

콘크리트 표면의 유체이동특성과 최소피복두께 결정을 위한 제안

Fluid Transport Properties of Skin Concrete and New Suggestion to Determine Minimum Cover Concrete

이 창 수* 윤 인 석**
Lee Chang-Soo Yoon In-Seok

ABSTRACT

This paper discussed micro-structure of skin concrete to understand transport properties from surface and seek thickness from surface which is seriously influenced on durability. Concrete at nearer surface has high porosity relative to inner concrete. The porosity of concrete and ISAT value at region from surface to 20 mm depth is decreased with depth.

On the other hand, according to the result of ASTM C 1202 with specimen thickness, critical depth which affects fast ionic penetration through interfacial transition zone (ITZ) equals 35mm and the critical depth would be directly influenced by the effects of ITZ on chloride diffusion unrelated with W/C ratio.

1. 서 론

콘크리트 구조물은 각종 외기의 유해물질이 표면으로 침투하여 철근위치까지 도달하면서부터 심각한 열화가 시작된다. 콘크리트의 표면은 유해물질 침투의 첫통로가 되기 때문에 콘크리트의 내구성을 확보하기 위해서는 다른 어떤부위 보다도 표면부 콘크리트의 품질이 가장 중요하다.

그래서 본 연구에서는 콘크리트의 공극량, 초기 표면흡수율 실험(Initial Surface Absorption Test : ISAT), 급속 염화물 침투실험(Rapid Chloride Penetration Test : RCPT) 등의 실험을 콘크리트 표면으로부터 깊이별로 실행하여 콘크리트의 조직, 액체, 이온의 침투에 대한 깊이별 특성을 판단하고자 하였다. 본 연구를 기초로 각국에서 내구성확보를 위하여 제시하고 있는 현장타설 콘크리트의 피복두께 제한치에 대한 제고를 행하였다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

사용된 보통포틀랜드시멘트는 비중 3.14, 분말도 3,422 cm^3/g 이며, 비중 2.59, F.M 2.78인 천연강

* 정희원, 서울시립대학교 토목공학과 교수
** 정희원, 서울시립대학교 토목공학과 박사과정

사와 굵은골재 최대치수 25mm, 비중 2.64, F.M 7.58인 쇄석을 이용하였다. 혼화제는 목표슬럼프와 공기량을 확보하기 위하여 리그닌술포산 표준형 AE제와 감수제를 적정 사용하였다.

2.2 콘크리트의 배합

Table 2의 배합에 따라 KS F 2403에 의해 제작하고 28일 동안 표준 양생하였다.

Table 2 Proportioning of concrete mixtures

Air (%)	Slump (cm)	W/C	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³)			
				water	Cement	Sand	CA
4.5 ± 1.5	15 ± 1	0.45	42	185	411	709.3	1030.0
4.5 ± 1.5	15 ± 1	0.50	42	185	370	697.3	1012.8
4.5 ± 1.5	15 ± 1	0.55	42	185	336	704.7	1024.2

Note : CA = Coarse Agg.

2.3 실험방법

(1) 콘크리트의 초기표면 흡수율

28일 표준양생한 콘크리트를 10mm 두께로 절단한 후, 3일동안 전기로에 105℃조건에서 완전건조 시키고 British Standard 1881에 따라 ISAT(Initial surface absorption test)를 수행하였다.

(2) 염화물 침투 저항성

20~50mm 두께로 5mm간격씩 변화시켜 절단한 콘크리트 원형 디스크를 ASTM C 1202기준에 따라 RCPT 실험회로를 구성하여 6시간 동안의 총통과전하량을 산정하였다.

(3) 콘크리트의 전공극량

Fig. 1과 같은 콘크리트 시험체를 준비하여 105℃에서 3일동안 완전건조된 중량 (W_d), 물속에 침지된 상태에서 끓인 후에 측정된 중량 (W_h), 끓인후 표면건조 포화상태에서 미온의 항온수조 내부에서 측정된 물속에서의 중량 (W_w)를 각각 측정하여 ASTM C642에 의한 식 1로 전공극량 V_i 를 측정하였다.

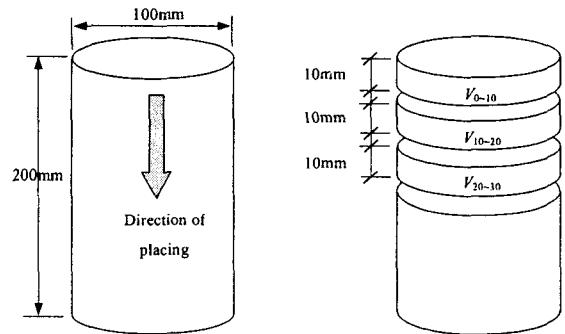


Fig 1 Size of concrete specimen

$$V = (W_h - W_d) \times 100 / (W_h - W_w) \quad (1)$$

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 콘크리트의 표면으로부터 전공극량을 평가한 것으로 표면으로부터 10mm 이내까지 콘크리트의 공극이 매우 큰 것을 알 수 있다. 이러한 가장 큰 원인은 표면으로부터 5~10mm까지 시멘트 페이스트가 집중적으로 위치해 있으며 그 이상의 깊이에서는 골재가 존재하여 공극량이 다소 감소하기 때문인 것으로 사료된다. Figure 2는 깊이에 따른 콘크리트의 ISAT 값을 나타낸 것으로 20mm까지 지속적으로 콘크리트의 흡수율이 감소함을 알 수 있다.

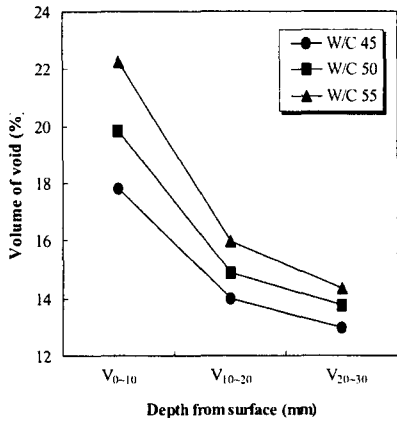


Fig. 1 Porosity in Concrete with Depth

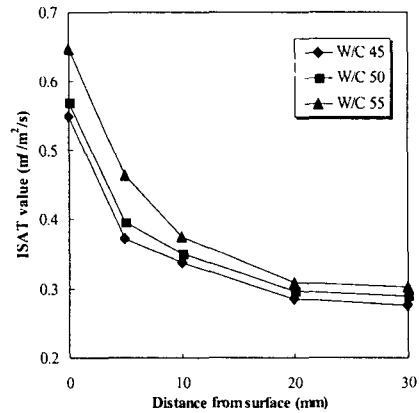


Fig. 2 Sorptivity of Concrete with depth

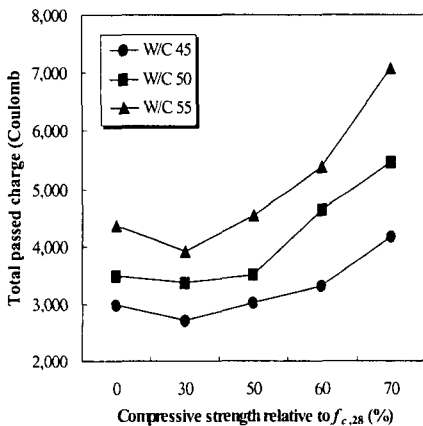


Fig. 3 Total Passed Charge with Stress

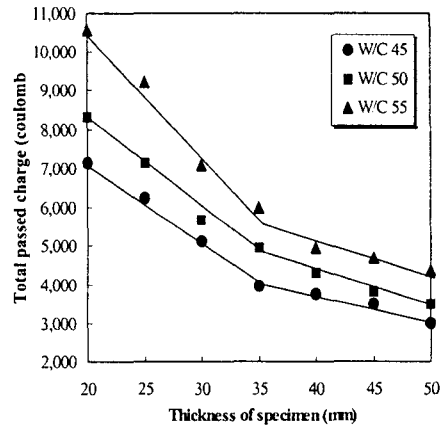


Fig. 4 Total Passed Charge with Thickness of Specimen

Fig. 3은 콘크리트 내부에 존재하는 천이대(ITZ) 및 시멘트 경화체가 응력을 받게 되면 내부에 균열이 발생하여 콘크리트의 확산성에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 28일 압축강도에 대비하여 콘크리트에 다양한 크기의 하중을 가한 후, RCPT를 행한 결과를 보인 것이다. 28일 압축강도에 대비한

30% 하중조건에서는 총통과전하량이 다소 감소하였으나 50%를 초과하면서 증가하는 경향을 보였고 70%에 도달하면서 콘크리트의 확산성이 크게 증가하는 결과를 보임을 알 수 있다. Figure 4는 콘크리트의 시험편의 두께가 감소하면 천이대의 영향으로 은 회로가 발생하여 콘크리트의 확산성이 증가하는 정도를 알기 위한 것으로 약 35mm의 시험편 두께 이하에서부터 콘크리트의 확산성은 뚜렷하게 상승하고 있음을 알 수 있다.

이상의 연구결과를 종합분석하면 콘크리트 표면으로부터 미세구조는 20mm 깊이까지 불균질하며 이로 인하여 유체의 이동이 내부 콘크리트보다 불리한 것으로 판단된다. 또한 콘크리트의 장기내구성에 영향을 미칠 수 있는 천이대의 영향을 받을 수 있는 깊이는 약 35mm의 두께인 것으로 나타났다. 따라서 내구성 확보를 위한 콘크리트의 최소피복두께는 기본적으로 20mm 초과하며 해양성 환경에 위치한 콘크리트 구조물은 35mm 이상으로 시공하는 것이 바람직할 것으로 사료되며 각국의 콘크리트 피복두께에 대한 제한치인 Table 2의 내용이 재고되어야 할 것으로 사료된다.

Table 2 Minimum depth of Concrete Cover for Cast-In-Place

Specification	Exposure environment and structural detail of structures	Cover depth (mm)
ACI committee 318	Formed surfaces not exposed to weather or not in contact with ground: Slabs, walls and joints, No.11 bar or smaller	19
DD ENV 206	Formed dry condition (RC)	15
	Formed high humid condition: a) No frost, b) Frost	a) 20 b) 25
BS 8110	Concrete surfaces protect against weather or aggressive conditions (max. W/C 0.6)	20
콘크리트구조설계기준. (건설교통부, 1999)	Formed surfaces not exposed to weather or not in contact with ground: slabs, walls and joints, D35 bar or smaller	20
	Shell	20

4. 결론 및 향후의 연구과제

콘크리트의 유체이동특성은 표면으로부터 20mm 깊이를 초과하여 균질함을 보이며 ITZ가 콘크리트의 확산성에 미치는 깊이는 약 35mm인 것으로 미루어 볼 때 장기내구성을 확보할 수 있는 콘크리트의 최소피복두께는 이를 초과하여야 한다.

향후, 본 연구결과를 토대로 표면콘크리트의 불균질함을 반영할 수 있는 내구수명 예측기법을 개발하고 이를 이용한 내구수명 확보를 위한 여유두께를 산정하고자 한다.

참고문헌

1. McCarter, "Properties of Concrete in the Cover Zone: Water Penetration, Sorptivity and Ionic Ingress," *Magazine of Concrete Research*, Vol. 48, No.48, pp.149-156, 1996.
2. Dhir R.K., and Byars E.A., "PFA Concrete: Near Surface Absorption Properties," *Magazine of Concrete Research*, Vol.43, No.157, pp.219-232, 1999.
3. Wee, T.H., Suryavanshi A.K., and Tin, S.S., "Influence of Aggregate Fraction in Mix on Reliability of Rapid Chloride Permeability Test," *Cement and Concrete Composites*, Vol.21, No.1, pp.59-72, 1999.