

폴리에스터 레진콘크리트에서 수지 사용량에 따른 강도특성

Effects of Resin Quantity on the Strength Properties of Polyester Resin Concrete

○ 황 광 룰* 소 형 석** 소 승 영*** 박 흥 신*** 소 양 섭****
Hwang, Kwang-Ryul Soh, Hyoung-Seok Soh, Seung-Young Park, Hong-Shin Soh, Yang-Seob

- ABSTRACT -

Polymer mortars are mainly used as protective coatings in concrete, reinforced concrete, and more rarely, steel, while polymer concretes represent a new type of structural material capable of withstanding highly corrosive environments. The mechanical properties, chemical stability, and some other useful properties are the reasons research, design, and production organizations. However polymer mortars and polymer concretes have been introduced only recently, and many of their properties are still imperfectly known.

And, the main technique in producing polymer concrete is to minimize void volume in the aggregate mass so as to reduce the quantity of the relatively impressive polymer necessary for binding the aggregate.

In this study, compressive strength and flexural strength of unsaturated polyester resin concrete are related to quantity of resin and solid volume of aggregate. It was founded that the more solid volume of aggregate increase, the less using quantity of resin decrease with out reducing mechanical properties. When solid volume ratio of aggregate is 70.6%, using quantity of resin is minimized to 10wt.%.

1. 서론

폴리에스터 레진콘크리트는 결합재로서 불포화 폴리에스터 수지를 이용하는데 수지의 성질은 레진콘크리트의 특징을 지배한다. 일반적으로 사용가능시간 및 경화시간이 제어되는 등 시멘트 콘크리트와 비교하면 속경성으로서 강도발현이 빠르고, 접착

성, 내약품성, 수밀성이 우수한 반면, 경화수축이 크고, 난연성에 취약 하는 등의 특징이 있다.

특히, 불포화 폴리에스터 레진콘크리트는 결합재인 수지의 종류나 사용량에 따라 강도, 경화수축 등 물성이 달라진다. 때문에 결합재인 수지의 최적사용량을 결정하는 것은 매우 중요하다. 수지사용량이 매트릭스를 형성하기에 필요한 량 이상으로 되면 비경제적일 뿐 아니라 강도 발현에 있어서도 바람직하지 못하고 경화수축이나 난연성에서 불리하다. 또 수지의 사용량은 골재중에

* 전북대 대학원 석사과정
** 전북대 대학원 박사과정
*** 전북대 대학원 박사수료
**** 정회원, 전북대 교수, 공박

분포되어 있는 공극량에 의해 크게 좌우될 것이며, 또한 골재의 형태에 따라서 비빔시에 혼합의 용이도가 달라지게 되므로 일정한 콘시스턴스를 유지하기 위해서는 수지의 사용량이 가감되기도 한다. 이러한 면에서 수지의 사용량을 줄이고 그에 따른 강도저하의 추세를 저감하는 것이 본 연구에 있어서 중요사항이다.

본 연구에서는 첨가제의 종류 및 양을 동일하게 유지시키고 골재의 조립도를 달리했을 때, 수지의 최적사용량을 규명하고자 하였다. 이 때 골재의 조립은 실적율을 서로 다르게 한 3종류로서 type I의 실적율은 62.6%(공극율 37.4%)이고, type II는 64.3%(공극율 35.7%)이며, type III는 70.6%(공극율 29.4%)이었다.

2. 사용재료 및 공시체 제작

2-1. 사용재료

실험에서 사용한 재료는 다음과 같다.

- 1) 액상수지 : 불포화 폴리에스터 수지 (orthophthalate type)(UP)
- 2) 촉진제 : 코발트 옥토액트(CoOc)
- 3) 촉매 : 메틸 에틸 케톤 퍼옥사이드 (Methyl Ethyl Ketone Peroxide ; MEKP)
- 4) 충전제 : 중탄산 칼슘(CaCO_3 ; $\phi 2.5\mu$ 이하, 비중 2.7)
- 5) 골재 : Table 2.

또한 충전제와 골재는 함수율 0.1%이하로 건조시켜 사용하였다.

Table 1. Properties of Unsaturated Polyester Resin.

Type	Specific Gravity	Acid Value	Viscosity (at 20°C)	Gel Time (min)
Orthophthalate	1.102±0.02	19.9±4	1.80±30%	13.4±4

Table 2. Physical properties of aggregate.

Aggregate			Contents(wt.%)		
Kinds	Size (mm)	Specific Gravity	Type I	TypeII	TypeIII
Crused Granite	2.5~5.0	2.46	5.0	5.4	35.8
"	1.2~2.5	2.42	5.0	16.3	18.6
River Sand	0.6~1.2	2.64	20.0	33.7	8.9
Standard Sand	0.3~0.6	2.64	30.0	28.3	5.5
Silica Powder	0.3	2.69	40.0	16.3	31.3
Unit Weight (kg/l)			1.65	1.67	1.9
Specific Gravity			2.6	2.6	2.7
Solid volume Ratio (%)			62.6	64.3	70.6
Fines Modules			2.1	2.7	3.2

2-2. 공시체 제작 및 양생

공시체 제작을 위한 배합조건은 Table 3. 과 같다.

Table 3. Mixed Design.

Binder UP.(wt.%)	Filler (wt.%)	Aggregate contents (wt.%)	
10.0	10.0	Type I	80
12.5	12.5	Type II	75
15.0	15.0	Type III	70
17.5	17.5	Type III	70

여기서 수지는 Styrene Monomer가 44wt.% by resin 포함된 것 이었으며 경화개시 촉매 (MEKPO)의 첨가량은 1.0 wt.% by Binder, 촉진제(CoOc)는 0.5wt.% by Binder 였다. 또한 공시체의 제작은 KS F 2419에 근거하였다.

공시체는 기중 (20°C±2, RH50%) 에서 양생하였다.

2-3. 시험방법

공시체에 대한 휨강도시험은 KS F 2482, 압축강도시험은 KS F 2483에 의거하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig.1은 재령과 압축 및 휨강도를 골재

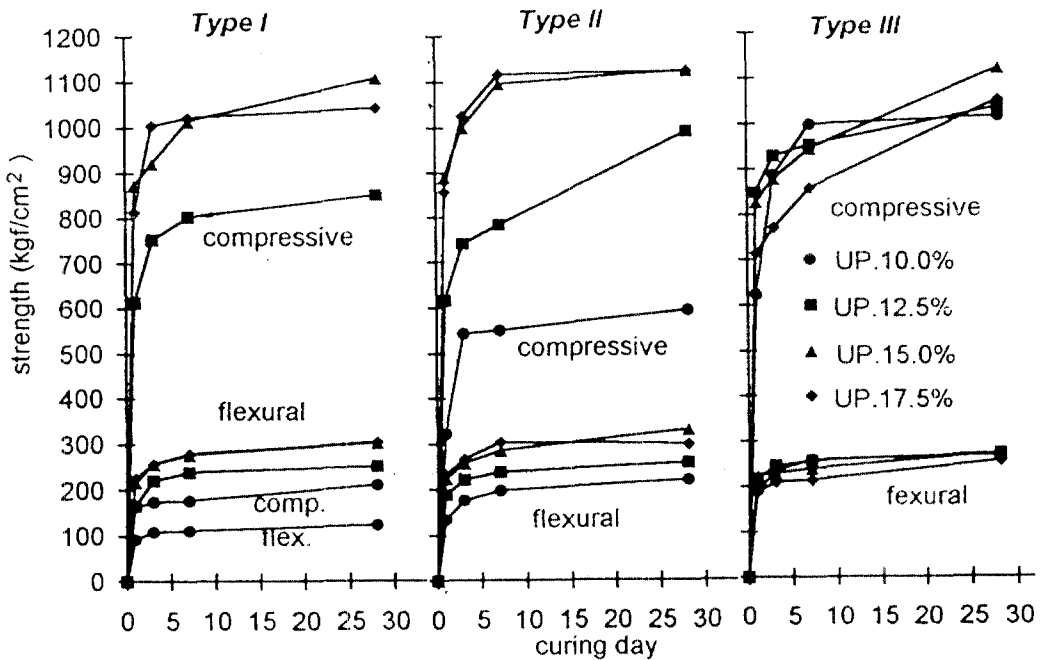
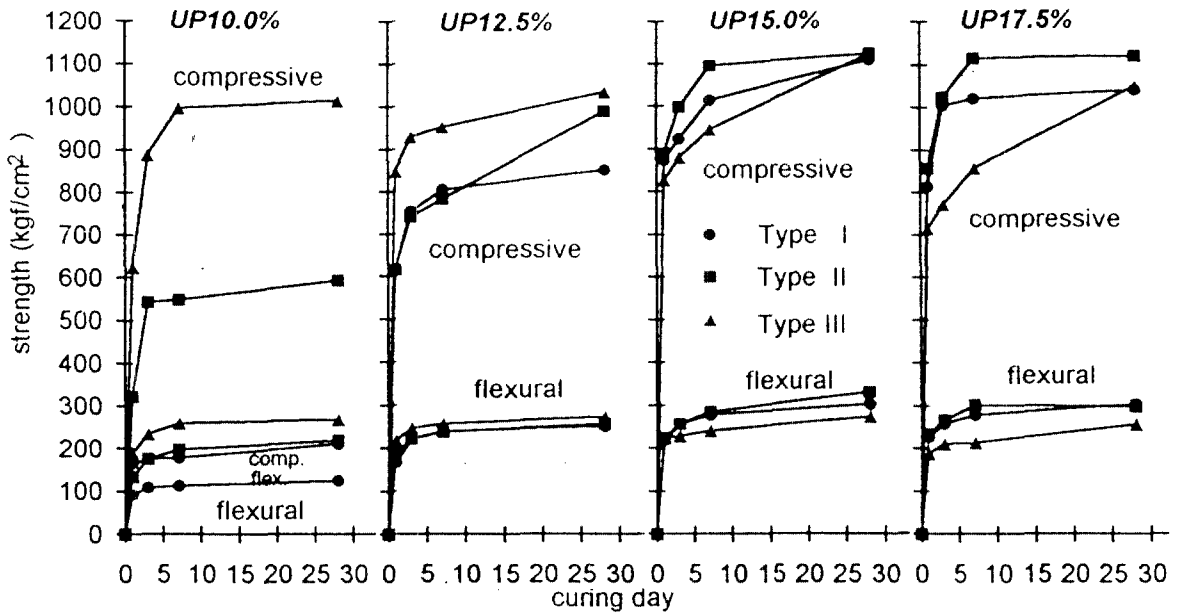


Fig.1. Curing day vs. compressive and flexural strength of unsaturated polyester resin concrete.

조립 type별 및 수지의 사용량 별로 나타난 것이다. 이 그림에서 골재 type에 관계없이 재령 1일이 재령 28일에 비해 강도발현도가

압축강도의 경우 80%수준이고 휨강도의 경우 73% 수준으로 조강성이 큼을 알 수 있었다.

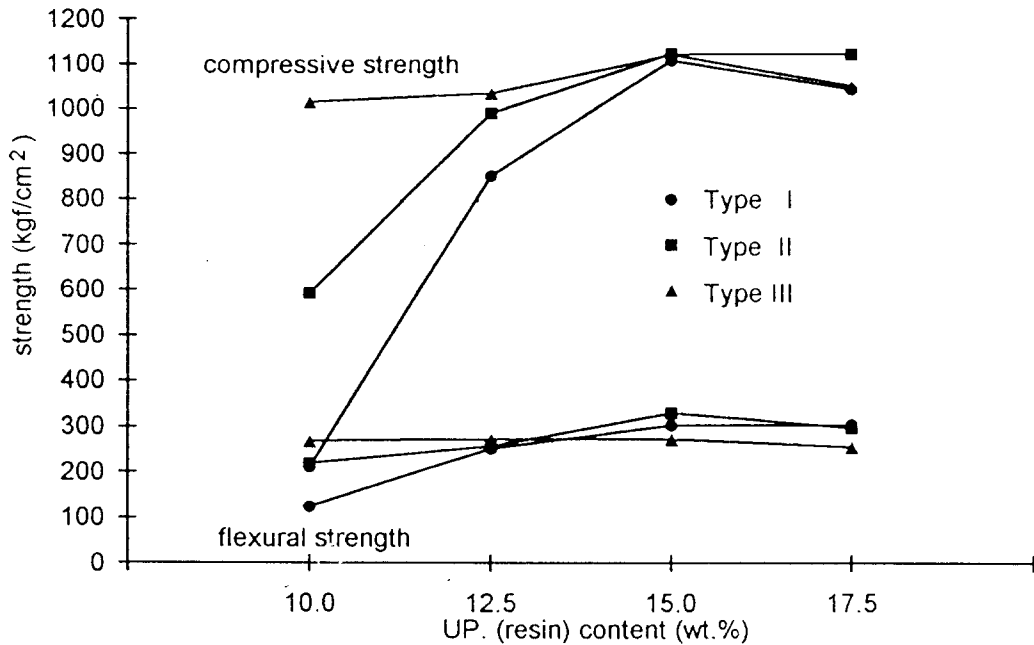


Fig.2. Resin content vs. compressive and flexural strength of unsaturated polyester resin concrete.

그리고 수지의 사용량이 10%일 때의 압축 및 휨강도는 골재 조립 type III 에서 1,014kgf/cm², 268kgf/cm²로 높게 나타난 반면에, type I과 II는 매우 낮게 나타났으며 육안으로 보아도 콘크리트의 매트릭스의 형성이 부실하였다. 수지 사용량이 12.5%일 때의 압축강도와 휨강도는 골재 조립 type III에서 1,034kgf/cm²와 273kgf/cm²로 높은 반면에 type I과 II의 경우는 851kgf/cm²와 251kgf/cm², 990kgf/cm²와 257kgf/cm²로 낮았다. 수지 사용량이 15%일 때의 압축강도와 휨강도는 골재 조립 type I, II, III에서 1,120kgf/cm²와 290kgf/cm²정도로 동일수준으로 나타났다. 또한 수지 사용량이 17.5%일 때의 압축강도와 휨강도는 골재 조립 type II에서 1,122kgf/cm², 299kgf/cm²로 높았고, type I과 III에서 1,045kgf/cm², 280kgf/cm²수준으로 비슷하게 나타났다. Fig.2에서 보는 바와 같이, 각 골재 조립 type별로 수지의 사용량과 강도의 관계에서 레진콘크리트의 강도(압축과 휨)는 전체적 수지 사용량의 증가에 따라 증가하고 있으나, 특별히 수지

사용량이 공시체 중량의 15%일 때 가장 높게 나타나고 있으며, 그 이상(17.5%)일 때는 오히려 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 레진 콘크리트에서 수지의 사용량이 작을 경우에는 경화수축량이 적은 반면 강도가 낮으며, 반대로 수지의 사용량이 지나치게 많을 경우에는 경화 수축량이 많을 뿐 아니라 콘크리트 내에서 골재부분과 레진층이 분리되어 수축균열이나 내부에 수축응력이 잔존하게 되어 파괴강도가 감소된다는 기와의 연구결과와 동일한 추세를 보여주고 있다. 이렇게 볼 때, 레진콘크리트의 수지사용량은 골재의 실적율이 많을 수록(혹은 공극율이 적을 수록) 적다는 당연한 이치로 설명할 수 있을 것이다. 즉, 골재 조립 type I에서는 수지의 사용량이 15%~17.5%사이가 적당하지만, 이 때의 수지량에 비해 강도가 작아 부적절하며, type II는 15%가 적절하고, type III은 10%~12.5%사이가 적당한 것으로 판단된다. 그리고, 이 때의 결합재의 양은 수지 사용량과 충전재의 첨가량의 비가 1 : 1인 관계로 수지 량의 2배가

되어, 수지 량이 10%일 때 결합매트릭스의 량은 20%, 12.5%일 때 25%, 15%일 때 30% 그리고 17.5%일 때 35%가 된다.

3. 결론

이상의 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 불포화 폴리에스터 레진 콘크리트는 각 골재 type에 관계없이 재령의 증가에 의해 강도가 증가하며 재령 28일에 비해 1일의 강도는 압축강도의 경우 80%, 휨강도의 경우 73%로 조강성이 큼을 알 수 있다.
- 2) 불포화 폴리에스터 레진콘크리트는 매트릭스를 형성한 후 결합재인 수지의 량이 증가하면 강도도 증가하나 어느 한계를 넘으면 오히려 감소한다.
- 3) 골재의 type이 표준입도인 type II에서 가장 높은 강도발현이 있었으며 그 때 재령 28일의 압축강도는 수지량 15.0wt.%에서 1123.3kgf/cm^2 휨강도는 330.3kgf/cm^2 이었다.
- 4) 불포화 폴리에스터 레진콘크리트에서 골재의 실적율이 높으면 결합재인 수지 량이 감소하여도 강도의 저감은 작아 수지 량을 현저하게 줄일 수 있다. 즉 골재 type III의 경우 수지사용량까지 감소하였음에도 불구하고 압축 및 휨강도가 각각 $1,014\text{kgf/cm}^2$ 268kgf/cm^2 로 높게 나타났다.

참고문헌

- 1) Yang-Seob Soh, Hong-Shin Park, Kwang-Ryul Hwang, Ju-Hyun Lim, and Dai-Soo Lee : Effects of Resin Chemistry on the Properties of Polymer Concrete, The First East Asia Symposium on Polymers in Concrete, Kangwon National Univ. Chuncheon, Korea, PP. 91-98, 1994.5

- 2) 소양섭, 박홍신, 소승영, 황광률 : 불포화 폴리에스터 폴리머 콘크리트의 기초물성에 관한 연구, 대한건축학회 전북지부 학술발표논문집, 제6권 제1호, pp 49 - 54, 1994. 1
- 3) 大濱嘉彦, 出村克宜 : ポリマ-コンクリト. (シ-エムシ-). 1984. 2
- 4) 岡田 清 : ポリマ-コンクリトに關する研究の發展と動向, 土木學會論文集, No.354/V-2, pp1-11. 1985. 2
- 5) 小柳 裕, 林富士男 : レジンコクリトの利用の現況. 콘크리트工學 Vol. 23, No. 10, pp. 26-33. 1985. 10
- 6) 大濱嘉彦 : 콘크리트·폴리마-複合體의 利用と研究·開發の動向. 콘크리트工學, Vol. 28, No. 4, pp. 5~17, 1990. 4
- 7) Fowler, D.W. and Taylor, T.V. : Status of Concrete-Polymer Materials, Proc. 6th Int. Cong. on Polymers in Concrete, pp. 10~27, Int. Academic Publ. Beijing, 1990
- 8) 콘크리트工事用樹脂委員會 : 폴리에스테르레진콘크리트의配合設計の手引き(案), 材料, Vol. 41, No. 470, pp. 1706~1708, 1992. 11
- 9) Kobayashi, K. and Ito, T. : Several physical properties of resin concrete, Proc. 1st Int. Cong. on Polymers in Concrete, pp. 236~240, The Construction Press, 1976.
- 10) Fowler, D.W., Paul, D.R., McCullough, B.F. and Meyer, A.H. : Interm Report, ESL-TR-80-28, Univ. Texas at Austin (1980).
- 11) 山崎竹博·出光 降·渡邊 明·宮川邦彦 : 不飽和 폴리에스테르레진콘크리트의 클립 특성 性に關する研究, 材料 Vol. 40, No.456, pp. 1178~1184. 1991. 9