

섬유보강 폴리머 콘크리트의 강도특성에 관한 기초적 실험적 연구

An Fundamental Experimental Study on the Strength Characteristics
of Fiber-Reinforced Polymer Concrete

오 병환* 오 김 영선**
Oh Byung Hwan Kim Yeong Seon

ABSTRACT

Considerable efforts are still being made in the every part of the world to develop new construction materials. The polymer concrete is one of those promising new construction materials. The strength characteristics of fiber-reinforced polymer concrete were studied in the present study. The influences of different curing methods and filler contents on the properties of polymer concrete were explored. The effects of fiber addition are also discussed.

1. 서 론

현재 보육 및 건축재료로 널리 사용되고 있는 콘크리트는 일반적으로 경화가 늦고, 수축이 크고, 인장강도가 적으며 내화학적, 내마모성 등이 부족한 결함을 갖고 있다. 따라서 시멘트 콘크리트가 갖고있는 이러한 제반성질을 개선함과 동시에 부족한 성질을 개선하기 위하여 최근 들어 폴리머 콘크리트가 많은 관심을 받고있다. 폴리머 콘크리트는 시멘트 콘크리트를 구성하고 있는 재료중 물, 시멘트의 일부나 전부를 폴리머라고 알려져 있는 고분자량 물질로 대체하여 역학적 성질을 개선 및 보강하기 위한 콘크리트를 말한다. 콘크리트-폴리머 재료는 미국에서 약 30년 전에 처음으로 개발되었으나, 콘크리트에서 폴리머가 훌륭한 건설재료로 확인되기 시작한 것은 1960년대 후반부터였다. 폴리머 콘크리트는 포모폴렌드시멘트 콘크리트 등에 대한 보수재료의 영역과 슬래브와 교량의 상판 및 프리캐스트(precast) 제품, 보강요소의 영역에 있어 상당한 발전이 이루어졌다. 한편 이러한 폴리머 콘크리트에 더욱 우수한 성능을 부여키 위하여 개발되고 있는것이 섬유보강 폴리머 콘크리트이다. 콘크리트 구조물에서는 자주 균열이 발생하여 누수와, 보강재에 대해 부식을 일으키며, 또한 이러한 균열생성에 영향을 미치는 가장 중요한 요소는 큰 전소수축이다. 이러한 단점을 제거키 위한 것이 섬유보강 콘크리트이며, 국내에서는 구조물의 보수용이나 보강용으로 폴리머 콘크리트가 일부 사용되고 있으나, 이에 대한 연구가 활발치 못한 실정이다. 더구나 섬유보강 폴리머 콘크리트에 대한 연구는 아직까지 나와있지 않다. 본 연구에서는 시멘트 콘크리트의 결점음보완한 폴리머 콘크리트에 강섬유를 혼입하여 섬유보강 폴리머 콘크리트의 강도특성을 규명하고자 한다.

2. 섬유보강 폴리머 콘크리트의 실험

2.1 실험 개요

본 연구에서는 폴리머의 중량비(15%)를 고정시킨 상태에서 섬유혼입률, 양생온도, 필러(filler)의 함량이 폴리머 콘크리트의 강도에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보하고자 한다.

먼저 섬유의 혼입량에 따른 섬유보강효과를 알아보기 위해서 섬유혼입률(V_f , 섬유 체적/콘크리트체적 $\times 100$)을 0.0%, 1.0%, 2.0%로 하였다. 다음으로 동일한 체적의 폴리머 콘크리트 배합에서 필러(filler)의 양이 강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 폴리머:필러(P:F)비율 1:1, 1:1.5로 하였다. 또한 폴리머 콘크리트의 특징인 조기강도 증진효과를 고찰하기 위하여 압축강도 실험에서는 제령변수를 1일, 3일, 7일, 28일로 설정하였으며, 휨강도실험에서는 28로 설정하였다. 그리고 본 섬유보강 폴리머 콘크리트의 압축강도 실험에는 5 \times 10cm cylinder를, 휨강도실험에는 5 \times 5 \times 25cm beam을 사용하였다.

2.2 실험시편의 제작 및 양생

섬유보강 폴리머 콘크리트 실험을 위한 시편에 사용된 재료는 폴리머, 필러, 골재와 강섬유 등이다. 결합재의 역할을 하는 폴리머로는 비중 1.13인 불포화 폴리에스터 수지를 사용하였으며, 경화를 위해 MEKPO(Methyl-Ethyl Kethone Peroxide)를 수지체적의 1%로 첨가하여 사용하였다. 또한 필러(filler)로는 비중 2.75인 석분을 사용하였으며, 사용한 골재의 최대치수는 시편의 크기를 고려하여 9.52mm로 하였다.

필러 및 골재의 함수율을 0.2% 이하로 낮추기 위하여 이들을 건조기에서 100 $^{\circ}$ C의 온도로 24시간 동안 건조시켰다.

* 정희원 서울대학교 토목공학과 부교수
** 정희원 서울대학교 토목공학과 석사과정

본 실험에서 폴리머 콘크리트 보강제로 사용한 강섬유는 단면이 원형인 강선을 일정한 길이로 잘라서 사용하였다. 강섬유는 직경 $d_f = 0.7\text{mm}$, 길이 $l_f = 30\text{mm}$ 이고 형상비(길이/직경비)가 $l_f/d_f = 43$ 인 직선섬유이다. 모든 시편들은 series별로 배합하여 모울더에 다져 넣었으며, 양생은 두가지 경우로 나누어 실시하였다.

첫번째 경우는 1일간 실험실에 보관후 탈형해서 실험일까지 양생한 경우이고, 두번째 경우는 시편제작 후 바로 60°C 의 온도로 유지시킨 건조기에 넣어 18시간 보관후 탈형해서 실험일까지 상온에서 양생한 경우이다.

2.3 실험수행 및 측정

본 실험에서는 섬유보강 폴리머 콘크리트 시편을 만들기 위하여 먼저 필러, 잔골재 및 굵은골재를 혼합한 것에 강섬유를 골고루 분포시키면서 섞은후 경화제를 넣은 불포화 폴리에스터 수지를 부어 배합하였다.

그리고 배합한 것을 모울더에 넣고 3층다짐후 진동다짐을 수행하였다. 폴리머 콘크리트는 매우 고강도이기 때문에 막간의 편심이 작용해도 강도에 많은 영향을 받으므로 강도측정에 앞서 모든 cylinder 시편들을 랩핑 하였다. 그리고 압축강도 및 휨강도는 자동제어 시험기로 측정하였다.

2.4 실험결과 및 분석

2.4.1 압축강도 특성

(1) 섬유혼입률의 변화에 따른 강도증진효과

섬유보강 폴리머 콘크리트는 강섬유의 혼입률이 증가함에 따라 폴리머 콘크리트의 압축강도는 증가했으며, 섬유혼입률에 따른 강도의 증가를 Fig.1.(a)에 나타냈다. 이때 압축강도의 증가율은 휨강도의 증가율보다 적었고, 섬유혼입률이 2%일때 재령 28일에서 60°C 로 양생한 시편의 압축강도의 증가율은 13%정도였다. 이와같은 강도의 증가는 강섬유의 균열억제작용으로 인해서 일어난다고 볼 수 있다.

(2) 양생온도 변화에 따른 강도증진효과

섬유혼입률 2%, 수지:필러 비가 1:1인 경우에 양생온도변화에 따른 재령별 압축강도를 Fig.1.(b)에 도시하였다. 그림으로부터 20°C 로 양생한 시편보다 60°C 로 18시간 양생한 후 상온에서 양생시킨 시편에 있어서 압축강도가 더 큼을 알수있다. 이는 시편제작 직후 중합(Polymerization)되는 과정에서 고온의 열이 중합을 촉진해서 일어난 결과라고 본다.

(3) 필러함량 변화에 따른 강도증진효과

섬유혼입률 2%, 양생온도 20°C 인 경우에 있어 필러:세골재:조골재(F:F:A:C.A)의 비에 따른 강도의 증가를 Fig.1.(c)에 나타내었다. 그림에서 필러:세골재:조골재의 비가 1:1.7:2.5인 경우보다 1:1.0:1.5인 경우에 강도가 더 큼을 볼 수 있다. 이는 본 실험에서는 수지의 중량비를 일정하게하고 필러의 양을 변화시켰기 때문에, 전자의 배합에 비해 더 많은 필러가 들어간 후자의 배합에서 필러가 골재사이의 공극을 보다 충실히 채운 결과라 본다.

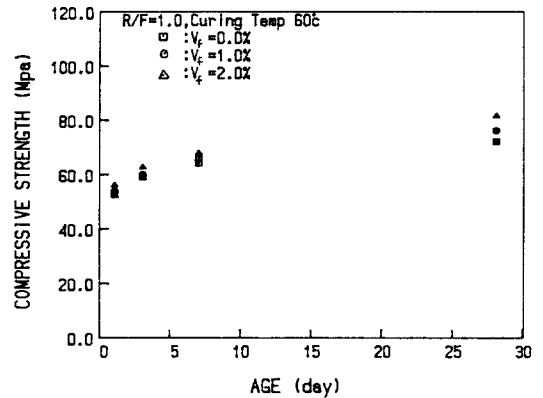


Fig.1.(a) Effect of Fiber Contents on Compressive Strength of Polymer Concrete.

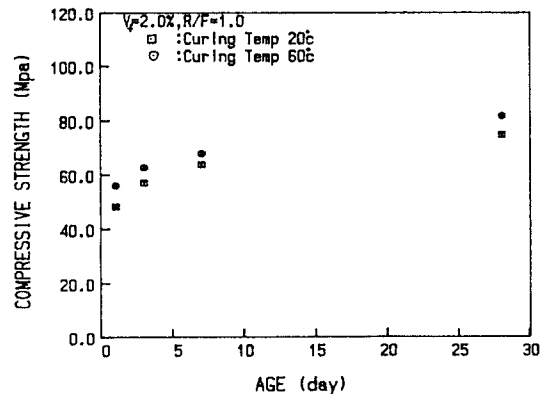


Fig.1.(b) Effect of Temperature on Compressive Strength of Polymer Concrete.

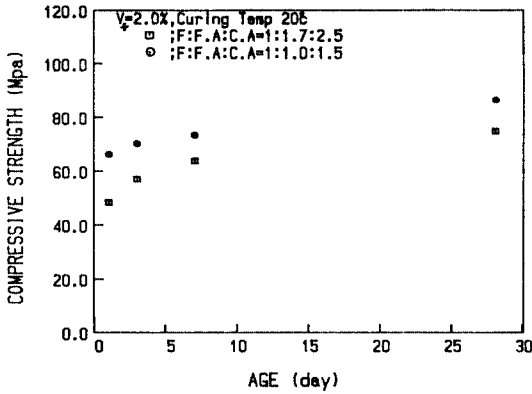


Fig. 1. (c) Effect of Filler Contents on Compressive Strength of Polymer Concrete.

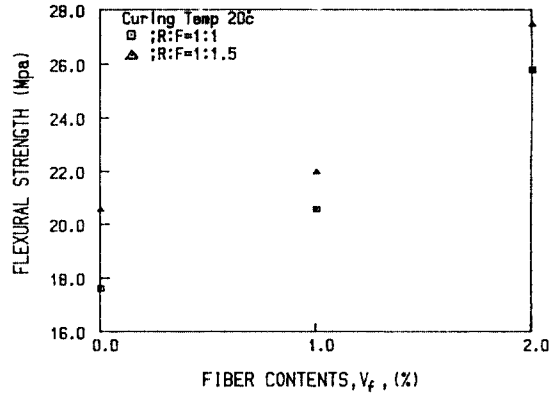
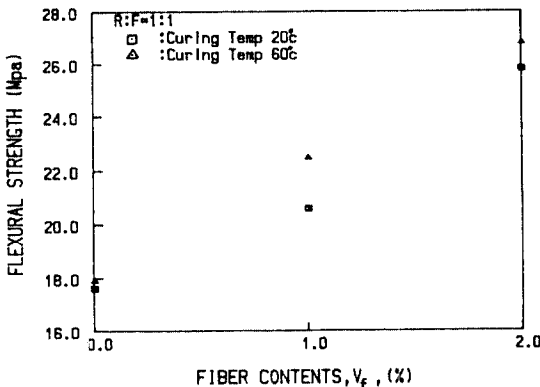


Fig. 2 Variation of Flexural Strength as a Function of Fiber Contents.

2.4.2 휨강도 특성

섬유혼입률이 증가함에 따라 상당히 증가했으며, 섬유혼입률에 따른 강도의 증가를 Fig. 2. (a), (b)에 도시하였다. 압축강도에서의 특성과 마찬가지로 20° c로 양생한 시편보다 60° c로 18시간 양생한 후 상온에서 양생시킨 시편에 있어 휨강도가 더 컸으며 (Fig. 2. (a)), Filler의 양을 증가시켰을때에도 휨강도가 더 크게 나타났다 (Fig. 2. (b)). 또한 수지:필러비가 1:1, 양생온도 60° c에서 섬유보강 폴리머 콘크리트의 휨강도는 강섬유의 혼입률이 증가할수록 거의 선형적으로 증가했으며, 섬유혼입률이 2.0%일때 휨강도의 증가율은 약 50%로서 압축강도의 증가율보다 컸다. 이와같은 결과는 섬유보강 폴리머 콘크리트가 폴리머 콘크리트의 압축보다는 휨거동에 대한 역학적성질을 크게 개선함을 나타낸다.



(a)

3. 결 론

본 연구에서는 강섬유를 혼입한 폴리머 콘크리트 시편에 대한 압축 및 휨시험을 통해서 시편의 양생조건과 필러함량 변화에 따른 섬유보강의 효과를 고찰하였다. 실험의 결과를 통해서 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

- 1) 폴리머 콘크리트에 섬유를 혼입하면 압축강도 및 휨강도가 증가하며, 이때 휨강도가 더 많이 증가하므로 섬유의 혼입은 폴리머 콘크리트의 휨거동을 크게 개선한다.
- 2) 중합이 되는 동안 고온으로 양생한 시편에서 압축강도 및 휨강도가 크게 증진된 것으로 보아 고온의 열이 중합을 촉진시킨다.
- 3) 수지의 양을 고정시킨 상태에서 필러의 함량을 어느정도 증가시켰을때 압축강도 및 휨강도가 증가한다.
- 4) 수지는 필러와 골재입자사이의 부착을 향상시킨다. 그래서 일반적으로 시멘트콘크리트에서는 골재와 matrix공유면의 파괴를 보이는 반면, 폴리머 콘크리트에서는 굵은 골재입자의 파괴를 보였다. 따라서 폴리머 콘크리트에서 양질의 골재를 사용하면 강도증진이 더 크리라 예상된다.

< 참고문헌 >

1. Koyanagi, W., Rokugo, K., Murai, N. and Hayashi, F., "Evaluation of Toughness of Resin Concrete and Its Improvement by Steel Fibers," Polymers in Concrete, ICPIC '84, Darmstadt, pp. 93-98.

2. Hughes, B.P. and Guest, J.E., "Polymer Modified Fibre-Reinforced Cement Composites," Proceedings of the First International Congress on Polymer Concretes, May 5-7, 1975, pp. 85-92.

3. Kobayashi, K. and Ito, T., "Several Physical Properties of Resin Concrete," Proceedings of the First International Congress on Polymer Concretes, May 5-7, 1975, pp. 236-240.

4. Aguado, A., Martinez, A. and Salla, J.M., "Effects of Different Factors in Mixing and Placing of Polymer Concrete," Polymers in Concrete, ICPIC '84, Darmstadt, pp. 299-303.

5. Mangat, P.S., Swamy, R.N., "Properties of Polymer Modified Plain and Fibre Reinforced Concrete," Proceedings of the First International Congress on Polymer Concretes, May 5-7, 1975, pp. 296-299.

6. McClain, R.R., "Epoxy Modified Cement Admixtures," Proceedings of the Second International Congress on Polymers in Concrete, Austin, October 25-27, 1978, pp. 483-501.

7. Demura, K., Ohama, Y. and Shinizu, A., "Proposed Mix Proportioning of Polyester Resin Concrete," Polymers in Concrete, ICPIC '84, Darmstadt, pp. 265-269.