

유동성 및 조기강도 확보가 가능한 자기수평 모르타르 배합선택에 관한 연구

A Study on the Formulation Selection of Self Leveling Floor Mortar with Fluidity and Early Strength Improvements

류 화 성¹ 김 득 모¹ 권 성 준² 박 원 준³ 신 상 현^{1*}

Ryu, Hwa-Sung¹ Kim, Deuck-Mo¹ Kwon, Seung-Jun² Park, Won-Jun³ Shin, Sang-Heon^{1*}

Hanyang Experiment and Consulting, 55, Hanyangdaehak-ro, Sangnok-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do 15588, Korea¹

Department of Civil Engineering, Hannam University, 70, Hannam-ro, Daedeok-gu, Daejeon, 34430, Korea²

Department of Architecture, Kangwon National University, 346, Jungang-ro, Samcheok-si, Gangwon-do, 25913, Korea³

Abstract

The purpose of this study is to develop a floor mortar construction technique which has high strength and inherent mechanical properties and does not cause cracks due to shrinkage after construction. It has been demonstrated that compressive strength, bending strength, flow with floor mortar, and crack reduction performance. As a result, it was confirmed that the developed floor mortar had the same or better performance comparing with the existing foreign products. The results of this experiment can be used as a validation material for high performance and high flowable mortar construction technology with excellent material performance, economical efficiency and construction ability by securing the required performance as floor mortar and selecting the optimal formulation.

Keywords : floor mortar, self leveling, floor finishing material

1. 서 론

최근 국내 경제 개발의 형태는 대규모 경제 지구 단지 조성을 통한 집약형의 산업을 이루고 있다. 물류센터, 쇼핑 단지, 공장 단지 등으로 대규모의 시설물이 자리 잡으면서 좀 더 빠르고 간편한 시공법이 요구되고 있다. 또한, 버스터미널이나 지하철 시설물들과 같이 대규모의 공공시설물들이 노후화로 인한 신축 등이 활성화되면서 이러한 시공법의 요구는 더욱 필요하게 되었다. 물류센터, 쇼핑 단지, 공장 단지 등으로 대규모의 시설물의 바닥면 콘크리트를 그대로

바닥마감으로 사용할 경우 강도가 약해 각종 물리적 화학적 열화인자에 노출될 경우 건축물의 수명을 단축시키는 역할을 할 뿐만 아니라 심미적으로도 열악한 환경이 되기 쉽기 때문에, 고강도/고성능/고효율의 바닥시공 기술을 요구하게 된다[1].

이와 같은 요구에 따라 바닥시공기술로 자기수평모르타르가 선호되고 있으나, 바닥 공사의 특성상, 신축이나 리모델링 시공 시 바닥면은 시공 후 상부의 작업공간이나 활동 공간으로 활용되는데 이때 자기수평 모르타르의 강도가 약할 경우, 물리적 충격 및 하중에 의한 파괴가 나타날 수 있는 문제점이 있기 때문에 시공을 위한 유동성 확보와 빠른 강도 발현을 위한 조강성을 확보하는 것이 바닥시공의 주요한 기술요소가 되고 있다[2].

따라서 본 연구에서는 기존 바닥모르타르의 수축으로 인한 균열발생, 압축강도 및 부착강도 저하에 의한 하중 등을 저감시킬 수 있는 자기수평 모르타르 배합을 선정하

Received : October 13, 2017

Revision received : December 19, 2017

Accepted : January 26, 2018

* Corresponding author : Shin, Sang-Heon

[Tel: 82-31-400-3752, E-mail: ssh8065@hanyang.ac.kr]

©2018 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

기 위하여 첨가되는 재료 선택 및 배합 선정을 위한 실험을 실시하고, 최종 배합에 관한 타당성을 성능시험으로 확인하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용재료

2.1.1 바인더

자기수평 모르타르의 바인더로 보통 포틀랜드 시멘트와 초기강도 확보를 위한 알루미늄 시멘트, 무수석고, 초기강도 및 중장기적 포졸란 반응을 통한 강도 증진을 위한 메타카올린, 고로슬래그를 사용하였다. 각 재료에 관한 성분 분석결과를 Table 1에 나타내었다.

Table 1. XRF analysis results of binders

Type	Chemical composition (%)							
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	SO ₃
OPC	18.79	65	4.2	4.92	0.09	1.24	2.26	1.68
CAC	4.9	36.5	52.1	1.59	0.06	0.66	0.72	0.04
gypsum	1.52	53.03	0.64	1.31	-	0.12	0.09	42.54
metakaolin	50.79	0.11	47.2	0.66	0.15	0.05	-	0.01
BFS	33.62	43.53	13.67	1.07	0.20	0.53	3.50	2.03

2.1.2 잔골재

잔골재는 국내 D사에서 생산된 제품으로 직경 0.22~0.42(6호사), 0.075~0.22(7호사), 0.075~0.15(8호사)인 3종류를 사용하였다. 잔골재의 경도는 7, 비중은 2.65 g/ml 이다.

2.1.3 첨가제

첨가재료는 크게 재유화형 분말수지, 경화촉진제, 증점제, 유동화제, 소포제, 지연제를 사용하였다. 재유화형 분말수지는 독일 B사의 Veo/Veova 계열의 제품을 사용하였으며, 경화촉진제는 리튬카보네이트를 사용하였으며, 증점제는 독일 A사의 메틸셀룰로오스 계열의 제품을 사용하였으며, 점도는 2,500~3,500mPa.s(20℃)이다. 유동화제는 해외 P사의 폴리카르복실계 분말형 혼화제를 사용하였다. 소포제는 해외 M사의 분말형 소포제(회분량 42%, 밀도 550 g/l)를 사용하였다. 지연제는 유동성 개선과 가사시간 평가

를 위해서 당류계 지연제 1종과 말레인산, 주석산을 사용하였다.

2.2 배합선정 실험

본 연구에서는 유동성 및 초기강도 성능이 개선된 자기수평 바닥모르타르의 배합선정을 위해 국내 수급이 가능한 재료를 활용, 플로, 휨강도, 압축강도, 부착강도, 길이변화율 등의 모르타르 기초실험을 통하여 최적의 배합을 선정하였다. Table 2는 배합선정 실험에 있어 실험요인 및 수준을 정리한 것이다.

Table 2. Factors and level of the experiment

Classification	Factors	Level
1	Aggregate grading	No.6 (10, 20, 30%), No.7 (90, 80, 70, 60%), No.8 (10, 20, 30, 40%)
2	Binder ratio	OPC (80, 20%), Alumina cement (80, 64, 48, 40, 20, 16, 12%), Gypsum (4, 8, 16, 32, 40%)
3	B/A ratio and quantities of BFS	B/A (1:0.7, 1:0.8, 1:0.9, 1:1, 1:1.2, 1:1.5), BFS (9.09, 13.04, 16.67, 23.08%)
4	Quantities of meta kaolin	4, 6, 8%
5	Kinds and quantities of retarder	Citric acid, Tartaric acid, Maleic acid (0.02, 0.04%)
6	Quantities of organic fiber	0.1, 0.2, 0.3%

2.2.1 골재 입도 선정

일반적으로 자기수평 모르타르에서는 6호사 이하의 잔골재를 사용하는데, 충전성 및 유동성을 위하여 6호사, 7호사, 8호사의 적절한 혼입을 통한 입도 분포가 필요할 것이라 사료되어 Table 3과 같이 골재 입도를 달리하여 성능 평가를 실시, 본 연구의 자기수평 모르타르에 적합한 골재 입도를 선정하였다.

Table 3. Formulations for aggregate grading selection

Classification	Binder (%)	Aggregate (%)			Additives (% of Binder)
		No.6	No.7	No.8	
1-a		10	90	-	
1-b		20	80	-	
1-c		30	70	-	Thickener 0.1%, Resin 4.5%,
1-d	OPC 100%	-	90	10	Accelerator 0.05%, Fluidizing agent 0.6%, Defoamer 0.4%
1-e		-	80	20	
1-f		-	70	30	
1-g		-	60	40	

2.2.2 바인더 조성비 선정

본 연구의 자기수평 모르타르는 일반 포틀랜드 시멘트, 알루미늄 시멘트, 무수석고를 기본으로 하는 3성분계 모르타르로서 기본 성능 및 장기 성능을 위한 일반 시멘트, 조강성을 위한 알루미늄 시멘트, 충전성 및 조강성 확보를 위한 무수석고의 적절한 배합이 목표 성능에 도달하는데 가장 중요한 요소로서, Table 4와 같이 3개 재료의 최적 배합비를 선정하였다.

Table 4. Formulations for binder ratio selection

Classification	Binder (%)			Aggregate (%)	Additives (% of Binder)
	OPC	Alumina cement	Anhydrous gypsum		
2-a	80	20	-		
2-b	80	16	4		Thickener 0.1%, Resin 4.5%,
2-c	80	12	8		Accelerator 0.05%,
2-d	20	80	-	No.7 90% No.8 10%	Fluidizing agent 0.6%, Defoamer 0.4%
2-e	20	64	16		
2-f	20	48	32		
2-g	20	40	40		

2.2.3 바인더/골재비 및 고로슬래그 혼입량 선정

선정된 골재 입도, 바인더 비를 이용하여 바인더/골재비 및 장기강도 확보를 위한 골재를 치환하는 고로슬래그 혼입량을 선정하였다. Table 5와 같이 고로슬래그를 골재대비 0, 10, 20%로 치환하여 바인더/골재비 1:1, 1:0.8, 1:0.7, 1:1.5, 1:1.2, 1:0.9 경우의 성능을 확인하였다.

Table 5. Formulations for B/A ratio selection and mixing quantities of BFS

Classification	Binder: Aggregate	Binder (%)				Aggregate (%)		Additives (% of Binder)
		OPC	CAC	gypsum	BFS	No.7	No.8	
3-a	1:1.0	20.00	40.00	40.00	-	90	10	
3-b	1:0.8	18.18	36.36	36.36	9.09	90	10	Thickener 0.1%, Retarder 0.04%, Resin 4.5%, Accelerator 0.05%, Fluidizing agent 0.6%, Defoamer 0.4%
3-c	1:0.7	16.67	33.33	33.33	16.67	90	10	
3-d	1:1.5	20.00	40.00	40.00	-	90	10	
3-e	1:1.2	17.39	34.78	34.78	13.04	90	10	
3-f	1:0.9	15.38	30.77	30.77	23.08	90	10	

2.2.4 메타카올린 혼입량 선정

바닥 모르타르의 압축강도, 휨강도 증진뿐만 아니라 부착 성능의 향상이 가능한 메타카올린 혼입을 위한 적정 혼입량

을 선정한다. 메타카올린의 과량 혼입은 성능 저하를 발생시킬 수 있기 때문에 Table 6과 같이 소량의 혼입량을 선정하였다.

Table 6. Formulations for mixing quantities selection of meta kaolin

Classification	Binder (%)				Aggregate (%)	Additives (% of Binder)
	OPC	Alumina cement	Anhydrous gypsum	Meta kaolin		
4-a	20	40	40	-		Thickener 0.1%, Retarder 0.04%, Resin 4.5%, Accelerator 0.05%, Fluidizing agent 0.6%, Defoamer 0.4%
4-b	20	38	38	4	No.7 72%, No.8 8% BFS 20%	
4-c	20	37	37	6		
4-d	20	36	36	8		

2.2.5 지연제 종류 및 혼입량 선정

자기수평 모르타르는 조기강도 발현의 필요성으로 인하여 일반적으로 빠르게 경화하는 특징을 갖는다. 따라서 작업성 확보를 위한 지연제의 혼입은 필수적이며, 본 연구에서는 Table 7과 같이 구연산, 주석산, 말레인산을 활용하여 모르타르에서의 지연성능 및 적정 혼입량을 선정하였다.

Table 7. Formulations for kinds and mixing quantities selection of retarder

Classification	Binder (%)	Aggregate (%)	Additives (% of Binder)			
			Others	Citric acid	Tartaric acid	Maleic acid
5-a			Thickener 0.1%, Resin 4.5%, Accelerator 0.05%, Fluidizing agent 0.6%, Defoamer 0.4%	0.02	-	-
5-b	OPC 20%, Alumina cement 38%, Anhydrous gypsum 38%, Meta kaolin 4%	No.7 72%, No.8 8% BFS 20%		0.04	-	-
5-c				-	0.02	-
5-d				-	0.04	-
5-e				-	-	0.02
5-f				-	-	0.04

2.2.6 유기섬유 혼입량 선정

자기수평 모르타르는 건조수축으로 인하여 균열이 발생하기 쉬운 재료로서 내부 수축압력을 보완할 수 있는 섬유 혼입이 필요하다. 본 연구에서는 Table 8과 같이 왕겨로 구성된 유기섬유를 혼입하여 균열을 방지할 수 있도록 하며, 적정 혼입량을 선정하였다.

Table 8. Formulations for mixing quantities selection of organic fiber

Classification	Binder (%)	Aggregate (%)	Additives (% of Binder)	
			Others	Organic fiber
6-a	OPC 20%,		Thickener 0.1%, Retarder 0.04%	-
6-b	Alumina cement 38%,	No.7 72%,	Resin 4.5%,	0.1
6-c	Anhydrous gypsum 38%,	No.8 8% BFS 20%	Accelerator 0.05%, Fluidizing agent 0.6%,	0.2
6-d	Meta kaolin 4%		Defoamer 0.4%	0.3



Figure 1. Flow test



Figure 2. Flexural and compressive strength test

2.3 성능 시험

배합선정 실험을 통하여 선정된 모르타르에 대하여 기초 성능시험 및 촉진염화물침투 시험, 내화학성 시험을 실시, 성능을 확인하였다.

2.3.1 플로 시험

시료의 원료와 물을 혼합한 후 조제된 시료를 KS F 4041에 규정된 방법에 따라 크기 300mm×300mm, 두께 5mm의 아크릴계 평평한 판 위에 아래 Figure 1과 같이 아크릴 파이프에 자기 수평 모르타르를 완전히 채운 후 30초 이내에 수직으로 들어올리고, 흐름이 정지된 후 직각 2방향의 지름을 측정하여 그 평균값을 플로값으로 하였다.

2.3.2 휨강도 및 압축강도 시험

휨 강도 및 압축강도 실험체는 KS L ISO 679에 규정하는 방법에 따라 40mm×40mm×160mm 크기로 제작하여 온

도 20±2℃, 습도 65±10%에서 양생을 실시하였다. 시료를 몰드 안에 부은 후 24시간 경과 후 탈형하고 24시간(재령 1일), 재령 3일, 재령 7일, 재령 28일의 순으로 휨강도와 압축강도를 측정하였다.

2.3.3 부착강도 시험

부착강도 실험체는 KS F 4041에 따라 콘크리트 밑판에 모르타르를 성형하여 제작하였다. 정해진 양생이 끝난 실험체는 Figure 3과 같이 윗면에 접착제를 바른 후, 상부 인장용 지그를 접촉시키고 하부 인장용 지그를 사용해 부착면의 수직 방향으로 인장력을 가해 부착강도를 측정하였다.

2.3.4 길이변화율 시험

길이변화 측정은 KS F 2424에 준하여 Figure 4와 같이 각선기를 활용하여 실시하였다. 탈형 후 즉시 1회째를 측정한 후 재령 7일 때 측정시점을 기준으로 하고 재령 28일의 최종 길이변화를 측정하였다.

2.3.5 내구성 평가

내구성 평가는 염화물 침투 저항성 및 내화학성 시험으로 실시하였다.



Figure 3. Bond strength test

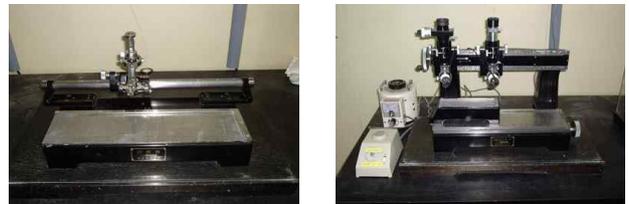


Figure 4. Length change test



Figure 5. Durability test

염화물 침투 저항성 평가는 콘크리트, 모르타르 또는 시멘트계 보수재료의 염분확산계수를 결정하여 평가하는 방법으로 자기수평 모르타르가 구조물 내구성에 치명적인 염분의 확산에 저항성이 있는지를 NT Build 492의 시험방법에 준하여 확인하였다. 또한, 본 연구는 산업용 바닥 모르타르를 대상으로 하기 때문에 산업환경에서 발생할 수 있는 화학적 침식에 대한 저항성 확인을 위하여 알칼리 용액 및 산성 용액에 모르타르 실험체를 침지 후, 압축강도를 측정하여 내화확성을 평가하였다.

3. 실험결과

3.1 배합선정 실험

3.1.1 골재 입도 선정

골재 입도 선정을 위하여 골재 입도를 달리하여 성능 평가를 실시한 결과, 전체적으로 골재 입도에 따른 강도의 영향이 작은 것으로 확인되며, 6호사가 혼입된 경우 플로값이 작아 자기수평 성능에 불리할 것이라 판단되었다. 본 연구의 최적 골재 입도는 플로값이 가장 우수한 1-d로 선정하였다.

Table 9. Test results based on aggregate grading

Classification	Flow (mm)	Bending strength (MPa)	Compression strength (MPa)				Bonding strength (MPa)	Ratio of Length Change (%)
			1d	3d	7d	28d		
1-a	155	7.7	2.2	27.4	45.3	47.3	2.4	-0.051
1-b	158	7.9	2.3	32.2	50.1	41.7	2.3	-0.050
1-c	165	6.9	2.8	28.4	42.9	52.3	2.5	-0.053
1-d	175	7.8	4.4	32.3	38.4	48.4	2.5	-0.052
1-e	173	7.3	5.1	29.1	38.0	43.3	2.2	-0.053
1-f	167	7.5	3.9	27.8	40.3	53.5	2.8	-0.055
1-g	173	7.1	5.4	19.4	33.3	44.2	2.2	-0.053

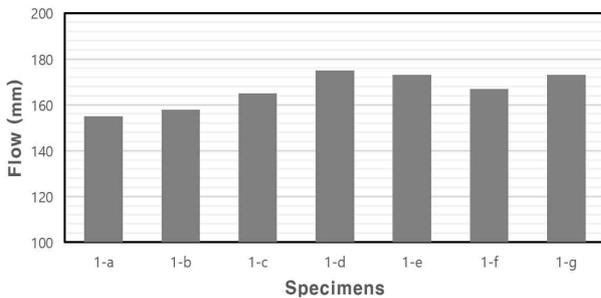


Figure 6. Results of flow test for aggregate grading

3.1.2 바인더 조성비 선정

실험결과, OPC 함량이 높을수록 길이변화율이 작게 관찰되어 수축저감에 유리한 것으로 보이나, 초기강도 발현 및 플로 증진을 위하여 알루미나 시멘트와 무수석고를 혼입하는 것이 유효한 것으로 확인되었다.

Table 10. Results based on binder ratio

Classification	Flow (mm)	Bending strength (MPa)	Compression strength (MPa)				Bonding strength (MPa)	Ratio of Length Change (%)
			1d	3d	7d	28d		
2-a	165	4.9	2.9	8.9	18.5	21.4	1.2	-0.050
2-b	168	5.9	3.6	9.4	22.3	25.8	1.1	-0.050
2-c	175	7.5	4.3	7.9	10.4	22.2	1.2	-0.051
2-d	180	6.4	23.0	28.4	31.4	39.7	1.4	-0.055
2-e	177	6.1	12.5	19.0	24.2	26.7	1.6	-0.055
2-f	175	5.3	18.5	21.4	29.2	35.4	2.3	-0.054
2-g	175	6.8	20.7	24.6	33.4	41.5	2.2	-0.051

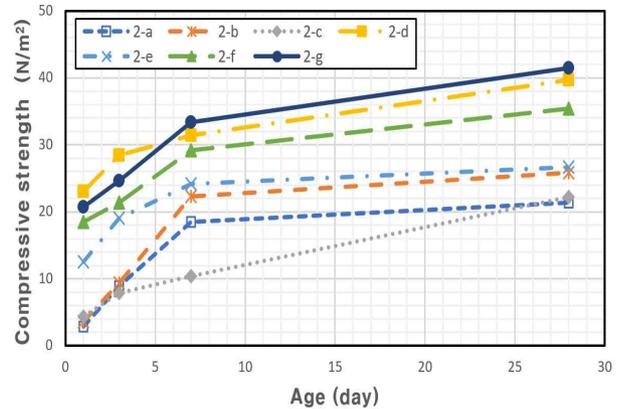


Figure 7. Results of compressive strength for binder ratio

Table 11. Results based on B/A ratio and mixed quantities of GFS

Classification	Flow (mm)	Bending strength (MPa)	Compression strength (MPa)				Bonding strength (MPa)	Ratio of Length Change (%)
			1d	3d	7d	28d		
3-a	195	5.6	24.1	20.5	31.6	40.0	2.4	-0.053
3-b	195	6.7	22.4	27.8	35.0	48.7	2.5	-0.051
3-c	198	6.9	22.3	26.0	41.5	47.8	2.5	-0.049
3-d	165	6.4	16.8	14.6	22.1	30.1	2.2	-0.048
3-e	180	6.2	24.3	27.1	33.5	44.7	2.1	-0.046
3-f	185	7.1	27.8	35.8	47.6	54.3	2.3	-0.045

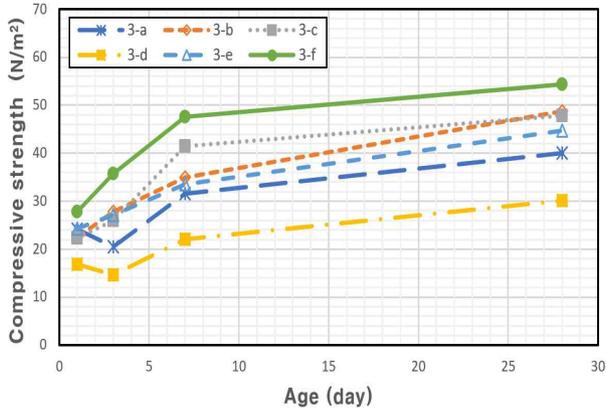


Figure 8. Results of compressive strength for B/A ratio and CFS

3.1.3 바인더/골재비 및 고로슬래그 혼입량 선정

실험결과, 고로슬래그를 골재대비 20% 치환한 3-f(바인더/골재비 1:0.9)의 경우가 플로 증진과 수축저감에 효과적이고 고로슬래그 치환에 따른 장기강도 확보에 유효한 것으로 확인되었다.

3.1.4 메타카올린 혼입량 선정

실험결과, 메타카올린 혼입으로 휨강도, 압축강도, 부차 강도의 증진을 확인할 수 있었으며, 본 연구에서는 휨강도 성능이 우수하게 나타난 4-b의 4% 혼입량으로 선정하였다.

Table 12. Results based on mixed quantities of meta kaolin

Classification	Flow (mm)	Bending strength (MPa)	Compression strength (MPa)				Bonding strength (MPa)	Ratio of Length Change (%)
			1d	3d	7d	28d		
4-a	195	7.1	26.7	30.7	31.0	33.1	2.2	-0.046
4-b	175	8.2	29.6	27.8	32.8	34.1	2.5	-0.045
4-c	190	7.8	32.4	29.4	26.0	34.5	2.9	-0.045
4-d	200	7.9	30.0	31.3	30.5	31.6	2.8	-0.046

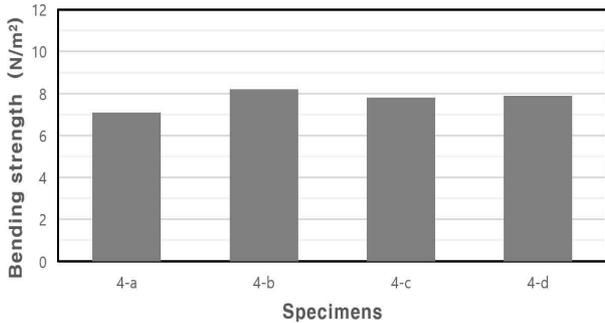


Figure 9. Results of bending strength for quantities of meta kaolin

3.1.5 지연제 종류 및 혼입량 선정

실험결과, 구연산, 주석산, 말레인산 모두 지연제로서 효과가 있는 것으로 확인되었으며, 혼입량이 증가함에 따라 플로값을 증가시킬 수 있는 것으로 확인되었다. 본 연구에서는 플로값이 가장 크게 나오며, 길이변화율이 작게 나와 수축저감 성능이 우수하다고 판단되는 5-f의 말레인산 0.04% 혼입을 최적 배합으로 선정하였다.

Table 13. Results based on kinds and mixed quantities of retarder

Classification	Flow (mm)	Bending strength (MPa)	Compression strength (MPa)				Bonding strength (MPa)	Ratio of Length Change (%)
			1d	3d	7d	28d		
5-a	182	7.3	22.2	37.4	43.0	47.1	2.6	-0.052
5-b	191	7.5	20.6	30.6	35.8	42.1	2.3	-0.050
5-c	185	7.6	23.5	38.7	44.2	49.7	2.8	-0.048
5-d	200	8.3	23.4	33.3	36.2	44.3	2.4	-0.047
5-e	198	8.1	28.5	31.5	37.4	44.7	2.6	-0.046
5-f	203	7.8	26.8	32.7	38.5	43.2	2.7	-0.044

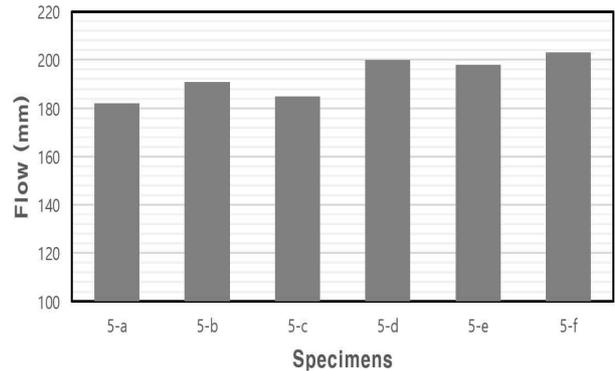


Figure 10. Results of flow for kinds and mixed quantities of retarder

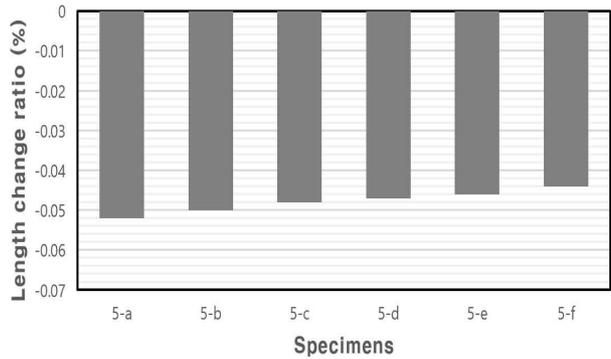


Figure 11. Results of length change ratio for retarder's kinds and quantities

Table 14. Results based on mixed quantities of organic fiber

Classification	Flow (mm)	Bending strength (MPa)	Compression strength (MPa)				Bonding strength (MPa)	Ratio of Length Change (%)
			1d	3d	7d	28d		
6-a	195	7.3	27.6	32.1	29.5	43.3	2.5	-0.051
6-b	201	7.9	25.4	26.7	31.4	42.0	2.7	-0.048
6-c	203	8.1	27.2	33.5	38.4	43.2	2.8	-0.044
6-d	194	8.3	22.9	31.4	35.9	41.3	2.4	-0.042

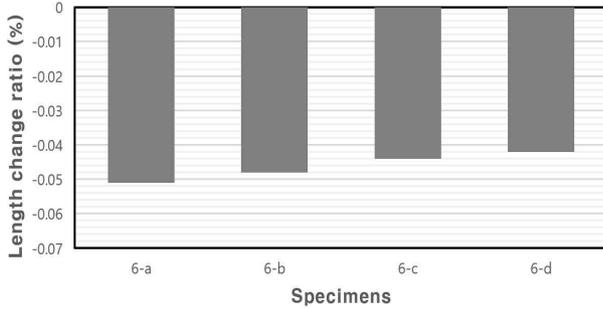


Figure 12. Results of bending strength for mixed quantities of organic fiber

3.1.6 유기섬유 혼입량 선정

실험결과, 유기섬유를 혼입함에 따라 길이변화율이 저감되는 것으로 확인되었으나, 0.3% 이상 혼입의 경우, 플로에 영향을 주는 것으로 확인되어 0.2%의 혼입을 최적 배합으로 선정하였다.

3.2 성능시험

3.2.1 배합

앞의 연구결과를 통해 선정된 자기수평 바닥모르타르 배합의 성능을 평가하기 위하여 Table 15와 같은 본 연구의 자기수평 모르타르 배합을 물:모르타르비 1:4로 시험체를 제작하여 성능평가를 실시하였다.

Table 15. Mortar formulation of developed mortar

Items	Binder (%)					Aggregate (%)			Additives (% of Binder)						
	a	b	c	d	e	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
Mortar	16	32	32	3	16	90	10	0.1	0.04	4.5	0.05	0.6	0.4	0.2	

a:OPC, b:Alumina cement, c:Anhydrous gypsum, d:Meta kaolin, e:blast furnace slag, g:Silica sand(num.7), h:Silica sand(num.8), i:Thickener, j:Retarder, k:Resin, l:Accelerator, m:Fluidizing agent, n:Defoamer, o:Organic fiber

Table 16. Results of developed mortar

Classification	Flow (mm)	Bending strength (MPa)	Compression strength (MPa)				Bonding strength (MPa)	Ratio of Length Change (%)
			1d	3d	7d	28d		
Developed mortar	196	8.2	17.1	25.3	33.2	44.8	2.8	-0.0087

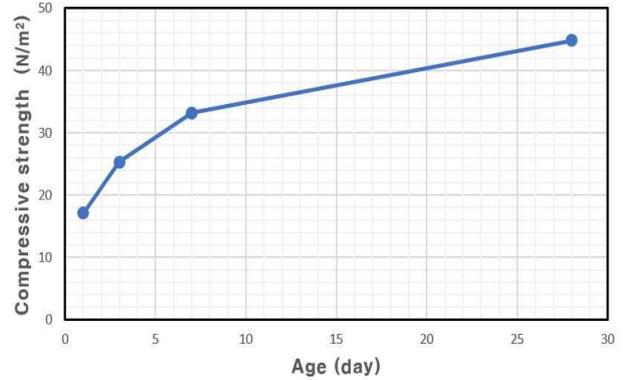


Figure 13. Results of compressive strength

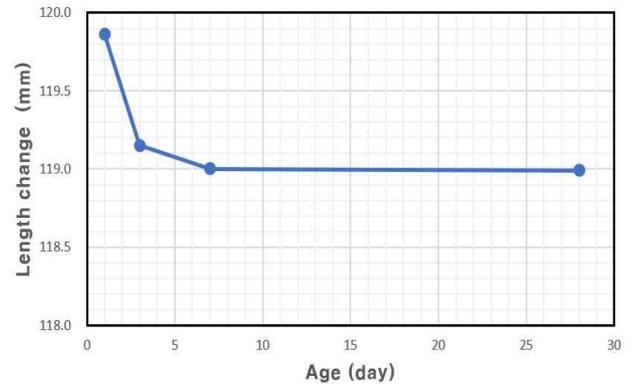


Figure 14. Results of length change

3.2.2 기초성능 시험결과

자기수평 모르타르의 기초성능을 확인한 결과, 플로 값은 196mm로 나타났으며, 재령 28일의 휨강도는 8.2MPa, 압축강도는 45.7MPa, 부착강도는 2.8MPa로 나타났다. 특히 Figure 13과 같이, 1일차 압축강도는 17.1MPa, 3일차는 25.3MPa, 7일차는 33.2MPa로 확보됨으로서, 양생기간 단축을 통한 공사기간 단축이 가능할 수 있을 것이라 판단된다. 또한, 재령 28일의 길이변화율은 -0.0087%로 고로슬래그 및 유기섬유의 혼입으로 길이변화율의 개선이 유효한 것으로 판단된다.

3.2.3 내구성 평가

NT Build 492의 시험방법에 준하여 실시한 염화물 침투

저항성 시험 조건(Table 17)과 침투깊이를 측정된 결과 (Table 18)를 Tang& Nilsson이 제안한 아래 식과 같은 비정상상태에서의 확산계수 산정법에 적용하여 확산계수를 계산한 결과 본 연구의 자기수평 모르타르의 염화물 확산계수는 $4.57 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ 로 확인되었다.

Table 17. Experimental conditions of chloride penetration test

Specimens	Initial voltage (V)	Z	Initial current (A)	U(V)	Time (s)	T(K)	Specimen depth (m)
Developed mortar	30	1	0	30	86400	292	0.04537

Table 18. Penetration depth of chloride

Specimens	Penetration depth of Chloride (m)						
	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7
Developed mortar	0.01009	0.01183	0.01202	0.01145	0.01324	0.01079	0.01055

$$D_m = \frac{RT}{zFE} \frac{x_d - \alpha \sqrt{x_d}}{t} \text{ ----- (1)}$$

여기에서

$$E = \frac{U-2}{L}, \quad \alpha = 2\sqrt{\frac{RT}{zFE}} \cdot \text{erf}^{-1}\left(1 - \frac{2C_d}{C_0}\right)$$

- D_m : 염소이온 확산계수 (cm²/sec)
- R : 기체상수 (R=8.314J/Vmol)
- T : 양극 용액의 평균 절대온도 (K)
- L : 시편의 두께 (cm)
- x_d : 염소이온 침투깊이 (cm)
- z : 이온의 원자가 (zcl=1)
- F : Faraday 상수 (F=96,481.04J/Vmol)
- U : 양극간 전압차 (V)
- t : 시험지속시간 (sec)
- erf^{-1} : error function
- C_d : 질산염에 의한 변색 부분 염소이온 농도
- C_0 : 음극 셀의 염소이온 농도

Table 19는 내화학성 시험을 실시한 결과이다. 28일간 알칼리 용액과 산성 용액에 침지한 시험체의 압축강도를 측정된 결과, 모든 시험체가 KS F 4041의 기준을 만족하는 것으로 나타났으나, 알칼리 용액 보다 산성 용액에서의 강도 저하가 발생하는 것을 확인할 수 있었으며, 강도 저하는 혼입된 수지의 용해로 발생하는 것으로 사료된다.

Table 19. Results of chemical resistance test

Items		Developed mortar	T company mortar	S company mortar	Normal mortar
Compressive strength, (N/mm ²)	Alkali Over 20.0	43.7	37.2	41.5	26.8
	Acid Over 20.0	40.8	32.4	38.2	23.5

4. 결 론

본 연구에서는 기존 바닥모르타르의 수축으로 인한 균열 발생, 압축강도 및 부착강도 저하에 의한 하자 등을 저감시킬 수 있는 자기수평 모르타르 배합 도출을 위하여 바인더 조성, 골재 입도 선정, 첨가제 혼입률 선정을 위한 배합실험을 실시한 후, 선정된 최적 배합의 플로, 휨강도, 압축강도, 부착강도, 길이변화율, 건조수축, 내구성 시험을 통한 성능을 확인한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 본 연구의 자기수평 모르타르의 바인더로 보통 포틀랜드 시멘트, 알루미나 시멘트, 무수석고, 메타카올린, 고로슬래그를 사용하였으며, 잔골재로 7호사, 8호사를 사용하였다. 첨가재료는 재유화형 분말수지, 경화촉진제, 증점제, 유동화제, 소포제, 지연제를 사용하여 휨강도, 압축강도, 부착강도, 유동성, 수축저항성 등의 성능을 확보하였다.
- 2) 배합선정 시험을 통하여 선정된 최적배합은 바인더에서는 OPC 16%, 알루미나 시멘트 32%, 무수석고 32%, 메타카올린 3%, 고로슬래그 16% 였으며, 골재는 7호사 90%, 8호사 10%, 첨가제는 바인더량에 대비하여 증점제 0.1%, 지연제 0.04%, 분말수지 4.5%, 경화촉진제 0.05%, 유동화제 0.6%, 소포제 0.4%, 유기섬유 0.2%로 첨가되었다.
- 3) 선정된 최적배합의 자기수평 모르타르의 기초성능 및 내구성능을 확인한 결과, 플로는 196 mm, 재령 28일의 휨강도는 8.2MPa, 압축강도는 45.7MPa, 부착강도는 2.8MPa, 길이변화율은 -0.0087% 로 나타났으며, 염화물침투 시험 결과, 확산계수는 $4.57 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$, 내화학 저항성은 KS F 4041의 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 이러한 결과로 본 연구의 자기수평 모르타르는 조기강도 확보와 부착강도 저하에 따른 바닥모르타르의 들림현상 방지, 수축으로 인한 균열 방지,

산업현장에서의 화학적 열화 방지 등에 유리할 것으로 판단된다.

- 4) 본 연구는 산업용 구조물을 대상으로 활용되는 기존 자기수평 바닥모르타르의 성능을 개선할 수 있는 바닥 모르타르 배합 선정에 관한 연구로서, 유동성과 조기강도 발현이 가능한 자기수평 모르타르 배합을 기초실험을 통하여 선정하였고 자기수평에 관한 국내 규격을 만족하는 시험 결과를 확보하였다. 추후, 자기수평 모르타르의 성능발현 매커니즘 확인을 통한 배합의 조정을 위하여, 수화물 분석, 공극율 분석, 재료분리 여부를 확인하기 위한 화상분석 등의 미세분석을 통한 자기수평 모르타르의 성능 확인이 필요할 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 고강도, 고유동의 성질을 갖고, 시공 후 수축현상이 저감되어 균열발생을 저감시킬 수 있는 바닥모르타르 배합선정에 관한 연구로서, 최적배합을 선정하기 위한 배합 시험과 선정된 배합의 압축강도, 휨강도, 플로, 길이변화성능 및 염화물침투 저항성, 내화학성 등의 성능시험을 실시하였다. 시험결과, 유동성과 조기강도 발현이 가능하며, 수축저감을 통하여 균열발생 위험성을 개선시킬 수 있을 것이라 판단되는 배합을 선정하였으며, 선정된 배합은 자기수평모르타르 규격에 만족하는 성능을 확보하는 것으로 확인되었다. 본 연구의 결과를 통하여 우수한 재료성능과 경제성, 시공성을 갖는 고성능, 고유동의 바닥모르타르 시공기술을 확보할 예정이다.

키워드 : 바닥 모르타르, 셀프레벨링, 바닥 마감재

Acknowledgement

This research was supported by a grant (2015-R1A5A1037548) from Basic Research Program funded by Ministry of Science, ICT and Future Planning of Korean government.

References

1. Bang JW, Lee SM, Kim YY. Mechanical properties and field

implementation of floor mortar incorporated with VAE polymer. *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 2017 May;21(3):27-34.

2. Park YS. A study on the development of self-leveling mortar flooring materials for use in the floor design, [master's thesis], [Seoul (Korea)]: Korea University; 2014. 1 p.
3. Kim JH, Yoon SC, Jee NY. A study on the factors affecting the high fluid mortar containing ground granulated blast-furnace slag. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 2002 Dec;2(4):145-52.
4. Kim JH, Yoon SC, Jee NY. The effect of combined aggregates on fluidity of the high fluid concrete containing GGBFS. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 2003 Dec;3(4):79-86.
5. Kang ST, Kim JK. Numerical simulation for the variation of the fiber orientation distribution according to the flow of high-flow steel-fiber reinforced mortar. *Computational Structural Engineering*, 2009 Dec;22(6):639-46.
6. Choi YW, Jung JK, Jung WY. Properties of mixing proportions with compressive strength level of high flowing self-compacting concrete. *Journal of the Korean Society of Civil Engineering*, 2009 Mar;29(2A):163-9.
7. Kim DS, Chung HH, Park BB, Rho JS. Fluidity changes of cement paste added superplasticizer and inorganic fine powders for cement admixture. *Journal of the Korean Ceramic Society*, 2000 Feb;37(8):751-9.
8. Lee GS, Choi Y. Effects of mixing variables on the property of high-fluidity concrete. *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 2010 May;26(5):51-8.
9. Choi SW, Jo HT, Ryu DH, Kim GY. An experimental study on the influence of the qualities of ordinary portland cement on the flowability of high flow concrete. *Journal of the Korea Concrete Institute*, 2012 Feb;24(1):37-44.