

철근콘크리트 철거교량의 상태평가(내구성 중심으로)

Evaluation of Durabilities in Ruined RC Bridge

김 국 한* 유 환 구**

(한국도로공사 도로연구소 책임연구원*, 한국도로공사 도로연구소 연구원**)

목 차

I. 서론	1. 콘크리트 압축강도
II. 철거대상교량의 이력	2. 콘크리트의 비저항, 중성화, 투수특성 및 염화물량
III. 실험항목 및 실험방법	3. 철근의 부식도 및 철근의 인장강도
IV. 실험결과 및 고찰	V. 결론

I. 서론

최근 고속도로 교량 중에서는 공용년수를 넘 기거나, 교량 안전진단 결과 안전성에 문제가 있거나, 또는 고속도로의 확장 및 선형개량 등으로 인하여 기존교량의 철거작업이 지속적으로 이루어지고 있다. 국내의 경우 폐교량에 대한 구조적 역량을 검토하기 위하여 교량이 파괴될 때까지 하중을 가하는 내하력 실험은 종종 실시되어 왔다. 그러나 이들 실험은 교량 구조물의 구조적 안정성에만 관심이 집중되었고, 따라서 콘크리트의 각종 재료적 특성에 대해서는 면밀한 연구가 실시되지 않았다. 철근 콘크리트 교량의 구조적 특성은 콘크리트의 각종 재료적 특성에 의해 영향을 받게 되므로 이에 대한 면밀한 검토는 구조적 안정성을 평가 하는데 있어서도 중요한 근거 자료가 될 수 있을 것이며, 교량 구조물의 건전도를 정확하게 평가할 수 있는 방법이 될 것이다.

그리고 철근 콘크리트 교량의 경우 여러 요인에 의해 내구성 저하를 보이게 되며, 이를 예측하기 위해서 실험실에서 축진실험을 통해 내구성 저하 정도를 예측하기도 하나 이것은 문제점을 많이 내포하고 있다. 그러므로 지역의 환경적인 요인과 유지관리 처방 등이 직접적으로 적용되는 실제 구조물에서 각종 내구성 저

하요인들을 밝혀내는 것이 가장 합리적인 연구 방법일 것이다.

본 연구에서 대상교량은 경부고속도로 건설 시기인 1969년에 건설되어 공용년수 30년이 경과한 교량이다. 본 연구에서는 철거교량을 대상으로 재료적인 측면에서 노후 교량의 내구성을 평가하였으며 철거교량의 건전성 접근방법은 크게 콘크리트의 내구성 평가, 철근의 부식도 평가, 부식된 철근의 인장강도 평가로 이루어졌다. 특히 콘크리트의 내구성 평가는 현장에서 직접 적용이 가능한 콘크리트 투수성, 콘크리트 비저항 측정방법을 활용하였다.

II. 철거대상교량의 이력

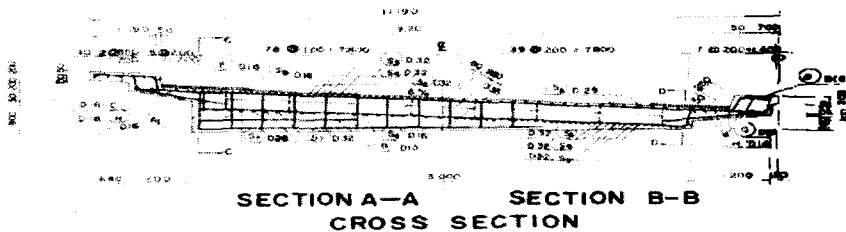
본 연구의 대상인 철거교량은 경부선상의 교량으로 공용년수 30년이 경과한 교량이다. 교량의 형식은 철근콘크리트 슬래브 교량으로 2경간 단순보로 구성되어 있었으며 설계하중은 DB 18이다. 교량의 총 길이는 15m이며 경간 길이는 12.5m, 교량 폭은 10.5m로 2차선 교량이다. <그림 1>은 교량의 단면을 나타낸 것으로 상판 슬래브 두께는 약 60cm이며 콘크리트의 설계강도는 210kg/cm^2 으로 설계되었다. 주철근은 항복강도 2600kg/cm^2 인 D32 연강을 사용하였

고 배력철근은 D16 연강을 사용하였다. 철근 덮개는 상부에 대해 6cm, 하부에 대해 4cm를 확보하도록 설계되었다. 특히 본 교량은 추월선 쪽으로 6%의 기울기를 가지고 있어서 배수 불량으로 인한 교량의 열화가 심각하였는데 추월선을 따라 전반적으로 심각하였다.

IV. 실험결과 및 고찰

1. 콘크리트 압축강도

건설당시 본 교량의 설계강도는 210kg/cm²이었다. 그러나 철거당시에 교량의 압축강도는



(Section A-A : 주행선, Section B-B : 추월선)

<그림 1> 교량의 단면도

III. 실험항목 및 실험방법

본 교량에서 콘크리트의 압축강도를 평가하기 위하여 교량 부위별로 총 36개의 코어(Ø10 cm)를 채취하였다. 채취된 코어는 JIS A 1107에 따라 코어의 높이/직경에 대한 보정을 실시하였으며 매입된 철근에 대하여도 보정 하였다⁴⁾. 콘크리트의 내구성 평가항목으로는 현장에서 Wenner Type 장비를 이용하여 콘크리트 비저항을 측정하였으며, 중성화 시험기를 이용한 콘크리트 중성화 시험, Poroscope 장비를 이용한 콘크리트 투수실험을 실시하였다. 실내에서 콘크리트 총 염분량을 측정하기 위하여 별도의 코어를 채취하였으며 AASHTO T 260-84(Sampling and Testing Chloride Ion in Concrete and Concrete Raw Materials)에 의한 염분량 측정방법 중에서 염소이온 선택성 전극을 이용한 전위차 적정법을 활용하였다.

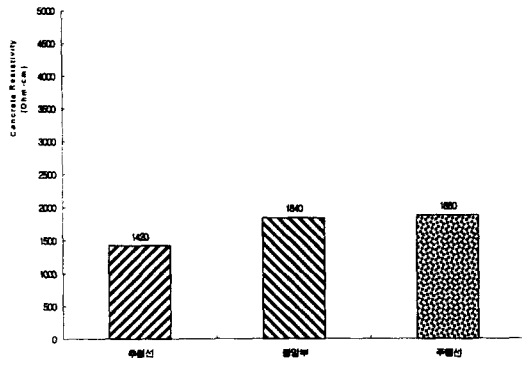
슬래브·콘크리트 중의 철근의 부식도를 평가하기 위하여 ASTM C 876의 Half-Cell 방법에 의해 철근의 자연전위를 측정하였고 기준전극은 황산동구리전극(Copper/Copper Sulphate Electrode)을 사용하였다. 상판 슬래브의 일정 부위를 절단하여 철근을 채취하였으며 절취된 철근은 인장강도 평가에 사용하였다.

주행선의 경우 239.1kg/cm²로 설계강도를 만족하고 있었으나 추월선의 경우에는 183.9kg/cm²로 설계강도를 만족하지 못하고 있었다. 이러한 이유는 교량의 기울기(6%)와 더불어 배수관(Ø5cm)의 직경이 너무 작았을 뿐만 아니라 아스팔트 덧씌우기 과정에서 배수관을 막힘에서 기인한다. 아스팔트 포장물과 염화물 이온은 지대가 낮은 추월선 부근으로 모이게 되고 배수가 되지 않으므로 콘크리트의 열화 원인을 제공하고 있다. 또한 추월선의 경우에는 통과 차량의 바퀴가 슬래브의 캔틸레버 부위와 맞닿아, 이 캔틸레브 부위를 따라 전체적으로 균열(0.3mm 이상)을 유발하고 있었다.

2. 콘크리트의 비저항, 중성화, 투수특성 및 염화물량

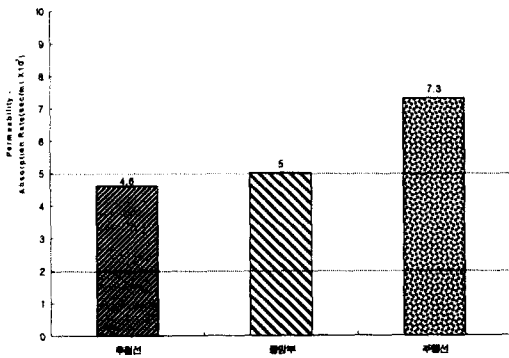
<그림 2>는 본 철거교량의 콘크리트 비저항을 측정된 것이다. 일반적으로 콘크리트의 비저항은 함수 상태에서 7,000Ω-cm인데, 건조하면 6,000,000Ω-cm 정도이다¹⁾. 본 교량의 슬래브 콘크리트는 전반적으로 콘크리트 비저항이 낮았으며 추월선에서 부식 가능성이 높다. <그림 3>은 콘크리트의 수분흡수율을 측정된 것으로 추월선의 콘크리트는 불량한 등급이며 중앙부나 주행선의 경우에는 보통 등급을 유지하

고 있다. 이러한 결과는 압축강도 부분에서도 언급하였듯이 슬래브의 배수불량으로 콘크리트 열화에 기인한다. 콘크리트의 중성화는 농도 부근에서 약5mm 정도이고 기타 부분은 측정되지 않았다.



<5,000.Ω-cm 부식성 대단히 크다
 5,000~10,000.Ω-cm 부식성 크다
 10,000~20,000.Ω-cm 부식성 작다
 >20,000.Ω-cm 부식성 없다

<그림 2> 콘크리트 비저항에 따른 부식성 및 결과⁵⁾

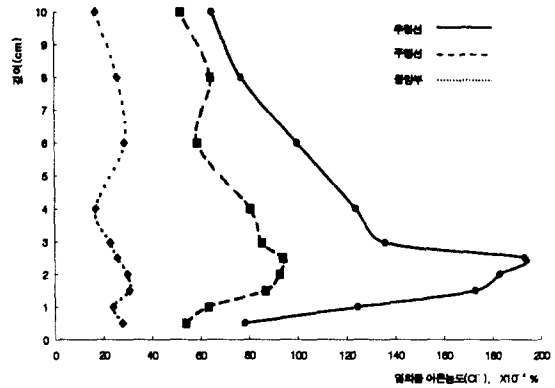


<2 : 매우불량, 2~5 : 불량
 5~10 : 보통, 10~50 : 우수
 > 50 : 매우우수
 (단위 : sec/ml × 10³)

<그림 3> 콘크리트 투수특성(수분흡수율) 기준과 결과³⁾

<그림 4>는 슬래브의 부위별, 깊이별 콘크리트 중의 총 염분량을 측정된 결과이다. 결과에 나타나 있듯이 추월선>주행선>중앙부 순서로 염화물 이온농도가 크다. 역시 앞의 실험결과와 비슷한 경향을 보이고 있으며 중앙부 보다 주행선이 큰 결과는 차량의 통행에 따라 중앙부 보다는 주행선에서 염화물 이온의 침투가 빠른 것으로 판단된다. 깊이별로 볼 경우에,

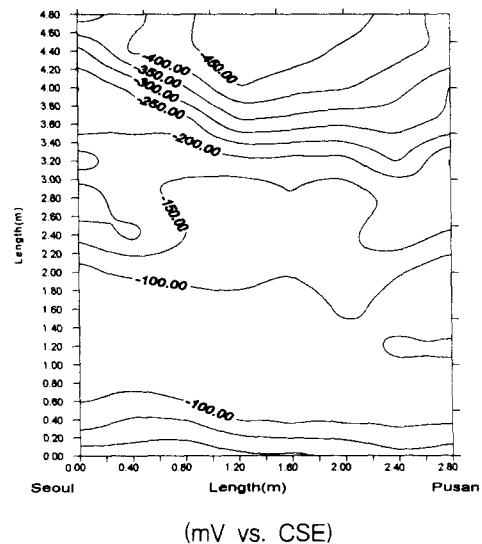
2.5cm 부근에서 가장 높은 결과를 나타냈는데 이는 표면부의 경우 우수 등에 의하여 수용성 염화물이 표면부에서 용해되지만, 일정깊이에서는 수용성 염화물과 가용성 염화물이 최대 농도에 이르게 된다.



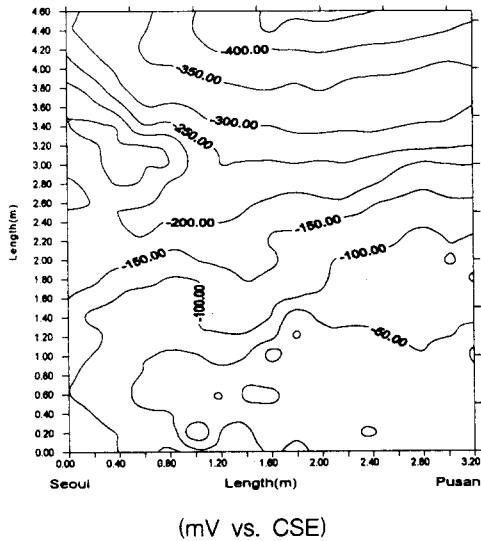
<그림 4> 슬래브 부위별, 깊이별 총 염분량(Cl⁻, %)

3. 철근의 부식도 및 철근의 인장강도

교량 슬래브에 대한 철근 부식도 측정은 각각 슬래브 상부(2.8×4.8m) 및 하부(3.2×4.6m)에 대해 동일한 지역에 대해 실시하였다. 그 결과를 <그림 5, 6>에 등고선으로 표시하였고 평가기준은 <표 1>과 같다. <그림 5, 6>에서 윗면이 추월선 쪽으로 주행선보다 부식이 심각한 것을 알 수 있다.



<그림 5> 슬래브 상부 철근부식도



<그림 6> 슬래브 하부 철근부식도

<표 1> 부식도 평가기준(ASTM C 876)²⁾

mV/CSE	부식 상태
> -200	낮음 (부식위험 10%)
-200 ~ -350	중간
< -350	높음 (부식위험 90%이상)
< -500	심각한 부식

<표 2> 철근의 인장강도 실험결과

채취 부위	호칭명	KSD 3504 품질기준			실험 결과			부식 여부
		인장강도(kg/cm ²)	항복강도(kg/cm ²)	신율(%)	인장강도(kg/cm ²)	항복강도(kg/cm ²)	신율(%)	
인장축	D16 (SD30A)	45~61	30이상	16이상	54.73	36.33	28.58	×
					53.36	35.43	16.43	○
압축축	D16 (SD30A)	45~61	30이상	16이상	53.44	35.53	26.22	×
					52.18	34.70	18.82	○

<표 2>는 상기 지역에서 채취한 부식된 철근과 부식되지 않은 철근에 대해 각각 인장강도를 실험한 결과이다. 실험결과에 정리하였듯이 비록 철근이 부식되었다 할지라도 철근의 인장강도나 항복강도에는 별 영향이 없는 것으로 나타나 있다. 부식된 철근의 신율은 감소하였으나 이는 실험을 할 경우 시편의 표점 중앙에서 파단이 발생하지 않고 공식부식이 발생한 곳에서 시편이 파단되어 신율이 감소된 결과로 실험상의 오차라 할 수 있다.

V. 결론

- (1) 압축강도, 콘크리트 비저항, 수분흡수율 및 염화물 농도를 측정된 결과 철거교량의 배수가 불량한 추월선의 경우에 콘크리트의 콘크리트 열화가 매우 심각하였다.
- (2) 철근의 부식도의 경우에도 추월선의 경우에 90% 이상의 부식가능성을 보였으나 철근의 인장강도 실험결과 부식의 영향에 대해 무관하였다. 따라서 Half-Cell에 의한 철근의 부식도는 단순히 철근의 부식만 고려할 것이 아니라 콘크리트 중의 염화물 농도를 함께 고려하여 판단하여야 한다.

참고문헌

- 1) ACI Committee 222, "Corrosion of Metals in Concrete", ACI Journal, 82, No.1, Jan.-Feb. 1985.
- 2) ASTM C 876-91, "Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete", ASTM, 1991.
- 3) James Instruments, "Poroscope Operating Instructions", James Instruments Inc., 1997.

- 4) J. H. Bungey, "The Testing of Concrete in Structures", Second Edition, Surrey University Press, p.102, 1995.
- 5) 小林豊治, "鐵筋腐食にかかわる耐久性の診断手法", 콘크리트工學, Vol.24, No.10, pp.40~47, Oct. 1986.