

서울시내 고가차도의 염화물량 및 철근의 부식상태 조사 및 평가

Investigation and Evaluation for Rebar Corrosion & Chloride of Freeway Concrete Bridges in Seoul Metropolitan Area

이 창 수^{*}
Lee, Chang-Soo

윤 인 석^{**}
Yoon, In-Seok

김 구 환^{***}
Kim, Koo-Hwan

ABSTRACT

A series of in-situ inspection and measurements have been conducted to estimate rebar corrosion incidence of freeway concrete bridges in Seoul metropolitan area.

The results of this study have been analysed to identify the extent of chloride concentration and incidence of steel corrosion in various ages and in the different members of the structures. About 34% of the freeway structures had a value lower than -350mV (vs CSE), so it could conclude that the excessive chloride concentration was a major cause of rebar corrosion.

1. 서 론

철근 콘크리트 구조물은 수명기간 동안 요구 성능의 만족을 목표로 설계 및 시공된다. CEB-FIP Bulletin 124/125에서는 일반적으로 철근 콘크리트 구조물의 목표 수명을 약 50년으로 간주하고 있다. 그러나 현재 공용 중인 구조물 가운데 매우 빠른 속도로 콘크리트의 내구성이 저하되어 50년의 기간에 이르기 전에도 제기능을 발휘하지 못하고 안전성이 의심되는 경우가 종종 발생하고 있다.

따라서 본 연구는 거대도시인 서울에 위치한 고가차도 39개에 대한 이력을 조사하고 염화물량 및 철근의 부식에 초점을 맞추어 내구성조사를 실시하였으며 이러한 자료의 구축을 토대로 내구성 저하의 해결책을 얻는데 목적을 두고 있다.

2. 연구수행방법

2.1 대상구조물의 선정 : 무작위 추출에 의해 대표성있는 구조물 39개를 선정하여 가장 열화가 심각한 부위를 대상으로 집중적으로 현장조사를 실시하였다.

2.2 구조물의 외관등급 : 구조물의 주위환경 및 부식정도 등 열화상태를 기준으로 5등급으로 평가하였다.(Table 1)

2.3 철근의 부식등급 : 조사대상 구조물의 육안조사를 기본으로 부분적으로 철근을 채취하여 철근의 부식등급을 5등급으로 평가하였다.(Table 2)

* 정희원, 서울시립대학교 토목공학과 교수, 공학박사

** 서울시립대학교 대학원 토목공학과 박사과정

*** 서울특별시 건설국 토목사부관

2.4 철근의 자연전위 : 포화황산농 전극(CSE)으로 ASTM C 876에 의해 자연전위를 측정하였다.

2.5 콘크리트의 염화물량 : 선택성 이온전극을 이용한 Salt-meter로 염화물농도(% Cl⁻)를 측정하였고, ACI Building Code 318을 참고로 0.04%를 허용염화물량, 0.052%를 임계염화물량으로 간주하였다.

Table 1 Visual inspection guide

등급	평가 기준
1	문제가 없는 최상의 상태
2	경미한 손상의 양호한 상태
3	보조부재에 손상이 있는 보통의 상태
4	주요부재에 진전된 노후화로 긴급한 보수보강이 필요한 상태로 사용제한 여부를 판단
5	주요부재에 심각한 노후화 또는 단면손실이 발생하였거나 안전성에 위험이 있어 시정봉을 즉각 사용금지하고 개축이 필요한 상태

Table 2 corrosion grade guide

등급	평가 기준
1	구조물 전체에 부식이 없는 건전한 상태
2	일부 표면에 약간의 녹물이 발생한 상태
3	일부에 철근부식으로 인한 균열 발생, 철근표면에 얇은 탄 녹이 광범위하게 발생한 상태
4	구조물 전체에 약간의 팽창상의 녹이 발생하였지만, 박리나 단면손상이 비교적 적은 상태
5	철근전체에 걸쳐 현저한 팽창상의 녹이 발생하고, 단면손상이 있는 상태

3. 조사 결과 및 고찰

3.1 외관조사

Fig. 1과 같이 과반수의 구조물에 해당하는 3등급이 49%인 19개소로서 보수를 실시하면 지속적인 사용에 문제가 없을 것으로 생각된다. 그러나 4등급의 구조물도 13%인 5개소로 조사되었는데 해당구조물은 1960년대와 70년대에 준공된 구조물이었다. 전체적으로 3등급 이하가 62%인 24개로서 열화에 대한 전반적인 원인분석 및 대책마련이 필요한 것으로 사료된다.

3.2 철근의 부식등급

1등급이 20%인 22개소, 2등급이 48%인 54개소, 3등급이 33%인 37개소, 4등급이 8%인 9개소, 그리고 5등급은 존재하지 않았다.(Fig. 2)

3.3 철근의 자연전위

철근의 자연전위는 교대가 대체로 다른 부위보다도 낮게 측정되었다.(Fig. 3) 또한, 하부구조인 교대와 교각이 상부구조인 슬래브와 비교하여 자연전위가 낮음을 알 수 있다. Fig. 4는 경년에 따른 자연전위의 분포를 보인 것으로 1990년 이후에 공용된 구조물 중 -350mV 이하가 측정된 것이 전혀 없었으며, -350mV 이하의 전위를 보인 구조물이 1980년 이전의 것에 폭넓게 존재하는 것으로 확인되었다. 1970년 이전에 공용된 구조물은 -200mV 이상으로 측정된 구조물이 전혀 없었다.

-200mV 이상이 10%인 8개소, -200~-350mV 사이의 측정이 58%인 47개소, -350mV 이하가 34%인 26개소로 조사되어 대다수의 구조물이 철근 부식에 대해서 잠재적인 위험요소가 내재되어 있었다.

3.4 콘크리트의 염화물량

부위별로 염화물량의 측정결과를 보인 것이 Fig. 5로서 전반적으로 염화물량이 심각하게 높았다. 또한 상부구조인 슬래브가 하부구조인 교대와 교각보다 평균염화물량이 더 높았는데 동절기에 살포된 염화칼슘의 영향으로 사료된다.

한편 Fig. 6은 경년 별로 염화물농도를 분석한 것으로 90년대 구조물에서 염화물농도가 높게 조사되

Date of construction (No. of structure) ~1969 : 3 1970's : 2	Half-cell potential (No. of member) -200~-350mV : 7 < -350mV : 5
Chloride content (No. of member) < 0.04 : 9 0.04~0.052 : 2 > 0.052 : 1	Corrosion grade (No. of member) 2 grade : 3 3 grade : 8 4 grade : 4
CO₂ penetrate concrete cover : 1	

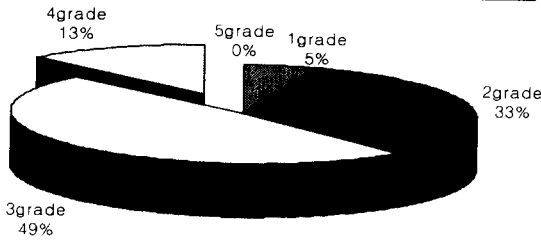


Fig. 1 visual condition

Date of construction (No. of structure) ~1969 : 4 1970's : 5	Half-cell potential (No. of member) -200~-350mV : 2 < -350mV : 5
Chloride content (No. of member) < 0.04 : 7 0.04~0.052 : 2	Visual condition grade (No. of member) 3 grade : 3 4 grade : 3
CO₂ penetrate concrete cover : 3	

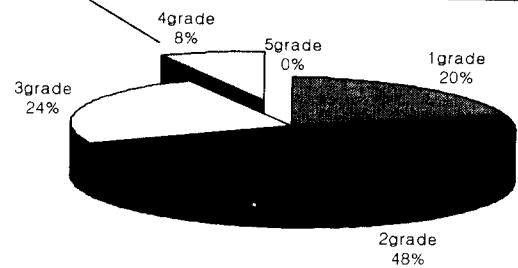


Fig. 2 Corrosion grade of rebar

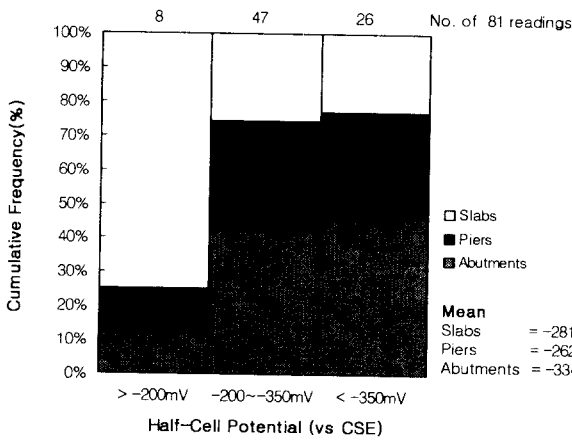


Fig. 3 Half-cell potential by member

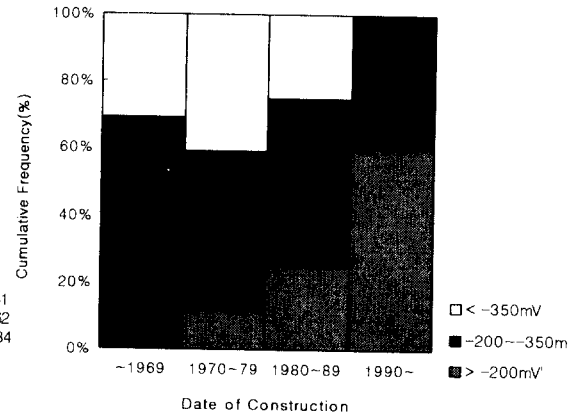


Fig. 4 Half-cell potentials by age

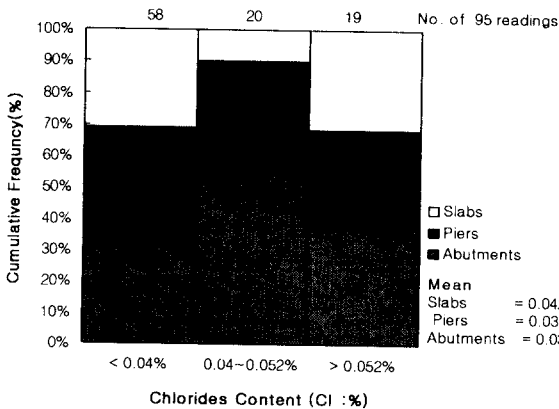


Fig. 5 Chloride content by member

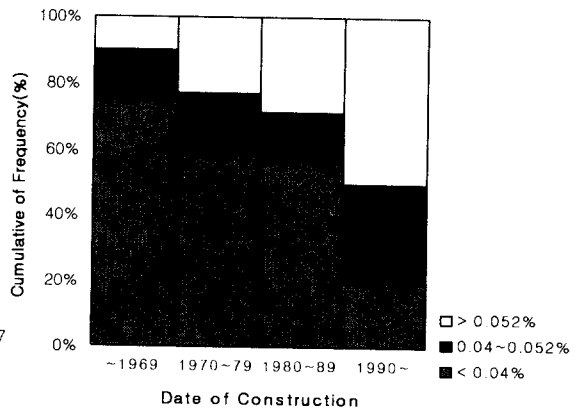


Fig. 6 Chloride content by age

어 해사의 사용유무와 당시의 배합설계에 대한 검토가 요망된다. 전체적으로 0.04%이하가 61%인 58개소, 0.04~0.052%가 20%인 20개소, 0.052%이상이 19%인 19개소로서 염화물량에 대해서 결코 안전할 수 없다고 판단된다. 특히 3개소에서 0.1% 이상의 높은 염화물량은 그 심각성을 더해 주고 있다.

3.5 종합분석

외관상황과 철근의 부식에 대한 관계를 분석한 결과(Table 3) 2등급의 양호한 외관상태를 보인 구조물도 -350mV 이하의 자연전위가 4개소 존재하여 철근부식에 대한 활성반응을 갖는 낮은 자연전위가 반드시 열악한 상황의 구조물에만 국한되지 않음을 알 수 있다.

한편 0.04%이하의 낮은 염화물량임에도 불구하고 -350mV 이하의 자연전위가 측정된 부위가 12개소로 조사되었는데 이러한 구조물의 부식원인은 피복두께 부족과 중성화 등으로 사료된다. -350mV 이하의 자연전위를 보인 23개소 가운데 0.04~0.052%의 염화물 농도가 5개소로서 전체의 22%, 0.052% 이상은 26%에 해당하여 철근부식에 직접적인 영향을 준 것으로 추정된다.(Table 4)

Table 3 Comparison of Visual condition & half-cell potential

		Half-cell potential(mV vs CSE)		
		> -200	-200~-350	< -350
Visual inspection	1 grade	3	1	0
	2 grade	11	19	4
	3 grade	4	20	17
	4 grade	0	7	5
	5 grade	0	0	0

(No. of 81 readings)

Table 4 Comparison of Chloride content & half-cell potential

		Half-cell potential (mV vs CSE)		
		> -200	-200~-350	< -350
Chloride content	< 0.04	10	27	12
	0.04~0.052	2	6	5
	> 0.052	4	9	6

(No. of 81 readings)

4. 결 론

- (1) 부재에 손상이 있는 외관등급 3등급이하인 구조물은 62%에 해당하는 24개로 조사되었다.
- (2) 염화물량은 전반적으로 높았으며 슬래브가 교대와 교각보다 높게 측정되었다. 전체 측정부재에 대해서는 철근의 부식이 심각하게 우려되는 임계염화물량 0.052% 이상이 20%로 조사되어 염화물량에 대한 대책이 요망된다.
- (3) 철근의 부식확률이 90% 이상인 -350mV 이하의 자연전위를 보인 부위가 32%인 26개소로 조사되었는데 해당 구조물은 80년 이전에 폭넓게 존재하였다. 한편 70년 이전의 구조물은 -200mV 이상이 전혀 없는 것으로 나타났다.
- (4) 철근의 부식등급은 국부적인 균열발생 등으로 보수(강)을 요하는 3등급이상이 32%인 46개소로 조사되었다.

참고문헌

- [1] ACI Building Code 318/318R-36
- [2] ACI Committee 201. 1R-92, "Guide for Making a Condition Survey of Concrete in Service,"
- [3] 이창수 외 4인, "염화물로 인한 철근콘크리트 구조물의 철근부식정도의 조사 및 평가," 한국콘크리트학회 봄 학술발표회 논문집, 1998