폴리에스터 폴리머 콘크리트의 워커빌리티 특성

Workability Characteristics of Polyester Polymer Concrete

연 규 석* 김 광 우** 이 봉 학***
Yeon Kyu Seok Kim Kwang Woo Lee Bong Hak

Abstract

Since the material property of binder in polyester polymer concrete has a viscous mechanism, the workability of polyester polymer concrete mixture showed different characteristics from that of cement concretes. Therefore, this study was devised to evaluate workability characteristics of polyester polymer concrete using slump and flow tests. Study results showed that the test temperature and ST/UP ratio were the most dominantly affecting factor on the viscosity of binder, and viscosity of the binder was strongly correlated with the workability of polyester polymer concrete mixture.

1. 서 론

일반적으로 콘크리트가 아직 굳지않은 상태에 있을 때의 성상을 총칭해서 워커빌리티 (workability : 작업성) 라고 하는 용어로서 표시하고 있으며, 그 정의는 "반죽질기 여하에 따르는 작업의 난이 정도 및 재료의 분리 정도를 나타내는 굳지않은 콘크리트의 성질"로 되어 있다. 또한 콘시스텐시 (consistency : 유동성), 플라스티시티 (plasticity : 가소성) 및 피니셔빌리티 (finishability : 마무리성) 등 굳지않은 콘크리트의 성질을 나타내는 용어들이 있으며, 시험방법도 다양한 것으로 되어있다.

콘크리트를 혼합하여 비빈후 그것이 경화하기 까지의 상태, 즉 아직 굳지않은 때의 콘크리트 성상은 시공상, 경화후의 성질에 중요한 **영향을** 미친다. 특히 폴리에스터 폴리머 콘크리트의 경우 결합재로서 점성이 높은 불포화 폴리에스터 수지를 사용해서 콘크리트를 제조하기 때문에, 그 콘시스텐시는 시멘트 콘크리트와 완전히 다른 성상을 나타낸다.

따라서, 이 연구에서는 아직 굳지않은 폴리에스터 폴리머 콘크리트의 슬럼프 및 플로우 시험을 통해 시시험온도, 결합재 점도 및 결합재율 등이 워커빌리티에 미치는 영향에 대해서 검토코저 한다.

* 정회원, 강원대학교 농공학과
** // , 강원대학교 농공학과
*** // , 강원대학교 토목공학과

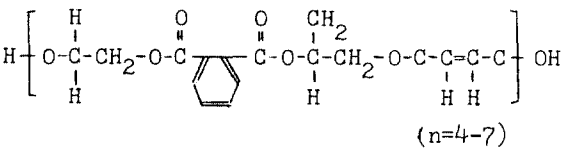
2. 사용재료

2.1 폴리에스터 수지

액상 수지는 국내 M사의 올소타입 (ortho type) 불포화 폴리에스터 수지 (이하 UP라고 한다) 를 사용했으며, 그 성질 및 구조식은 표 1 및 그림 1 과 같다.

표 1. 사용된 불포화 폴리에스터 수지의 성질

비 중 (20 ℃)	점 도 (20 ℃, cp)	산 가	스틸렌함량 (%)
1.12	662	21.0	38.0



(n=4-7)

그림 1. 사용된 불포화 폴리에스터 수지의 구조식

2.2 희석제

희석제로는 국내 K사 제품인 스틸렌 모노머 (이하 ST라고 한다) 를 사용했으며, 그 성질은 표 2 와 같다.

표 2. 사용된 희석제의 성질

비 중 (20 ℃)	점 도 (20 ℃, cp)	분 자 량	순 도 (%)
0.91	0.78	104.5	99.8

2.3 촉매제

촉매제는 일본 C사 제품으로서 메칠 에칠 케톤프록사이드가 55% 함유된 표준경화형 DMP용액을(이하 MEKPO라고 한다) 사용했으며, 그 성질은 표3과 같다.

표3. 사용된 MEKPO의 성질

촉매의 형태	비중 (20℃)	활성산소 (%)
표준경화형	1.13	10.0

2.4 촉진제

촉진제는 일본 C사 제품인 옥탄산 코발트 8%를 주성분(이하 CoOc라 한다)으로 하는 용액을 사용하였다.

2.5 충전재 및 골재

충전재는 플라이애쉬를 사용했다. 골재로서 조골재는 강원도 홍천지역에서 생산되는 화강암 쇄석을 사용했으며, 세골재 강원도 홍천강산 강모래를 사용하였다. 여기서 충전재 및 골재는 충분히 건조시켜 그것의 함수율을 0.1% 이하가 되도록 하였다. 사용재료의 성질은 표4에 나타낸 바와 같다.

표4. 사용된 충전제 및 골재의 성질

종 류		칫 수 (㎜)	비 중 (20℃)	흡수율	조립율
충전재	플라이애쉬	$< 2.4\times10^{-3}$	2.65	-	-
조골재	쇄 석	< 13	2.63	0.41	6.6
세골재	강 모 래	< 5	2.60	0.35	2.7

3. 시험방법

3.1 결합재의 점도시험

KS M 3331 (액상 불포화 폴리에스터 수지 시험방법)에 제시된 브르크필드형 점도계법에 따라 10, 20 및 30℃의 온도에서 표5에 제시된 결합재의 점도를 측정하였다. 이 결합재에는 촉매 및 촉진제가 첨가되지 않았다.

표5. 중량비에 의한 결합재의 조합

ST/UP	UP	ST	중량에 의한 조합	
			불포화 폴리에스터	스틸렌
0.70	58.5	41.5	100	5.9
0.85	54.0	46.0	100	14.8
1.00	50.0	50.0	100	24.0

3.2 폴리에스터 폴리머 콘크리트의 제조

KS F 2419 (폴리에스터 레진 콘크리트의 강도시험용 공시체 제작방법)에 준해서 표6에 제시한 바와 같은 배합비의 폴리에스터 폴리머 콘크리트를 제조하였다. 온도에 따른 워커빌리티 특성을 구명키 위해 각각 10℃, 20℃ 및 30℃에서 폴리에스터 폴리머 콘크리트를 제작했다. 특히 결합재, 충전재 및 골재는 폴리에스터 폴리머 콘크리트를 제조하기 전에 24시간 정도 시험온도와 동일한 조건하에 보관하여 두었다가 시험하였다.

표6. 폴리에스터 폴리머 콘크리트의 배합비

재 료		중 량 배 합 비 (%)			
결합재	UP+ST	10.0	11.0	12.0	13.0
충전재	플라이애쉬	7.0	8.0	9.0	10.0
골 재	조골재 < 13㎜	45.6	44.5	43.4	42.3
	세골재 < 5㎜	37.4	36.5	35.6	34.7

3.3 슬럼프 및 플로우 시험

KS F 2402 (콘크리트의 슬럼프 시험방법)에 준하여 표6과 같이 제조한 폴리에스터 폴리머 콘크리트에 대해 슬럼프 및 플로우 시험을 실시했다. 이때 슬럼프콘에 폴리에스터 폴리머 콘크리트의 부착을 방지키 위해 그 내면을 왁스로서 처리한 후 사용하였다.

플로우 시험은 그림2에 나타낸 바와 같이 슬럼프 시험시 슬럼프콘을 위로 잡아당겨 뺀 후의 폴리에스터 폴리머 콘크리트의 폭 a에서 슬럼프콘 바닥의 직경(20 cm)를 뺀 값을 플로우 값(cm)으로 하였다. 슬럼프 및 플로우의 측정은 슬럼프콘을 제거한 다음 5분후에 실시하였다.

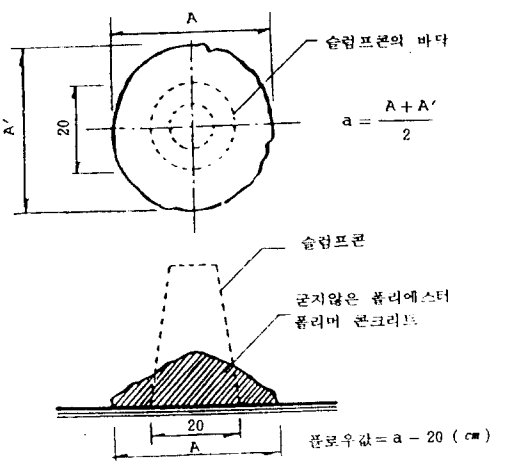


그림 2. 폴리에스터 폴리머 콘크리트 플로우값의 정의 (단위 : cm)

4. 시험결과 및 고찰

그림 3에는 시험온도의 변화에 따른 ST/UP와 결합재 점도의 관계를, 그림 4에는 ST/UP의 변화에 따른 시험온도와 결합재 점도의 관계를 나타낸 것이다.

시험온도가 일정할 경우 ST/UP의 증대, 즉 희석제인 스틸렌 첨가량의 증가에 따라서 결합재 점도는 저하하게 된다. 특히 시험온도 10 ℃의 경우, ST/UP 0.7에서 1,370 cP에 달하는데 비해 ST/UP 1.0에서는 270 cP 정도까지 급격히 감소한다.

또한 동일한 ST/UP의 경우 온도의 상승에 따라서 결합재 점도는 감소하는데, 그 경향은 ST/UP가 낮은 결합재일수록 현저하다.

이와같은 결과에서 온도를 10 ~ 30 ℃ 사이에서 변화시킬 경우 ST/UP의 비율에 따라 결합재 점도는 110 ~ 1,370 cP의 범위에서 변화하며, 그 결합재를 사용해서 제조되는 폴리에스터 폴리머 콘크리트의 슬럼프 및 플로우는 결합재의 점도에 큰 영향을 받은 것임을 예상할 수 있다.

시험온도별 결합재 점도와 ST/UP의 관계식은 그림 3에 제시된 식으로서 표시할 수가 있다.

이들 관계식을 이용하면 10 ~ 30 ℃의 시험온도에 있어서 ST/UP로부터 폴리에스터 폴리머 콘크리트용 결합재의 점도를 추정이 가능하다고 하겠다. 단지 ST/UP가 3가지로 한정되어 있어 이 식들을 사용하는데 충분한 조건은 갖추었다고 할 수 없다. 한편 선행연구들과 비교해본바 ST/UP가 동일하다면 폴리에스터 수지의 상품명에 따른 결합재 점도의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서 구한 결합재 점도 산정식은 실험정수에 약간의 변동이 있다고 생각되지만 어떠한 제조회사의 불포화 폴리에스터 수지를 사용한 경우에도 결합재의 점도 산정을 위해 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

그림 5 부터 그림 10 은 슬럼프콘을 제거한 다음 5분후의 폴리에스터 폴리머 콘크리트에 대한 슬럼프 및 플로우값에 미치는 결합재율의 영향을 시험온도별로 나타낸 것이다.

시험온도와 관련시켜 볼때, 시험온도의 증가에 따라 폴리에스터 폴리머 콘크리트의 슬럼프 및 플로우값은 모두 증가하는 경향을 보이고 있다.

ST/UP와 관련지어 생각할때 ST/UP가 증가함에 따라 역시 슬럼프 및 플로우값 모두가 증가하는 경향을 보였으나 결합재율이 증가함에 따라 ST/UP에 따른 슬럼프 및 플로우값의 차이는 작아져 13 %일 경우는 거의 비슷하였다.

결합재율의 영향을 살펴볼때, 결합재율의 증가에 따라 급격한 슬럼프 및 플로우값의 증가를 보였다. 즉, 결합재율 10 %에서의 슬럼프값은 10 ℃에서 1.1 ~ 4.9 *cm*, 20 ℃에서 2.2 ~ 7.2 *cm*, 30 ℃에서 6.8 ~ 12.0 *cm* 범위였으며, 13 %에서의 슬럼프값은 10 ℃에서 24.1 ~ 25.2 *cm*, 20 ℃에서 25.6 ~ 26.4 *cm*, 30 ℃에서 26.0 ~ 27.1 *cm*의 범위로서 현저한 차이를 보여주고 있다. 또한 결합재율 10 %에서 플로우값은 10 ℃에서 1.5 ~ 5 *cm*, 20 ℃에서 2.4 ~ 6.2 *cm*, 30 ℃에서 3.8 ~ 13.5 *cm* 범위인데 비해, 13 %에서의 슬럼프값은 10 ℃에서 38.0 ~ 41.5 *cm*, 20 ℃에서 40.8 ~ 44.2 *cm*, 30 ℃에서 45.1 ~ 49.0 *cm*로서 슬럼프값과 마찬가지로 결합재율에 따라 그 차이가 크게 나타났다.

이상의 결과들을 통해 볼때 폴리에스터 폴리머 콘크리트의 슬럼프 및 플로우값은 시험온도가 높을수록, ST/UP가 클수록, 결합재율이 증가 할수록 증가하는 경향임을 알 수 있었다.

그림 11 및 그림 12 는 결합재 점도와 폴리에스터 폴리머 콘크리트의 슬럼프 및 플로우값의 관계를 결합재율별로 나타낸 것이다.

이 결과에서 폴리에스터 폴리머 콘크리트의 슬럼프 및 플로우값은 결합재 점도의 상승에 따라 감소하는 경향을 보이고 있다. 특히 결합재의 점도가 비교적 작은 500 cP 이하인 경우 그 경향이 더욱 현저하였다.

시험온도가 고려된 결합재 점도와 폴리에스터 폴리머 콘크리트 슬럼프값의 결합재율별 관계식은 그림 11에 제시된 바와 같다.

또한 마찬가지로 시험온도가 고려된 결합재 점도와 폴리에스터 폴리머 콘크리트 플로우값의 결합재율별 관계식은 그림 12 에 나타낸 바와 같다.

이상에 제시된 식들을 이용하면 결합재율 10 ~ 13 %인 경우 결합재의 점도를 알면 슬럼프콘을 제거한 후 5분전후의 폴리에스터 폴리머 콘크리트에 대한 슬럼프 및 플로우값 산정이 가능하다.

5. 결 론

이 연구는 폴리에스터 폴리머 콘크리트 제조에 있어서 기본이라 할 수 있는 워커빌리티 특성에 관한 것으로서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 시험온도에 따라 다르나 ST/UP의 증대에 따라 결합재의 점도는 저하했다.

2) 동일한 ST/UP의 경우, 온도상승에 따라 결합재 점도는 저하하며, 그 경향은 ST/UP가 낮을때에 더욱 현저했다.

3) 시험온도에 따라 다르나 결합재의 증가에 따라 폴리에스터 폴리머 콘크리트의 슬럼프값 및 플로우값은 증가하는 경향이었다.

4) 시험온도의 상승에 따라 폴리에스터 폴리머 콘크리트의 슬럼프값 및 플로우값은 증대한다. 이것은 시험온도가 결합재 점도의 변화에 영향을 주기 때문이다.

5) 슬럼프값과 플로우값의 측정시간은 시멘트 콘크리트와 달리 결합재의 점도에 대한 영향을 받으므로 슬럼프콘을 제거한 후 5분정도로 하는 것이 적합한 것으로 나타났다.

6) 시험온도별 결합재의 점도와 ST/UP의 관계식 결합재율별 슬럼프값과 결합재의 점도 및 플로우값과 결합재의 점도의 관계식, 슬럼프값과 플로우값의 관계식이 유도되었다.

6. 참고문헌

1) D.W.Fowler, "Future trends in polymer concrete", ACI SP-116, 1989, pp.129-144.

2) R.C., Valore and D.J.Naus, "Resin bound aggregate material systems", ICPIC 75 proceedings, 1975, pp.216-222.

3) 大濱嘉彦, 出村克宣, 小宮山正, "ポリエステルレヂンコンクリートの強度などの性狀に及ぼすスチレンーポリエステル比の影響", 材料, Vol.29, No.318, 1979, pp.60-65.

4) 村田二郎, "まだ固まらないコンクリートのレオロヂーに關する基礎的研究", コンクリート工學, Vol.15, No.1, 1977, pp.25-34.

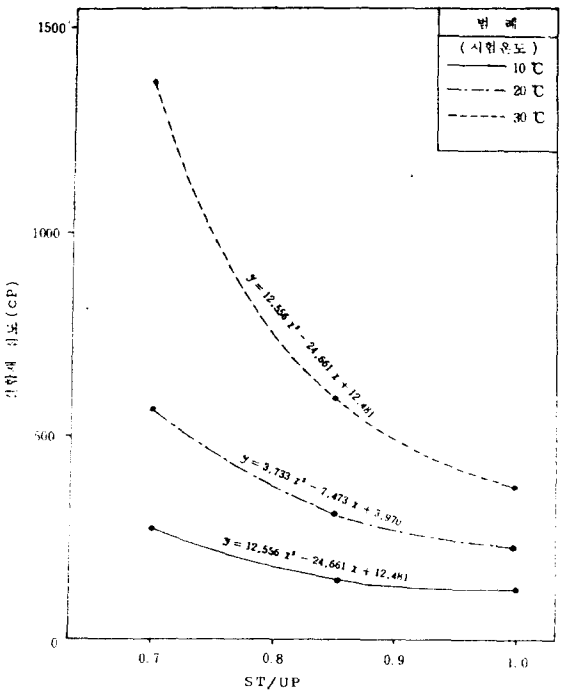


그림 3. 시험온도의 변화에 따른 ST/UP와 결합재 점도의 관계

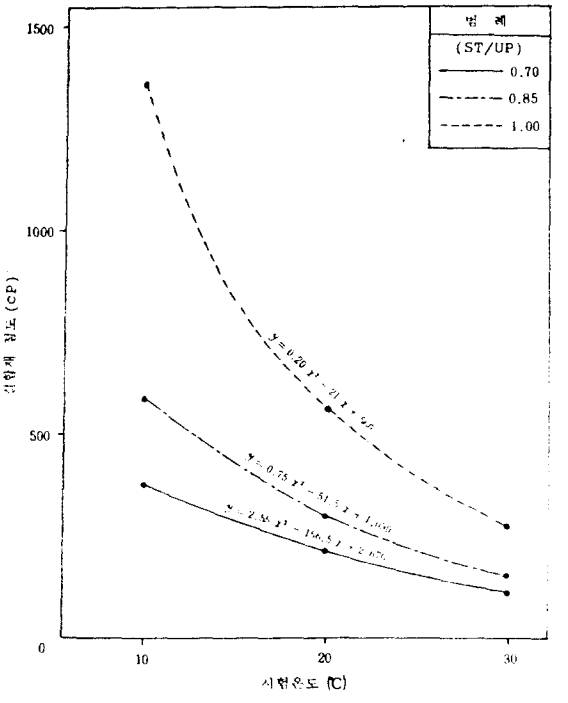


그림 4. ST/UP의 변화에 따른 시험온도와 결합재 점도의 관계

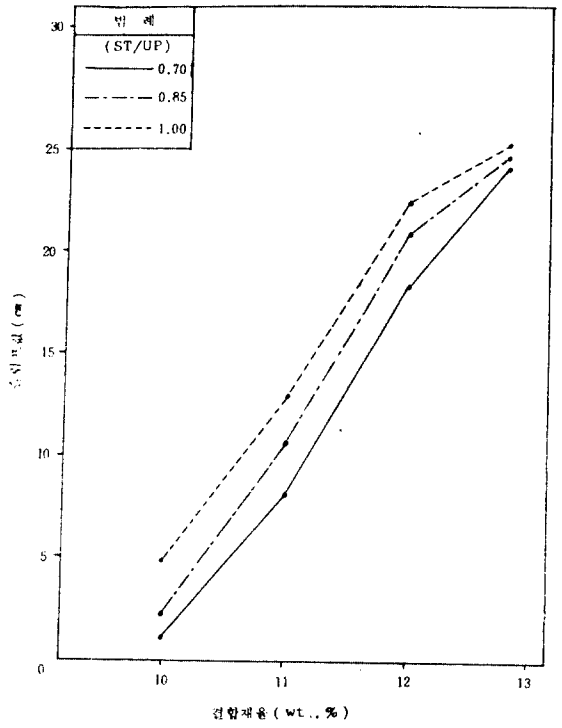


그림 5. 시험온도 10 ℃에서 ST/UP에 따른 결합 재율과 슬럼프값의 관계

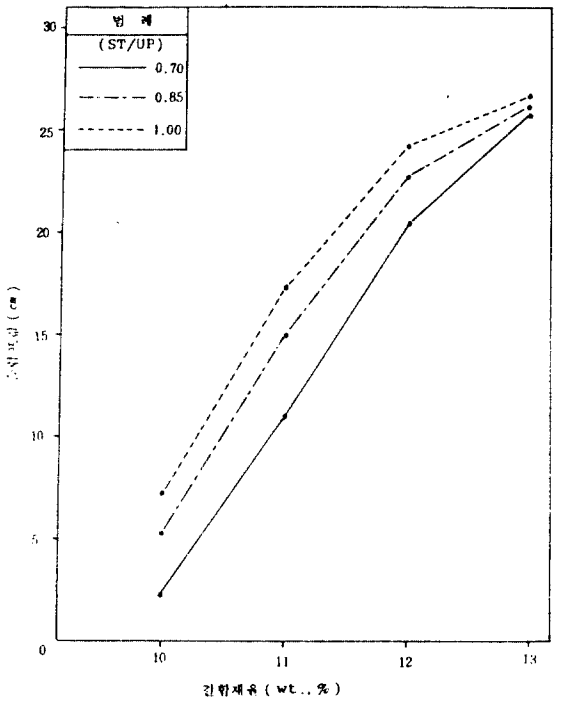


그림 6. 시험온도 20 ℃에서 ST/UP에 따른 결합 재율과 슬럼프값의 관계

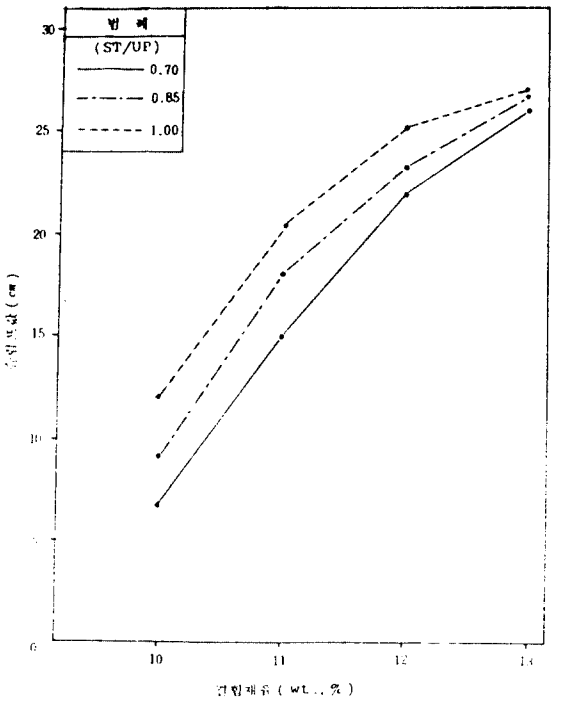


그림 7. 시험온도 30 ℃에서 ST/UP에 따른 결합 재율과 슬럼프값의 관계

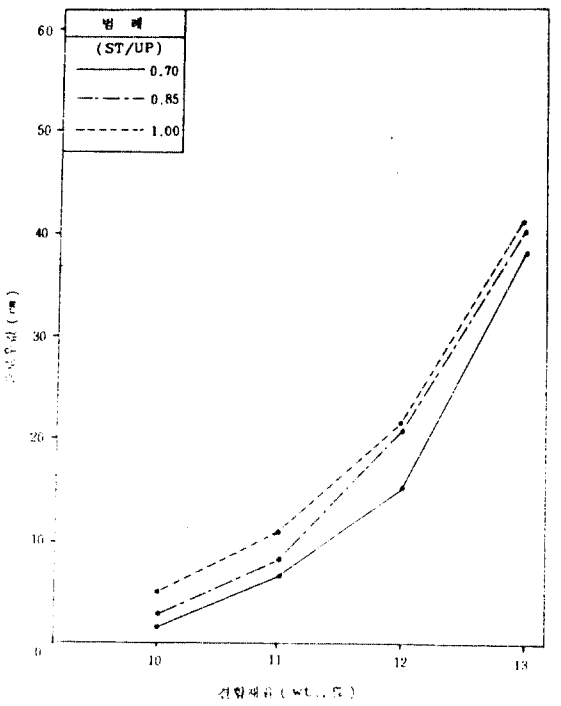


그림 8. 시험온도 10 ℃에서 ST/UP비에 따른 결합 재율과 플로우값의 관계

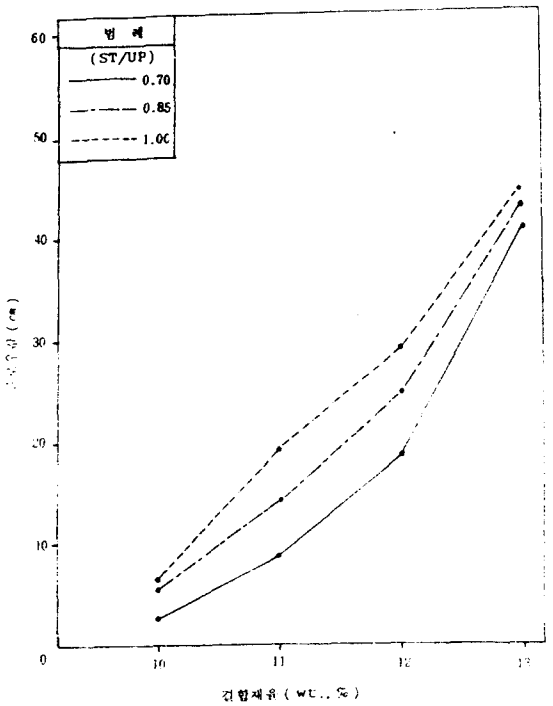


그림 9. 시험온도 20 ℃에서 ST/UP비에 따른 결합재율과 플로우값의 관계

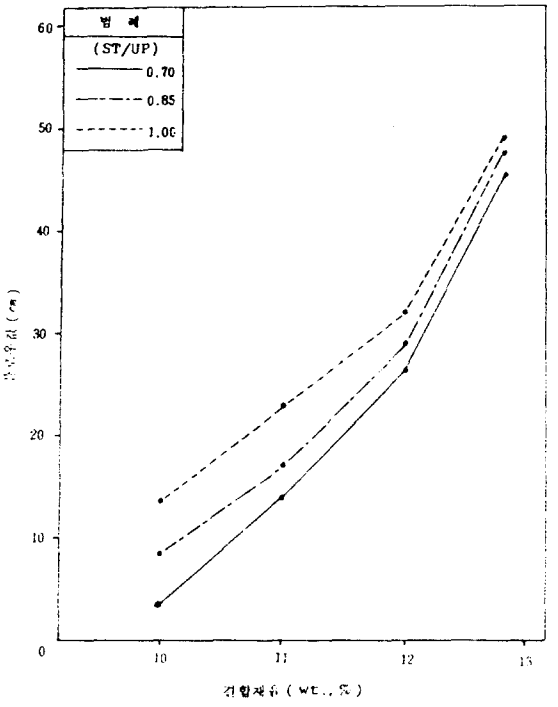


그림 10. 시험온도 30 ℃에서 ST/UP비에 따른 결합재율과 플로우값의 관계

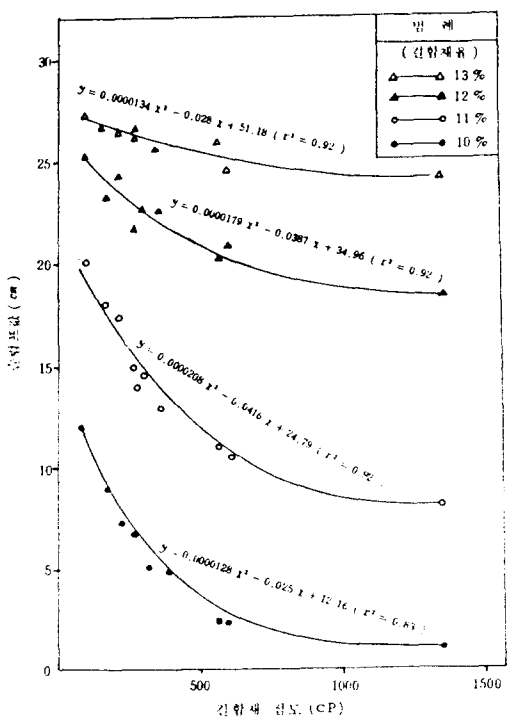


그림 11. 결합재율에 따른 결합재 점도와 슬럼프값의 관계

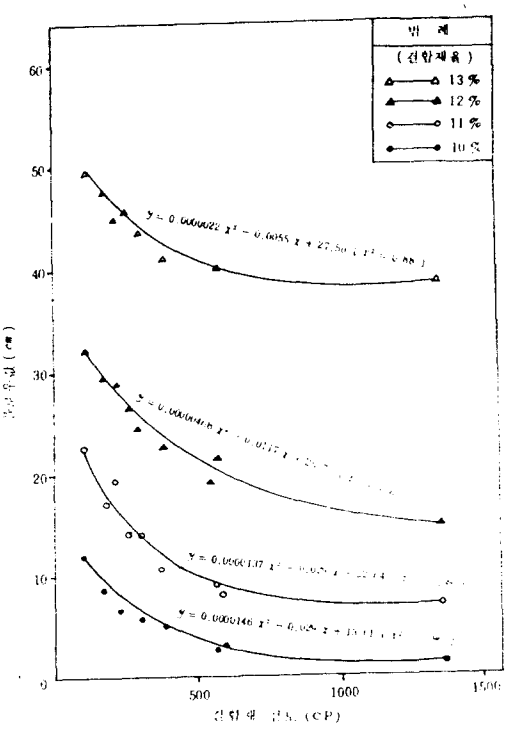


그림 12. 결합재율에 따른 결합재 점도와 플로우값의 관계