

동결 융해 작용을 받은 콘크리트의 동해 깊이에 관한 고찰

Technical Review on the Measurement Methods of concrete corrosion attacked by freezing and thawing

지한상* 쿠스노키사다노리** 소에다마사시*** 야마토다케시**** 한복규***** 정해문*****
Chi, HanSang Kusunoki Sadanory Soeda masashi Yamato takeshi Han, BogKyu Cheong, Haimoon

ABSTRACT

Nowadays, It is openly reported that concrete structures have been attacked by freez and thaw. However, it is not clearly defined how to understand & measure the test method of freez and thaw of concrete structures. Thus, in this study, We performed the research with the test results using provision of ASTM C672 of freez and thaw durability of concrete. Also, it is identified suitable test method to measure of freez and thaw.

1. 서론

최근에 콘크리트 구조물은 건설되는 것만이 아닌 건설이후에 구조물 유지관리의 관한 기술이 더욱 중요시되고 있는 실정이다. 이에, 콘크리트는 장기 내구성, 장기 공용화로부터 구조물의 시설물점검에 대하여 열화의 징후를 사전에 효율적, 정량적으로 검지해 내는 것이 커다란 과제로 부각되고 있으며, 이와관련된 많은 연구가 이루어지고 있다.

이러한 사회적인 배경속에 콘크리트 구조물의 진단기술은 여러가지 비파괴 검사나 각종 시스템이 개발되고 있으며, 철근의 부식 조사에서는 자연 전위법이나 분극 저항법과 같은 방법으로, 콘크리트의 박리나 공동에서는 써모그래피에 의한 열화상법이나 레이더법등이 다양하게 활용되고 있다. 이러한 각각의 열화에 맞는 정량적인 열화 원인 분석방법이 개발되어지고, 실제 현장에서 사용되어지고 있으나, 동결융해에 의한 동해의 열화도 측정방법에 대해서는 현재까지도 명확한 방법이 정해지지 않은 것이 현실이다.

이에 본 연구에서는 몰시멘트비나 공기량의 조건을 변화시킨 콘크리트에 대해서, ASTM C672에 준한 동결 융해 시험을 실시하였다. 스케링 깊이나 스케링량을 바탕으로 가시화상(사진)으로 골재 노

* 정회원, 후쿠오카 대학 대학원 공학 연구과 건설재료 전공

** 비회원, 후쿠오카 대학 공학부 사회 디자인 공학과 조수

*** 비회원, 후쿠오카 대학 자원·순환 공학 전공 조교수

**** 비회원, 후쿠오카 대학 공학부 사회 디자인 공학과 교수

***** 정회원, (주)한국소본드건설 기술개발부 과장

***** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술연구원 재료환경그룹 책임연구원

표 1 시험체 배합비

종 류	물시멘트비 (%)	세골재율 (%)	단위량 (kg/m) ³						플래시		경화체	
			물	시멘트	세골재	조골재	AE 감수재	AE재	슬럼프	공기량	압축강도 (N/mm ²)	
			W	C	S	G	C× (%)	C× (%)	(cm)	(%)	σ ₇	σ ₂₈
AE 콘크리트	45	43	168	373	742	1049	1.20	0.24	7.5	4.0	37.2	41.9
	55	45	168	305	802	1044	1.20	0.20	8.0	4.5	29.1	33.4
	65	47	168	258	855	1028	1.20	0.20	8.5	5.2	23.2	29.8
Non-AE 콘크리트	45	43	190	422	736	1036	1.00	-	7.8	1.8	34.8	46.9
	55	43	190	345	763	1074	1.00	-	8.0	1.6	31.3	39.5
	65	43	190	292	782	1100	1.00	-	8.3	1.4	24.1	34.4

출율의 측정이나 써모그래피에 의한 열 화상 해석에 의한 측정을 실시하였으며, 시험 결과를 바탕으로 동해열화를 받은 콘크리트의 열화 예측에의 적용성에 대해서 검토하였다.

2. 실험 개요

2.1 사용 재료 및 배합

시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트(밀도 3.15g/cm³)를 사용하였다. 세골재로는 해사(밀도 2.58g/cm³, 흡수율 0.96%)를, 조골재로는 쇄석(밀도 2.75g/cm³, 흡수율 1.11%)를 사용하였다.

표-1에서는 본 실험에 사용한 시험체의 배합을 나타내었다. 콘크리트의 물시멘트비는 65%, 55%, 45%의 3 종류로 구분하였으며, AE제를 이용하여 공기량을 조정한 AE콘크리트와 AE제를 이용하지 않는 Non-AE 콘크리트의 2 종류를 설정하였다

2.2 시험체의 제작 및 사양

시험체는, 그림-1에서 나타낸 것과 같이 200 H100mm의 염화비닐판 안에 콘크리트를 타설하여, 블리딩 종료시에 ASTM에 준하여 표면정리를 실시한 이후, 재령 28일까지 20℃의 수중양생을 실시하였다. 양생기간중 시험체를 1회 꺼내어, 시험체 표면중앙의 120×120mm에 수지를 사용하여 라이닝 처리를 실시 하였다

2.3 동결 융해 시험

시험체의 표면에는 NaCl 3%용액을 깊이 6mm까지 주입하여, 대기중 융해 시험장치에 설치한후, 50 사이클의 동결융해 작용을 실시하였다. 1 사이클은 24시간으로, 동결에 16시간, 융해를 6시간 하였다. 동결 최저 온도는 -23℃, 융해 최고 온도는 +23℃로 하였다. 그림 2는 본 시험에 사용된 수조와 공시

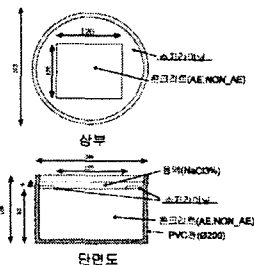


그림 1 시험체 제작

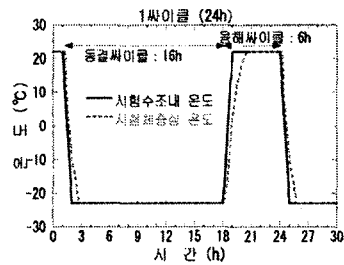


그림 2 온도변화그래프(시험체)

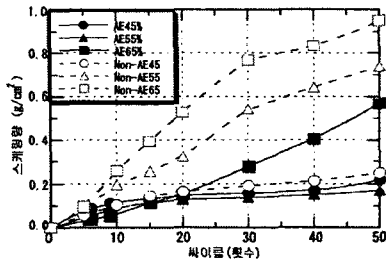


그림 3 스케링량의 측정결과

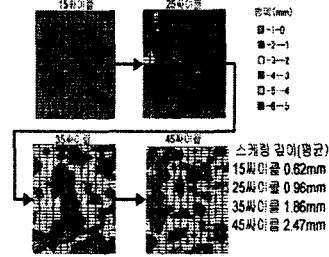


그림 4 AE콘크리트(W/C=65%)의 스케링깊이

체 내부의 온도이력의 결과를 나타낸 것으로, 각 사이클마다 일정한 온도 조건하에서 공시체의 내부에서도 동결 융해가 생기도록 하였다.

2.4 측정항목

소정의 사이클 종료할때마다 스케링량, 스케링 깊이, 가시화상(사진)을 사용하여 골재 노출을 및 열화상의 측정을 실시하였다. 스케링 깊이는 측정이동용 전용대를 갖춘 레이저 변위계와 데이터로더를 이용하여 서모그래피를 이용하고, 측정전 온풍기를 이용하여 타설면을 40℃로 가열하여, 상온으로 돌아올 때까지의 각 단계의 열화상을 촬영하였다.

3. 시험결과 및 고찰

3.1 스케링량

그림 3에서는 동결융해의 사이클과 스케링량의 관계를 나타내었다. AE, Non-AE 콘크리트 모두 동결 융해 사이클이 증가함에 따라 스케링량도 증가하고 있지만, Non-AE 콘크리트의 경우, 스케링 저항성은 적으나, 열화의 진행속도는 빠르게 나타난다. W/C의 영향에 대해서는 AE콘크리트가 55% < 45% < 65%의 순서로 커졌으며, 45%와 55%는 거의 동등의 스케링량으로 나타났다. Non-AE콘크리트는 45% < 55% < 65%의 순서로 나타났다. 두 종류 모두 W/C가 큰 만큼 스케링량도 증가하는 경향이 있었다.

3.2 스케링 깊이

그림 4에서는 AE 콘크리트의 스케링 깊이의 측정결과의 일부를, 그림 5에서는 50사이클 종료후의 AE, Non-AE콘크리트의 스케링과 깊이와의 결과를 나타내었다. AE, Non-AE 콘크리트 모두 스케링

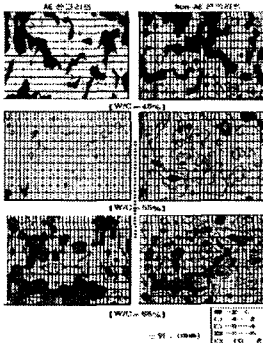


그림 5 스케링 깊이(50사이클)

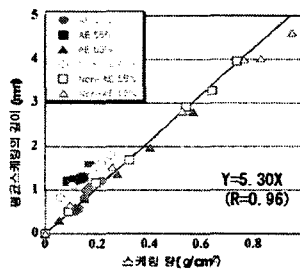


그림 6 스케링량과 평균스케링의 깊이관계

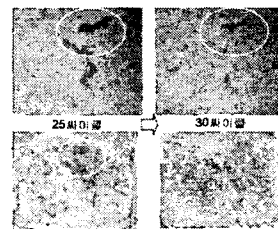


그림 7 진전기의 열화상측정결과 (AE콘크리트, W/C=65%)

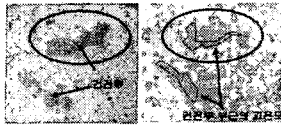


그림 8 열화의 침투

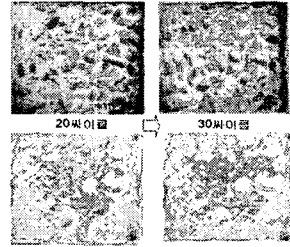


그림 9 가속기의 열화상 측정
결과(AE콘크리트, W/C=65%)

깊이는 사이클의 증가함에 따라 증가되는 결과를 나타내었다. AE, Non-AE콘크리트 모두 스케링 깊이는 사이클의 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내지만, 일정한 스케링 깊이 분포를 나타내는 것은 아니다. W/C의 영향에 대해서는, 물시멘트비가 커지는 것과 동반하여, 스케링 깊이가 깊어졌다. 그림 6은 스케링량과 평균 스케링 깊이의 관계이다. 스케링량과 평균 스케링 깊이에는 공기의 유무, W/C에 명확한 차이가 없으며, 열화의 진행 속도와 관계없이, 높은 상관관계가 보여진다. 이것은 열화의 진행의 국소적인 차이는 있지만, 스케링 깊이의 측정으로 열화의 진행과정을 어느 정도 예상하는 것이 가능하다고 할 수 있다.

3.3 가시화상(사진)에 대한 골재 노출율과 열화상

동결융해 50 사이클을 실시한 콘크리트 표면이 열화정도를 진전기로 하고, Non-AE콘크리트와 같이 골재의 노출이 현저하고 열화가 큰 상태를 가속기로 설정하였다. 가시화상에 의한 골재 노출율도, 열화의 정도에 따라서 동해열화의 진행 과정을 예상하는 지표로서 적용하는 것이 충분히 가능하다고 생각할 수 있다. 그림 7에 열화과정으로서 진전기의 열화상 측정 결과의 일부를 나타냈다. 진전기로는 건전부, 스케링부 및 골재부의 온도차에 의해 어느 정도 식별할 수 있다. 특히, 그림 8으로 열화의 징후가 나타나는 것이 보여진다. 건전부의 주위의 온도가 높은 부분이 다음 사이클 종료시에는 스케링 열화를 일으키고 있는데 이것은 육안으로는 확인할 없는 내부의 열화가 고온부로 나타난다고 생각할 수 있다.

4. 결론

그림 9에 열화과정으로서 가속기의 열화상태 측정결과 일부 나타내었다. 시험체 측정표면의 요철의 영향이 크고, 온도차는 있지만, 모르타르부와 골재부가 구분되는 온도차는 아니었다. 하지만, 열화 사이클이 증가하면서 온도변화의 차이폭이 커져서 모르타르와 골재의 식별이 가능하게 되었다. 이는 열화상의 측정으로 골재 노출율의 추정이 가능해져, 스케링 깊이(양)를 알 수 있다. 따라서, 열화상은 동해열화의 진행 예측을 위한 “동해깊이”의 평가수법으로서 유효하다고 판단되며, 공용 구조물의 열화 조사에 열화상의 적용은, 비파괴·비접촉으로 측정할 수 있는 특징을 가지나, 시간과 비용을 고려한다면 측정부의 가열방법이나 거리 및 가열온도의 정도를 명확히 할 필요가 있다.

향후에는 열화상 측정의 정도를 명확히 하기 위한 수법에 대해서도 검토해 갈 예정이다.

참 고 문 헌

1. 竹田宣典, 十河茂幸: 凍害と害の複合劣化作用がコンクリートの耐久性に及ぼす影響, VOL23, No.2, PP.427~432, 2001.6
2. ASTM C 672-84 Standard Test Method for Scaling Resistance of Concrete Surfaces Exposed to Deicing Chemicals, PP.429~431, 1986