

섬유보강 콘크리트의 투수성 측정 기법에 관한 연구

A study on Permeability Measuring Method for Fiber Reinforced Concrete

이상엽*
Lee, Sang Yup

김경원*
Kim, Kyung Won

한만엽**
Han, Man Yop

엄주용***
Eum, Joo Yong

Abstract

Polypropylene Fibers have many advantages such as light weight, low cost, chemical stability and durability. It has been reported that polypropylene fiber can increase the toughness of concrete and the resistance to crack formation. This study has been performed to investigate the durability related properties such as permeability and diffusivity of polypropylene fiber reinforced concrete. The permeability and diffusivity were measured with GWT, Poroscope, and electrical conductivity of concrete. From the test result, it is found that the addition of the polypropylene fiber improved the permeability and diffusivity of concrete, when the workability reduction was corrected by water reducer. The relationships between the permeability and diffusivity, and other properties of polypropylene fiber reinforced concrete showed that the test results are interrelated each other.

1. 서 론

콘크리트는 구조재로 사용되어온 관계로 강도가 가장 중요시 되어 왔고 품질관리도 이를 기준으로 이루어져 왔으나 포장용 콘크리트의 경우에는 양생초기 수분의 증발에 따른 콘크리트의 균열발생과 품질저하등이 포장의 내구성과 수명에 절대적인 영향을 미침으로 해서 구조용 콘크리트와는 구분되는 포장용 콘크리트에 적합한 품질관리 기준의 제정에 대한 필요성이 제기되어 왔다.

도로나 교량의 상판과 같이 상대적으로 비표면적이 크고, 표면질을 손상시키지 않기 위하여 방수포

* 정회원, 아주대학교 토목공학과 석사과정

* 정회원, 아주대학교 토목공학과 석사과정

** 정회원, 아주대학교 토목공학과 부교수

*** 정회원, 한국도로공사 도로연구소 책임연구원

를 사용하기가 곤란한 구조물의 경우는 콘크리트 타설후 바로 수분의 증발과 함께 건조수축이 시작됨으로써 내부 조직과 공극율 등이 수증양생된 콘크리트와는 다른-대개의 경우 품질이 저하되는 - 양상을 보이고 있다. 이러한 경향은 양생제를 사용하여도 증발을 약간 지연시키는 이상의 효과를 기대하기는 어려운 것으로 알려져 있다.

콘크리트의 투수성에 영향을 미치는 요인은 사용재료의 품질과 배합설계 그리고 양생 및 시공방법 등의 세 분야로 나눌 수 있는데 콘크리트의 투수성의 범위와 특성에 대한 정확한 이해가 있어야만 측정방법에 따른 장단점 등을 파악하여 사용목적에 맞는 측정방법의 개량이나 선정이 가능할 것으로 기대된다.

본 실험의 목적은 크게 두 가지로 구분된다. 그 하나는 시멘트 콘크리트 포장의 균열억제와 내구성 증진을 목적으로 사용하는 합성섬유 콘크리트의 투수특성을 규명하기 위해 투수성 시험방법을 도출하는 것이며 다른 하나는 개선된 투수성 시험방법을 이용하여 각종 변수별 시편을 제작, 실험하고 이를 통해 섬유보강 콘크리트의 투수특성을 분석하는 것이다.

2. 실 험

2.1 사용재료

본 실험에서 사용한 시멘트는 국내 H사 제품의 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 그리고 실험에 사용된 잔골재는 강모래를 사용하였고 굵은 골재는 최대치수 19mm인 쇄석을 사용하였다. 실험에 사용된 혼화제는 국내 S사의 일반 콘크리트용 AE감수제를 사용법에 따라 시멘트 중량의 0.4%를 사용하였다. 콘크리트에 첨가된 폴리프로필렌 섬유는 국내 S사의 망사형 폴리프로필렌 섬유를 사용하였고 섬유의 길이는 19mm와 25mm 두 종류를 사용하였다. 실험에 사용된 폴리프로필렌섬유의 물성은 다음의 표 2.1과 같다.

표 2.1 폴리프로필렌섬유의 물성표

명칭	흡습성	비중	융해점	발화점	인장탄성계수	기타
Polypropylene (망사형)	없음	0.91	162℃	590℃	3500~7700 kg/cm ²	내알칼리성 내산성

2.2 배 합

시험체의 제작은 폴리프로필렌 섬유를 혼입하였을시 강도특성 및 투수특성을 파악하기 위하여 섬유 혼입량과 섬유길이를 변화시키면서 시료를 제작하였다. 실험 변수인 섬유 길이는 19mm와 25mm를 사용하였고 섬유의 혼입율은 배합 전체에 대한 체적비(V)로 0.075, 0.1, 0.125, 0.15%가 되도록 배합하였다. 시험체의 압축강도는 각각의 변수에 상관없이 재령 28일 기준으로 270kg/cm²가 되게 설계하였고 혼화제인 AE감수제는 단위시멘트량의 0.4%를 첨가하여 목표 슬럼프가 3cm가 되도록 하여 도로 포장용 콘크리트의 유동성을 확보하였다

- (1) 폴리프로필렌 섬유의 보강 특성을 비교하기 위하여 일반 배합인 표준공시체 (N-0) 시험체에는 섬유를 혼입하지 않았다.

3. 실험방법

3.1 GWT시험법

GWT실험방법은 콘크리트 표면에 물탱크를 부착하여 수압을 가함으로써 표면의 투수계수를 측정할 수 있는 방법(2)으로서 그림 3.1에 나타나있다. 본 시험은 시험체에 적절한 속도로 수압을 가하여 발생된 최대 압력과 도달 시간, 그리고 이때 이동한 마이크로미터의 이동거리를 측정하여 투수계수를 측정한다.

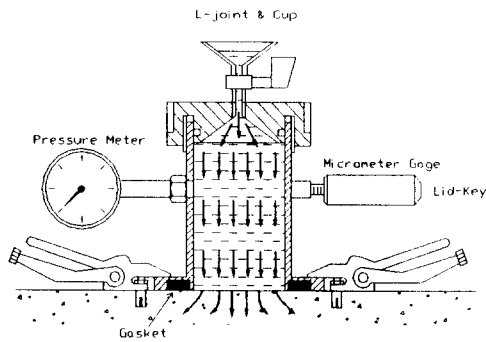


그림 3.1 GWT 개요도

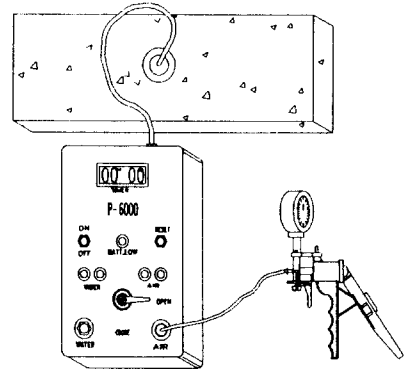


그림 3.2 포로스코프 개요도

3.2 포로스코프 시험방법

콘크리트의 확산계수는 그림 3.2에 나와있는 포로스코프를 이용하였다. 먼저 시험용 구멍을 만들고 공기를 주입하여 구멍내의 기압이 50KPa에 이르도록 가압한다. 구멍내로 계속 공기를 주입해서 55KPa 이상이 되도록 만들고 공기주입을 멈춘다. 포로스코프는 55KPa에서 작동을 시작하여 기압이 다시 50KPa로 압력이 떨어지는 시간을 측정한다. 이러한 방법으로 기압 5KPa이 확산되는데 걸리는 시간을 이용하여 확산계수를 구할 수 있다.

3.3 염소이온 투과에 의한 전하량 측정방법

염소이온 투과시험은 28일동안 수중 양생한 직경10cm의 콘크리트 시편을 두께가 5cm가 되도록 절단한 다음 실험 재령일까지 상대습도 95%이상을 유지하거나 수침 시킨다⁽³⁾. 전극용기의 (-)전극에

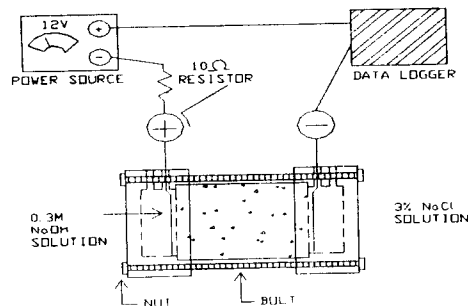


그림 3.3 염소이온 투과시험의 직류회로

는 3.0%의 NaCl용액을 채우고 (+)전극 쪽에는 0.3N 의 NaOH용액을 채운다. 측정은 6시간동안 30분간격으로 0.2 에 걸리는 전압을 Data logger로 기록한다.

4. 실험결과

4.1 투수계수

재령 28일된 시험체에서 섬유길이 19mm인 경우 혼입율이 0.15%로 증가할 때까지 거의 선형적으로 투수계수가 감소함을 알 수 있다. 섬유길이 25mm인 경우는 이보다는 불규칙한 측정결과가 관측되었으나 섬유 혼입량의 증가에 따라 감소하는 경향을 보이는 것은 마찬가지임을 알 수 있다. 그림 4.1에서는 섬유혼입율에 따른 투수계수의 측정결과를 보여주고 있다.

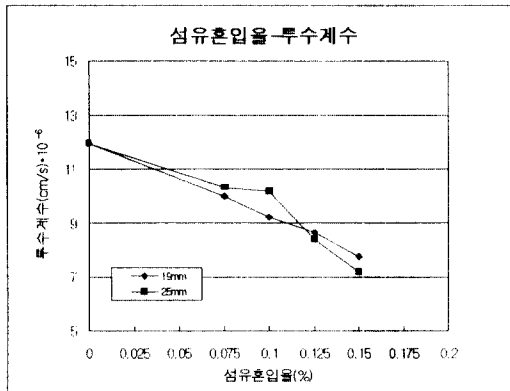


그림 4.1 섬유혼입율에 따른 투수계수의 특성

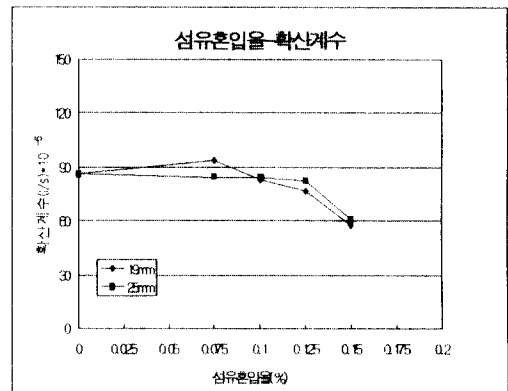


그림 4.2 섬유혼입율에 따른 확산계수의 특성

4.2 확산계수

그림 4.2에서는 섬유혼입율에 따른 확산계수의 변화를 보여주고 있다. 섬유길이 19mm인 경우는 표준 콘크리트에 비하여 초기에 약간 증가된 후 선형적인 감소 경향을 보이고 있는 반면에 섬유길이 25mm인 경우 0.125%까지는 표준 콘크리트와 거의 같은 값을 보이다가 최대첨가량을 사용했을 경우 약 35% 정도 확산계수가 감소하는 것을 알 수가 있다.

4.3 강도특성

그림 4.3과 4.4에서는 강도특성 그래프를 나타내었다. 섬유의 첨가량이 최대 첨가량인 0.15%를 사용한 경우는 압축강도가 약 10%정도 증가하는 것을 알 수 있으며, 섬유 길이가 25mm인 경우에는 첨가량이 0.075%일 때 오히려 약 12% 정도의 강도 저하를 관측할 수 있는데 그 이상의 섬유가 첨가되었을 때는 강도가 서서히 증가하여 회복하는 것을 알 수 있다. 휨강도의 경우도 섬유첨가량이 증가했을 때 약 10%정도의 휨강도 증가가 관측되었다.

4.4 섬유혼입율과 통과전하량

그림 4.5에는 혼입율과 통과전하량의 관계를 나타내었다. 섬유의 혼입율이 0.075에서 0.15% 까지 증가하는 동안 통과 전하량은 선형적인 증가형태를 보이고 있다. 특히 길이 25mm의 섬유를 사용한 경

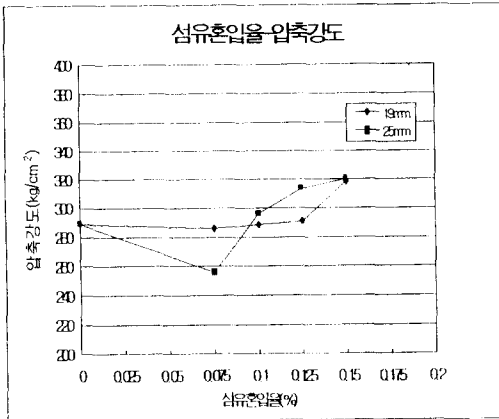


그림 4.3 섬유혼입률에 따른 압축강도 특성

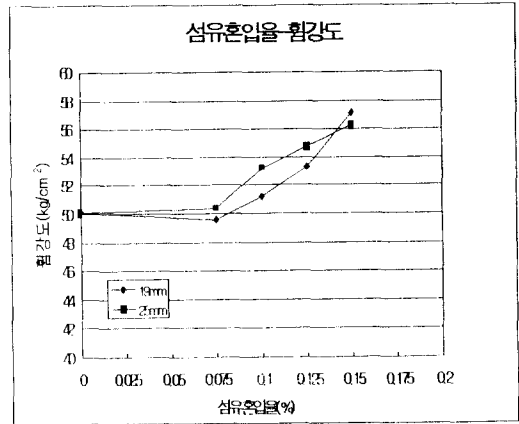


그림 4.4 섬유혼입률에 따른 휨강도 특성

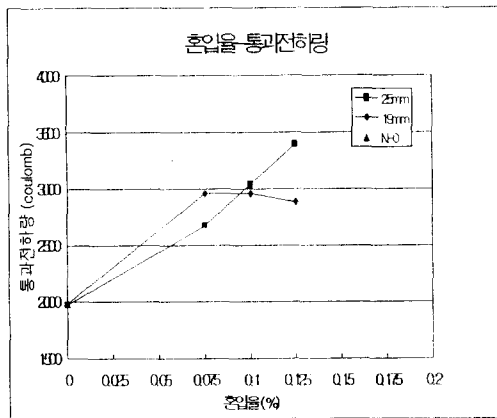


그림 4.5 혼입률과 통과전하량과의 관계

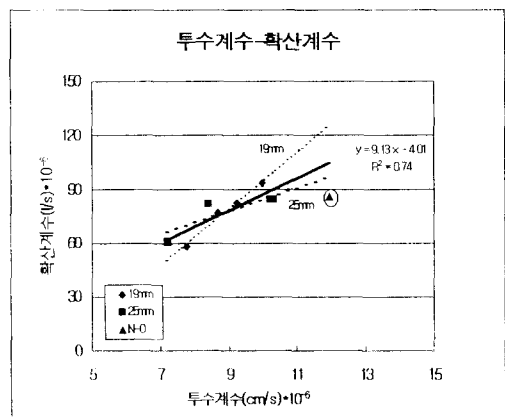


그림 4.6 투수계수와 확산계수의 관계

우는 거의 직선적인 증가를 보여준다. 통과전하량이 증가한다는 것은 측정대상 콘크리트의 공극율이 크다는 것을 의미하며 본 실험의 경우는 표준 콘크리트의 경우 약 2000쿨롱의 전하량이 측정된 반면에 섬유보강 콘크리트의 경우는 2700에서 3400쿨롱 사이의 측정값을 보임으로써 섬유보강 콘크리트의 투수계수가 더 크다는 것을 보여주고 있다. 이러한 측정결과는 앞에서 실시된 투수계수 측정결과와는 서로 상치되는 결과로서 그 원인을 명확히 규명하기 위해서는 추가적인 실험이 필요하다고 할 수 있다.

4.5 투수계수와 확산계수와의 관계

그림 4.6에 투수계수와 확산계수의 상관관계 그래프를 나타내었다. 투수계수와 확산계수는 서로 연결되어 있는 하나의 물성으로서 대상물체의 등온흡습선(Sorption Isotherm)이 주어지면 이론적인 계산이 가능하다. 그러나 콘크리트의 경우는 등온흡습선을 측정하기가 쉽지 않으므로 실험방법에 따라 개별적인 측정이 실시되는 것이 일반적이다. 이들 두 가지 실험결과를 서로 거의 하나의 직선에 회귀하는 관계를 보여줌으로써 두 가지의 실험방법에 따른 상관관계가 상당히 좋을 것을 보여주고 있다.

5. 결 론

폴리프로필렌 섬유보강 콘크리트는 섬유혼입량이 증가할수록 투수계수와 확산계수가 감소하며 사용섬유의 길이에도 영향을 받아 섬유길이가 길어질수록 투수성이 낮아지는데 기존의 연구결과(4)와는 상이한 면을 나타내고 있다. 이런 결과가 나타난 이유는 첨가된 섬유가 콘크리트의 유효 물-시멘트비를 낮추는 효과를 갖기 때문인 것으로 추정된다.

섬유의 혼입량이 증가함에 따라 압축강도보다는 휨강도의 증가가 더욱 두드러지고 균일한 증가를 보이는 것으로 나타났고, 섬유길이는 강도의 증가에도 영향을 미치지만 강도의 증가량보다는 편차를 증가시키는 경향으로 나타났다. 이는 섬유보강 콘크리트의 투수성 측정결과에서도 나타났듯이 섬유 자체의 보강효과보다는 섬유의 표면에 배합수가 흡착함에 따라 유효 물-시멘트비가 낮아져서 콘크리트의 일반적인 강도특성이 향상된 것으로 판단된다.

염소이온 투과에 의한 통과전하량의 측정은 결과의 편차가 약간 크게 나타났고 앞에서 실시된 투수계수나 강도 측정결과와 일부가 서로 상반되는 결과로 관측되었기 때문에 그 원인을 명확히 규명하기 위해서는 추가적인 실험이 필요하다고 할 수 있다.

압축강도와 휨강도 측정 결과와 투수계수와 확산계수 등은 서로 반비례하는 관계를 보이는 것으로 관측되었다. 이들 상관관계를 분석한 결과 압축강도가 증가함에 따라 투수계수나 확산계수는 감소함을 알 수 있으며 이들 변수의 상관관계는 상당히 높은 것으로 밝혀졌다.

이와같이 섬유보강 콘크리트의 투수계수와 확산계수는 추가적인 변수확인작업 등으로 특성이 규명되어야 하고 현장에서 강도와 내구성의 검증에 활용될 수 있는 비파괴검사법의 하나가 될 수 있을 것으로 기대된다.

● 참고문헌 ●

1. Manual for Railway Engineering, Chapter 10, American Railway Engineering Association, Washington, D.C. 1990.
2. "Concrete, Hardened-Determination of the Depth of Penetration of Water under Pressure", ISO/DIS 7031, Germann, 1988
3. "Electrical indication of concrete's ability resist chloride ion penetration" ASTM c1202-91, 1989, pp. 623-628
4. 한만엽, "PPF 섬유의 첨가가 콘크리트 공극구조에 미치는 영향", 대한토목학회논문집, 1994.9, pp. 1081-1089