

투수성 폴리머 콘크리트의 동결융해 저항성에 관한 연구

A Study on the Freezing and Thawing Resistance of Permeable Polymer Concrete

박 응 모* 조 영 국** 소 양 섭***

Park, Eung Mo Jo, Young Kug Soh Yang Seob

ABSTRACT

Permeable polymer concrete in this study is one of the environment conscious concretes that can be applied at road, side walks and river embankment, etc. The purpose of this study is to evaluate the effects of mix proportions such as resin content, filler-binder ratio and aggregate ratio on the freezing and thawing resistance of permeable polymer concrete. The permeable polymer concretes are prepared with the resin ratio of 5%, 6% and 7%, filler-binder ratio of 0, 0.5 and 1.0, and 2.5~5mm sized aggregate ratio to standard sand of 10:10, 10:20, 20:10 and 20:20. It is tested for freezing and thawing test according to ASTM C 666-92, and then, weight change, length change, relative dynamic modulus, durability factor, and compressive and flexural strengths after test are measured. From the test results, the resistance to freezing and thawing of permeable polymer concretes increased with increase the resin content, filler-binder ratio and fine aggregate ratio.

1. 서론

최근 환경친화성 콘크리트 연구에 대한 관심이 고조되고 있는데, 이중 폴리머 콘크리트에 많은 공극을 부여하여 투수성능을 갖게 한 투수성 폴리머 콘크리트는 각종 배합에 따라 그 성능을 적절하게 조절할 수 있으며, 투수성능이 크면 콘크리트 매트릭스 내부의 많은 공극으로 말미암아 역학적 성질이 저하될 우려가 있고, 역학적 성질을 높이기 위해서는 투수성능을 작게 해야 되는 양면성을 균형있게 결정해야 된다.¹⁾ 따라서 투수성 폴리머 콘크리트의 용도 및 사용장소에 따라 배합을 결정할 수 있는데 이러한 폴리머 콘크리트는 보통 시멘트 콘크리트에 비해 우수한 역학적 성질 및 내구성을 갖고 있다. 투수성 폴리머 콘크리트는 항상 수분과 접촉하고 있기 때문에 저온환경에서의 동해에 의한 내구성의 저하 평가는 사용성을 정하는데 중요하다.

따라서 본 연구는 불포화 폴리에스테르 수지를 결합재로 한 투수성 폴리머 콘크리트의 배합에 따른 동결융해 저항성능을 평가하고자 실시하였으며, 결합재량, 충전재량 및 잔골재의 혼입비율을 변화시켜 투수성 폴리머 콘크리트의 중량변화, 길이변화, 상대동탄성계수 및 내구성지수를 실험·고찰하였다.

* 정희원, 중국 연변대학교 이공학원 토목건축계 교수

** 정희원, 청운대학교 건축공학과 교수

*** 정희원, 전북대학교 건축·도시공학부 교수, 공업기술연구소

2. 사용재료

2.1 결합재

결합재로서는 오르토프탈산염계(Orthophthalate Type)계 불포화 폴리에스테르 수지를 사용하였으며 그 성질은 표1과 같다.

표 1 불포화 폴리에스테르 수지의 성질

비중 (20℃)	산도	점도 (mPa · s)	겔시간 (min.)
1.105	22.6	125	12.4

2.2 촉매

촉매로서는 메틸 에틸 케톤 퍼옥사이드(Methyl Ethyl Ketone Peroxide :MEKP)를 수지의 중량에 대하여 1.0% 첨가하였다.

2.3 충전재

충전재로서는 중질탄산칼슘(입자크기; 2.5×10^{-3} mm 이하)을 함수율이 0.1% 이하가 되도록 건조시켜 사용하였다.

2.4 골재

투수성 폴리머 콘크리트용 골재는 5~10mm 및 2.5~5mm 크기의 쇄석과, 표준사를 사용하였다.

3. 실험방법

3.1 공시체 제작

투수성 폴리머 콘크리트는 표 2의 배합표와 같이 결합재인 수지량을 5%, 6%, 및 7%, 충전재-결합재비를 0. 1.0 및 1.5%로 변화시켰으며 골재의 입도에 따라 2.5~5mm 크기의 쇄석과 표준사의 비를 중량비로서 10:10, 20:10, 10:20로 조절하여 공시체를 제작하였다. 본 연구에서는 기존의 실험결과²⁾를 기초로 하여 폴리머 콘크리트를 투수 콘크리트로 제작시 골재를 결합시킬 수 있는 최소의 수지량에 따른 투수성능과 역학적 성질을 고려한 실험에서, 수지량이 8% 이상이 되면 수지가 콘크리트 저면에 층을 이뤄 투수성능을 저감시킬 수 있으며, 5%이하로 되면 작업성과 역학적 성질이 떨어졌다. 이러한 점을 고려해 볼 때, 본 연구에서는 성능과 경제성 면에서 밸런스를 얻을 수 있는 수지 5%에 대해 골재비 및 충전재-결합재비를 조절하였다.

표 2 투수성 폴리머 콘크리트의 배합표

배합 No.	결합재비 (%)	중량비 (%)			충전재 (%)	충전재: 결합재비
		골재(mm)				
		5~10	2.5~5	표준사		
1	5	70	10	10	5	1
2		60	10	20	5	1
3		60	20	10	5	1
4		55	20	20	0	0
5		52.5	20	20	2.5	0.5
6		50	20	20	5	1
7	6	48	20	20	6	1
8	7	46	20	20	7	1

3.2 동결융해시험

동결융해시험은 KS F 2443(급속 동결융해에 대한 콘크리트의 저항시험 방법), ASTM C 666-92(Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing)의 규준에 따라 $-18 \pm 2^\circ\text{C} \sim +4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 온도범위에서 실시하였으며, 1사이클의 주기는 4시간 30분이었다. 동결

용해저항성의 평가를 위해 상대동탄성계수, 중량변화율 및 길이변화를 30사이클 주기로 측정하였다. 상대동탄성계수 측정은 다음 식에 의해 구하였다.

$$P_c = \frac{n_1^2}{n^2}$$

여기에서, P_c : 동결융해 C 사이클 후의 상대동탄성계수
 n : 동결융해 0 사이클에서의 1차 가로진동주파수
 n_1 : 동결융해 C 사이클에서의 1차 가로진동 주파수

또한 동결융해 시험후의 투수성 폴리머 콘크리트의 내구성 지수를 다음 식에 의해 평가하였다.

$$DF = \frac{PN}{M}$$

여기에서, DF : 내구성 지수(%)
 P : 동결융해 0 사이클에서의 상대동탄성계수
 N : P 가 미리 부여한 값(예를들어 60%)에 도달한 때의 동결융해 사이클수
 M : 동결융해 시험을 끝내는 소정의 사이클수

3.3 동결융해 시험 후 압축강도 및 휨강도 시험

동결융해 시험이 종료된 투수성 폴리머 콘크리트의 압축강도 및 휨강도를 KS F 2481(폴리에스테르 레진 콘크리트의 압축강도 시험 방법) 및 KS F 2482(폴리에스테르 레진 콘크리트의 휨강도 시험방법)에 준하여 실시하였다.

3. 시험결과 및 고찰

3.1 중량변화율

그림 1은 동결융해 작용을 반복적으로 받는 과정에 있어서의 투수성 폴리머 콘크리트의 중량변화를 나타낸 것이다. 동결융해 사이클수가 증가함에 따라 결합재량에 의한 폴리머 콘크리트의 중량변화는 미세하였으나 동결융해 150 사이클에서 결합재량이 5%일 때 약간 감소를 보였다. 그러나 그 정도는 미비하였다. 그림 2는 결합재가 5%인 투수성 폴리머 콘크리트의 충전재와 결합재량의 비에 따른 중량 감소를 나타내고 있다. 결합재량의 차이에 따른 중량감소는 거의 발견할 수 없었으며 300 사이클에서의 중량감소는 1% 미만이었다. 그러나 그림 3에서 알 수 있는 바와 같이 결합재량이 5%로 같으나 골재의 배합비가 다른 경우에는 중량감소량이 크게 나타났으며, 특히 잔골재량이 전체골재에 대해 차지하는 비율이 작을수록 중량감소율은 크게 나타나, 투수성 폴리머 콘크리트의 동결융해 저항성에 골재의 영향이 크다는 사실을 알 수 있었다.

3.2 길이변화

그림 4에서 그림 6에는 동결융해 작용을 반복적으로 받는 투수성 폴리머 콘크리트의 길이변화를

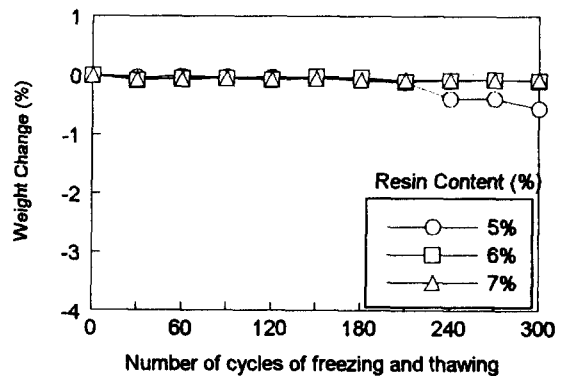


그림 1. 결합재량에 따른 중량변화

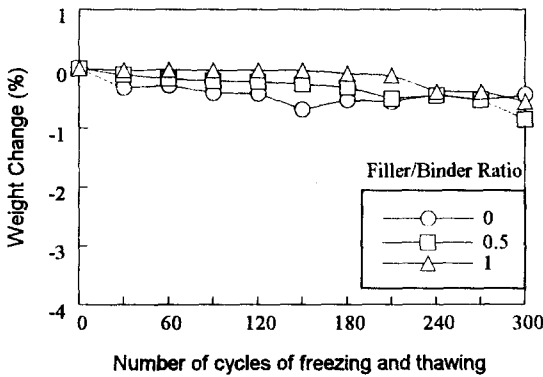


그림 2. 충전재-결합재비에 따른 중량변화

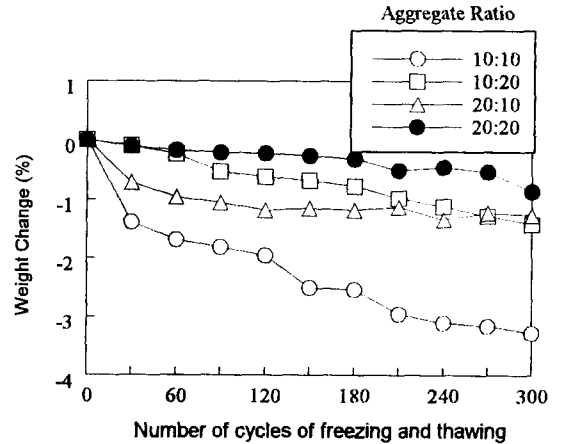


그림 3. 골재비에 따른 중량변화

나타낸 것이다. 결합재량이 5%일 때의 콘크리트의 길이변화는 300 사이클까지 완만한 감소를 보여 300 사이클에서 3.88×10^{-4} 의 길이변화를 보였다. 그러나 결합재량이 6%일 때는 300 사이클 동안 8.13×10^{-4} 정도를 나타내 큰 길이변화를 보였다. 시멘트 콘크리트는 동결시 내부 자유수의 팽창과 응해시 팽창 손실이 반복되는 과정에서 잔류팽창이 발생하게 된다. 그러나 폴리머 콘크리트의 경우에는 폴리머 자체 매트릭스에는 수분을 포함하지 않으므로 동결에 의한 팽창보다는 수지의 경화에 의한 수축으로 볼 수 있다. 또한 충전재의 양에 따른 길이변화는 충전재-결합재비가 1인 경우가 가장 작게 나타나 기존 불포화 폴리에스테르 레진 콘크리트의 역학적 성질에 영향을 미치는 충전재의 양의 효과와 같은 경향을 나타냈다. 골재의 크기에 따른 혼입율의 영향은 전술한 중량변화와 비슷한 경향을 보여 동결응해 작용을 받는 투수성 폴리머 콘크리트의 길이변화에 골재의 영향이 크게 나타남을 알 수 있었다.

3.3 상대동탄성계수

그림 7에서 그림 9에는 투수성 폴리머 콘크리트의 상대동탄성계수를 나타내고 있다. 투수성 폴리머 콘크리트의 결합재량에 따른 상대동탄성계수는 300 사이클에서 55~75%의 범위에 있으며, 동결응해 사이클 수가 증가할수록 완만하게 감소되고 있다. 결합재의 양이 많을수록 상대동탄성계수는 컸으며, 충전재의 영향은 뚜렷하게 나타나지 않았다. 또한 골재의 크기에 따른 혼입율의 영향은 다른 것에 비해 크게 나타났다.

3.4 내구성지수

그림 10에는 동결응해 시험 후 투수성 폴리머 콘크리트의 내구성을 지수로서 평가한 결과이다. 배합 NO.2를 제외하면 내구성 지수가 60%이상이며 결합재 및 충전재의 영향을 크게 받음을 알 수 있었다.

3.5 동결응해 시험후 압축 및 휨강도

그림 11에는 동결응해 시험 300 사이클 후의 투수성 폴리머 콘크리트의 배합조건에 따른 압축강도 및 휨강도를 나타내고 있다. 투수성 폴리머 콘크리트의 배합조건에 따라 동결응해 시험후의 강도는 결합재량, 충전재량 및 잔골재의 혼입비가 클수록 높게 나타났으며, 압축강도는 10~22MPa, 휨강도는 5.4~8.9MPa 범위로 투수성 폴리머 콘크리트로서의 충분한 강도를 나타내고 있다.

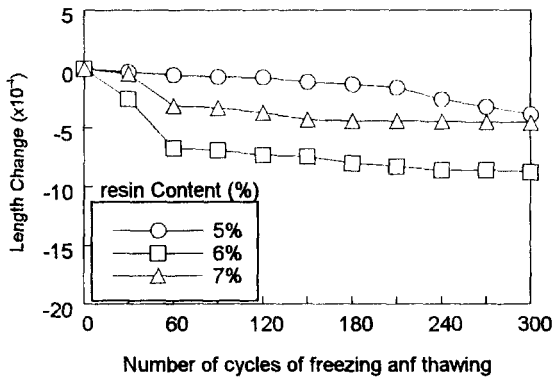


그림 4. 결합재량에 따른 길이변화

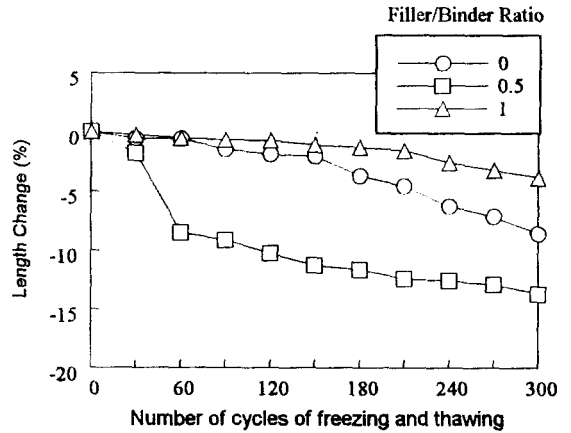


그림 5. 충전재-결합재비에 따른 길이변화

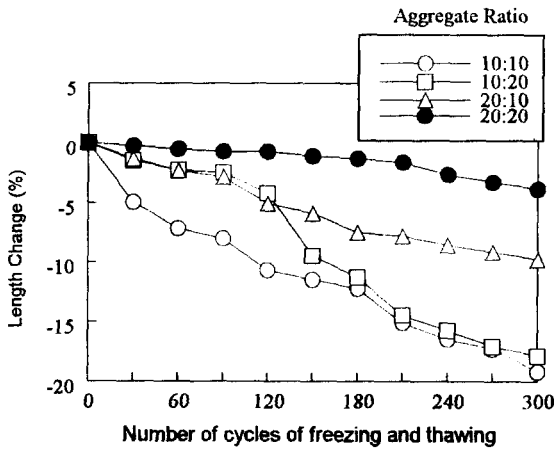


그림 6. 골재비에 따른 길이변화

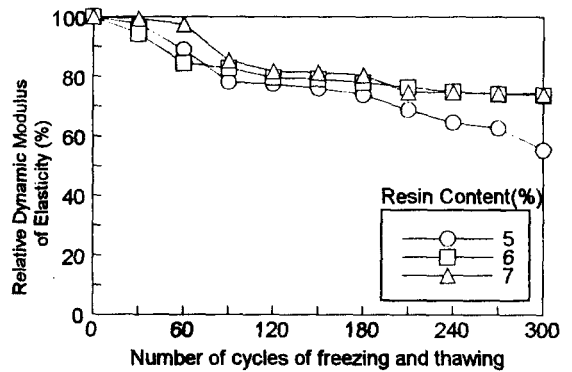


그림 7. 결합재에 따른 상대동탄성계수

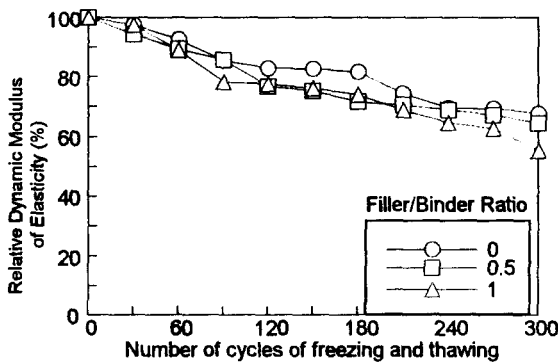


그림 8. 충전재-결합재비에 따른 상대동탄성계수

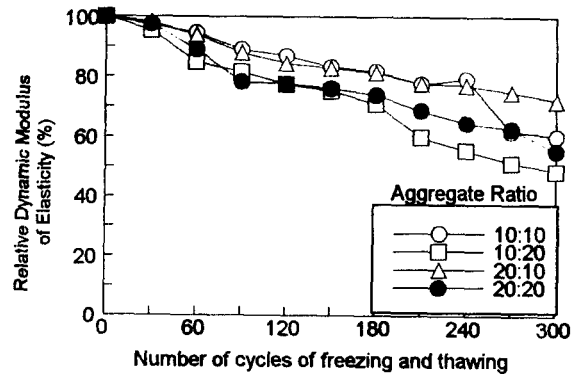


그림 9. 골재비에 따른 상대동탄성계수

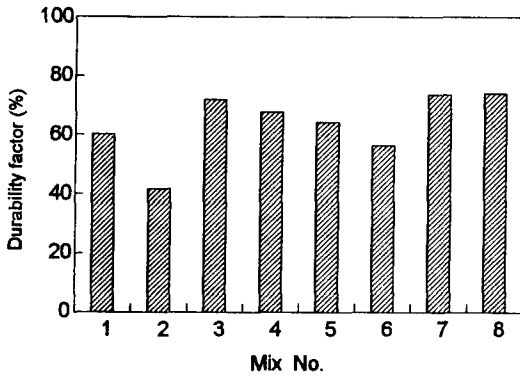


그림 10. 내구성 지수

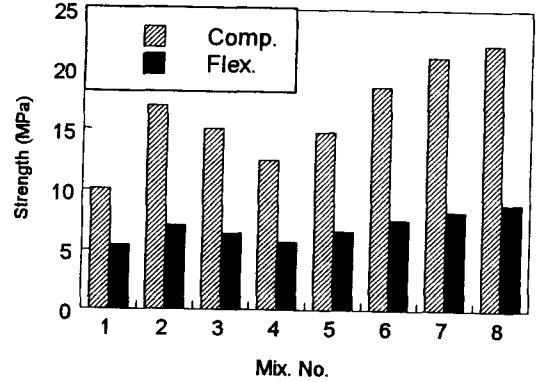


그림 11. 동결융해시험후 압축 및 휨강도

5. 결론

투수성폴리머 콘크리트의 동결융해 저항성에 관한 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 투수성 폴리머 콘크리트의 동결융해 시험 후 중량변화 및 길이변화는 결합재량, 충전재량 및 잔골재의 혼입비에 따라 영향을 받았다.
- 2) 투수성 폴리머 콘크리트의 상대동탄성 계수는 동결융해 사이클 수가 증가할수록 완만하게 감소하며, 결합재량이 많을수록 컷으나 충전재의 영향은 뚜렷하게 나타나지 않았다.
- 3) 동결융해 실험 결과, 폴리머로 만든 투수성 콘크리트는 동결융해 저항성이 어느정도 크게 나타났으며, 배합의 조건에 따라 동결융해 저항성을 향상시킬 수 있다.

참 고 문 헌

1. 박용모, 조영국, 소양섭, 투수성 폴리머 콘크리트의 성질에 관한 기초적 연구, 한국콘크리트학회 기술발표 논문집, Vol.9, No.2, 1997, pp. 363-368.
2. 박용모, 조영국, 소양섭, 투수성 폴리머 콘크리트의 물성과 투수성능에 관한 연구, 콘크리트 학회지, Vol.10, No.6, 1998, 12. pp.213-222.