

전위차 부식촉진법을 이용한 철근 콘크리트의 내부식성 예측을 위한 새로운 기법 연구

A New Method on the Prediction of Corrosion Resistance of Reinforced Concrete Using Accelerated Potentiometric Corrosion Method



오병환*

Oh, Byung Hwan



조윤구**

Cho, Yun Ku



차수원**

Cha, Su Won



정원기***

Chung, Won Ki

요 약

최근 여러 지역에서 혹독한 환경에 노출되는 대형구조물들의 건설이 증가하고 있다. 철근부식은 콘크리트 구조물의 내구성 및 내구연한에 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 철근부식저항성을 증진시키기 위하여 내구성이 우수한 콘크리트의 개발이 필요하며 이러한 고내구성콘크리트의 부식저항성은 철근부식촉진실험으로 나타낼 수 있다.

따라서 본 논문의 목적은 철근의 부식량을 합리적이고 정확하게 측정하기 위한 새로운 기법을 고안하는데 있다. 본 논문에서 제시된 방법은 Faraday's Law에 기초하고 있으며 철근부식은 전위차 부식실험방법으로 촉진시켰다. 본 연구에서 제시된 기법은 촉진부식시간에 따라 철근의 부식량을 결정할 수 있다. 따라서, 고내구성 콘크리트를 개발하기 위한 플라이애쉬와 실리카 흙 등 혼화제가 미치는 철근부식 저항성연구를 정량적으로 수행할 수 있는 기법이 제시되었으며 이 방법은 앞으로 철근콘크리트 구조물의 부식저항성 예측에 효율적으로 활용될 수 있다.

* 서울대학교 토목공학과 교수
** 서울대학교 대학원 박사과정
*** 동아건설(주) 기술연구소 선임연구원

• 본 논문에 대한 토의를 1996년 12월 30일까지 학회로 보내주시면 1997년 2월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

Abstract

Recently, large scale concrete structures exposed to severe environment are increasingly built in various locations. The corrosion may severely affect the durability and service life of such a concrete structure. It is, therefore, necessary to develop durable concrete to enhance the corrosion resistance. The corrosion resistance of concrete can be identified through accelerated corrosion test. The purpose of the present paper is, therefore, to devise a reasonable and accurate method to predict the amount of corrosion of reinforcing steels. The proposed method which is basically based on the concept of Faraday's Law, determines the corroded amount of a rebar according to accelerated corrosion time. The corrosion is accelerated by employing the potentiometric corrosion test arrangement. The effects of admixtures in concrete including fly ash and silica fume have been also studied to explore the relative corrosion resistance of concrete.

Keywords : Service life, Faraday's Law, Potentiometric Corrosion test, Corrosion resistance

1. 서 론

건설구조물에 가장 광범위하게 사용되고 있는 콘크리트는 내구성이 우수하여 반영구적인 구조물 축조에 적용되어 왔다. 해양개발이 활발해지면서 해상, 해안 및 바다 근처에 설치되는 교량, 방파제, 안벽 등과 같은 콘크리트 구조물에서부터 해상비행장, 해저터널 및 심해의 유전 탐사기지 등과 같은 많은 콘크리트 구조물이 축조되고 있다. 해양환경하에 건설된 철근콘크리트 구조물의 경우 외부로부터 침투되는 염분의 영향으로 인하여 콘크리트 내부에 묻힌 철근의 부식이 진행되고 구조물에 균열, 박리 등과 같은 열화현상이 나타남으로써 구조물이 치명적인 손상을 받을 수 있다.^(2,4) 염화물의 영향을 받는 콘크리트 구조물의 축조시 염해에 대한 대책을 충분히 고려해야 하며 이미 건설된 구조물의 경우에도 유지 관리 및 내구성 진단, 평가에 만전의 대책을 강구해야 한다. 따라서 철근부식의 메커니즘과 이에 대한 내구성 평가기법 및 실험기법에 대한 연구가 절실히 요구되지 않을 수 없는 상황이다.

철근 콘크리트중의 철근의 부식실험에는 여러가지 기법이 현재 제안되어 표준규격으로 제정된 것도 있지만 대부분이 수개월에서 1년 이상의 장시간이 소요되고 부식의 발생량에 대한 추정 및 확인이

어렵고 고품질 콘크리트일 경우에는 수년 이상이 소요되는 단점이 있다. 그러나 필요한 내구연한을 충족시킬 수 있는 고품질콘크리트의 설계시 필요한 자료를 얻기 위하여 본 논문에서는 단기간의 실험시간과 명확한 결과를 얻을 수 있는 기법으로 우수한 성능과 결과를 제시할 수 있는 새로운 부식실험 기법을 고안하여 제시하였다. 제안된 실험기법은 분석화학에서 주로 사용하고 있는 정량분석방법이며 화학물질의 식출이나 분리를 위해 사용되어 왔으며 전기화학반응후 생성물의 양과 소모된 전하량이 비례한다는 패러데이 법칙에 근거를 두고 있다.

본 연구에서 제시된 실험기법의 장점으로는 콘크리트시편을 파괴하지 않고도 철근 부식량을 계산에 의해 정확하게 추정할 수 있고 필요한 만큼의 철근 부식발생량을 조절할 수도 있다. 또한 축진비율을 추정할 수 있는, 즉 장기 내구연한 예측에도 이용할 수 있는 자료를 제공할 수 있는 기법으로 본 기법의 적용범위가 아주 광범위하고 효율적이라고 볼 수 있다.

본 논문에서는 제안된 기법을 검증하기 위하여 일련의 포괄적인 철근 부식실험연구를 수행하였으며, 철근 부식실험은 철근 부식으로 인한 콘크리트의 균열발생과 덮개 탈락과정까지 수행하고 각 단계에서 발생한 철근 부식량과 부식이 부착강도에

미치는 영향 등을 부착강도 실험을 통하여 고찰하였다. 본 연구는 앞으로 철근콘크리트 구조물의 부식량 추정에 유용하게 사용될 수 있는 기법으로 사료된다.

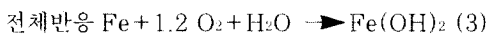
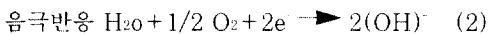
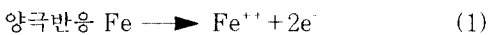
2. 부식의 발생기구

2.1 염분 침투 기구

콘크리트 속의 염화물 침투 경로는 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 콘크리트 제조시 해사를 사용하거나 혼합수에 염분이 함유된 경우 또는 혼화제 등과 같은 기타 재료에 의해 콘크리트 중에 혼입되는 경우이며 둘째, 구조물이 완성된 후 해수가 침투되거나 염분 입자가 콘크리트 표면에 부착하여 흡수와 확산에 의해 콘크리트 내부로 침투되는 경우를 들 수 있다.¹⁴⁾

2.2 철근 부식 발생 기구

콘크리트는 알칼리성(pH=12.5~13.0)이 높아 철근표면에 치밀한 부동태피막이 발생하므로 일반적으로 철근은 부식하지 않는다. 그러나 염화물이온이 존재하면 염화물이온에 의해 부동태 피막이 파괴되거나, 부동태화가 방해된다. 염화물의 작용은 간접적이고, 또한 촉매적인 것으로 생각하고 있으나, 이 문제에 대해서는 아직 해결되지 않은 점도 많다. 부동태막이 파괴되면 콘크리트 중에 있어서 각종 결합이나 밀실정도의 차, 염분과 알칼리 농도의 차등 불균일성 또는 철근표면의 화학적 불균일성 때문에 Anode(양극)부와 Cathode(음극)부가 생겨 국부전류가 흘러 부식이 발생할 수 있다.^(1,2,8)



3. 내부식성 평가 기법

내부식성의 평가기법은 현재 여러 가지가 제안되어 있다. 일반적으로 알려진 부식촉진법에는 철근

콘크리트시편을 염수에 침지시켜 장시간 실험을 하거나 autoclave를 사용한 KS F 2561규정을 변형한 실험방법이 있다. 이 방법은 철근을 콘크리트 시편속에 완전히 묻은 후에 autoclave에서 고온과 고압으로 염소 이온의 투과를 촉진시키고 건습을 주는 일련의 과정을 장기간 반복하여 콘크리트중의 철근부식을 촉진하는 것이다. 이 방법을 사용하여 평가한 결과, KS에 규정된 실험으로는 각 시편간의 내부식성능차이를 판별하기 어렵다는 단점이 있고, 부식면적율에 의한 평가는 육안 식별의 부정확성을 유도할 수 있다. 또한 고품질의 콘크리트를 사용할 경우는 침투의 어려움으로 만족할 만한 성과를 거두기 어렵고 무엇보다도 원하는 양만큼의 부식발생을 유도할 수 없으므로 철근 부식으로 인한 구조적인 실험에 응용하기 어렵다. 이 경우 부식촉진의 방법으로 염수의 농도를 조절하고 덮개를 작게 하며, 배합을 저장도용으로 제작한다. 그리고 부식평가기법으로 부식면적율을 이용한다.^(3,12)

현재까지 알려진 콘크리트중의 철근부식정도의 평가방법에는 저 준위 주사속도를 이용한 양극분극법과 전위-전류밀도방법과 자연전위 측정법 등이 있다. 실제 부식속도 측정이나 부식상태를 판별하는 실험기법으로는 아직까지도 정밀하고 확실한 방법이 제시되어 있지 않으며 이론적으로도 확실한 정립이 되어있지 않은 실정이다.⁽⁸⁾

4. 전위차 부식촉진법에 의한 철근의 부식실험

4.1 개요

철근부식 실험방법에는 부식이 활성화될 수 있도록 하기 위하여 염수를 가하거나 온도를 높이는 등 다양한 방법이 있을 수 있으며 수십 년이 소요되는 부식기간을 길게는 1-2년 짧게는 몇달안에 그 결과를 보이는데 그 주안점이 있다. 따라서 본 논문에서는 부식실험결과를 분석하는 기법을 개발하기 위하여 각 배합별로 전위차 부식촉진실험을 수행하고 그 결과에 대한 해석방법을 제시하려고 한다. 또한 본 논문에서 제안하는 기법을 적용하기 위하여 배합변수를 다양하게 하였고 분석방법으로는 실험결과로 제시되는 전류-시간 그래프에서 전하량의 적

본 값이 철근의 부식량을 나타낼 수 있다는 점에 착안하여 각 단계별로 부식을 유도하고 각 단계까지의 부식저항성을 평가하고자 하였다. 또한, 철근의 부식정도에 따른 부착강도의 관계규명 및 부착강도의 저하량을 고려한 내구연한의 설정등을 위한 실험을 수행하였다.

4.2 실험계획 및 실험배합

본 논문에서 실험기법의 적절한 적용을 위한 실험배합내용이 표 1에 요약되어 있다. 본 실험에 사용한 시멘트(표 2)는 국내 S사의 보통 포틀랜드 시멘트와 내황산염시멘트를 사용하였다. 잔골재는 서울근교의 하천에서 채취된 골재를 사용하였으며 비중은 2.60이고 흡수율은 1.5%이며 굵은골재는 최대골재 치수 19mm이하인 쇄석을 사용하였다.

본 실험에 사용된 굵은 골재의 비중은 2.75이고 흡수율은 1.0%였다. 표 1에서 N1은 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 보통강도 콘크리트 배합을 뜻하고, H1은 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한, 고강도콘크리트 배합을 뜻하며, N5는 내황산염시멘트를 사용한 콘크리트 배합을 뜻한다. SF10은 실리카흙 10% 혼입, BS25는 고로슬래그 25% 혼입을 뜻한다. 시편기호 N1-0-0에서 제일 끝의 숫자는 AE제의 혼입량을 나타낸다.

고로 슬래그(Blast furnace slag)는 포항 제철소에서 생산된 것을 사용하였으며 비표면적은 4000cm²/g이었다. 실리카 흙(Silica fume)은 미국 D사의 제품으로 실리카흙과 물을 1:1로 혼합한 슬러리 상태의 실리카흙을 사용하였으며 슬러리 상태의 실리카흙에 포함된 물은 배합수량에 보정하였다. 실험에 사용된 고유동화제의 성상은 표 3과 같다.

표 1 실험배합표

Variables of test	Cment (kg/m ³)	Mineral Admixtures (kg/m ³)	Water (kg/m ³)	Fine aggregate (kg/m ³)	Coarse aggregate (kg/m ³)	AE agent (C×%)
N-0-0	350	0	190	740	1060	0
N1-0-0	380	0	164	850	1040	0
N1-0-0.15	380	0	164	850	1040	0.15
N1-SF10-0	342	38	164	850	1404	0
N1-SF20-0	304	76	164	850	1040	0
N1-SF10-0.15	342	38	164	850	1040	0.15
N1-BS12.5-0	332.5	47.5	164	850	1040	0
N1-BS25-0	285	95	164	850	1040	0
N1-BS12.5, 0.15	332.5	47.5	164	850	1040	0.15
N1-SF10,BS25-0	247	133	164	850	1040	0
H1-0-0	550	0	154	708	1771	0
H1-0-0.15	550	0	154	708	1771	0.15
H1-SF10-0	495	55	154	708	1771	0
H1-BS12.5-0	481.25	68.75	154	708	1771	0
H1-SF10,BS25-0	357.5	192.5	154	708	1771	0
N5-0-0	380	0	164	850	1040	0
N5-0-0.15	380	0	164	850	1040	0.15
N5-SF10-0	342	38	164	850	1040	0
N5-BS12.5-0	332.5	47.5	164	850	1040	0

표 2 사용 시멘트의 물성

Specific Gravity	Expansion Autoclave (%)	Surface Area (cm ² /g)	Size (μm)			Setting time		Compressive Strength (kg/cm ²)			
			Max	80%	Mean	Initial (hr:min)	Final (hr:min)	1day	3Day	7Day	28Day
3.14	0.1	3200	100	40	21	4:20	6:40	90	200	285	375

표 3 본 실험에 사용된 고유동화제

Specific Gravity	Solid	Color	pH	Chloride
1.20±0.01	41±1%	black brown	8-10	0.00%

4.3 실험방법 및 측정

4.3.1 압축강도 실험방법

압축강도시험은 KS F 2405 콘크리트의 압축강도시험의 규정에 따라 수행하였다. 실험시편은 10×20cm 주형 공시체이고, 제작한 시편은 시험전까지 20±2℃의 항온수조에 수중양생시킨후 최대용량 200t MTS로 변위제어방법으로 수행하였다.

4.3.2 철근의 부식촉진 실험방법

철근 부식 실험은 5% NaCl 용액에 철근을 매설한 콘크리트시편(시편기호(1),(2):뎡개 1cm, 2cm이며 N-0-0의 경우는 시편중앙에 매설)을 침지하여 20V 직류전원공급장치의 (+)극은 철근에, (-)극은 NaCl 용액에 연결하여 직류회로를 구성한다. 그림 1은 철근 부식실험의 장치도를 보여주고 있다. 그림의 회로에서 양극과 음극의 전위차는 염소이온의 침투를 촉진시킬 뿐만 아니라 철근부식 역시 촉진시키는 작용을 하며 철근의 부식으로 인한 팽창압으로 생긴 콘크리트의 균열 사이로 전해질이 침투해 전류량이 크게 증가하게 된다. 이러한 시점을 측정하기 위한 장치로 각 시편마다 10Ω의 저항을 연결하여 저항에 걸리는 전압을 측정하여 전류로 환산한다. 직류전압 측정은 Data-Logger를 이용하여 30분마다 측정한다. 그리고 측정된 결과를 시간에 대한 적분으로 통과된 전체전하량을 구한다. 철근부식실험은 철근의 부식으로 인한 콘크리트의 뎡개 탈락하는 과정과 부식량과 부착강도와와의 관계를 파악하기 위하여 각 단계별로 부식발생량을 조정하여 실험하는 경우로 나눌 수 있다. 매 단계에서의 자연부식전류량의 측정은 0.01mA단위까지 측정이 가능한 전류계를 사용하였다. 그리고 산화극에는 콘크리트중의 철근을, 환원극에는 비활성 전극인 탄소봉을 이용하였다.

4.3.3 부착강도 실험방법

본 연구에서는 MTS 인장시험기로 슬립이 발생하

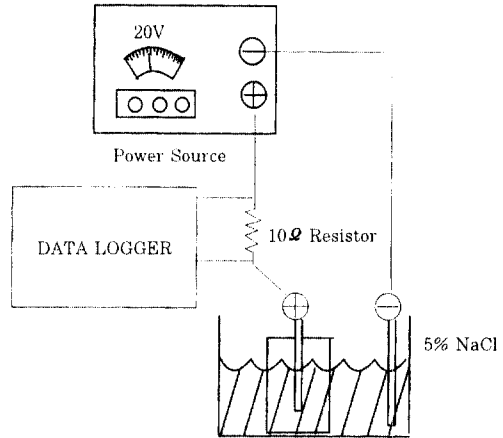


그림 1 철근 부식실험의 장치도

는 최대강도를 측정하였다. 부착강도 실험결과는 부식을 유도하지 않은 시편의 부착강도에 대한 상대값으로 표시하여 부착강도 저하도를 표시하였다. 부착 실험시편의 실험장면이 그림 2에 도시되어 있다.

5. 결과분석

5.1 개요

본 논문에서 고안된 새로운 이론은 철근의 부식

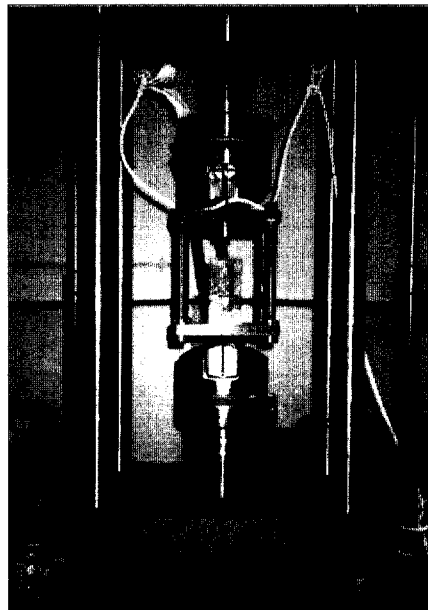


그림 2 부착실험의 실험장면

이 전기 화학적인 반응이라는 점에서 착안한다. 즉 반응에 사용되는 총 전하량이 보존된다는 페러데이법칙에 근거한다. 즉 촉진부식방법에 사용되는 총전하량과 자연 부식에 사용되는 총전하량(총부식량)이 같아야 한다는 점에서 자연부식전류량을 측정함으로써 자연부식에 소요되는 총시간을 구하여 시편의 내구연한을 구할 수 있다는 이론을 제시하고자 한다. 초기에 철근의 분자수를 중량(철근의 몰수 계산)에 의해서 구한다. 각각의 측정단계마다 부식에 소요되는 전하량의 누적값을 구한다. 이것을 철근의 부식량을 가리키는 대표값으로 인식(Paraday's Law에 기초)하여 각 부식단계에 해당하는 자연부식전류량을 측정하여 실제 부식량과 부식시간을 구하는 것이다.^[17]

5.2 압축강도 실험결과

각 배합에 대한 압축강도의 실험결과로서 표 4에 제시하였다.

표 4 콘크리트의 압축강도 실험 결과

Test series	28day Compressive strength (MPa)
N-0-0	30.0
N1-0-0	34.7
N1-0-0.15	34.3
N1-SF10-0	42.3
N1-SF20-0	57.0
N1-SF10-0.15	42.5
N1-BS12.5-0	37.2
N1-BS25-0	31.1
N1-BS12.5-0.15	34.3
N1-SF10, BS25-0	46.7
H1-0-0	55.6
H1-0-0.15	51.5
H1-SF10-0	77.4
H1-BS12.5-0	58.7
H1-SF10, BS25-0	69.4
N5-0-0	33.8
N5-0-0.15	33.8
N5-SF10-0	45.1
N5-BS12.5-0	32.8

5.3 부식실험결과

Data-Logger에 30분마다 측정된 전류량으로 전

류량과 시간과의 관계로서 결과를 나타내었다. 그림 3은 각 시편의 부식된 모습을 보여주고 있다. 그림 4와 5는 혼화재와 시멘트의 종류 및 사용량에 따른 부식저항성을 그래프로서 표현한 것이다.

부식실험결과에서 알 수 있듯이 각 시편에 따라 명확한 결과를 보이며 이는 본 실험방법으로 각 배합이나 덮개에 따른 내부식성의 평가가 가능하다는 것을 나타낸다. 그림 4에서 보면 각 혼화재의 혼입에 따른 부식저항성을 표현하고 있는데 급격한 전류의 상승이 이루어질 때까지의 시간이 길수록 부식저항성이 우수한 것으로 평가된다. 그림 4에서 보듯이 혼화재를 혼입한 경우가 같은 양의 부식을 일으키는데 훨씬 더 많은 시간이 걸린다는 것을 알 수 있으며, 특히 고로슬래그보다 실리카 흙을 혼입한 경우 부식저항성이 매우 높음을 알 수 있다. 또한 그림 5에서는 물-시멘트비가 작을 경우에 부식저항성이 큼을 알 수 있고 5종 시멘트는 1종 시멘트에 비하여 부식저항성이 낮음을 알 수 있다. 그래

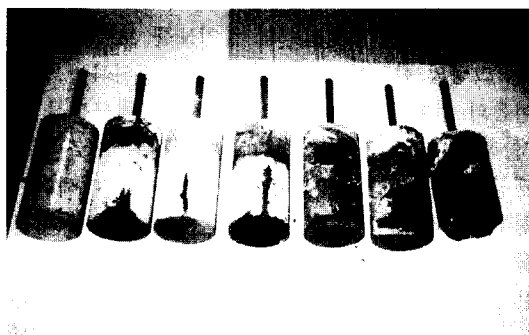


그림 3 실험 시편의 부식된 모습

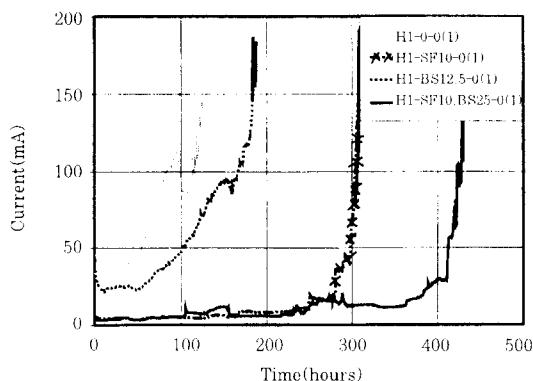


그림 4 혼화재의 혼입에 따른 부식저항 그래프

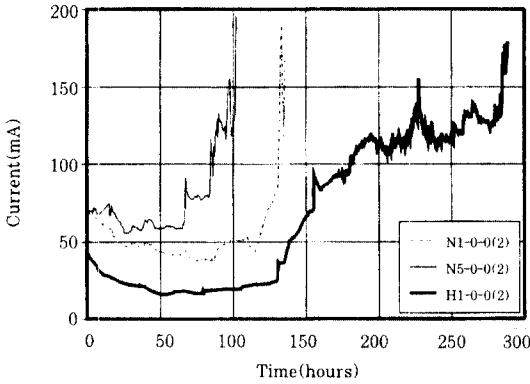


그림 5 시멘트 종류 및 물-시멘트비에 따른 부식저항 그래프

프에서 보이는 전류값은 그 시점에서의 철근의 화학반응속도를 의미하며 이는 그 시점에서의 콘크리트의 비저항이나 또는 투수성능을 나타내는 지표로도 응용할 수 있다고 사료된다. 부식량을 추정하기 위해 사용된 법칙은 Faraday's Law이며 이를 이용하여 그림에서 나타난 각 시편의 전류 - 시간 그래프에서 시간에 대한 전류량의 적분값이 부식량을 표현한다. 그리고 Faraday's Law에 따라 철분자 1몰당 $2F$ ($1F = 96500 C$)이 소요되므로 다음과 같은 식 (4)로 철의 부식량을 결정할 수 있다.⁽¹⁷⁾ (여기서 $1C = 1 \text{ Ampere} \times 1 \text{ Second}$)이며, 일반적으로 1가 분자의 경우 1몰에 $1F$ 만큼 소요되지만 철의 경우는 철분자 1개가 부식을 하는데 2개의 전자가 반응을 하므로 총 $2F$ 이란 전하량이 필요하게 된다.) 또한 철분자 1몰이 $55.847g$ 이므로 몇 g의 철분자가 부식하였는 가를 추정할 수 있는 것이다. 전류량의 적분값을 구하는 방법으로 Data-Logger에서 받아들이는 각 단계를 기준으로 구분구적법을 응용한 program을 작성하여 계산하였다.

$$\text{부식량(몰)} = \frac{1}{2 \times 96500} \int q \, dt \quad (4)$$

부식량(몰) = 부식한 철분자의 몰수

q (Ampere) = 각 단계에서의 통과전하량

5.4 부착강도 실험결과

전위차 부식촉진실험을 수행하면서 덮개의 탈락 과정까지의 실험기간을 가지는 경우와 각 단계별로 일정량을 부식시켜서 시편을 준비한 후 슬립이 발생하는 최대부착강도를 측정하여 부식과 부착과의 관계를 고찰하였다. 부착강도실험은 철근의 물수를 구한 후 부식발생량을 계산에 의해 추정된 다음 부식가능량에 대한 상대값(%)을 변수로 하였다. 또한 부착강도 역시 부식발생을 유도하지 않은 경우에 대한 상대값(%)으로 표현하여 부식이 부착에 미치는 영향을 규명하려고 하였다. 실험결과는 그림 6 와 그림 7에 표시하였다. 제시된 실험결과를 시편기호 N-0-0 대한 것이다. 그림 7에서 보듯이 부식율이 약 15%일 때 부착강도가 약 반으로 떨어지고 있고, 부식율 25%이상에서는 부착강도가 거

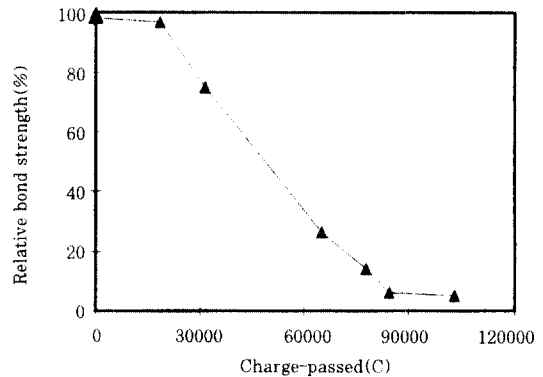


그림 6 통과된 전하량에 따른 상대부착강도

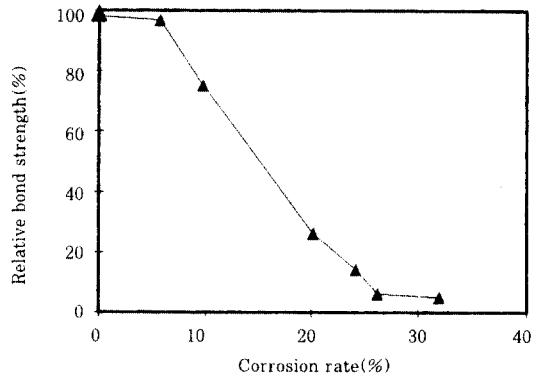


그림 7 부식발생율에 따른 상대부착강도

의 모두 상실되고 있음을 알 수 있다.

5.5 부식에 따른 내구연한 산정

앞에서 제시된 결과를 분석해 보면 제시된 각 그래프상의 차이만으로도 각 배합의 부식저항성의 상대비교가 가능하리라고 생각된다. 또한 강제 촉진 부식이나 실제의 자연부식(외부전원의 공급없이 철근부식환경에서 부식침해요인에 의하여 발생하는 철근부식)이나 그 철근부식의 발생량이 같아야 한다는 가정을 한다면 자연부식전류량의 측정(철근부식 총발생량)으로 강제 촉진 부식으로 손실된 철근의 양만큼 부식하기 위한 자연부식시간을 계산할 수 있다는 결론에 도달한다. 이 가정에 따라 계산하는 과정을 도식화하여 그림 8에 나타내었다.

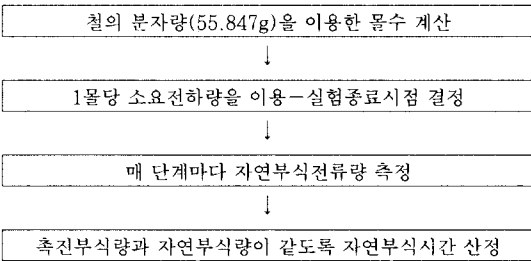


그림 8 자연부식기간(내구연한) 산정

이 가정에 의해 N-0-0의 산정된 결과가 그림 9, 그림 10에 제시되었다. 이 실험에서 사용된 실험시편은 전위차 부식촉진실험시 사용된 총 전하량이 65,121.64C이다. 철의 분자량이 55.847g이고 2가 원소이므로 $96,500 \times 2 = 193,000(C)$ 이 1몰의 철을 부식시키는데 필요한 전하량이다.⁽¹⁷⁾ 따라서 부식가능량이 93.33g일때 이것은 1.67몰에 해당하고 이를 전하량으로 환산하면 322,547.91C이다. 따라서 그림에 표시된 시편은 약 20%의 부식이 발생한 것이다. 그리고 최종점에서의 자연전류량이 0.36mA(전체 철근의 반응면적에 대한 전류밀도로 환산하면 약 0.01mA/cm²임)였으므로 이 부식반응속도를 고려하여(그래프의 곡선을 적분하면 철근부식에 사용된 총전하량이 되고 이를 부식한 철근의 몰수로 환산할 수 있음) 강제 촉진부식과 자연부식

의 총발생량이 같게 될 총 자연부식기간을 환산한 결과 약 50년이 산정된다. 그리고 부식이 진행됨에 따라 철근의 부식속도가 촉진부식이나 자연부식 모두 증가하는 것은 아닌 것으로 나타났으며 콘크리트 내 철근주위의 공극 및 철근과 콘크리트 모르타르와의 지이지역특성에 따른 한계 부식량이 존재할 것으로 사료됩니다. 또한 이 시편의 부착성능은 1368kg에서 슬립이 발생하였고 부식을 시키지 않은 시편은 5143kg에서 슬립이 일어났다. 따라서 20%의 단면감소에 74%의 부착강도의 저하를 보였다. 즉 철근의 부식이 부착성능에 미치는 영향을 고려해 보기 위하여 좀 더 많은 실험으로 이 부분에 대한 자료 축적 및 분석이 필요하다고 판단된다.

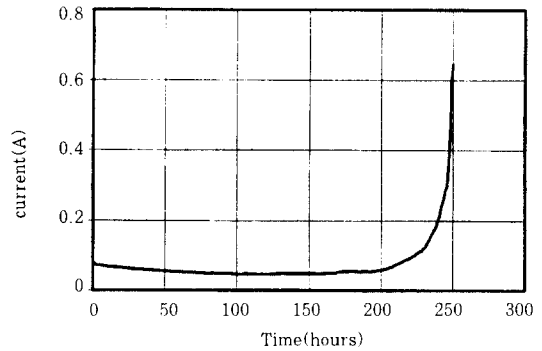


그림 9 부식저항 그래프(N-0-0)

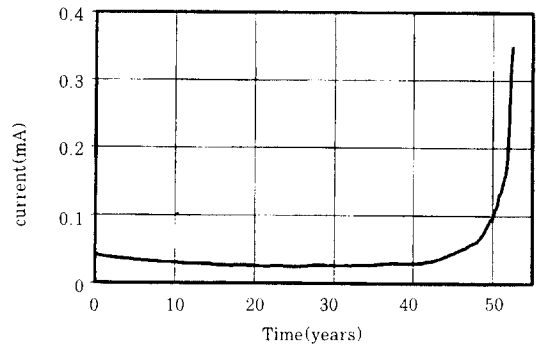


그림 10 내구연한 산정그래프

6. 결 론

본 논문에서는 철근 콘크리트구조물의 내구성 향

상을 위한 내부식성을 예측하기 위한 기법을 연구하였다. 본 논문의 주요 내용과 결론을 요약하면 다음과 같다.

(1) 철근 콘크리트구조물의 내부식성을 예측하기 위하여 전위차 부식촉진법을 이용하여 빠른 시간 안에 정량적으로 철근부식을 발생시키고 이 부식량을 Faraday법칙을 응용하여 정확히 산정하는 기법을 구축하였다.

(2) 콘크리트 시편의 자연부식전류량을 측정함으로써 철근의 자연부식량을 결정하고 이를 촉진부식량과 비교하여 철근 콘크리트의 내구연한을 산정할 수 있는 방안을 제시하였다.

(3) 물-시멘트비의 감소는 부식저항성을 높여주는 것으로 나타났고 또한 실리카 흙, 고로슬래그 등의 혼화재를 사용하면 부식저항성이 높아지며 실리카 흙이 부식저항성 증가에 가장 큰 효과를 나타내는 것으로 나타났다.

(4) 철근의 부식과 부착성능과의 관계를 규명하기 위하여 부착강도 실험을 수행하였으며 부식된 시편에서 부착강도가 저하되는 결과를 도출하였다. 부식율이 약 15%일 때 부착강도가 약 50% 정도로 떨어졌고, 부식율 25% 이상에서는 부착강도가 거의 상실하게 되는 것으로 나타났다. 여기서 부식율은 부식된 철근의 중량비를 의미한다.

(5) 그동안 촉진 부식실험의 결과를 부식면적율에 의존하는 등 부식량을 정량적으로 평가할 수 없었으나 본 논문의 연구결과 이 문제를 해결하여 정량적으로 평가함으로써 앞으로 콘크리트 구조물의 내부식성 및 철근부식후 평가기법을 발전시키는데 유용하게 이용될 것으로 사료된다.

(6) 제시된 부식촉진기법은 전위차에 의하여 필요한 양만큼의 부식을 정량적으로 자유롭게 유도할 수 있으며 철근부식으로 인한 균열 발생, 덮개 탈락 등의 내구성저하를 실험할 수 있는 기초를 제공하였다.

참 고 문 헌

1. 오병환, 차수원, 조운구, "구조물의 염해대책 특별연구 보고서", 서울대학교 공학연구소, 1995.5

2. 오병환 외 5인, "농업토목 구조물의 내구성 향상을 위한 고품질 콘크리트에 관한 연구", 서울대학교 공학연구소, 1994

3. 서울대학교 공학연구소, "해사활용기술 연구(II)", 1992

4. 한국 콘크리트학회, "서해대교 콘크리트 품질 방안 연구", pp 62-121, 1994

5. 전대회, "부식방지에 관련된 국내외의 범규와해설", 한국 부식학회지

6. 한국 건설방식 기술연구회, "콘크리트 철근의 부식과 방지대책", 1994

7. 해양콘크리트, "콘크리트 표준시방서", 건설부, pp. 631-638, 1988

8. 전대회, "방식제에 의한 콘크리트중의 철근 방지법의 해설", 한국부식 학회지, Vol.21, No.2, June.,1992

9. 심보현, "콘크리트 구조물의 염해", 럭키개발 건설기술 연구보고, pp.13-29, 1992

10. 김남중 외 3인, "시멘트경화체 중에서의 Cl-의 확산과 세공용액의 pH에 미치는 혼화재의 영향", 콘크리트 학회 논문집, 제4권 1호, 1992

11. P.K. Mehta, "Performance of Concrete in Marine Environment." ACI SP-65, pp.1-20, 1980

12. 문한영, 김성수, 유재석, "해양환경하에 방치한 콘크리트 중의 철근의 부식추정에 대한 연구" 한국콘크리트학회 논문집, 제6권 제2호, pp.129-137, 1994. 4

13. 김문한, "염해와 그 대책", 한국콘크리트학회지 제4권 1호, 1992

14. B.B.Hope, Corrosion of Steel in Concrete Made with Slag Cement. ACI Materials Journal, Nov.-Dec., pp.525-531, 1987

15. D.J.Cook, The Behaviour Slag Cement Concrete in Marine Environment-Chloride Ion Penetration, Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete, Proceedings 3rd International Conference, Norway, ACI SP-114, pp.1467-1483, 1989

16. M.A. Mustafa and K.M. Yusof, "Atmospheric Chloride Penetration into Concrete in Semitropical Marine Environment", Cement and Concrete Research, Vol.24, No.4, pp. 661-670, 1994

17. 崔圭源, "分析化學", (株) 養英閣, 1994
(접수일자 : 1996. 5. 2)