 일치하지 않아 부재별 측정치의 평균값으로 비교하였다.



【그림 4.2】 기 점검 자료 비교·분석

② 비교·분석 결과

기 점검에서 실시한 추정 압축강도를 금회 측정치와 비교·분석한 결과, 전반적으로 비슷한 콘크리트 강도를 보이고 있는 것으로 분석되었으며, 설계기준강도를 상회하는 양호한 상태로 조사되었다.

4.2.2 탄산화깊이 및 콘크리트 내구수명 추정

(1) 탄산화 깊이 추정

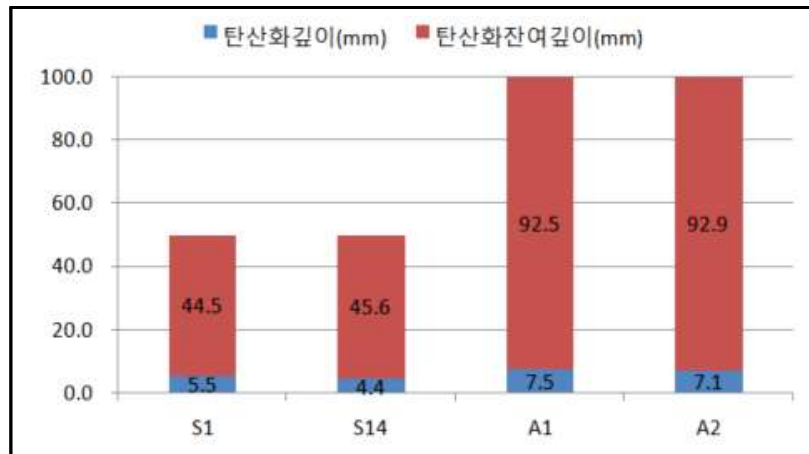
탄산화깊이 시험은 구조물에 매입된 철근을 부식시킬 수 있는 탄산화의 영향을 파악하기 위한 시험으로, 시험용액을 이용하여 콘크리트의 탄산화 진행 깊이를 조사한 후 실측한 피복두께 대비 잔여피복두께를 파악하여 구조물의 내구성을 판단하고 상태평가 및 유지관리방안의 기초자료로 활용하였다.

(2) 탄산화 깊이 측정결과

【표 4.5】 탄산화깊이 시험결과

구분	시험위치		탄산화 깊이(mm)	실측피복 (mm)	잔여피복 (mm)	평가결과
상부 구조	거터	S1	5.5	50.0	44.5	a
		S14	4.4	50.0	45.6	a
하부 구조	교대	A1	7.5	100.0	92.5	a
		A2	7.1	100.0	92.9	a

주) 상기 실측피복두께 측정값은 설계값 및 기존보고서, 금회 측정값 중 최소값을 사용함



【그림 4.3】 탄산화진행 깊이 및 잔여깊이 측정결과

본 구조물의 탄산화깊이 시험결과, 거더는 4.4~5.5mm로 측정되었으며, 교대 7.1~7.5mm로 측정되었다. 탄산화진행 정도에 따른 잔여피복두께는 측정부위 모두 30.0mm 이상으로 양호한 상태(평가 : a)로 평가되었으며 추가적으로 탄산화진행 정도에 따른 콘크리트의 내구수명 예측을 다음과 같이 분석하였다.

(3) 탄산화진행 정도에 따른 콘크리트의 내구수명 예측

본 구조물의 탄산화깊이에 따른 탄산화속도를 계산하여 측정부위에 대한 내구수명을 예측하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 낙단대교 준공년도 : 2003년 (경과년수 : 12년)
- 탄산화 속도계수(A) = 탄산화깊이 / $\sqrt{\text{경과년수(년)}}$
- 수명예측(년) = (실측피복두께 / 탄산화속도계수)²

【표 4.6】 탄산화깊이에 의한 콘크리트 내구연한

시험 위치		탄산화 깊이(mm)	실측피복 두께(mm)	평가	탄산화속도 계수(A)	수명 예측(년)	내구 연한(년)
상부 구조	거 더	5.5	50.0	a	1.59	∞	100년이상
		4.4	50.0	a	1.27	∞	
하부 구조	교 대	7.5	100.0	a	2.17	∞	
		7.1	100.0	a	2.05	∞	

※ ∞ : 탄산화 예측수명 년 수와 잔존수명 년 수가 500년 이상인 경우

콘크리트의 내구수명을 분석해본 결과, 내구연한(탄산화진행이 최 외측 철근까지 도달하는데 걸리는 시간)은 모두 100년 이상으로 분석되어 탄산화에 의한 철근부식의 우려는 없는 것으로 판단되나, 본 자료는 이론적인 것이므로 여러 환경적인 변위요소에 대비하여 향후 정밀안전진단 및 정밀점검 시에 지속적으로 탄산화 시험을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

(4) 탄산화 시험보고서

【표 4.7】 탄산화 시험 보고서

구 분		낙단대교
경과 년 수		12년
사용 골재의 종류		확인되지 않음
측정면의 종류		드릴링에 의한 콘크리트면
시 약		페놀프탈레인 1%용액
측정기구		버니어 캘리퍼스
시약분무 후 측정시간		직 후
탄산화 깊이	측정 값	비파괴위치도 참조
	평균 값	6.1mm
	최대 값	7.5mm

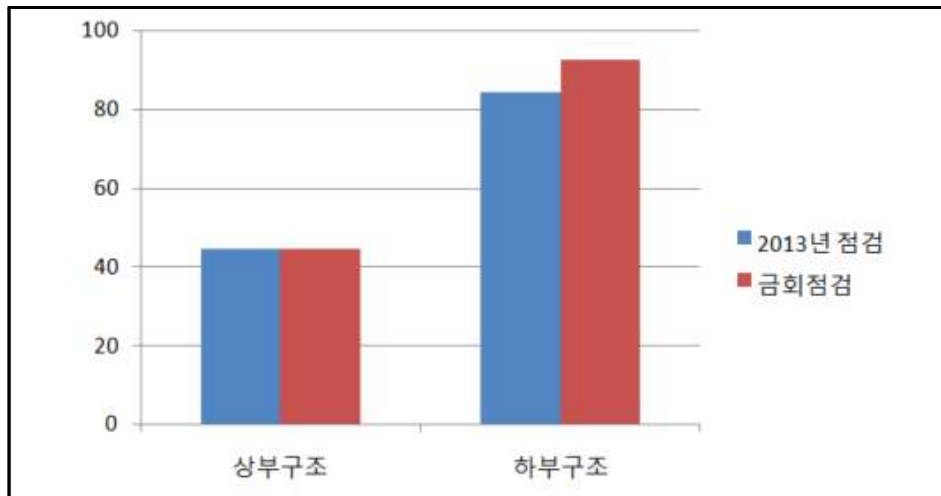
(5) 기 점검 시 탄산화시험 결과 비교·분석

금회 측정한 탄산화깊이와 기 점검(2013년 점검)시 탄산화진행에 따른 잔여피복 두께를 비교하여 그 경향을 분석한 결과, 전 시험부재에서 모두 양호한 상태로 평가되었으며, 측정값이 기 점검결과와 다소 상이하나 이는 시험위치 및 수량의 차이로 인한 것으로 판단된다.

【표 4.8】 기 점검 시 탄산화시험 결과비교

시험 위치	2013년 점검		금회 점검	
	평균깊이	잔여피복	평균깊이	잔여피복
상부구조	2.9	44.7	5.0	44.5
하부구조	5.0	84.3	7.3	92.5

주) 전차와의 비교는 각각의 측정위치가 다소 일치하지 않아 부재의 평균값으로 비교하였다.



【그림 4.4】 부재별 탄산화깊이에 의한 콘크리트 잔여피복두께 비교

4.3 내구성조사 및 시험 결과

【표 4.9】 콘크리트 내구성조사 및 시험 결과 분석

구 분	시험 결과			결과 분석
압축강도 시험 (MPa)	구분	반발경도법	설계강도	반발경도법에 의한 콘크리트 압축강도 추정 결과는 시험개소 모두 설계기준강도(상부구조:40.0MPa, 하부구조:24.0MPa)를 상회하는 것으로 분석됨
	거더	43.6 ~ 51.5	40.0	
	교대, 교각	25.1 ~ 30.2	24.0	
탄산화 시험 (mm)	구 분	탄산화깊이	잔여피복	탄산화에 의한 잔여피복 두께는 모두 30mm이상(평가 : a 이상)으로 양호한 상태로 평가됨
	거더	4.4 ~ 5.5	44.5 ~ 45.6	
	교대	7.1 ~ 7.5	92.5 ~ 92.9	

제1장

제2장

제3장

제4장

제5장

제6장

제7장

제8장

