

폴리우레탄 콘크리트의 기초적 성상에 관한 연구

A Fundamental Study on the Properties of Polyurethane Concrete

강재홍* 조영국** 소승영*** 소양섭****
Kang, Jae Hong Jo, Young Kug Soh, Seung Young Soh, Yang Seob

Abstract

The purpose of this study is to investigate the fundamental properties of polyurethane concrete. Polyurethane must be expanded by means of a blowing agent during polymerization. Chemical blowing is caused by the reaction water with isocyanate. Binder system for polyurethane concrete is based on polyol and isocyanate with catalyst, surfactant, and methyl chloride. Polyurethane concretes are prepared with various grading of aggregate, and tested for compressive, flexural strengths, flow test, foaming multiple proportion, working life, condition of surface, distribution of aggregate.

From the test results, the foaming of polyurethane concretes are affected by amount and grading of aggregate. Workability increases with raising amount of methyl chloride and working life reduced according to amount of catalyst. The mix proportion of B with methyl chloride of 1% and catalyst of 0.1g for polyurethane concrete is recommended in consideration of strengths, condition of surface and balance between cost and performance.

1. 서 론

폴리우레탄은 다른 합성 수지와는 달리 플라스틱 성질(탄성)과 고무의 특성(탄성) 및 발포성능을 갖고 있어, 건설현장에서 보수·방수제로 널리 쓰이고 있다. 이러한 폴리우레탄의 특성을 이용하여 단열, 흡음, 보온성이 높은 다기능성 콘크리트를 개발하기 위한 연구의 필요성이 제기되고 있으나 반응시 빠른 응결을 일으키는 폴리우레탄의 특성상 시공 가능시간의 확보가 어렵고, 골재 사용시의 발포배

* 정회원, 전북대 건축공학과 석사과정
** 정회원, 시설안전기술공단, 공박
*** 정회원, 정읍공진 전임강사, 공박
**** 정회원, 전북대학교 건축공학과 교수, 공박

수의 예측이 매우 어렵기 때문에 폴리우레탄을 이용한 다기능성 발포 레진 콘크리트의 개발을 위해서는 시공 가능시간의 확보와 발포배수의 제어가 선결되어야 한다. 본 연구에서는 촉매를 이용한 시공 가능시간 확보 및 발포배수 특성을 고찰하여 다기능성 발포 레진 콘크리트의 개발을 위한 기초적 자료를 제공하고자 하였다.

2. 실험

2.1 사용재료

2.1.1 Polyol류

본 실험에서 사용한 Polyol은 Polyether Polyol로 그 성질은 Table. 1과 같다.

Table 1 Properties of Polyol

Item	Hydroxy Value (mgKOH/g)	Viscosity (25°C. CP)	Functionality	Moisture (%)
H-360	350-370	3000-4000	Tetraol	≤ 0.1

2.1.2 Isocyanate

Isocyanate는 4,4' diphenylmethane diisocyanate(MDI)를 사용하였다.

Table 2 Properties of MDI

Item	Functionality	Equivalent	NCO%	Viscosity
MDI	2.7	131.7-138.2	30.0-32.0	150-220

2.1.3 반응촉매 및 계면활성제

경화속도조절 및 기포와 혼화물의 계면을 활성화하여 큰 기포가 되지 않게 하기 위하여 반응촉매(Polycat-33)와 계면활성제(silicone류)를 사용하였다. 촉매로 쓰인 Polycat-33의 물성은 Table. 3과 같다.

Table 3 Properties of Catalyst (Polycat-33)

Item	Freezing point	Boiling point (756mmHg)	Viscosity (20°C. CP)	Specific Gravity
Polycat-33 (DMCHA)	< -78°C	160°C	2.4	0.85

2.1.4 메틸클로라이드(Methyl Chloride : M·C)

수지의 발포성을 증진시키며 점도를 조절하기 위하여 수지에 대하여 중량비로 1, 3, 5, 10%를 사용하였다.

2.1.5 골재

골재는 쇠석(5~10mm)과 강모래(0.5~5mm)를 사용하였으며 105±5℃의 건조로에서 48시간 이상 건조시켜 절건상태에서 사용하였다.

2.2 배합

폴리우레탄 콘크리트 배합은 수지(Polyol+MDI+H₂O)를 총중량의 15%사용하였고, 잔골재율은 30%로 고정시킨 경우에 대하여 체가름을 통해 Table. 4와 같은 입도의 잔골재를 사용하였다.

Table 4 Mix proportions of Polyurethane Concrete (Unit : g)

Type	Polyurethane						Corse aggregate (mm)		Fine aggregate (mm)		
	Polyol	H ₂ O	Catalyst	Surfactant	MDI	M·C	10	5	2.5~5	1.2~2.5	0.5~1.2
A	100	2	0.1	1	117.2	2.19	434.75	434.75	372.6	-	-
B									186.3	-	-
C							217.4	217.4	-	186.3	-
D									-	-	186.3

2.3 공시체 제작 및 양생

공시체는 60×60×240mm의 볼드를 사용하였고, KS F 2419(폴리에스테르 레진 콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작방법)규준에 의거하여 제작하였다. 3일간 기중양생(20±2℃, R.H. 50%)을 실시하였다.

2.4 시험방법

(1) 촉매량에 따른 사용 가능시간 측정

사용 가능시간은 KS F 2484 (폴리에스테르 레진 콘크리트의 사용가능 시간 측정 방법)에 제시된 방법 중 감촉법을 이용하였다. 촉매(Polycat-33)의 양을 Table. 5와 같이 변화시키면서 시공 가능시간을 측정하였으며, 이때 수지는 총중량의 15%, S/a=30%로 고정하였다.

Table 5 Mix proportions for Setting Time (Unit : g)

Polyurethane					Corse aggregate (mm)		Fine aggregate (mm)
Polyol	H ₂ O	Catalyst	Surfactant	MDI	10	5	2.5~5
100	2	0.1	1	117.2	434.75	434.75	372.6
		0.2					
		0.3					
		0.4					
		0.5					

(2) M·C변화에 따른 시공성 검토

시공성 증진을 위해 점도를 저감 시킬 목적으로 Methyl Chloride(M·C)를 사용하였고, Table. 6과 같은 배합으로서 M·C의 양을 수지 중량에 대해 1, 3, 5, 10wt.% 변화시키면서, ASTM C 124

Table 6 Mix proportions for Flow Test (Unit : g)

Polyurethane						Corse aggregate (mm)		Fine aggregate (mm)
Polyol	H ₂ O	Catalyst	Surfactant	MDI	M · C	10	5	2.5 ~ 5
100	2	0.1	1	117.2	2.192	434.75	434.75	372.6
					6.576			
					10.96			
					21.9			

에 규정된 플로우 시험방법을 통해 시공성을 검토하였다. 플로우치는 세 지점을 측정하여 평균값으로 하였다.

(3) 배합조건에 따른 발포배수 측정

골재량과 잔골재의 입도에 따른 발포배수 측정을 위해 Table. 4와 같은 입도와 골재량을 달리하여 발포배수를 측정하였다.

(4) 휨, 압축강도 특성

재령 3일의 공시체에 대하여 KS F 2482(폴리에스테르 레진 콘크리트의 휨강도 시험방법), KS F 2481(폴리에스테르 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법)에 의거하였다.

3. 결과 및 고찰

(1) 촉매량에 따른 사용 가능시간

사용 가능시간은 발포 레진콘크리트를 제조하는 경우 가장 중요한 요소라 할 수 있다. 시공 가능시간은 촉매(Polycat-33)의 양과 제조시의 환경, 특히 온도에 의한 영향을 많이 받는데 현장작업이나 기성제품화 할 경우 중요한 변수가 된다. 촉매량에 따른 사용 가능시간은 Fig.1과 같이 촉매의 양이 많아질수록 단축됨을 알 수 있다. 이는 Fig.2와 같이 최고온도(약 50℃)까지의 경과시간이 각각 35, 25, 20, 15, 15분으로 촉매의 양이 많아질수록 반응이 촉진되므로 공시체 온도가 급상승해 시공 가능시간이 짧아진 것임을 알 수 있다. 골재를 함유하지 않은 폴리우레탄 수지 자체의 최고온도(약 70℃)까지 도달시간은 25, 20, 15, 10, 10분인 것과 비교하면 골재의 혼입이 수지의 온도상승을 억제해 시공 가능시간의 확보를 용이하게 함을 알 수 있다. 또한, 감촉법에 의한 사용 가능시간은 각각 27, 20, 15, 10, 10으로 측정되었다. 결국, 촉매를 통해 사용 가능시간을 조절할 수 있음을 알 수 있었다.

(2) M · C변화에 따른 시공성 검토

Table. 6에서와 같은 배합으로 M · C의 양을 수지 중량에 대해 1, 3, 5, 10% 변화시키면서 측정한 플로우값은 평균 각각 55, 57, 59, 67cm로 나타났으며, Fig. 3에서와 같이 M · C의 양이 증가할수록 플로우값이 점차 증대되어 시공성이 향상됨을 알 수 있었다. 그러나 M · C가 분자내의 가교결합을 이완시킴으로 인해 반응성이 경감되어 그 표면상태가 좋지 못하였다. 따라서 시공성 및 콘크리트의 마감상태를 볼 때 M · C의 양은 수지 중량의 1%가 적당한 것으로 나타났다.

(3) 배합조건에 따른 발포배수 측정

골재를 혼입하지 않은 폴리우레탄의 발포배수는 13~16배였으며, Table. 4에 나타난 바와 같이 골

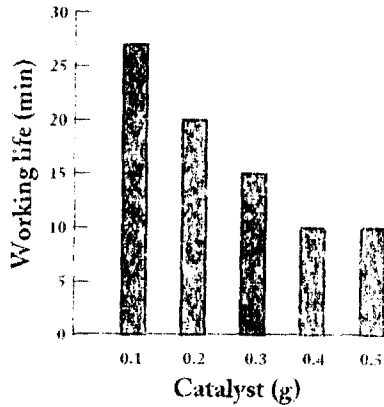


Fig.1 Effects of the catalyst on the work life of polyurethane concrete

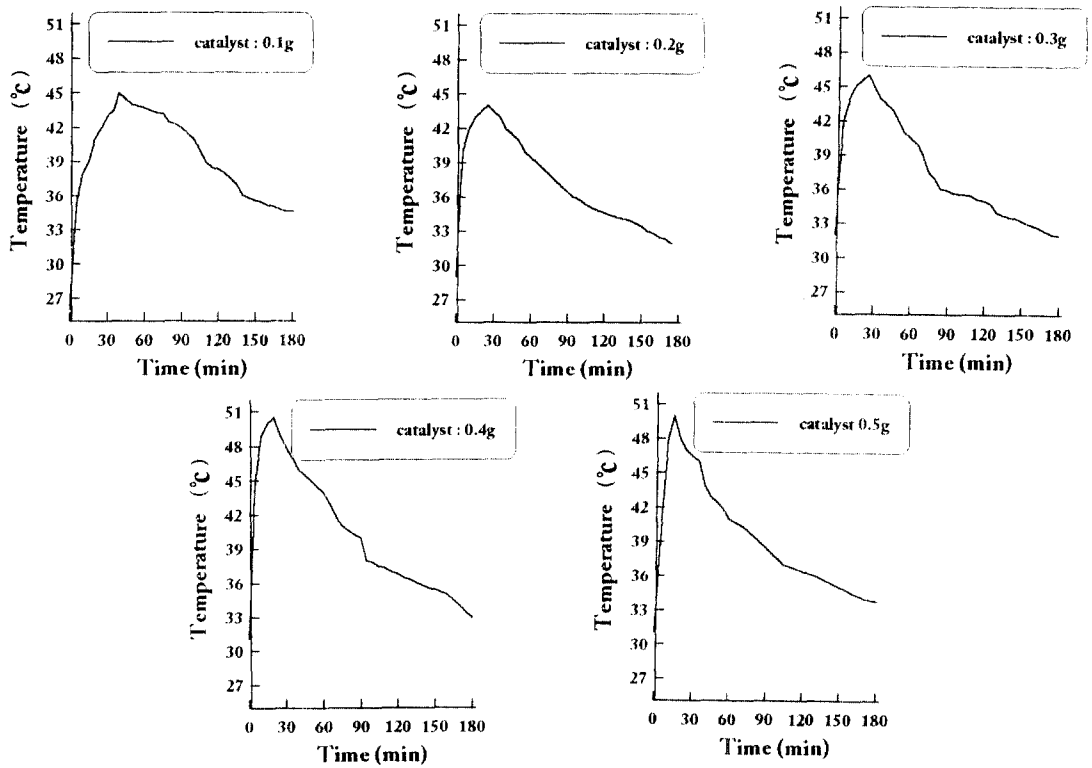


Fig.2 Relationship between temperature and time

재량과 잔골재의 입도가 다른 A, B, C, D 타입의 경우 발포배수는 Fig. 4와 같이 각각 3, 5, 6, 7배로 나타나 골재크기가 작을수록 발포배수가 증가하였다. 이것은 잔골재의 입자가 작아질 수록 발포시 수지 구속능력이 저하 하였기 때문으로 생각된다. 이와 같이 골재량과 잔골재의 조정을 통해 폴리우레탄 콘크리트 발포배수의 제어와 예측이 가능함을 알 수 있었다.

(4) 강도 및 시공성 평가

폴리우레탄 콘크리트의 골재 입도에 따른 성질의 평가는 Table. 7에 나타난다. 잔골재의 골재량과 입도를 달리할 경우 압축강도 및 휨강도는 11~12 kgf/cm²로 거의 골재량과 입도에 큰 영향을 받지

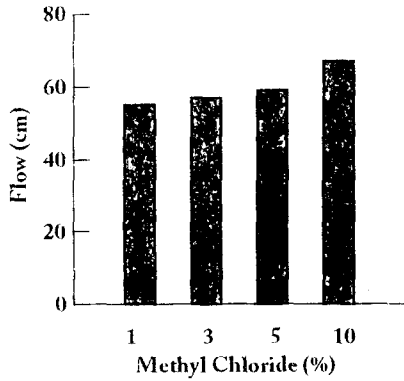


Fig.3 Effect of the M · C on the workability of polyurethane concrete

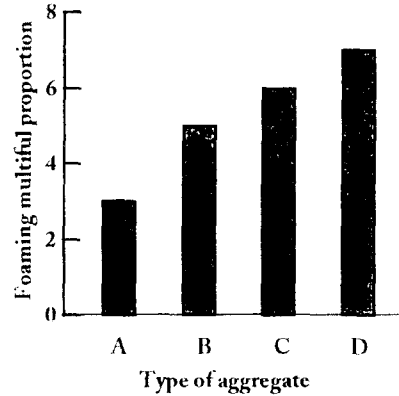


Fig.4 Foaming multiple proportion according to grading of aggregate in polyurethane concrete

Table 7 Evaluation of properties of polyurethane concrete according to grading aggregate

Type \ Item	Surface	Aggregate distribution	Flexural Strength (kgf/cm ²)	Compressive Strength (kgf/cm ²)	Remarks (Economy)
A	○	○	13	12	△
B	△	△	10	11	○
C	×	△	10	11	○
D	×	△	9	11	○

○ : excellent △ : good × : poor

양을 알 수 있으며, 공시체의 강도, 표면상태, 골재의 분포를 고려하면 A타입이 가장 좋은 결과를 보였다. 그러나 경제성 면에서는 C, D를 고려할 수 있으나 표면상태 및 골재 분포가 좋지 않아 결국 B타입이 적합하다고 사료된다.

5. 결 론

본 연구의 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 발포 레진 콘크리트 제작을 위한 사용 가능시간은 촉매의 양으로서 조절할 수 있으며, 시공성을 고려하면 촉매량은 0.1g일 때가 적합하다.
- (2) Methyl Chloride(M · C)의 양을 증가할 수록 플로우값이 점차 증대되었으며, 시공성 및 콘크리트의 상태를 볼 때 M · C의 양은 수지 중량의 1%가 적당한 것으로 나타났다.
- (3) 골재량과 잔골재의 입도가 작을 수록 발포배수가 증가하는 것은 골재가 수지의 발포를 구속하기 때문이며 골재량과 잔골재의 입도조정을 통해 발포 레진 콘크리트 발포배수의 제어와 예측이 가능함을 알 수 있었다.
- (4) 본 실험에서 제작된 폴리우레탄 콘크리트의 표면상태, 압축 · 휨강도, 경제성 등을 종합적으로 검토할 때 B타입이 우수한 콘크리트임을 알 수 있었다.

● 참고문헌 ●

1. G nter Oertel "Polyurethane Handbook" Hanser/Gardner Publications, 1995
2. C. Hepburn "Polyurethane Elastomers" Applied Science publishere LTD, 1982
3. Dodel Feldman "Polymeric Building Materials" Elsevier Applied science, 1989
4. K.Ashida&K.C.Frish "International progress in urethane-volume3" Technomic publishing Co, Inc. 1981
5. 대한화학회 여천지회 "제 2회 석유화학강좌 - 폴리우레탄의 과학과 기술" 1996
6. 허동섭,정철,이대수, 박상희, 구자균 "Polyurethane 응용기술" M&P기술연구소, 1996
7. 정철,이대수, 박상희, 구자균 "제8회, 폴리우레탄 가공 및 공업적 응용기술세미나" 기업기술 응용시스템,1996