

방식재료의 내부식 성능에 관한 물성연구

Experimental Investigation of Properties for Corrosion resistance of Corrosion Inhibitors

이상엽*
Lee, Sang Yup

김양현*
Kim, Yang Hyun

한만엽**
Han, Man Yop

엄주용***
Eum, Joo Yong

Abstract

Reinforced concrete structures built on the seashore or in seawater are damaged from saltwater which cause to accelerate corrosion of reinforcing steel in concrete. Therefore, Corrosion of steel reinforcement of concrete structures become more and more serious, and prediction of service lives of concrete structures considering steel corrosion is needed much more.

This research is to investigate basic physical properties of various corrosion inhibitors and to evaluate their corrosion resistance in concrete. The object of this study is develop appropriate corrosion protection systems so as to enhance the durability of concrete.

1. 서 론

금속의 대부분은 지구상에서 안정되게 존재하고 있던 광석에서 막대한 에너지를 사용하여 채취한 불안정한 것이므로 부식에 의해서 원래의 안정된 상태로 되돌아 가는 것이 당연하지만 인간에게는 이것이 대단히 좋지 않은 것이다. 특히 철근콘크리트 내에 있는 철근의 경우 부식에 의해 구조적 기능을 상실할 경우 막대한 인명손실 및 경제손실을 초래하게 된다. 철근은 강알칼리성(pH=12)인 시멘트에 의해 보호되어 강한내구성을 보이고 있지만, 콘크리트 구조물도 부식이 촉진될 수 있는 유해한 환경에 노출되어 콘크리트가 중성화되거나, 방식기능이 약화되면 철근의 부식이 진전되고, 구조물의 내구성은 급격하게 저하된다.

부식의 가장 큰 요인인 염화물로부터 철근을 보호하기 위한 방식 기술은 매우 다양하게 제시되고 있다. 그러나 콘크리트 구조물로의 염화물 침투경로가 다양하기 때문에, 각각의 방식 기술들중 공학적, 경제성 등을 고려한 적절한 공법이 선정, 사용되어야 한다. 따라서 다양한 방식 기술을 여러 가지 환경조건에서 시험, 검증하여 그 성능을 비교 평가하고, 환경조건에 합당한 내부식 기술을 개발하여 건설현장에 적용되어야 한다.

본 연구에서는 철근콘크리트 구조물에서 사용되는 다양한 방식재료를 시험, 검증하고, 새로운 방식 기법을 개발하기 위하여 다양한 시험방법에 따라 이미 시공실적이 있는 기존의 여러 방식제를 사용하여 투수특성의 변화와 염분의 확산특성등을 실내실험과 현장실험을 통하여 평가하였다.

- 1) * 정희원, 아주대 토목공학과 석사과정
- 2) ** 정희원, 아주대 토목공학과 부교수
- 3) *** 정희원, 한국도로공사 도로연구소 책임연구원

2. 실험계획 및 측정방법

2.1 실험계획

본 실험은 압축강도 250kg/cm², 물-시멘트비 0.6을 표준으로 하여 물-시멘트비, 양생조건, 도포형, 혼합형방식제 처리등을 변수로 하여 콘크리트의 투수특성 및 강도특성을 측정하였다. 실험변수 및 배합물성을 다음의 표 1에 나타내었다.

표 1 실험변수 및 배합물성

방식제	인 식 표	공기량(%)	슬럼프(cm)	비 고
일 반	ST	5.0	9.8	표준배합(w/c=0.6)
	HS	5.3	8.0	w/c=0.5
	LS	6.2	11.5	w/c=0.7
	CC	6.0	8.5	연속염수침수양생
	AC	5.5	8.0	기건양생
도포형	SA	6.3	7.5	M 2020
	SB	6.3	7.5	S 903
	SC	6.3	7.5	S 901
혼합형	AD	5.2	11.5	M 2005
	AE	5.1	12.0	S 3020
	AF	4.1	7.0	Fly Ash

2.2 측정방법

2.2.1 GWT 시험방법

이 방법은 콘크리트 표면에 수압을 가하게 되면 콘크리트내로 침투해 들어가는 물의 침투속도가 콘크리트의 투수계수에 비례하는 원리를 이용한 것이다. 이 방법에서는 물에 적정한 속도로 압력을 가하여 발생된 최대 압력과 최대 압력에 도달하는 시간, 또한 이때 이동한 마이크로미터의 이동거리를 측정하여 투수계수를 측정하는 방법이다.

2.2.2 포로스코프 시험방법

포로스코프는 수분의 압력차를 이용하여 콘크리트의 몸체로 침투되는 물의 확산계수를 측정하는 장치이다. 먼저 시험용구멍을 만들고 공기를 주입하여 시험용구멍의 기압이 50KPa에 이르게 한다. 기압이 올라간 시험용구멍에 계속 공기를 주입해서 55KPa이상이 되도록 만들고 공기주입을 멈춘다. 포로스코프는 55KPa에서 작동을 시작하며, 기압이 다시 50KPa로 떨어지는 시간을 측정함으로써 확산계수를 구할 수 있다.

2.2.3 염분침투속도 측정법

직경 10cm, 높이 20cm의 콘크리트 시편에 상단면을 제외한 나머지 부분을 에폭시로 코팅 하여 측정일 까지 염수에 노출시켰다. 한 개의 시편당 측정위치 3곳을 정하여 위치에 따른 염분농도를 측정하였고, 재령에 따른 분석을 조합하여 염분의 침투속도(cm/일)를 구하였다.

3. 실험결과 및 분석

본 연구에서는 콘크리트의 방식성능을 측정하기 위해서, 투수계수와 침투속도를 측정하였고, 아울러 확산계수 및 압축강도에 대해서도 살펴보았다.

3.1 GWT에 의한 투수특성 측정 결과

3.1.1 물-시멘트비 및 기건양생 변수에 따른 투수계수

물-시멘트비에 따른 재령-투수계수의 결과를 그림 1에 나타내었다. ST(w/c=0.6)의 경우에 비해서 기건양생과 LS(w/c=0.7)의 투수계수가 큰 값을 보였고, HS(w/c=0.5)는 초기재령(7일)에서 낮은 투수계수 값을 보이지만 14일 이후에는 ST에 비해 두드러진 편차를 보이지 않았다.

3.1.2 방식재료에 따른 투수계수

그림 2에 나타낸 방식재료에 따른 투수계수를 살펴보면, 혼합형 방식재인 AD, AE, AF의 경우 초기재령(7일)에서는 ST에 비해 낮은 투수성을 보이고 있지만, 재령 28일, 90일이 되면서 ST와 편차가 줄어들음을 알 수 있었다. 특히 AF(Fly Ash)의 경우는 ST에 비해 약 60%의 값을 유지하며 감소하고 있다.

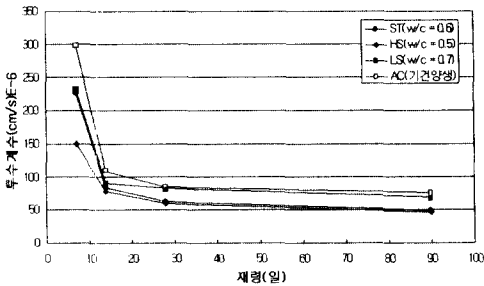


그림 1 물-시멘트비 및 기건양생 변수에 따른 투수계수

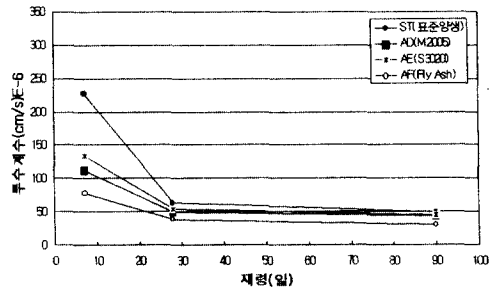


그림 2 방식재료에 따른 투수계수

3.1.3 재령 28의 투수계수 비교

재령 28일 시편의 투수계수를 그림 3과 표 2에 나타내었다. 표면도포형 방식재인 SA, SB, SC의 경우 표준양생인 ST에 비해 높은 투수성을 보였고, 혼합형 방식재인 AD, AE, AF의 경우는 낮은 투수성을 보였다.

3.2 포로스콤프에 의한 확산특성 측정 결과

3.2.1 물-시멘트비 및 양생조건에 따른 확산계수

그림 4에는 물-시멘트비 및 양생조건에 따른 확산계수를 나타내었다. 물-시멘트비에 따른 결과는 앞서 살펴본 투수계수와 같은 경향을 나타내고 있으며, 연속염수침수 양생의 경우는 ST보다 낮은 투

표 2 방식재료별 투수계수

인식표	투수계수 (cm/sec)E-6	비고
ST	62.95	표준양생
SA	82.69	M 2002
SB	78.09	S 903
SC	69.96	S 901
AD	48.95	M 2005
AE	53.87	S 3020
AF	38.49	Fly Ash

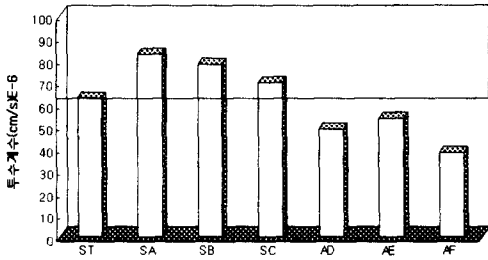


그림 3 재령 28일 시편의 투수계수

수계수값을 보였다.

3.2.2 방식재료에 따른 확산계수

방식재료별 확산계수를 그림 5에 나타내었다. 혼합형 방식재 계열로서 모두 ST보다 낮은 값을 보이고 있지만, 재령이 늘어날수록 편차가 줄어들음을 알 수 있다. 그리고, 투수계수 측정에서 얻은 결과와 마찬가지로 AF(Fly Ash)의 경우는 초기부터 낮은 확산계수 값이 측정되었다.

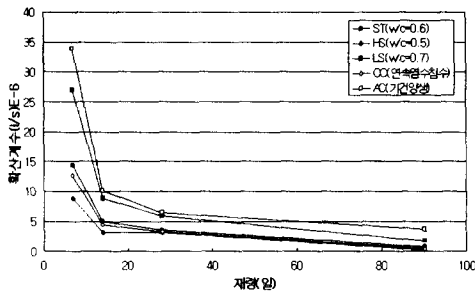


그림 4 물-시멘트비 및 양생조건에 따른 확산계수

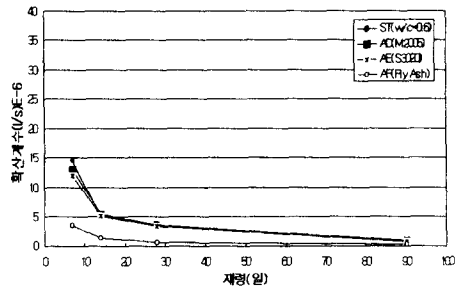


그림 5 방식재료에 따른 확산계수

3.3 염분의 침투속도 측정결과

그림 6과 표 3은 해안가에 방치한 ST시험체의 염분농도를 회귀분석에 의하여 도출한 염분의 침투 속도이다. 분석에 필요한 염분농도를 0.04%로 설정하였고, 그래프에 나타난 1차 추세선의 기울기가 염분의 침투속도를 나타낸다. ST시험체에서 염분침투속도는 0.067(cm/일)로서, 초단위로 재환산 하면 0.775(cm/sec)E-6 이 된다. 이와같은 결과로서, 방식처리를 하지 않은 콘크리트의 염분침투 깊이를 예상할 수 있는데, 타설 후 848일 경과 후에는 두께 5cm의 콘크리트가 0.04%의 염분농도를 함유하게 됨을 알 수 있다. 이는 콘크리트 구조물의 피복 두께에 준하는 거리로서 기타변수를 감안 할 경우 3년 후에는 부식이 시작됨을 알 수 있다.

표 3 염분의 침투속도 측정결과

침투깊이 (cm)	침투 예상일 (일)
1	242
2	445
5	848

회귀분석 결과 :

$$Y = 0.067X - 0.7716$$

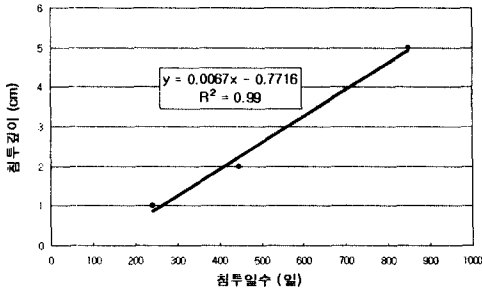


그림 6 염분의 침투속도 측정결과

3.4 각 변수별 강도특성

표준배합인(w/c)의 경우 230kg/cm³의 압축강도가 측정되었고, w/c가 0.5인 경우는 281kg/cm², w/c가 0.7인 경우는 202kg/cm²의 강도가 측정되었다.

4. 상호분석

본 고에서는 ST배합의 측정방법에 따른 결과값만 비교하였다. 표 4에 나타난 실험방법에 따른 측정결과를 살펴보면, GWT에 의한 투수측정 결과에 비해서 염분의 침투속도 측정 결과가 약 63배 정도 크게 측정되었음을 알 수 있는데, 이는 GWT실험의 침투 매개체가 증류수인데 비해서 염분의 침투속도 측정은 일반해수를 침투매개체로 사용하였기 때문인 것으로 추정된다. 또한 비교된 값의 재령이 GWT실험에서는 투수계수값이 수렴하는 90일의 측정값을 사용하였고, 염분의 침투속도는 전 측정재령에 대하여 평균 침투속도를 구하였기 때문인 것으로 사료된다.

표 4 ST시험체의 실험방법에 따른 측정결과

구 분	GWT에 의한 표면투수계수 (cm/sec)E-6	염분의 침투속도 (cm/sec)E-6	포로스코프에 의한 확산계수 (l/sec)E-6
측 정 값	48.76	0.775	0.78

5. 결 론

본 연구에서는 방식처리된 콘크리트와 일반 콘크리트의 배합변수에 따른 투수특성과 강도특성을 살펴보고, 이에 관한 실험결과를 분석하여 다음과 같은 결론에 도달하였다.

1) 물-시멘트비에 따른 변수에서는 w/c=0.5, 0.6, 0.7의 순으로 낮은 투수특성을 보여 물-시멘트비가 작을수록 부식의 원인인 수분을 차단하는 효과를 기대할 수 있었다. 그러나 장기재령에서는 그 편차가 다소 감소하는 것을 알 수 있으므로, 초기 양생과정에서 유효한 방식효과를 기대할 수 있었다.

2) 양생조건의 변수에 따른 결과를 살펴보면 기건양생의 경우는 표준배합에 비해 모두 높은 투수특성을 보였으며, 연속염수침수양생의 경우에는 염분의 침투로 인해 콘크리트가 밀실해져서 표준배합보다 낮은 투수특성이 측정되었다.

3) 방식처리된 콘크리트의 경우는 일반콘크리트에 비해 수분침투차단효과를 기대할 수 있었으며, 특히 혼합형 방식재가 우수한 성능을 보였다. 도포형 방식재의 경우는 물리적인 침투억제기능보다는 화학적으로 부식을 억제하는 제품으로 사료된다.

참 고 문 헌

- (1) David Whiting, Arthur Wakit, "PERMEABILITY OF CONCRETE" ACI SP-108, July, 1988, pp. 2-5.
- (2) D.Roy, R.Malek, and P.Licastro, "Chloride Permeability of FlyAsh-Cement Paste and Mortar", ACI-SP 100-74, pp.1450-1475.
- (3) B.Mobasher and T.M.Mitchell, "Laboratory Experience with the Rapid Chloride Permeability Test", ACI-SP 108-7, pp.117-144.
- (4) C. Ozyildirim and W.Halstead, "Resistance to Chloride Ion Penetration of Concretes Containing Fly Ash, Silica Fume, or Slag" Proceedings, Journal of ACI vol 26, pp. 101-141, 1929.
- (5) Dhir, R.K., Byars, E.A. and Shaaban, I. G.Prediction concrete durability from absorption. CAMM et International Conference, May, 1994.
- (6) D.J. Janssen, "Laboratory Permeability Measurement", ACI-SP 108-8, pp.145-158.
- (7) "Concrete, Hardened - Determination of the Depth of Penetration of Water under Pressure", ISO/DIS 7031, Germann, 1988.
- (8) "Electrical indication of concrete's ability to resist chloride ion penetration", ASTM C1202-91, 1989, pp.623-628.
- (9) Kraii, P. P., P. E., "Abrasion Testing of Concrete," 1984.2.
- (10) 건설부, "콘크리트 표준시방서", 1988.12.