

희생양극법을 이용한 콘크리트중의 철근부식 억제 효과에 대한 연구

A Study on the Rebar Corrosion Control in Concrete by Using
the Sacrificial Anode Cathodic Protection

문 한 영* 김 성 수** 김 홍 삼*** 김 성 섭****
Moon, Han-Young Kim, Seong-Soo Kim, Hong-Sam Kim, Seong-Seob

ABSTRACT

Generally the corrosion expansion of the steel due to outdoor corrosive environmental factor brings about serious problem on the durability of concrete structures. It is the purpose of this study to see whether adapted sacrificial anode method is effective or not.

From the experimental results, the potential of steel in concrete in case of adapting the sacrificial anode method satisfies protection standard value (less than -850mV vs CSE).

1. 서 론

철근콘크리트는 인장력이 작은 콘크리트의 약점을 철근으로 보완한 우수한 건설재료이다. 그러나 해양환경하에 축조한 철근콘크리트 구조물의 내구성을 저하시키는 중요한 요인중의 한가지는 염화물의 침투로 인한 콘크리트 중의 철근부식을 들수 있으며, 철근에 부식이 생기게 되면 시간이 경과함에 따라 부식의 정도가 점점 진행되어, 콘크리트 덮개의 균열발생 및 탈락현상을 일으키게 되어 구조물의 내구연한이 감소되며 보수보강비용이 크게 증가하는 등의 유지관리에 어려움이 많다.

본 연구에서는 철근의 부식을 억제하기 위해 개발된 전기방식법 중 선박 등의 강재 부식방지에 오래전부터 널리 응용되어 오던 희생양극법을 콘크리트 중의 철근부식 방지를 위하여 적용하여 철근의 방식효과에 대하여 고찰하였다.

*정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

**정회원, 대전대학교 토목공학과 교수

***정회원, 한양대학교 대학원 박사과정

****정회원, 한양대학교 대학원 석사과정

2. 실험개요

2.1 사용재료

- (1) 시멘트 : 비중 3.15인 1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다.
- (2) 골재 : 잔골재는 비중 2.61인 염분을 최대한 제거한 해사를 사용하였으며, 굵은골재는 최대치수 13mm이며 비중 2.85인 부순돌을 사용하였다.
- (3) 철근 : 직경 13mm인 원형철근을 사용하였으며, 아세톤으로 철근표면의 기름을 깨끗이 닦아내고 통전용 리드선을 연결하였다
- (4) 양극재료 : 희생양극재료로는 순도 99.9%, 두께 1mm의 아연판을 사용하였다.

2.2 콘크리트의 배합 및 시험체 제작방법

10×10×20cm 공시체를 제조한 후 양극재료인 아연판을 콘크리트 표면에 고정하였으며, 원형철근의 양단면은 타설시 콘크리트 속에 완전히 매입하였다. 콘크리트의 배합은 표 1과 같다.

표 1. 콘크리트의 배합

Gmax (mm)	Slump (cm)	S/a (%)	W/C (%)	Air (%)	Unit Weight (kg/m ³)			
					W	C	S	G
13	12±2	45	55	2.5	193	350	785	978

2.3 실험조건

균열이 없는 공시체와 임의로 균열을 만든 공시체에 대해서 각각 철근을 2cm, 4cm, 6cm 깊이로 매입하고 전기방식을 실시한 경우와 실시하지 않은 경우에 대해 실험을 실시하였다. 또한 철근부식을 촉진하기 위하여 공시체 윗면에 틀을 만들고 그 속에 3%의 NaCl용액을 3일간 공급한 후 4일간 건조시키는 과정을 1사이클로 하는 salt-ponding을 균열이 없는 공시체의 경우는 25사이클, 균열이 있는 공시체의 경우는 15사이클씩 반복 실시하였다.

2.4 실험방법

- (1) 자연전위측정 : 방식효과를 알아보기 위해 콘크리트중에 묻은 철근의 전위를 포화 황산동전극(CSE)과 고정항입력전압계(200MΩ)를 사용하여 측정하였다.
- (2) 부식면적측정 : 실험종료후 공시체중의 철근을 꺼내어 철근표면에 녹발생 흔적을 투명용지를 사용하여 부식전개도를 그린 다음, 1mm×1mm 방안지를 이용하여 전체교점수에 대해 부식된 면적에 포함된 교점수의 비로 부식면적율을 계산하였다.
- (3) 중량감소측정 : 철근표면의 부식생성물을 10% 황산용액으로 제거한 후 0.1mg까지 측정가능한 저울을 이용하여 철근의 초기중량에 대해 실험종료후 감소된 중량의 비를 중량감소율로 나타내었다.

3. 실험결과에 대한 고찰

3.1 균열이 없는 공시체 중의 철근방식 효과

균열이 없는 공시체에 대해서 25사이클 동안 salt-ponding을 실시하고 사이클 별로 측정된 전원차 단 직후의 철근전위를 그림 1에 나타내었으며, 25사이클 후 공시체 중의 철근을 꺼내어 부식면적과 중량감소를 측정하여 정리한 것이 각각 그림 2 및 그림 3이다.

그림 1을 살펴보면 콘크리트의 덮개가 2cm 및 4cm인 경우는 실험기간 동안 해수중에 침지되어 있는 해양콘크리트 구조물의 방식기준 전위인 $-850\text{mV}(\text{vs. CSE})$ 를 만족하였다. 한편 콘크리트 덮개가 6cm인 철근의 경우는 14사이클까지는 이 기준에 다소 못미치지만 그 이후에는 방식기준을 만족하는 것을 알 수 있다.

그림 2는 25사이클 경과 후 공시체중의 철근으로부터 구한 부식면적을 정리한 것으로 콘크리트 덮개가 2cm일때 방식을 하지않은 철근의 경우 부식면적이 6.9%이나 방식을 실시한 철근의 경우는 0.3%로 방식을 실시함으로써 부식면적을 약 95% 줄이는 큰 효과가 있었다. 한편 덮개 4cm 및 6cm인 철근의 경우는 각각 74%, 34%의 부식면적이 감소되어 콘크리트 덮개가 적을수록 방식효과가 큼을 알 수 있었다.

그림 3은 철근의 중량감소율을 정리한 것으로 콘크리트 덮개가 2cm일때 방식을 실시함으로써 철근의 중량감소율을 71%정도로 낮출 수 있었으나, 덮개가 4cm 및 6cm인 철근의 경우 중량감소율에 의한 효과는 크게 확인 되지 않았다. 이는 사이클 수가 작은 것이 원인으로 추정되며 좀 더 많은 사이클 수와 가혹한 조건에서는 뚜렷한 방식효과를 확인 할 수 있을 것으로 기대 된다.

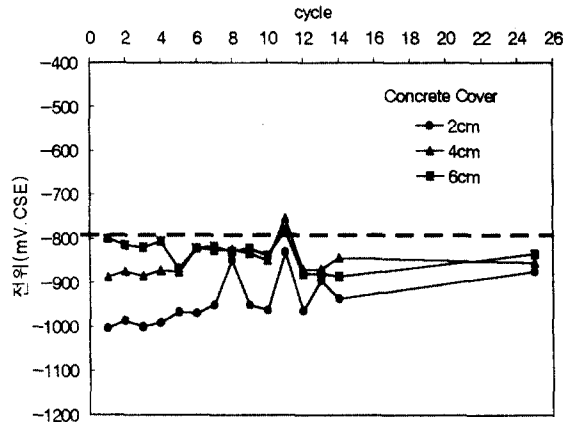


그림 1. 균열이 없는 공시체의 방식전위

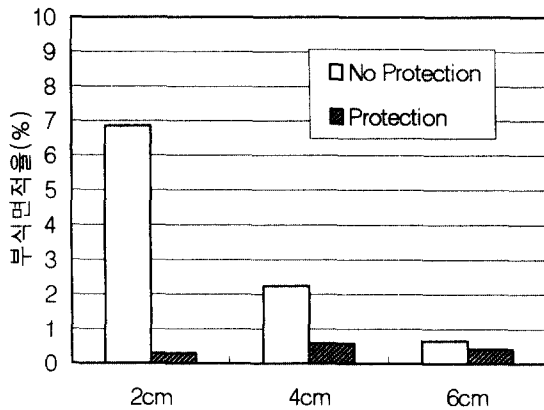


그림 2. 균열이 없는 공시체 중의 철근부식면적율

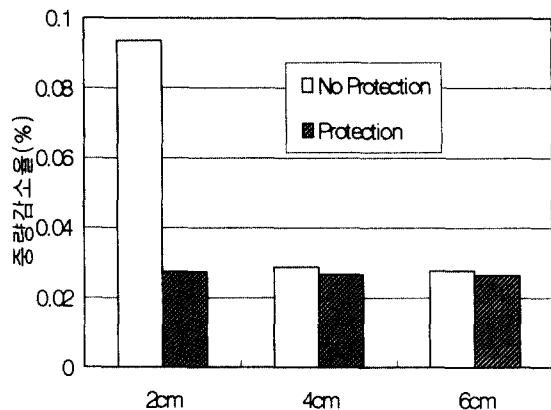


그림 3. 균열이 없는 공시체 중의 철근중량감소율

3.2 균열이 있는 공시체 중의 철근방식 효과

균열이 있는 공시체의 경우는 총 16사이클 동안 salt-ponding을 실시하였다. 이때 매 사이클별로 측정된 전원차단 직후의 전위를 정리하여 그림 4에 나타내었다. 그림 4에서 알 수 있듯이 균열에 의해 침투되는 염화물이 철근에 직접 도달한 공시체의 철근전위는 콘크리트 덮개에 상관없이 모두 해수중에 침지되어 있는 해양콘크리트 구조물의 방식기준 전위인 $-850\text{mV}(\text{vs. CSE})$ 를 만족하는 것으로 나타났다.

그림 5는 16사이클 후에 콘크리트 중의 철근을 꺼내어 구한 부식면적율과 중량감소율을 계산한 결과를 나타낸 것이다. 철근부식면적율의 경우 방식을 실시함으로써 덮개에 따라 각각 73%, 51%, 79%의 부식면적율이 감소되는 효과가 있었다. 또한 중량감소율의 측정결과는 방식을 실시함으로써 덮개 2cm에서는 40%, 덮개 6cm에서는 86%의 중량감소를 줄일 수 있었다. 그러나 덮개가 4cm인 경우는 거의 차이가 없는 것으로 나타났는데 이는 균열의 폭과 깊이의 차 등이 원인으로 추정된다.

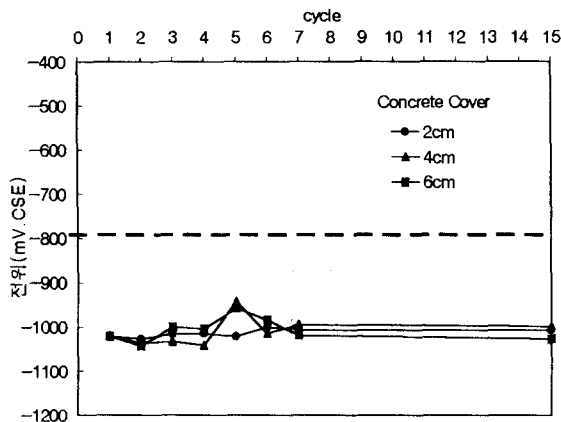


그림 4. 균열이 있는 공시체의 방식전위

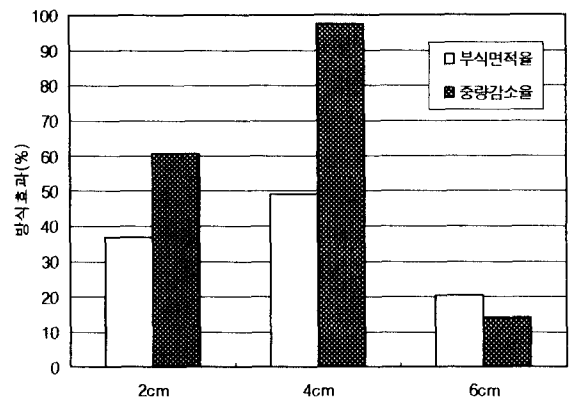


그림 5. 균열이 있는 공시체 중의 철근 방식효과

4. 결 론

콘크리트 중의 철근부식을 억제하기 위해 희생양극법을 적용하여 실험한 본 연구의 범위에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 희생양극법을 적용한 균열이 없는 공시체와 균열이 있는 공시체 모두 해수중에 침지된 해양 콘크리트 구조물의 방식기준인 $-850\text{mV}(\text{vs. CSE})$ 을 만족하였다.
- (2) 균열이 없는 공시체의 경우 희생양극법을 적용하여 부식면적율을 34 ~ 95%로 줄이는 효과를 얻었으며, 중량감소율은 덮개가 2cm인 경우에서만 71%의 감소효과를 확인하였다.
- (3) 균열이 있는 공시체의 경우 희생양극법을 적용하여 부식면적율을 51 ~ 79%로 줄이는 효과를 얻었으며, 중량감소율은 덮개가 2cm 및 6cm인 경우만 각각 39%, 86%의 감소효과를 확인하였다.