

배합조건 및 양생온도에 따른 마그네시아 인산염 복합체의 기초물성 평가

Fundamental Properties of Magnesia-Prospbate Composite Considering Mix Conditions and Curing Temperature

조 현 우¹⁾ 강 수 태²⁾ 신 현 섭³⁾ 이 장 화^{4)*}
Cho, Hyun Woo Kang, Su, Tae Shin, Hyun Seop Lee, Jang Hwa

Abstract

With the advantage of a rapid exothermic reaction property, jet set concrete may be used as a cold weather concrete because it can reach the required strength before being damaged by cold weathers. And it can be hardened more quickly if the field temperature is properly compensated by heating. Because ordinary concrete cannot be hardened well under sub-zero temperatures, anti-freeze agents are typically added to prevent the frost damage and to ensure the proper hardening of concrete. While the addition of a large amount of anti-freeze agent is effective to prevent concrete from freezing and accelerates cement hydration resulting in shortening the setting time and enhancing the initial strength, it induces problems in long-term strength growth. Also, it is not economically feasible because most anti-freeze agents are mainly composed of chlorides.

Recent studies reported that magnesia-phosphate composites can be hardened very quickly and hydrated even in low temperatures, which can be used as an alternative of cold weather concrete for cold weathers and very cold places. As a preliminary study, to obtain the material properties, mortar specimens with different mixture proportions of magnesia-phosphate composites were manufactured and series of experiments were conducted varying the curing temperature. From the experimental results, an appropriate mixture design for cold weathers and very cold places is suggested.

Keywords : Magnesia, Prosphate, Cold weather concrete, Jet set cement

1. 서론

현행 국내의 한중콘크리트 공사는 일부의 긴급공사를 제외하고는 대부분이 한중콘크리트 기준 기온 이하에서 공사를 중단하고 있는 실정으로(Han, Cheon Goo et al., 2001), 이는 저온환경에 노출된 한중콘크리트의 경우 굳지 않은 상태에서 초기동해 및 강도발현의 지연 등과 같은 많은 문제점을 나타내어 결국 경화콘크리트에서도 소요 성능을 발휘하지 못하게 되기 때문이다(Lee, Sang Soo et al., 2000).

콘크리트의 초기동해는 일반적인 콘크리트의 동해현상과 다른 것으로, 이는 경화 초기단계에 있는 콘크리트내의 수분이 동결되는 것을 의미하는데, 이로 인해 경화콘크리트의 강도 및 내동해성 등에 커다란 악영향을 미치게 된다.

따라서, 초기동해를 방지하기 위해서는 콘크리트 타설 후, 콘크리트가 소정의 압축강도를 발휘할 때까지 동결되지 않도록 해야 하는데, 이를 위해 지금까지는 콘크리트의 양생온도 환경에 따라 배합을 보정하거나 가열보온양생 하는 등의 방안이 적용되어 왔다(Kim, Young Jin et al., 2003).

1) 정회원, 한국건설기술연구원 SOC성능연구소 인프라구조연구실 연구원
2) 정회원, 대구대학교 토목공학과 교수
3) 정회원, 한국건설기술연구원 SOC성능연구소 인프라구조연구실 수석연구원
4) 정회원, 한국건설기술연구원 SOC성능연구소 인프라구조연구실 선임연구원, 교신저자

* Corresponding author : jhlee@kict.re.kr 031-910-0122

• 본 논문에 대한 토의를 2012년 12월 31일까지 학회로 보내주시면 2013년 1월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

이런 방법들을 통해 한중콘크리트에 관한 기술적인 과제가 극복되고 있는 것처럼 여겨져 왔지만, 실질적으로는 강도보정에 따른 콘크리트의 제조비용 증가, 양생을 위한 보호시설 및 가열설비, 적설대책 등의 부가적인 사항이 추가적으로 요구되기 때문에 실제 적용하기에는 많은 어려움이 있는 실정이다.

한중콘크리트 공사에 적용을 검토할 수 있는 초속경 콘크리트는 초기 급속한 발열반응을 통해 동해를 입기 전에 소요의 강도를 확보할 수 있을 것으로 기대할 수 있으며, 열 보상을 통해 시공환경이 유지될 경우 강도발현에 필요한 시간을 단축할 수 있는 장점이 있다.

일반 콘크리트는 영하의 기온에서 타설하여 양호한 경화를 얻을 수 없으며, 저온에서 동해를 방지하고 경화성을 확보하기 위하여 내한방동제를 첨가하여 사용하고 있다. 그러나, 내한방동제의 대부분은 염화물을 주성분으로 하고 이를 다량으로 사용할 경우, 콘크리트의 동결을 방지하고 시멘트의 수화반응을 촉진시켜 응결시간을 단축하고 초기 강도 증진을 유도하는 효과가 있는 반면, 장기재령에서 강도발현이 문제가 되고, 경제성이 떨어진다는 단점이 있다.

최근 연구되고 있는 마그네시아 인산염 복합체는 초속 경성이 있고 저온에서도 수화반응이 가능한 것으로 보고 되고 있어 새로운 극한지용 건설재료로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

국외 연구(Sugama and Kukacka, 1983)의 경우 마그네시아는 내화성이 있기 때문에 내화재료로서 이용되어 왔고 부정형 내화물 재료로서 사용되었으며, 마그네시아에 인산염을 첨가하여 혼합 시공되어 왔다(Provics et al., 1987). 현재는 인산염에 분말 폴리인산을 이용하는 마그네시아 인산염 복합체가 고안되어 건설재료로서 유효한 이용이 검토되고 있다. 지금까지의 연구결과를 검토해 보면 마그네시아 인산염 복합체는 초속경성이 있고 저온에서도 수화반응이 진행되는 점과 생성되는 수화물의 각종 특징에 대해서는 모든 연구에서 유사한 결과들을 볼 수 있다(Hall et al., 1998). 그러나 온도별 수화반응의 진행상황과 그것에 수반하는 역학적 성질에 관한 연구는 부족하며 역학적 성질의 경우에도 압축강도를 중심으로 하는 연구가 대부분이며(El-Jazairi, 1987)), 내구성 및 현장적용에 관련된 내용은 거의 연구되고 있지 않다. 특히 국내 연구의 경우에는 보수 모르타르(Kang, In Seok et al., 2007) 및 도양고형화 관점(Choi, Hum et al., 2008)에서 연구가 진행되고 있으나 한중공사 및 극한지용 건설재료로서의 마그네시

아 인산염 복합체에 대한 연구는 많지 않은 상태이다.

따라서, 본 연구에서는 한중공사 및 극한지에서 사용이 가능한 건설재료의 개발을 위한 사전 연구의 일환으로서, 마그네시아 인산염 복합체를 활용한 모르타르에 대해 온도의 영향을 고려한 재료 물성 평가를 실시하고 적정 배합을 제안하고자 한다.

2. 마그네시아 인산염 복합체의 특성

2.1 개요

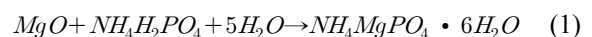
마그네시아 인산염 복합체는 마그네시아, 제1인산암모늄을 결합재료로 사용하며, 마그네시아의 종류, 인산염의 선택, 지연제의 첨가와 같은 개량을 통해 개발된 건설재료이다.

마그네시아 인산염 복합체의 주성분은 마그네시아(MgO)와 제1인산암모늄(NH₄H₂PO₄)이며 주요 화학 반응식은 식 (1) 같이 나타낼 수 있다.

위 반응은 매우 빠르기 때문에 시공하기 적당한 응결시간이 얻어지도록 사전에 지연제가 혼합되어야 한다.

2.2 주요 화학반응

마그네시아와 제1인산암모늄 및 물의 3성분계에 대해 수화반응의 경우 MgO는 수화 개시 후 1분에서 20분까지 잔존하며, 또한 MAP는 수화반응 개시부터 3분까지 서서히 용해하여 4분에는 완전히 소멸된다. 이들 반응에 의해 마그네시아와 제1인산암모늄의 수화반응 생성물인 인산마그네슘 암모늄 6염화수소가 수화개시 직후부터 나타나며 4분부터는 인산마그네슘 암모늄 1염화수소가 나타나게 된다.



이러한 인산마그네슘 암모늄 1염화수소의 반응은 식 (2)에 나타난 반응식에 의한 것으로 추정된다. 식 (2)는 식 (1)과 마찬가지로 인산마그네슘 암모늄이 생성되는 반응이지만, 식 (1)의 경우와 비교하여 반응에 물은 직접 관여하지 않는다. 제1인산암모늄이 반응하기 위해서는 물에 용해되어야 하므로 물이 필요하며, 반응에 의해 물이 생성되고 이것이 결정수가 된다(An, Moo Young, 2008).

Table 1 Experiment Plan

Series	W/B (%)	Binder : Sand Ratio	MAP/MgO (%)	Retarder (%)	Curing Temperature (°C)
Plain	40	1:2	-	3	-15
					5
					20
Series 1	40		70		-15
	50				5
	60				20
Series 2	40		50		-15
			90		5
					20
Series 3	40	70	6	-15	
			9	5	
			12	20	

3. 사용재료 및 실험

3.1 실험계획

마그네시아 인산염 복합체를 사용한 한중공사 및 극한 지용 건설재료의 최적배합을 도출하기 위하여 물-결합재비, 마그네시아와 제1인산암모늄의 혼입률 및 지연체에 따른 한중공사용 건설재료의 기초적인 특성을 평가하고자 하였으며, 다음과 같은 단계별 실험계획을 수립하였다.

일반 초속경 시멘트 모르타르와의 비교를 위해 물-결합재비 40%, 결합재와 잔골재의 비를 1:2로 하는 Plain 배합을 선정하였다. 마그네시아 인산염 복합체의 배합설정을 위하여 결합재(마그네시아 및 제1인산암모늄)와 잔골재의 비를 1:2로, 수화열 저감, 유동성 및 응결시간의 증가를 위한 플라이애시의 치환률은 4%로 고정하였다. 물-결합재비(W/B)는 40, 50, 60%, 마그네시아(MgO)에 대한 제1인산암모늄(MAP)의 혼입비율(MAP/MgO)은 50, 70, 90%로 결정하였다. 지연제로 사용되는 무수 구연산(Citric Acid)의 혼입률은 3%에서 12%까지 증가시켜서 응결시간을 측정하였다.

또한 마그네시아 인산염 복합체의 양생온도에 대한 영향을 평가하기 위해서 타설시 온도는 10±2°C로 동일하게 유지 하였으며, 양생 시 외기온도는 각각 -15, 5, 20°C에 대하여 비교하였다. -15°C는 극한지의 시공 가능한 최저 외기온도로 고려한 것이고, 5°C는 콘크리트 표준 시방서에서 제시하고 있는 일반 콘크리트의 타설 가능한 최저 외기온도를 의미하며, 20°C는 보편적으로 적용되는

Table 2 Principal properties

Materials	Principal properties
MgO	MgO(%) : 97.45, CaO(%) : 0.56, SiO ₂ (%) : 1.09, Al ₂ O ₃ (%) : 0.22, Fe ₂ O ₃ (%) : 0.42 Density(g/cm ³) : 3.56
MAP	Furity : 98% up, pH : 4.3 ~ 5.0 Fe : 0.05% max, Sulfate : 0.05% max
Sand	Density(g/cm ³) : 2.6, Solid volume(%) : 61.2, Percentage of water absorption(%) : 1.02, F.M : 2.87
Fly-ash	Moisture(%) : 0.03, Ignition loss(%) : 2.38, Density(g/cm ³) : 2.12, Fineness(cm ³ /g) : 3.637
Citric Acid	Density(g/cm ³) : 1.7, Furity : 99.5% up, Moisture(%) : 0.5,

표준 양생온도를 나타낸다. 양생온도에 대한 영향은 압축 강도를 측정하여 평가하였으며, 재령 3시간, 1일, 3일, 7일 강도변화를 살펴보았다.

Table 1과 같이 총 27개의 배합에서 강도와 유동성 및 응결시간을 평가하여 마그네시아 인산염 복합체를 한중공사 및 극한지용 건설재료로 적용하기 위한 배합을 도출하도록 계획하였다.

3.2 사용재료

마그네시아는 MgO Clinker 분석을 통하여 국내 P사에서 생산되는 것을 사용하고 제1인산암모늄은 국내 Y사에서 판매하는 것을 사용하였으며, 화학적 조성은 Table 2와 같다. 모래는 KS L 5100규정에 적합한 주문진 표준사를 사용하였고 플라이애시는 영흥 화력발전소에서 생산되어 정제과정을 거친 KS L 5405 규정에 적합한 플라이애시(2중)로 사용하였으며 재료의 특성은 Table 2와 같다.

Table 3 Coppressive Strength Test Result

Curing Time	Temperature (°C)	Compressive strength (MPa)								
		Plain	W/B			MAP/MgO		Retarder (C.A)		
			40%	50%	60%	50%	90%	6%	9%	12%
3 hour	-15	N.A	11.29	11.22	7.84	8.12	8.57	12.50	9.36	10.39
	5	N.A	13.36	11.61	9.43	12.61	9.44	13.26	11.25	11.36
	20	N.A	17.54	16.48	10.83	13.96	12.17	14.86	12.27	12.62
1 day	-15	6.99	16.50	15.52	12.63	8.71	10.76	12.65	10.39	11.40
	5	7.33	18.62	16.24	12.98	12.91	13.01	14.42	11.44	12.81
	20	9.57	20.27	17.89	13.62	14.51	13.65	15.65	14.11	16.16
3 day	-15	6.91	17.95	16.90	12.93	10.66	11.12	13.72	12.49	14.29
	5	9.99	20.26	19.07	13.65	15.11	14.13	14.97	14.39	14.82
	20	19.87	21.89	21.19	13.94	15.67	15.37	17.21	16.74	16.80
7 day	-15	8.25	18.01	17.36	13.01	11.22	11.33	16.09	14.18	15.92
	5	22.39	20.46	20.46	13.82	14.87	14.63	17.42	15.12	16.11
	20	23.84	22.74	21.78	14.72	15.93	15.88	21.20	20.87	18.11

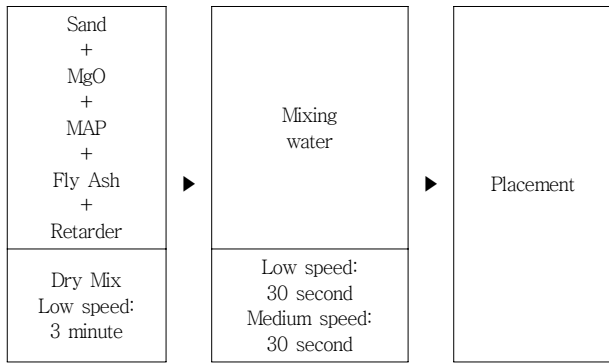


Fig. 1 Mixing Process

3.3 배합방법

적용 배합의 혼합은 KS L 5109에 의거하여 기계적 혼합방법에 적합한 모르타르용 믹서를 사용하였다. 배합순서는 1배치에 상당하는 양의 재료를 계량 한 후 잔골재, 마그네시아, 제1인산암모늄 및 지연제를 투입하여 저속에서 3분간 건비빔하였고, 이후 혼합수를 첨가하여 저속으로 30초, 중속으로 30초 비빔으로써 혼합을 완료하였다. 실험체는 50×50×50mm 형상의 정육면체 몰드를 이용하여 제작하였다. 제작 전에 몰드 표면에 박리제를 도포하여 탈형 시 발생할 수 있는 단면결손을 예방하였다.

3.4 실험방법

3.4.1 압축강도

50×50×50mm 형상의 큐빅 실험체를 제작하고, 20ton

용량의 UTM을 사용하여 압축강도를 측정하였다.

3.4.2 유동성

KS F 2476에 따라 플로어 테이블을 이용하여 유동성을 측정하였다.

3.4.3 응결시간

응결시간은 KS F 2436에 의거하여 관입법을 사용하여 측정하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 Series 1 결과 및 분석

물-결합재비에 따른 마그네시아 인산염 복합체의 양생 온도에 따른 강도발현 특성을 평가하였다. 물-결합재비 30, 35, 40, 50, 60%를 강도발현 특성 평가를 위한 실험 변수로 설정하고 유동성, 응결시간 및 압축강도 측정을 실시하였다.

Table 4는 유동성 및 응결시간 측정결과를 나타낸 것

Table 4 Table flow test result and Setting-time

	Flow (mm)	Initial set (min:sec)	Final set (min:sec)
Plain	160	18:04	34:15
W/B 40%	180	9:41	13:23
W/B 50%	230	10:38	14:02
W/B 60%	N/A	13:36	18:41

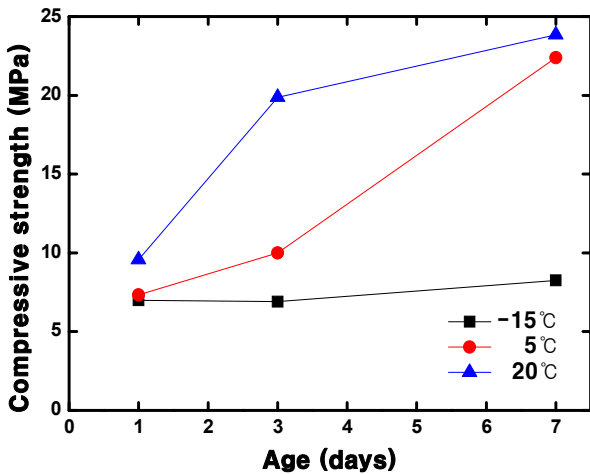


Fig. 2 Compressive Strength (Plain)

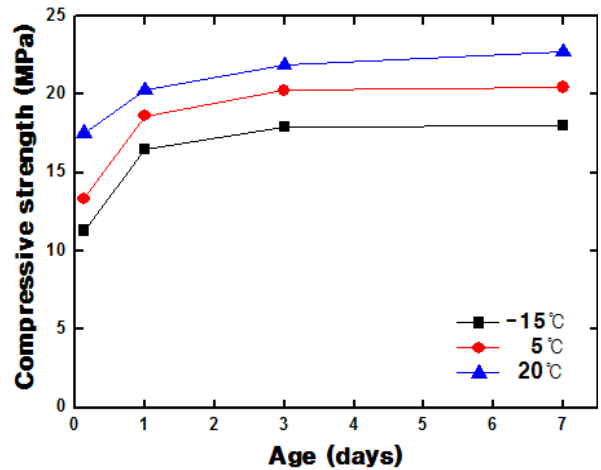


Fig. 3 Compressive Strength (W/B=40%, MAP/MgO=70%, CA=3%)

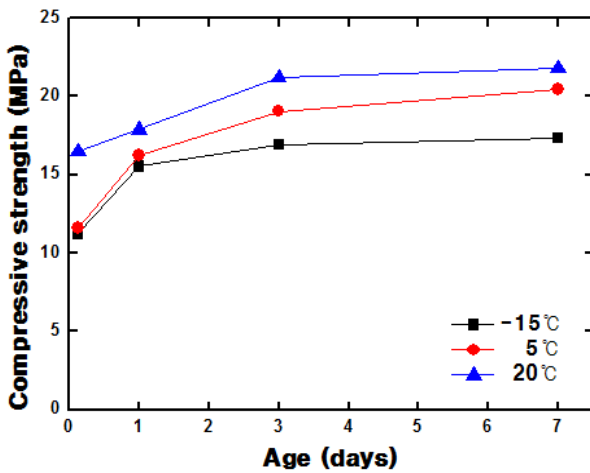


Fig. 4 Compressive Strength (W/B=50%)

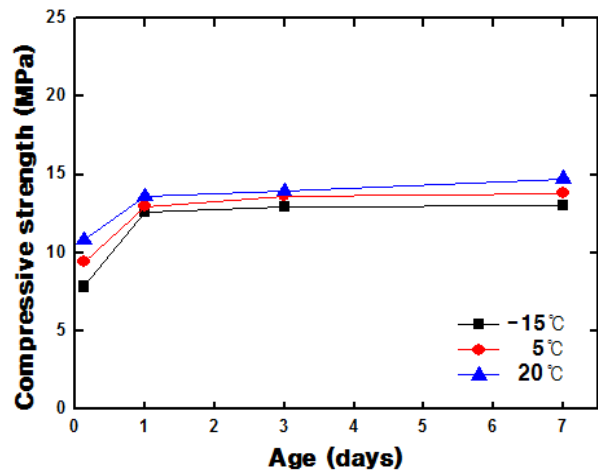


Fig. 5 Compressive Strength (W/B=60%)

이다. 추가적으로 실시한 물-결합재비 30, 35%인 배합은 배합수의 부족으로 인하여 유동성이 없고 작업시간이 부족하여 타설이 불가능 하였으며, 물-결합재비가 50% 이상인 배합은 과도한 배합수로 인하여 심한 블리딩과 함께 재료분리 현상이 나타났다. 물-결합재비 40%의 배합의 플로어 값은 평균 180mm로 나타났으며, 종결시간은 13분으로 나타났다.

일반 초속경 시멘트 그라우트와 마그네시아 인산염 복합체의 압축강도 시험결과는 Table 3 및 Fig. 2~5와 같다. 마그네시아 인산염 복합체는 조기 경화되어 재령 초기에 높은 강도발현 특성을 나타내었고, 물-결합재비가 40%일 때 가장 우수한 강도발현 특성을 나타내었다. 이는 물-결합재비가 50% 이상일 때 저온의 양생환경에서 과도한 배합수로 인한 응결로 강도의 저하가 나타난 것으

로 판단된다. 또한, -15°C의 양생조건에서 3시간 강도가 11.29 MPa, 7일 강도가 18.01 MPa로 극저온의 양생환경에서도 우수한 강도발현 특성을 나타내었다.

반면, 일반 초속경 시멘트 그라우트는 5°C 및 20°C에서는 양호한 강도발현 변화를 나타내는 반면, -5°C의 결과를 살펴보면 초기 상온에서의 타설 과정에서 강도발현이 일어난 이후에 -15°C의 양생조건에서 강도변화가 나타나지 않고 있다.

4.2 Series 2 결과 및 분석

마그네시아에 대한 제1인산암모늄의 혼입비율(MAP/MgO) 50, 70, 90% 및 양생온도 -15, 5 20°C를 실험변수로 설정하고 각각의 배합에 따른 유동성, 응결시간 및

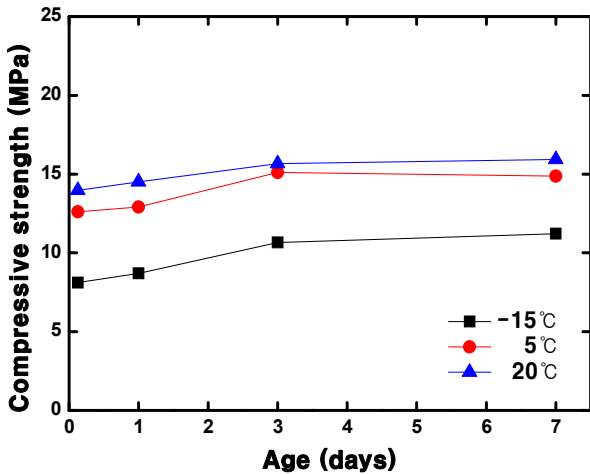


Fig. 6 Compressive Strength (MAP/MgO=50%)

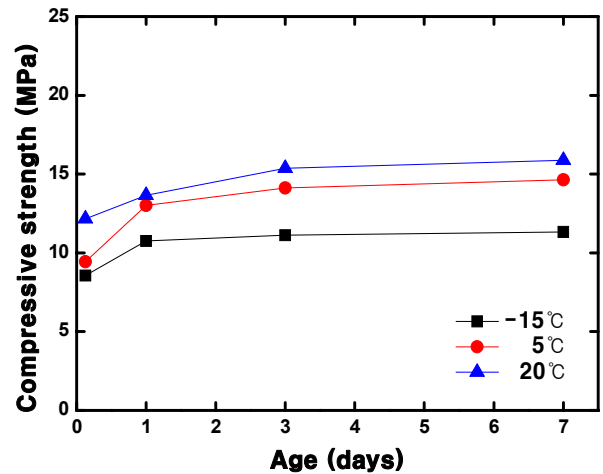


Fig. 7 Compressive Strength (MAP/MgO=90%)

Table 5 Table flow test result and Setting-time

	Flow (mm)	Initial set (min:sec)	Final set (min:sec)
MAP/MgO 50%	210	4:28	8:24
MAP/MgO 70%	180	9:41	13:23
MAP/MgO 90%	160	14:05	19:37

Table 6 Setting-time

	Initial set (min:sec)	Final set (min:sec)
C.A 3%	9:41	13:23
C.A 6%	11:44	14:12
C.A 9%	12:28	20:31
C.A 12%	15:22	27:07

압축강도 측정을 실시하였다.

유동성 및 응결시간 측정결과, Table 5에 나타난 바와 같이 제1인산암모늄과 마그네시아의 혼입비율이 커질수록 플로어 값은 작아지고, 응결시간은 길어지는 경향이 나타났다. MAP/MgO=50% 일 때, 플로어 값은 210mm로 높게 나타났지만, 종결시간은 8분으로 매우 짧게 나타났고, 90%일 경우에는 종결시간은 19분으로 MAP/MgO=50%에 비하여 길었지만 플로어 값이 160mm로 유동성이 저하되었다. 하지만, MAP/MgO가 70%일 때, 플로어 값은 180mm이고 종결시간은 15분 이내로 시공성을 만족하는 유동성 및 응결시간을 나타냈다.

압축강도 실험결과는 Table 3 및 Fig. 3, 6, 7에서 나타난 바와 같으며, 제1인산암모늄과 마그네시아의 혼입비율이 70%일 때 다른 배합에 비하여 우수한 강도특성을 나타내었다. 또한, 재령초기부터 높은 압축강도를 나타내었고 양생조건 20°C와 -15°C의 강도차이가 다른 배합에 비하여 가장 작게 나타났다.

응결시간을 검토한 결과, MAP/MgO비가 증가할 경우 미반응 인산염의 잔존으로 마그네시아염이 역수용성이 됨에 따라 미 반응된 마그네시아에 의해 반응속도가 저하되어 응결시간이 증가하는 것으로 판단된다.

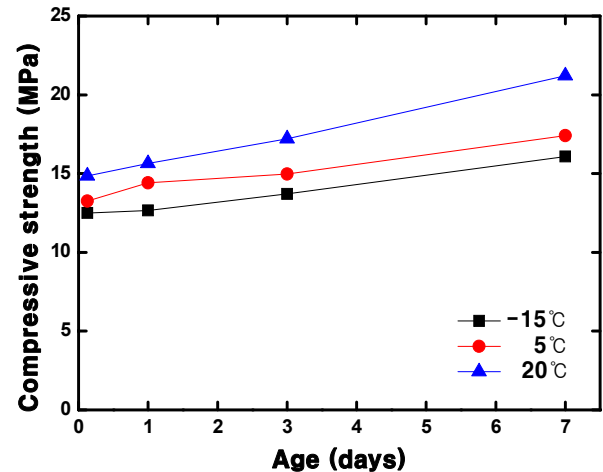


Fig. 8 Compressive Strength (C.A=6%)

4.3 Series 3 결과 및 분석

마그네시아 인산염 복합체의 적정 응결시간을 확보하기 위하여 본 배합에서 지연제로 사용하고 있는 무수구연산의 혼입비율을 증가시켜 응결시험을 실시한 결과, Table 6에서 보는 바와 같이 무수구연산의 혼입비율이 12%일 때 최대 26분의 종결시간을 나타내었고, 작업시간은 최대

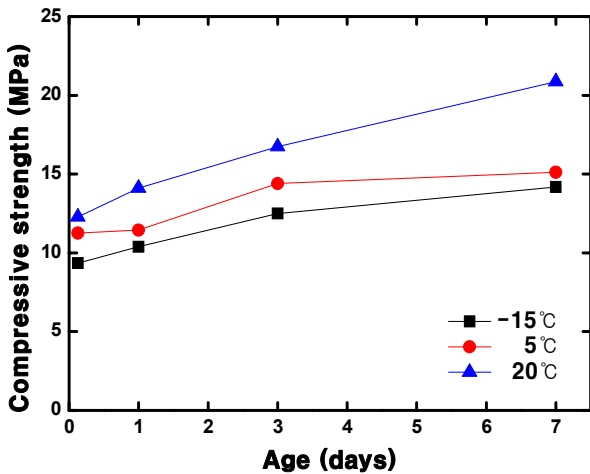


Fig. 9 Compressive Strength (C.A=9%)

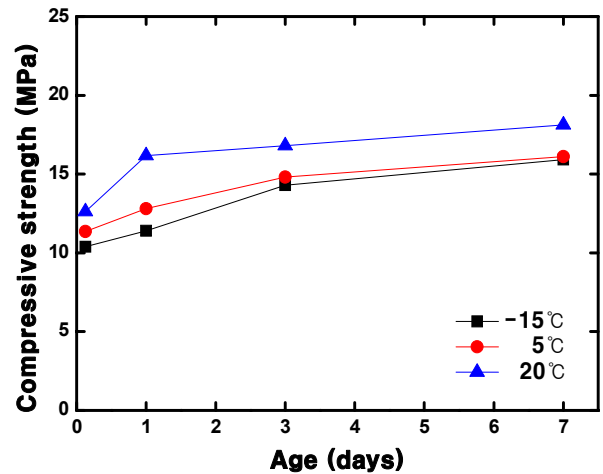


Fig. 10 Compressive Strength (C.A=12%)

30분까지 증가시킬 수 있었다.

또한, 무수구연산 혼입률을 3%에서 12%로 변화시켜 압축강도 실험을 실시한 결과 Fig. 3 및 Fig. 8~10과 같이 나타났다. 지연제 혼입률이 증가할수록 응결시간이 증가하는 대신 압축강도가 감소했지만 그 차이는 크지 않은 것으로 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 극저온의 환경에서도 시공이 가능하고 재령 초기 강도발현 특성이 우수한 마그네시아 인산염 복합체를 한중공사용 건설재료로 개발하기 위한 배합조건 및 온도의 영향을 고려한 재료 물성 평가를 실시하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 마그네시아 인산염 복합체를 한중공사용 건설재료로 활용하기 위한 최적배합을 도출하기 위하여 우선 물-결합재비를 배합조건으로 설정하고 굳지 않은 상태에서의 유동성, 응결시간, 그리고 굳은 상태에서의 압축강도에 대한 온도 의존성 등을 평가하였다. 물-결합재비가 커질수록 유동성 및 응결시간이 증가하였지만, 물-결합재비 50% 이상부터 블리딩과 함께 재료분리 현상이 나타났다. 또한, 물-결합재비가 30, 35% 배합은 유동성이 없고 작업시간이 매우 짧아 타설이 불가능 하였다. 물-결합재비가 40%인 배합은 시공성 및 응결특성이 우수하였고, 극저온의 환경에서도 우수한 강

도발현 특성을 나타내었다.

- (2) 결합재의 혼입비율이 마그네시아 인산염 복합체의 특성에 미치는 영향을 파악하고 최적배합을 도출하기 위하여 마그네시아와 제1인산암모늄의 결합재비에 따른 배합특성을 평가하였다. MAP/MgO의 혼입비율이 커질수록 유동성은 저하되고 응결시간은 길어지는 경향이 나타났다. MAP/MgO가 70%일 때, 유동성은 180mm, 종결시간은 10분으로 적절한 유동성 및 응결시간을 나타내었고, 온도차에 의한 강도발현 특성 차이가 가장 근소하게 나타났다.
- (3) 마그네시아 인산염 복합체의 적정 응결시간을 확보하기 위하여 무수구연산 첨가에 따른 영향을 평가하였으며, 혼입비율을 3~12%로 변화시켜 응결시간을 측정된 결과, 지연제의 혼입비율이 증가할수록 응결시간이 증가하였고 압축강도 저하되는 현상이 나타났다. 강도를 저하시키지 않으면서 원하는 응결시간을 확보할 수 있는 지연제를 도출하기 위한 추가 연구가 요구된다.
- (4) 이상의 결과를 종합하였을 때, 마그네시아 인산염 복합체의 적정 물-결합재비는 40%, 결합재 혼입비율(MAP/MgO)은 70%로 결정할 수 있으며 지연제(무수구연산)의 혼입량을 조절 하면서 타설에 필요한 응결시간을 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 추후의 연구를 통하여 마그네시아 인산염 복합체를 한중공사 및 극한환경 건설재료에 적용하기 위한 최적배합을 도출하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 한국건설기술연구원 주요연구사업인 “극한환경 대응 재료 및 급속 시공기술 개발” 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. An, Moo Young, The Properties of Ultra Rapid Hardening Mortar for Repair using Magnesia-Phosphate Cement, Konkuk University, 2008, pp.25-28.
2. Choi, Hun, Choi, Jun Ok, Song, Myung Shin, Moon, Chang Yeol, “The application of Phosphate Magnesia Cement for Solidification of Soil”, Korea Concrete Institute, vol. 20, No. 2, 2008, pp.533-536.
3. Hall, D. A. and Stevens, R., Jazairi, B. E., “Effect of Water Content on the Structure and Mechanical Properties of Magnesia-Phosphate Cement Mortar”, Journal of American Ceramic Society, vol. 81, No. 6 1998, pp.517-526.
4. Jazairi, B. E., “The Properties of Hardened MPC Mortar and Concrete Relevant to the Requirement of Rapid Repair of Concrete Pavement”, Concrete Repair.9, 1987, pp.25-31.
5. Kang, In Seok, Kwon, Mi Ok, Jang, Hyung Jun, An, Moo Young, Paik, Min Su, Jung, Sang Jin, “A Study on the Basic Properties of Repair Mortar Using Magnesia-Phosphate Cement”, Korea Concrete Institute, vol. 19, No. 1, 2007, pp.751-754.
6. Kim, Kyoung Min, Won, Cheol, Kim, Gi, Cheol, Oh, Sun Kyo, Han, Cheon Goo, “A Fundamental Study on the Effectiveness of Cold Weather Concreting Using Anti-freeze Agent and Insulating Form”, Korea Concrete Institute, vol. 13, No. 1, 2001, pp.913-918.
7. Kim, Young Jin, Lee, Sang Soo, Won, Cheol, Park, Sang Joon, “A Study on the Strength Properties and the Temperature Curve of Winter Concrete According to the Difference of Curing Method in Mock-up Test”, Korea Concrete Institute, vol. 15, No. 4, 2003, pp.541-548.
8. Park, Sang Joon, Kim, Dong Seok, Won, Cheol, Lee, Sang Soo, Kim, Young Jin, “A Study on the Freezing and Strength Properties of Cement Mortar using Accelerators for Freezing Resistance”, Korea Concrete Institute, vol. 12, No. 2, 2000, pp.1267-1272.
9. Popovics, S., Rajendran, N., penko, M., “Rapid Hardening Cememts for Repair of Concerte”, ACI Materials Journal 1-2, 1987, pp.64-73.
10. Sugama, T., Kukacka, L. E., “Charactaristics of Magnesium Polyphosphate Cement Derived From Ammonuim Polyphosphate Solution”, Cement and Concrete Research 13, 1983, pp.499-506.
11. Sugama, T., Kukacka, L. E., “Magnesium Monophosphate Cement Derived From Diammonuim Phosphate Solution”, Cement and Concrete Research 13, 1983, pp.407-416.

Received : 07/04/2012

Revised : 10/16/2012

Accepted : 10/22/2012

요 지

한중콘크리트 공사에 적용을 검토할 수 있는 초속경 콘크리트는 초기 급속한 발열반응을 통해 동해를 입기 전에 소요의 강도를 확보할 수 있을 것이며, 열 보상을 통해 시공환경이 유지될 경우 강도발현에 필요한 시간을 단축할 수 있는 장점이 있다. 일반 콘크리트는 영하의 기온에서 타설할 경우 양호한 경화를 얻을 수 없으며, 저온에서 동해를 방지하고 경화성을 확보하기 위하여 내한방동제를 첨가하여 사용하고 있다. 그러나, 내한방동제의 대부분은 염화물을 주성분으로 하고 이를 다량으로 사용할 경우, 콘크리트의 동결을 방지하고 시멘트의 수화반응을 촉진시켜 응결시간을 단축하고 초기강도 증진을 유도하는 효과가 있는 반면, 장기재령에서 강도발현이 문제가 되고, 경제성이 떨어진다는 단점이 있다. 최근 연구되고 있는 마그네시아 인산염 복합체는 초속경 성이 있고 저온에서도 수화반응이 가능한 것으로 보고되고 있어 새로운 한중공사 및 극한지용 건설재료로 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 한중공사 및 극한지에서 사용이 가능한 건설재료의 개발을 위한 사전 연구의 일환으로서, 마그네시아 인산염 복합체를 활용한 모르타르에 대해 온도의 영향을 고려한 재료 물성 평가를 실시하고 적정 배합을 제안하고자 한다.

핵심 용어 : 마그네시아, 인산염, 초속경 시멘트, 한중 콘크리트