

# 양생온도가 긴급 보수용 폴리머 모르타르의 역학적 특성에 미치는 영향

조용인 · 홍기남\* · 김민성 · 박재규\*

(주)에이텍정밀화학 · \*충북대학교 토목공학과

(2016. 8. 29. 접수 / 2016. 9. 12. 수정 / 2016. 9. 20. 채택)

## Effect of Curing Temperature on Mechanical Properties of Polymer Mortar for Urgent Repairing

Cho Yong In · Hong Ki Nam\*\* · Kim Min Sung · Park Jae Kyu\*

Department of Polyurea, Atek Fine Chemical

\*Department of Civil Engineering, Chungbuk National University

(Received August 29, 2016 / Revised September 12, 2016 / Accepted September 20, 2016)

**Abstract :** This study presents the results of experiments to investigate the effect of polymer type and curing temperature on the mechanical properties of polymer mortar. Setting time of two types of polymers, hardening-delayed polymer(HDP) and rapid hardening polymer(RHP), was tested to check the working time. Additionally, flexural strength, compressive strength, and splitting tensile strength was investigated for mortars using these polymers. From these results, it was confirmed that, irrespective to curing temperature, RHP mortar at the curing age of 24h develops the similar mechanical properties to maximum properties and HDP mortar is more sensitive to the curing temperature. In addition, it should be noted that RHP mortar and HDP mortar are suitable in winter and summer, respectively.

**Key Words :** rapid hardening polymer, hardening delayed polymer, curing temperature, strength

### 1. 서론

철근콘크리트 구조물은 설계 실수 및 시공 불량이나 완공 후 용도 변경에 따른 하중 증가, 구조물 주변의 환경 변화, 시간 경과에 따른 재료성능의 변화 같은 구조적, 환경적, 재료적 요인에 의해 손상을 입는다. 이런 손상은 균열이나 과다 처짐, 강도 저하 등으로 나타나며, 사용성과 내구성, 내력, 안전성이 저하된다. 최근에는 사용기간 동안 구조물을 보수·보강을 해야 하는 사례가 급격하게 증가하고 있다.

일반적으로 보수는 구조물의 잔여 사용기간 중에 내력이 저하되는 것을 방지하여 작업자나 사용자가 더 이상 불안감이나 불쾌감을 느끼지 않도록 하는 작업이다. 즉, 내구성이나 방수성 같은 내력 이외의 기능을 회복하는 조치이다. 도로, 교량, 터널 등과 같은 교통시설의 보수는 보수재료의 양생기간이 길어지면 차량통제로 인한 교통 혼잡 및 민원이 발생하기 쉽다. 이에

기존의 무기질계 보수재료를 대신하여 긴급을 요하는 공사에는 유기질 재료인 폴리머가 광범위하게 사용되고 있다<sup>1-3)</sup>. 폴리머 모르타르는 시멘트 모르타르에 비해 경화시간이 짧고, 내동해성 및 내식성 등의 내구성이 우수하며, 역학적특성이 시멘트 모르타르에 비해 월등히 우수하기 때문에 열악한 환경 조건에 보수·보강 재료로 매우 효과적이다<sup>4-6)</sup>.

국내에서도 다양한 폴리머 보수재가 생산되어 현장에 적용되고 있다. 폴리머는 구성 물질에 따라 그 성능과 강도가 다양하다. 한국은 4계절이 명확하여 계절에 따라 기온의 차이가 매우 큰 환경적 특징을 가진 국가이다. 양생온도는 폴리머의 성능을 지배하는 중요한 인자 중에 하나로 폴리머 보수재료를 선택할 때 계절적 요인을 고려하고 폴리머의 특성을 정확하게 파악할 필요가 있다. 여름에는 높은 기온으로 인해 폴리머가 지나치게 빨리 경화되어 시공이 불가능할 수 있으며, 겨울에는 낮은 기온으로 인해 폴리머가 경화되지 않거

\* Corresponding Author : Hong Ki Nam, Tel : +82-43-261-2378, E-mail : hong@cbnu.ac.kr

Department of Civil Engineering, Chungbuk National University, 1, Chungdae-ro, Seowon-gu, Cheongju 28644, Korea

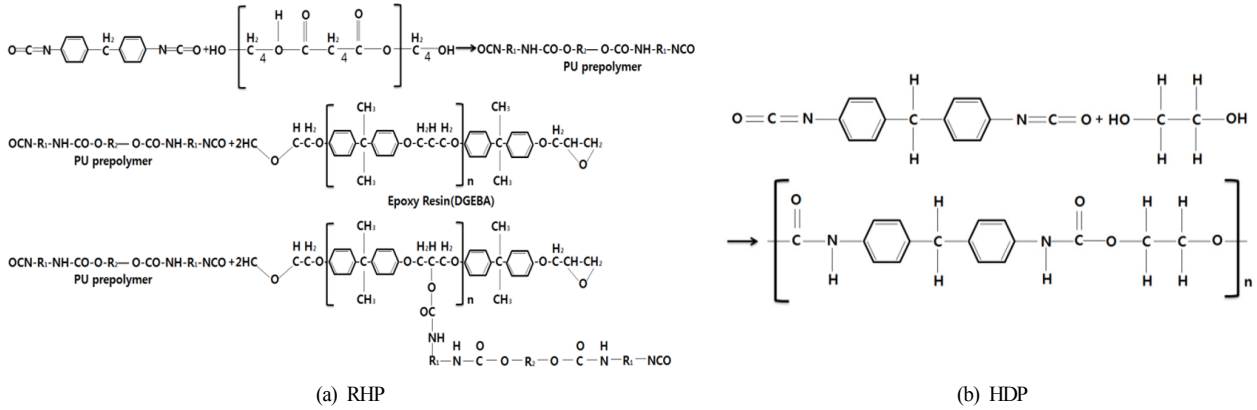


Fig. 1. Reaction mechanism of polymer<sup>10)</sup>

나 강도가 발현되지 않을 수도 있다. 이에 기존에 많은 연구자들은 바인더, 개시제, 촉진제를 다양하게 배합하여 양생온도의 변화에 따른 폴리머의 역학적 특성을 규명하는 연구를 수행하였다<sup>4,5,7-9)</sup>. 본 연구에서는 기존 연구자들이 사용하지 않았던 폴리우레아와 에폭시 레진을 주재료로 사용하는 폴리머를 개발하고 양생온도에 따른 역학적 특성을 분석하여 현장 적용에 대한 기초 자료를 제공하고자 한다.

## 2. 폴리머 합성

본 연구에서는 동결기와 하절기의 작업환경을 고려한 바인더로 초속경과 지연형 폴리머를 합성하여 사용하였다. 초속경 폴리머(Rapid Hardening Polymer, 이하 RHP)는 주제와 경화제로 구성된다. 빠른 반응성과 높은 강도를 발현하기 위해 RHP 주제는 이소시아네이트의 NCO(%) 함량을 20% 이상 사용하였으며, RHP 경화제는 100~300(g/mol)의 낮은 분자량을 가진 사슬연장제와 에폭시 레진을 원재료로 사용하였다. RHP 주제인 이소시아네이트 프리폴리머는 NCO(%)를 포함하고 있는 이소시아네이트와 말단에 수산화기(-OH)를 포함하고 있는 폴리올을 90~95°C의 고온에서 약 90분간 혼합 반응시켜서 제조하였다. RHP의 경화제는 분자 말단에 아민기(-NH<sub>2</sub>)를 가지고 있는 폴리아민과 에폭시 레진을 30분가량 혼합하여 제조하였다. 폴리아민과 에폭시 레진을 결합시키기 위해 아민과 반응성이 없는 비스페놀 A군의 원료들을 혼합과정 중에 사용하였다. Fig. 1(a)는 RHP의 반응 메커니즘을 보여주며, Table 1은 RHP의 특성을 보여준다.

지연형 폴리머(Hardening Delayed Polymer, 이하 HDP)도 주제와 경화제로 구성된다. HDP의 주제인 이소시아네이트 프리폴리머는 NCO(%) 함량을 30% 이상

Table 1. Physical properties of RHP and HDP

	Specific gravity	Viscosity (25°C, cps)	Molecular weight (g/mol)	Temperature stability (°C)
RHP-A	1.12	18.0	350~400	0~50
RHP-B	0.98	15.0	100~300	
HDP-A	1.20	200	350~400	
HDP-B	1.30	500	100~2000	

\* A : Base m B : Hardener

사용하여 RHP의 주제와 동일한 방법으로 제조하였다. HDP의 경화제는 분자 말단에 아민기(-NH<sub>2</sub>)를 가지고 있는 폴리아민과 수산화기(-OH)를 포함하고 있는 폴리올을 50°C에서 30분가량 혼합 반응시켜 우레아 결합과 우레탄 결합이 합쳐진 Hybrid 타입으로 제조하였다. 경화제 원재료로는 100~2,000 g/mol의 분자량을 가진 사슬연장제와 폴리에테르 폴리올을 사용하였다. HDP는 아민 첨가량을 감소시키고, 폴리올 첨가량을 증가시켜 충분한 가사시간을 확보할 수 있도록 하였다. 또한, HDP는 이소시아네이트의 NCO(%) 함량과 아민과 폴리올의 분자량을 적절히 조절하여 보수재료로서 요구되는 물리적 성능을 갖도록 하였다. Fig. 1(b)에 HDP의 반응 메커니즘을 나타내었다.

## 3. 사용재료 및 시험방법

### 3.1 사용재료

폴리머 모르타르 제작을 위해 J사의 3호와 5호 규사를 사용하였다. 규사에 수분이 함유되어 있으면 폴리머가 수분과 반응하여 발포될 수 있으므로 함유율은 0.1%이하가 되도록 건조시켜 사용하였다. Table 2에 사용된 규사의 입도 규격을 나타내었다.

Table 2. Grading properties of used sand

	Particle shape	Particle size distribution (μm)	Particle size (μm)
#3	Semi-Circle	16~30	25
#5	Semi-Circle	30~70	50

Table 3. Chemical composition of filler

Chemical composition(%)					Loss Ignition
CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	
53.7	0.25	0.09	2.23	0.66	42.4

Table 4. Properties of filler

Specific gravity	Absorption rate(%)	Moisture content(%)	pH	Average particle size(μm)
0.75	0.20	< 0.3	8.8	13

Table 5. Properties of moisture absorbent

Ignition loss	Absorption rate(%)	Particle size (upper 20 μm mesh)	Specific gravity
1.0	23.8	0.1	0.55

모르타르 제조 시 충전제는 규사 입자 사이의 공극을 채워 폴리머의 사용량을 감소시키며 강도를 증가시키는 역할을 담당하게 된다. 본 연구에서는 중질탄산칼슘을 충전재로 사용하였다. 사용된 중질탄산칼슘의 분말도는 2,500~ 3,000 cm<sup>2</sup>/g이었다. Table 3과 4에 사용된 충전제의 화학적 특성과 물리적 특성을 나타내었다.

규사와 충전제에 함유되어 있는 소량의 수분이라도 폴리머의 이소시아네이트 프리폴리머와 반응하면 발포 현상이 발생할 수 있다. 발포 현상은 폴리머 모르타르의 강도를 저하시키는 원인이므로 이를 방지하기 위하여 수분을 흡수 또는 흡착하는 성질이 우수한 흡습제를 사용하여야 한다. 본 연구에서는 흡습제로 Silipolite 분말을 사용하였다. Table 5에 사용 흡습제의 물리적 성질을 나타내었다.

### 3.2 폴리머의 모르타르 제작

RHP 모르타르와 HDP 모르타르의 배합비는 소요의 강도와 작업성이 확보되는 범위에서 규사와 충전제를 최대 사용하고, 폴리머를 최소 사용하여 경제성을 확보할 수 있는 배합비를 도출하는 것이 매우 중요하다. 폴리머 첨가량은 주제의 당량에 대한 경화제의 활성수소당량의 비율로 결정되며, 식 (1)에 의해 산출하였다.

폴리머 모르타르는 작업성이 우수하고 소량의 폴리머와 규사 및 충전제를 혼합하여 블리딩과 재료분리가

Table 6. Mixing proportion of polymers

	Polymer content(%)		Binder mixing rate(%)			
	Base	Hardener	#3	#5	CaCO <sub>3</sub>	Sa-1720
RHPM	7.5	7.5	41.5	29.5	15	3
HDPM	11.3	11.3	36.1	25.7	13	2.6

$$\frac{\text{Active hydrogen equivalent of hardener}}{\text{Equivalent of Base}} \times 100 \quad (1)$$

발생되지 않게 사전 배합을 통하여 도출하였다. Table 6은 폴리머 모르타르의 배합비를 나타낸 것이다.

### 3.3 시험방법

RHP와 HDP를 사용하여 제조된 폴리머 모르타르의 양생 온도에 따른 역학적 특성을 평가하였다. 양생온도는 국내의 하절기와 동절기 온도조건을 고려하여 20℃, 0℃, -20℃로 설정하였으며, 타설 이후 1h, 3h, 6h, 12h, 24h, 48h, 72h, 168h 재령에 역학시험을 실시하였다.

폴리머 응결시험에서는 폴리머 자체의 응결시간을 확인하기 위해 RHP와 HDP의 가사시간(Gel time)과 지촉건조시간(Tack free time)을 측정하였다.

휨강도시험은 KS F 4042(콘크리트 구조물 보수용 폴리머 시멘트 모르타르)에 규정된 방법에 준하여 진행되었다. 공시체는 40×40×60 mm인 각주형 몰드에 폴리머 모르타르를 1/2씩 넣고 다짐 막대로 매 25회씩 다져 제작하였으며, 공시체의 개수는 각 배합당 3개씩 제작하였다. 휨강도 시험은 지간의 거리를 100 mm로 설정하였으며, 시편 중앙에 매초당 50±10 N의 속도로 하중을 재하 하였다. Fig. 2(a)에 휨강도시험 전경을 나타내었다.

압축강도시험은 KS F 4042(콘크리트 구조물 보수용 폴리머 시멘트 모르타르)에 규정된 방법에 준하여 휨강도 시험을 수행한 후 파괴된 시편을 이용하여 1개 시험체당 2번씩 실시하였다. 공시체를 성형할 때의 양측면을 가압면으로 하고, 40×40×40 mm 하중용 가압판 지그를 사용하여 매초당 800±50 N의 속도로 하중을 재하 하였다. Fig. 2(b)에 압축강도시험 전경을 나타내었다.

조깅 인장강도시험은 KS F 2423(콘크리트의 조깅 인장강도시험 방법)에 규정된 방법에 준하여 Ø100×200 mm의 실린더형 몰드를 사용하였다. 시험은 각각의 변수에 대한 조깅 인장강도용 공시체를 3개씩 제작한 후 200 ton 용량의 만능시험기를 사용하여 양생온도에 따라 재령별로 진행되었다. 하중 가력 속도는 초

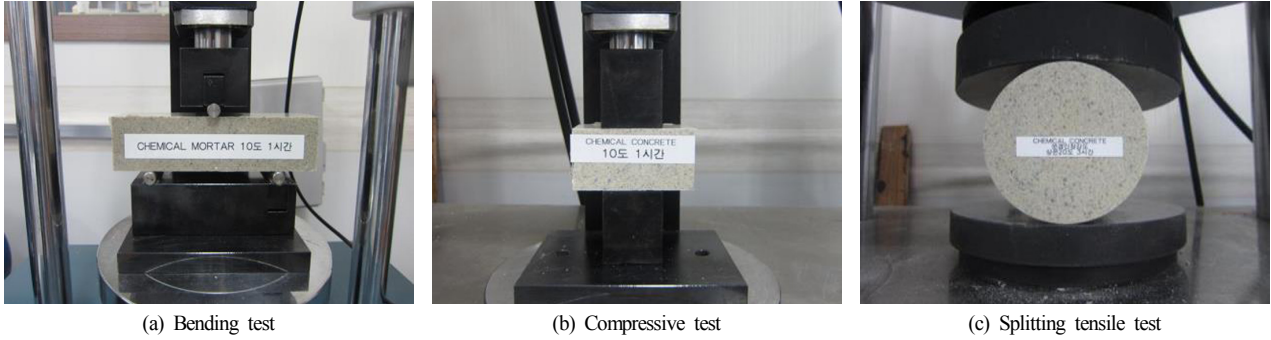


Fig. 2. Test methods.

당  $0.06 \pm 0.04$  MPa이 되도록 설정하였으며, 최대 하중에 도달할 때까지 그 비율을 유지하였다. 공시체의 쪼갠 인장강도는 3개 공시체의 평균값으로 결정하였으며, Fig. 2(c)에 쪼갠 인장강도 측정 시험의 전경을 나타내었다.

#### 4. 시험결과 및 고찰

##### 4.1 응결특성

RHP와 HDP의 양생온도에 따른 응결 특성을 확인하기 위하여 RHP와 HDP의 가사시간과 지촉건조시간을 측정하였으며, 시험결과를 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3(a)에 RHP의 응결특성을 나타내었다. 상온 20°C에서 RHP의 가사시간과 지촉건조시간은 각각 2분 30초와 5분으로 나타났으며, 0°C에서는 각각 5분과 8분 50초로 나타났다. 또한 -20°C에서는 각각 15분, 20분으로 측정되었다. RHP는 상온에서 가장 빠른 응결 특성을 보였지만, -20°C에서도 경화되는데 문제가 없는 것으로 나타났다. 따라서 RHP는 양생온도와 크게 관계없이 양호한 응결 특성을 나타냄을 확인할 수 있다. 이는 열가소성수지로서 빠른 반응성을 가진 이소시아네이트 프리폴리머와 분자 말단에 아민기(-NH<sub>2</sub>)를 가지고 있는 폴리아민이 낮은 온도에서도 지속적인 열 반응을 일으켜 저온에서 경화되는데 무리가 없는 것으로 판단된다.

Fig. 3(b)는 HDP의 응결특성을 보여주고 있다. 양생 온도 20°C, 0°C, -20°C에서 HDP의 가사시간은 각각 30, 60, 210분으로 나타났으며, 지촉건조시간은 각각 50, 90, 280분으로 나타났다. RHP에 비해 HDP의 가사 시간 및 지촉건조시간이 확연하게 지연되는 것을 확인할 수 있다. 이와 같이 HDP가 상온 및 저온에서 RHP에 비해 상대적으로 느린 응결특성을 나타내는 것은 이소시아네이트 프리폴리머와 분자 말단에 아민기(-NH<sub>2</sub>)를 가지고 있는 폴리아민과의 빠른 반응성을 줄

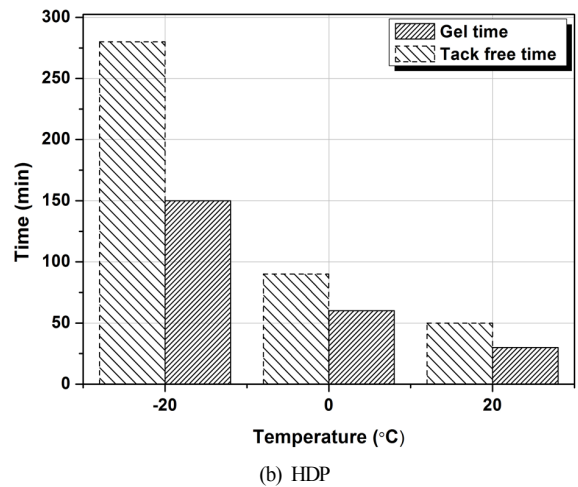
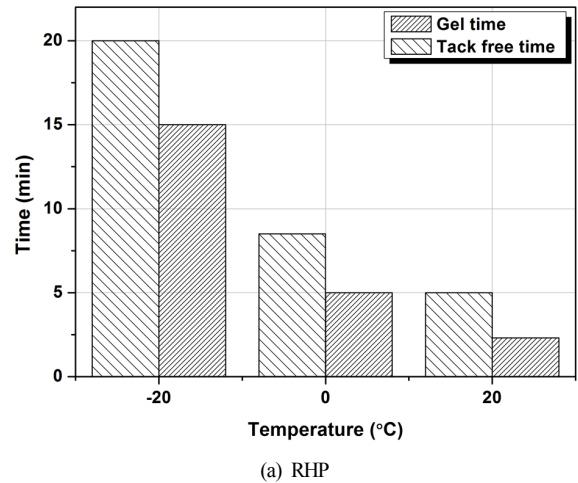


Fig. 3. Comparisons of setting time.

이기 위하여 반응기가 적은 폴리올을 사용함으로써 자체 발열량이 적어졌기 때문으로 판단된다<sup>11)</sup>.

폴리머 자체에 대한 응결시험을 통해 RHP 및 HDP 모두 양생 온도와 관계없이 응결이 발생하는 것을 확인하였다. 그러나 RHP는 20°C에서 가사시간이 지나치게 짧아 충분한 작업시간을 확보할 수 없는 것으로 나

타나 하절기 공사에 사용이 불가할 것으로 판단된다. 반면, HDP는 20°C 상온에서도 30분의 가사시간을 확보하는 것으로 나타나 하절기 사용이 가능할 것으로 판단된다. 동절기 긴급공사 시 HDP는 응결시간이 지나치게 길어 적절하지 않은 것으로 판단되며, RHP는 약 15분 정도의 가사시간을 확보하는 것으로 나타나 적절하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

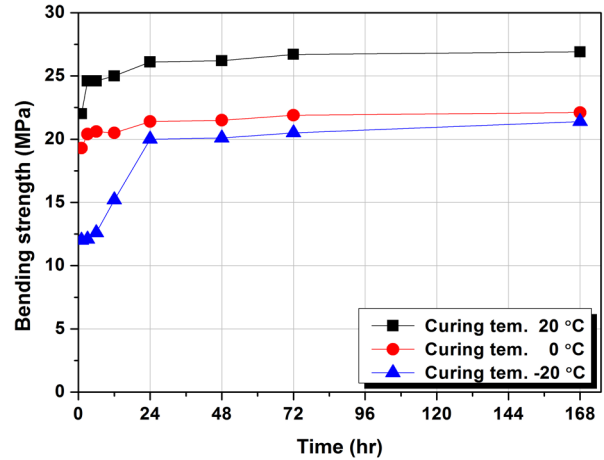
#### 4.2 휨강도

RHP 모르타르와 HDP 모르타르의 양생 온도에 따른 휨강도 시험결과를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4(a)는 RHP 모르타르의 휨강도 시험결과를 보이고 있다.

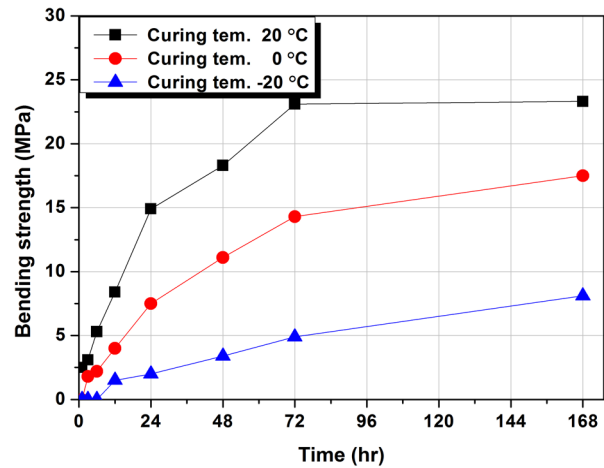
상온 20°C에서 RHP 모르타르의 재령 1시간 휨강도는 22 MPa로 나타났으며, 재령 168시간 휨강도는 26.9 MPa로 나타났다. 재령 1시간 만에 168시간 강도의 80%의 강도가 발현되었으며, 재령 3시간 이후부터는 강도 증가가 거의 나타나지 않았다. 양생온도 0°C에서도 재령 1시간에 168시간 강도의 약 80%를 넘는 19.3 MPa가 발현되었다. -20°C에서는 재령 1시간에 168시간 강도의 약 50%인 12 MPa가 발현되었다. 즉, 재령 1시간 휨강도는 양생온도의 영향을 크게 받지만, 재령 24 시간까지는 양생온도와 관계없이 20 MPa를 상회하는 높은 휨강도가 발현됨을 알 수 있다. 이와 같이 RHP 모르타르가 모든 양생온도 조건에서 휨강도 발현이 우수하게 나타나는 것은 앞에서 설명한 바와 같이 이소시아네이트 프리폴리머와 폴리아민의 열반응이 24시간 동안 지속적으로 일어나기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 4(b)는 HDP 모르타르의 휨강도 측정결과를 보이고 있다. 상온 20°C에서 재령 6, 24, 72, 168시간의 강도가 각각 5.3, 14.9, 23.1, 23.3 MPa로 측정되었다. 재령 72시간까지 강도가 급하게 상승하는 경향을 보였으며, 재령 168시간까지 72시간의 강도를 유지하였다. HDP 모르타르가 RHP 모르타르와 다르게 72시간까지 지속적으로 강도가 상승하는 것은 폴리오올을 사용함으로써 초기의 반응성은 적지만 지속적으로 이소시아네이트 프리폴리머와 반응하기 때문이다. 0°C에서는 재령 168시간의 강도가 17.5 MPa로 나타났으며, 재령 3시간부터 강도가 발현되기 시작하였다. -20°C에서는 휨강도가 재령 12시간 이후부터 발현되기 시작하여 168시간까지 지속적으로 상승하는 경향을 보였다.

20°C 양생조건에서의 강도 발현 특성과는 다르게 0°C와 -20°C에서는 강도발현이 지연되는 경향을 보였다. 이는 열경화성 수지의 경화반응은 반응이 개시되면서 열이 발생하게 되며, 반응열에 비례하여 경화반응 완결 및 물성을 변화시킨다. 주변의 낮은 온도가 이



(a) RHP Mortar



(b) HDP Mortar

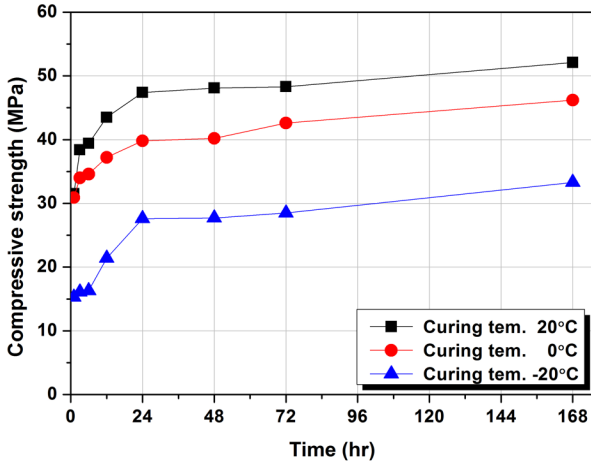
Fig. 4. Comparisons of bending strength.

소시아네이트 프리폴리머와 폴리아민과의 반응시 발생하는 반응열이 낮아져 완전한 경화반응이 일어나지 않는 것으로 판단된다<sup>12,13</sup>.

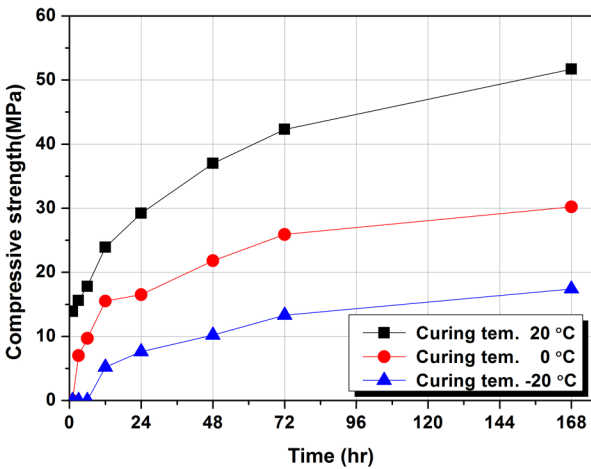
RHP 모르타르는 모든 양생온도에서 재령 24시간에 20 MPa이상의 휨강도를 발현하므로 영하의 기온에서도 특별한 양생방법을 적용하지 않고도 충분한 강도를 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 반면, HDP 모르타르는 상온에서는 재령 24시간에 15 MPa의 강도를 발현하지만, 0°C와 -20°C에서는 72시간 이상의 양생 기간이 필요한 것으로 나타났다. 특히 -20°C의 양생조건에서는 휨강도가 낮게 발현되어 동절기 공사에 적용하기는 어려울 것으로 판단된다.

#### 4.3 압축강도

양생 온도에 따른 폴리머 모르타르의 압축강도 시험결과를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5(a)는 RHP 모르타르



(a) RHP Mortar



(b) HDP Mortar

Fig. 5. Comparisons of compressive strength.

의 압축강도 시험결과를 나타내고 있다.

양생온도 20°C에서 RHP 모르타르는 재령 1시간에 31.5 MPa, 재령 168시간에 52.1 MPa의 높은 압축강도를 발현하였다. 양생온도 0°C에서 RHP 모르타르는 재령 1시간에 30.9 MPa의 압축강도를 발현하였으며, 재령 168시간에 46.2 MPa를 발현하였다. 상온 20°C와 마찬가지로 0°C에서도 재령 12시간에 최대압축강도의 80%가 발현되었다. 양생온도 -20°C에서도 재령 1시간에 최대압축강도의 45% 이상의 압축강도를 발현하였다. 그러나 -20°C에서는 재령 24시간 이후에 최대압축강도의 80%가 발현되는 것으로 나타나 양생온도가 낮아질수록 강도 수준이 낮아지고, 강도 발현 속도가 지연되는 것을 확인할 수 있다. 양생온도 0°C와 -20°C에서 RHP 모르타르의 최대압축강도는 양생온도 20°C의 최대압축강도에 대해 각각 88%와 64% 수준으로 나타났다.

Fig. 5(b)는 HDP 모르타르의 압축강도 시험결과를 나타내고 있다. 양생온도 20°C에서 HDP 모르타르의 재령 1시간의 압축강도는 최대압축강도의 약 27%로 나타나 RHP 모르타르에 비해 강도발현 속도가 매우 낮게 나타났다. 그러나, RHP와 HDP 모르타르의 최대 압축강도는 각각 52.1 MPa와 51.7 MPa로 상온에서는 유사하게 발현하였다. 양생온도 0°C와 -20°C에서 HDP 모르타르는 각각 재령 3시간과 12시간부터 강도를 발현하기 시작하였다. 또한, 최대압축강도가 양생온도 20°C와 비교하여 각각 0°C와 -20°C에서 58%와 34% 수준으로 크게 감소하는 경향을 보였다<sup>13)</sup>.

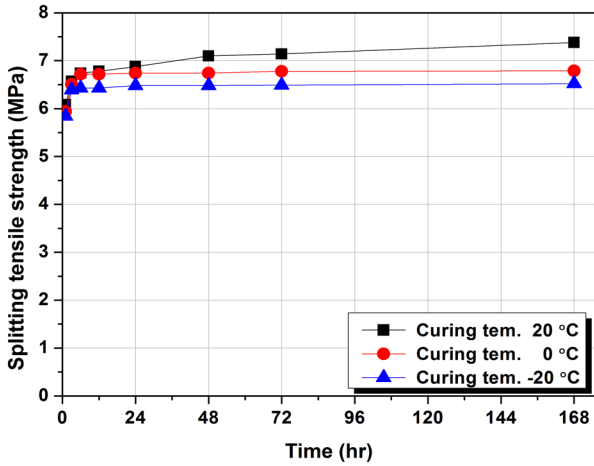
양생온도에 따른 압축강도 시험을 통해 RHP 모르타르는 모든 온도조건에서 최소 24시간 이내에 30 MPa 정도의 우수한 압축강도가 발현할 수 있다는 것으로 확인할 수 있다. 반면, HDP 모르타르는 저온에서 상대적으로 강도 손실이 크게 발생하므로 환경조건을 고려한 사용이 필요할 것으로 판단된다.

#### 4.4 쪼갬 인장강도

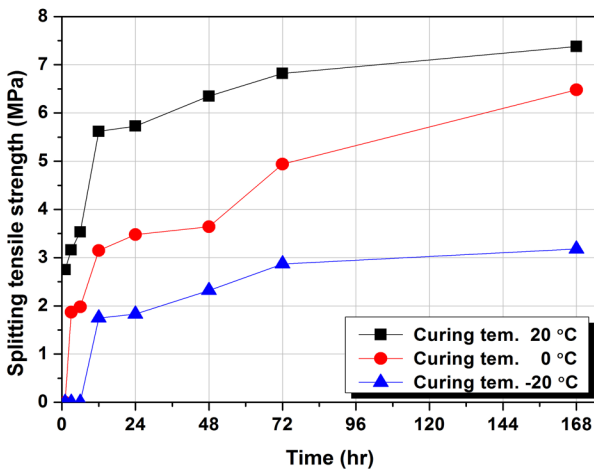
양생온도에 따른 폴리머 모르타르의 쪼갬 인장강도 시험결과를 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6(a)는 RHP 모르타르의 쪼갬 인장강도 시험결과를 나타내고 있다. RHP 모르타르는 모든 양생온도에서 재령 1시간에 약 6 MPa의 쪼갬 인장강도를 발현하였으며, 재령 3시간 이후부터는 강도가 매우 미미하게 증가하였다. 양생온도 20°C, 0°C, -20°C에서의 재령 168시간 RHP 모르타르의 쪼갬 인장강도는 각각 7.38, 6.79, 6.52 MPa를 나타내어 양생온도에 따른 강도의 편차가 크게 발생하지 않음을 확인할 수 있었다.

Fig. 6(b)는 HDP 모르타르의 쪼갬 인장강도 시험결과를 나타내고 있다. 20°C에서 HDP 모르타르의 최대 쪼갬 인장강도는 RHP 모르타르와 유사한 7.29 MPa를 나타내었다. 20°C에서 HDP 모르타르는 재령 12시간까지 급격히 인장강도가 증가하였으며, 재령 24시간 이후부터는 서서히 증가하는 경향을 나타내었다. 양생온도 0°C에서 HDP 모르타르는 재령 1시간까지 경화반응이 발생하지 않았으며, 재령 6시간 이후부터 경화가 시작되었다. 재령 168시간까지 지속적으로 인장강도가 발현되어 최종적으로 6.48 MPa를 나타내었다. 양생온도 -20°C에서는 재령 6시간까지 강도 발현이 일어나지 않았으며, 그 이후부터 72시간까지 지속적으로 인장강도가 발현하였다. -20°C에서 최대 쪼갬 인장강도는 양생온도 20°C의 44%에 해당하는 3.18 MPa를 나타내었다.

RHP 모르타르는 양생온도가 강도발현에 미치는 영향이 크지 않은 것으로 나타났으며, HDP 모르타르는



(a) RHP Mortar



(b) HDP Mortar

Fig. 6. Comparisons of splitting tensile strength.

인장강도에 대한 양생 온도의 영향이 매우 크게 나타남을 쪼갬 인장강도 시험결과를 통해 확인하였다. 이는 휨강도와 압축강도 결과와 같이 RHP가 이소시아네이트와 아민과 만나 폴리우레아 반응으로 저온에서도 빠르고 지속적인 열반응을 하기 때문에 충분한 양생시간이 확보되면 상온조건과 비슷한 강도를 발휘하게 된다<sup>14)</sup>.

HDP 모르타르는 상온조건에서 RHP 모르타르와 유사한 쪼갬 인장강도를 발휘하지만, 영하의 양생온도에서는 강도 손실이 크게 발생하므로 사용에 주의를 요하는 것으로 나타났다.

## 5. 결론

본 연구는 양생온도에 따른 폴리머의 응결 특성과 폴리머 모르타르의 역학적 특성을 분석하였으며, 그

결과를 요약하면 다음과 같다.

1) HDP는 20°C에서 30분의 가사시간을 확보하는 것으로 나타난 반면, RHP는 -20°C에서 약 15분 정도의 가사시간을 확보하는 것으로 나타났다.

2) RHP 모르타르는 모든 양생온도에서 재령 24시간에 20 MPa이상의 휨강도를 발휘하였으나, HDPM는 0°C와 -20°C에서 72시간 이상의 양생 기간이 필요한 것으로 나타났다.

3) RHP 모르타르는 모든 온도조건에서 최소 24시간 이내에 30 MPa 정도의 높은 압축강도가 발휘되는 것으로 나타났으나, HDP 모르타르는 저온에서 상대적으로 강도 손실이 크게 발생하는 것으로 나타났다.

4) RHP 폴리머는 양생온도가 쪼갬 인장강도 발현에 미치지 영향이 크지 않은 것으로 나타난 반면, HDP 모르타르는 쪼갬 인장강도에 대한 양생 온도의 영향이 매우 큰 것으로 나타났다.

5) RHP 모르타르와 HDP 모르타르에 대한 실험을 통해 RHP 모르타르는 동절기, HDP 모르타르는 하절기 긴급공사에 적합한 것으로 판단된다.

6) RHP와 HDP 모르타르에 대한 실험을 통해 보수용 재료로서의 초속경 모르타르의 적용성 및 내구성을 확인하였으며, 상온 및 저온에서도 보수재료로서 적용이 가능하고 짧은 시간에 긴급보수가 가능해지므로 구조물의 안정성을 조기에 확보할 수 있을 뿐 아니라 장기간 차량통제 없이 보수가 가능하여 도로 안전에 기여도가 클 것으로 판단된다.

## References

- 1) K. -N. Hong, J. -S. Shin, S. -H. Han, D. -W. Seo and K. -K. Ahn, "Mechanical Properties of Very Rapid Hardening Polymer Mortar for Concrete Repair", Journal of the Korea Concrete Institute, Vol. 15, Issue 8, pp. 31-37, 2014.
- 2) Q. Yang, B. Zhu, S. Zhang and X. Wu, "Properties and Applications of Magnesia-phosphate Cement Mortar for Rapid Repair of Concrete", Cement and Concrete Research, Vol. 30, Issue 11, pp.1807-1813, 2000.
- 3) H. -S. Kim, "Mechanical Characteristics of Asphalt Emergency Repairing Materials Mixed with Polymer Resin", Korea National University of Transportation, 2010.
- 4) S. -W. Son and J. -H. Yeon, "Mechanical Properties of Acrylic Polymer Concrete Containing Methacrylic Acid as an Additive", Construction and Building Materials, Vol. 37, pp. 669-679, 2012.
- 5) J. M. L. Reis, A. R. Carvalho, H.S. da Costa Mattos, "Effects

- of Displacement Rate and Temperature on the Fracture Properties of Polymer Mortars”, Construction and Building Materials, Vol. 55, pp. 1-4, 2014.
- 6) K. -S. Yeon, J. -H. Yeon, “Setting Shrinkage, Coefficient of Thermal Expansion, and Elastic Modulus of UP-MMA Based Polymer Concrete”, Journal of the Korea Concrete Institute, Vol. 24, Issue 4, pp. 491-498, 2012.
  - 7) K. -S. Yeon, J. -H. Yeon, Y. -S. Choi and S. -H. Min., “Deformation Behavior of Acrylic Polymer Concrete: Effects of Methacrylic Acid and Curing Temperature”, Construction and Building Materials, Vol. 63, pp. 125-131, 2014.
  - 8) M. -K. Joo, Y. -S. Lee, M. -C. Kim and Y. -H. Kim, "Properties of Fresh Polymer Concrete using Mixed Waste Plastics", Journal of the Korea Concrete Institute, Vol. 18, No. 1, pp. 117-124, 2006.
  - 9) K. -S. Yeon, Y. -S. Kim, J. -Y. Cha and S. -W. Son, “Effects of Aggregate and Curing Temperature on Strength Development of UP-MMA Based Polymer Mortar under Sub-Zero Temperature”, Journal of The Korean Society of Agricultural Engineers, Vol. 53, Issue 5, pp. 25-33, 2011.
  - 10) J. -C. Park, “Development and Performance Evaluation of Stiff type Polyurea for Repair and Rehabilitation of RC Structure”, Yonse University, 2011.
  - 11) Y. -J. Boo, M. -C. Jung, J. -h. Chun and D. -y. Mok, “Synthesis and Characterization of Polyurethane Elastomers” Journal of Adhesion and Interface, Vol.10, No.4, 2009.
  - 12) Y. -D. Lee, “Study on LASER Resolution and Mechanical Properties with Composition of Epoxy Resin”, Sungkyunkwan University, 2010.
  - 13) K. -S. Yeon, Y. -S. Kim, J. -Y. Cha and S. -W. Son, “Effects of Aggregate and Curing Temperature on Strength Development of UP-MMA based Polymer Mortar under Sub-Zero Temperature” Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers, Vol. 53, Issue 5, pp. 25-33, September, 2011.
  - 14) S.-B. Kim, J. -H. Kim, H. -S. Choi and G. Heo, “Development and Applicability Evaluation of High Performance Poly-urea for RC Construction Reinforcement” Journal of the Korean Society of Civil Engineers, Vol. 30, No. 2A, pp.169-176, 2010.