

# 습윤갯벌 치환율 변화에 따른 시멘트 모르타르의 물리적 특성에 관한 연구

## A study on physical characteristics of cement mortar according to change of moist mud flat replacement ratio

Seonghwan Yang<sup>a,1</sup>, Yunyoung Kang<sup>a,\*</sup>, Heungyeol Lee<sup>a,2</sup>

<sup>a</sup> Division of Architecture and Urban Design, Incheon National University, Songdo-Dong, Incheon, 406-772, Republic of Korea

### ABSTRACT

In this study, we examined the physical properties of cement mortar by replacing a part of the amount of fine aggregate in moist mud flat. I analyzed the possibilities of using bricks. Flow measurement results show that the flow value increases as the mixing ratio of cement and fine aggregate increases and the flow value decreased as the replacement ratio of moist mud flats decreased. Chloride contents were also found to decrease with decreasing substitution rate of moist mud flats. As a result of the compressive strength measurement, the compressive strength increased in inverse proportion as the displacement ratio of moist mud flats decreased in most mixing ratio. As a result of tensile strength measurement, the tendency was similar to compressive strength and the intensity increased as the replacement ratio of moist mud flats decreased.

### KEYWORDS

moist mudflat  
flow test  
chloride test  
compressive strength  
tensile strength

본 연구에서는 생갯벌을 잔골재 대신 치환한 모르타르의 물리적 특성에 대한 실험을 진행하여 벽돌로써의 활용 가능성을 분석하였다. 플로우 측정결과 시멘트와 잔골재의 배합비가 높을수록 플로우 값이 증가하였으며, 생갯벌의 치환율이 감소할수록 플로우값이 감소하는 것으로 나타났다. 염화물 함유량 측정결과 생갯벌의 치환율이 감소할수록 염화물 함유량 또한 감소하는 것으로 나타났다. 압축강도 측정결과, 대부분의 배합비에서 생갯벌의 치환율이 감소할수록 압축강도는 반비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 인장강도 측정결과, 압축강도와 비슷한 경향을 나타냈다. 그리고 생갯벌 치환율이 감소할수록 강도가 증가하는 것으로 나타났다.

습윤갯벌  
플로우 시험  
염화물 함유량 시험  
압축강도  
인장강도

© 2017 Society of Disaster Information All rights reserved

\* Corresponding author. Tel. 82-10-5757-9523.

Email. [kangyydi@naver.com](mailto:kangyydi@naver.com)

1 Tel. 82-10-5331-5327. Email. [shyang@inu.ac.kr](mailto:shyang@inu.ac.kr)

2 Tel. 82-10-6451-8955. Email. [gandhi122@naver.com](mailto:gandhi122@naver.com)

### ARTICLE HISTORY

Received Jul. 27, 2017

Revised Feb. 2, 2017

Accepted Sep. 19, 2017

## 1. 서론

최근, 환경문제가 다각화 되면서 건설현장의 재료에 대한 각종 천연재료 및 산업부산물의 개발 및 활용에 관한 많은 시도가 진행되고 있다. 이러한 다양한 재료를 통해 환경 친화적인 건설재료를 연구 및 개발하고 있으며, 시멘트 및 골재의 사용량을 줄여 자원을 보존하려는 노력이 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 천연자원인 깻벌을 활용하여 환경 친화적인 건설재료를 개발할 필요가 있다고 판단하였다. 세계적으로 자원고갈 문제는 심각한 문제로 대두되고 있으며, 현재 자원고갈의 문제에 대비하여 해양자원 확보 경쟁이 진행되고 있는 상황이다. 우리나라의 서해안은 세계 5대 깻벌로 손꼽히면서도 인식부족으로 인해 많은 양의 깻벌을 매립지로 사용하는 등 산업용 재료로 이용되지 못하고 있는 실정이다.<sup>1,2)</sup> 현재 준설토 투기장의 매립으로 인해 많은 양의 깻벌이 사라지고 있는 실정이다, 이러한 깻벌을 사용함으로써 사라지는 깻벌을 활용할 수 있다고 판단된다. 습윤깻벌을 사용하는 것은 건조 및 분쇄 과정에서 발생하는 비용이 들지 않아 건조깻벌을 사용하는 것에 비해 경제적인 이점이 있다.

본 연구에서는 습윤깻벌을 활용하여 벽돌로써 활용하기 위해 모르타르를 제작하여 실험을 진행하였으며, 모르타르의 배합비 별 잔골재 배합량의 일부를 천연자원인 습윤깻벌로 치환하여 모르타르의 물리적 특성을 검토하여 벽돌로써의 활용성에 대한 기초적인 자료로 제시하고자 한다.

## 2. 기존 연구의 고찰

기존의 모르타르 관련 깻벌을 사용한 연구는 보령해안<sup>3,4)</sup> 및 송도해안의 깻벌을 사용<sup>5)</sup>하여 연구를 진행하였으며, 사용된 깻벌은 건조시킨 후 분쇄기를 통해 미분말 상태로 분쇄하여 시멘트 대체재로 사용하였다. 깻벌 미분말을 사용하여 혼화재 및 채움재로써의 활용 가능성에 대하여 진행한 연구에서는 깻벌 미분말의 화학적 분석을 통해 혼화재로써의 활용가능성에 대해 검토하였다. 건조깻벌을 이용하는 방안에 대한 연구는 찾아 볼 수 있으나, 건조시키지 않은 습윤깻벌을 활용하는 방안에 대한 연구는 없는 실정이다. 벽돌로 활용하기 위한 벽돌의 품질 기준은 비내력 구조에 사용하는 2종 벽돌로써 압축강도는 8MPa 이상, 흡수율은 13% 이하에 적합하여야 한다.

## 3. 실험개요

### 3.1 실험계획

본 연구는 건조하지 않은 습윤깻벌을 일정량 혼입하여 실험을 진행하였으며, 물-시멘트비는 벽돌의 물-시멘트비 기준인 35% 이하로 하였다. 습윤깻벌을 잔골재 양의 일정량 혼입한 시멘트 모르타르를 제작하여 재령별 압축강도 및 재령 28일 인장강도를 확인하였다. 또한, 벽돌의 취성적인 정도를 파악하기위해 모르타르의 취도계수를 분석하였다. 그에 따른 실험계획을 나타낸 것은 Table 1과 같으며, 모르타르의 배합사항은 Table 2와 같다.

Table 1. Experimental design

Experimental factors		Experiment level	
Mixing detail	W / C	30 %	
	C : S	1:6, 1:7, 1:8, 1:9, 1:10	
	Displacement ratio of moist mud (%)	100, 90, 80, 70, 60, 50	
	Curing method	Water curing (21 °C)	
Experiment category	moist mortar	Flow test	
		Chloride test	
	Hardening mortar	Compressive strength test	Material age 3, 7, 14, 28
		Tensile strength test	Material age 28
		fragility factor	

Table 2. Mixing design table

W / C (%)	Mixing ratio	Replacement ratio of moist mud flat (%)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )			
			W	C	S	M (Mud)
30	1:6	100	102	338	0	2030
		90			203	1827
		80			406	1624
		70			609	1421
		60			812	1218
		50			1015	1015
	1:7	100	90	299	0	2093
		90			209	1884
		80			419	1674
		70			628	1465
		60			837	1256
		50			1047	1047
	1:8	100	80	268	0	2144
		90			214	1930
		80			429	1715
		70			643	1501
		60			858	1286
		50			1072	1072
	1:9	100	73	243	0	2184
		90			218.4	1965.6
		80			436.8	1747.2
		70			655.2	1528.8
		60			873.6	1310.4
		50			1092	1092
1:10	100	67	222	0	2220	
	90			222	1998	
	80			444	1776	
	70			666	1554	
	60			888	1332	
	50			1110	1110	

갯벌은 기존 연구에서 바이더로 사용 시 문제가 있는 것으로 나타나 잔골재 치환으로 사용하였다. 또한, 잔골재 배합량의 일부를 치환하는 것으로 표건상태인 잔골재의 상태와 동일한 조건으로 실험하기 위해 갯벌을 표건상태로 맞춰 실험을 진행하였다. 절건상태 갯벌과 습윤상태 갯벌의 수분 함유율을 비교한 결과 수분은 약 28% 함유되어 있는 것으로 나타났다.

### 3.2 사용 재료

본 연구의 사용재료는 Table 3과 같다.

Table 3. Using materials

Material	Characteristic
Cement	S corp's normal portland cement Density : 3.15 g/cm <sup>3</sup>
Fine aggregate	Standard sand from S N L corp's (France)
Moist mud flat	moist mud (Yeongjongdo coast) Density : 2.6 g/cm <sup>3</sup>
Water	Drinking water as possible of Incheon

표준사는 ISO 679의 프랑스 S.N.L사 표준사를 사용(6)하였으며, 갯벌은 건조시키지 않은 채취한 상태 그대로의 습윤갯벌을 표건 상태로 하여 실험을 실시하였다. 사용 재료의 물리 및 화학적 성질은 Table 4 ~ 8과 같다.

갯벌의 경우 건조한 후 분쇄하여 조립률을 분석한 결과 0.15mm 체의 90%이상 통과하는 것으로 나타났다.

Table 4. Physical properties of cement

Density (g/cm <sup>3</sup> )	Fineness (g/cm <sup>3</sup> )	Stability	Setting time (minute)		Compressive strength (MPa)		
			Initial set	End	3days	7days	28 days
3.15	3 468	0.08	230	352	34.5	41.6	51.1

Table 5. Chemical properties of cement

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
21.09	4.84	63.85	3.32	3.09	1.13	0.29	2.39

Table 6. Particle-size distribution of standard sand

Square mesh size (mm)	Cumulative retained (%)
0.08	99 ± 1
0.16	87 ± 5
0.50	67 ± 5
1.00	33 ± 5
1.60	7 ± 5
2.00	0

Table 7. Chemical properties of moist mud flat (weight %)

C	O	Na	Si	Cl	K
13.86	49.29	4.63	20.81	3.31	1.15
Ca	Ti	Fe	Al	Zn	
0.25	0.29	2.80	7.97	1.87	

Table 8. Mineral composition of mud flat

Rating	1	2	3	4
Mineral	Quartz	Feldspar	Sericite	Monmorillo-nite
Rating	5	6	7	8
Mineral	Hypothetical silica	Amphibole	Chlorite	Lepidomelane

### 3.3 실험 방법

본 연구의 실험방법으로는 굳지 않은 모르타르의 플로우 시험은 KS L 5111에 의거하여 실시하였으며, 염화물 함유량 시험은 KS F 2715에 의거 염화물 측정기를 사용하여 실험을 실시하였다.)

경화 모르타르 시험으로는 압축강도의 경우 50 × 50 × 50 mm의 큐브형 몰드를 사용하여 시험을 실시하였으며, 인장강도의 경우 ∞자형 몰드를 사용하여 시험을 진행하였다. 압축 및 인장강도의 측정은 3회 실시하여 평균값으로 나타내었다.

### 3.4 모르타르의 배합

모르타르의 배합으로는 잔골재량의 일부를 치환하는 습윤갯벌을 잔골재와 먼저 배합하여 덜어놓은 후 기존의 모르타르의 배합 방법과 같이 배합한다. 잔골재와 갯벌의 배합은 총 2분으로 하였으며, 기본 배합은 총 4분으로 진행하였다. Figure 1은 모르타르의 배합 방법을 나타낸 것이다.

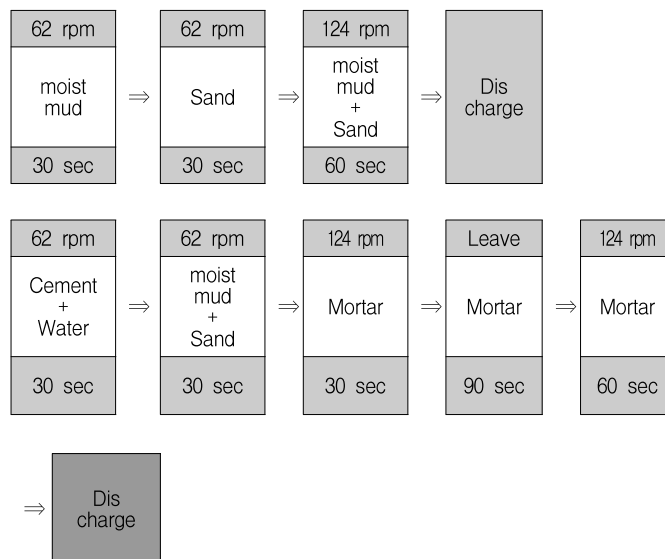


Fig. 1. Mixing of mortar

## 4. 실험결과 및 분석

### 4.1 플로우 실험

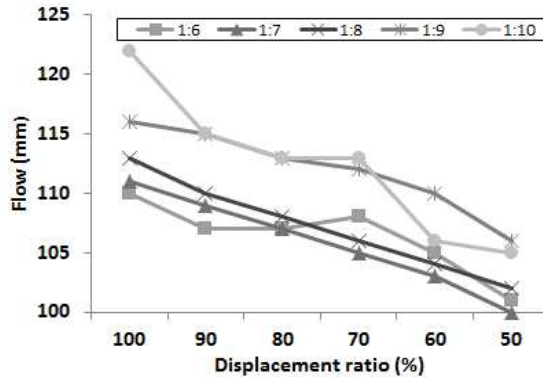


Fig. 2. Result of flow test

굳지 않은 모르타르의 특성을 살펴보기 위해 먼저 플로우 실험을 진행하였으며, 플로우 실험 결과는 Figure 2와 같다. 배합비 별 습윤갯벌을 잔골재량에 일정량 치환한 모르타르의 플로우 측정결과 시멘트가 빈배합이 될수록 또한 골재에 습윤갯벌이 많이 혼입 될수록 플로우 값이 증가하는 것으로 나타났다. 이 중 배합비 1:10에서 갯벌이 잔골재량의 전량 치환되었을 경우 플로우 값은 122 mm로 가장 큰 것으로 나타났다. 또한, 갯벌의 치환율을 변화시켜 플로우를 측정한 결과 습윤갯벌의 치환율이 감소할수록 플로우 값도 감소하는 것으로 나타났으며, 대부분 습윤갯벌의 치환율과 플로우값이 비례하여 감소하는 것으로 나타났다. 이 중 배합비 1 : 7의 습윤갯벌 치환율 50 %의 시험체가 가장 낮은 플로우 값을 나타냈다.

### 4.2 염화물 함유량 실험

염화물 함유량 측정결과는 Figure 3과 같다.

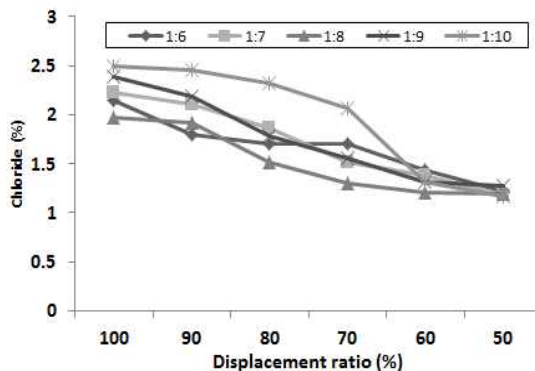


Fig. 3. Result of chloride test

염화물 함유량 측정결과 모든 배합비에서 습윤갯벌의 치환율이 낮을수록 염화물 함유량 역시 감소하는 것으로 나타났다. 측정결과 중 배합비 1 : 10일 때 갯벌 치환율 100 %에서 염화물 함유량이 2.49 %로 가장 높은 것으로 나타났다. 염화물 함유량 측정결과 중 배합비 1 : 6에서 습윤갯벌 치환율 80 %가 70 %보다 낮게 나타났다. 이것은 모르타르에서 염분이 뭉쳐있는 곳을 측정하여 70 %가 더 높게 나타난 것으로 판단된다. 배합비 1 : 10에서는 습윤갯벌 치환율 70 %와 60 %에서 염화물

함유량이 급격하게 감소하는 것으로 나타났는데, 이것 역시 염분이 물려있어 급격한 변화를 나타낸 것으로 판단된다. 염화물 함유량 분석을 통해겉별내의 염분 함유량이 높은 것으로 나타났다. 따라서 철근을 사용하는 구조체에는 사용이 어려울 것으로 판단되며, 내부마감재 및 벽돌 등의 제품에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

### 4.3 경화 모르타르

#### (1) 압축강도 시험

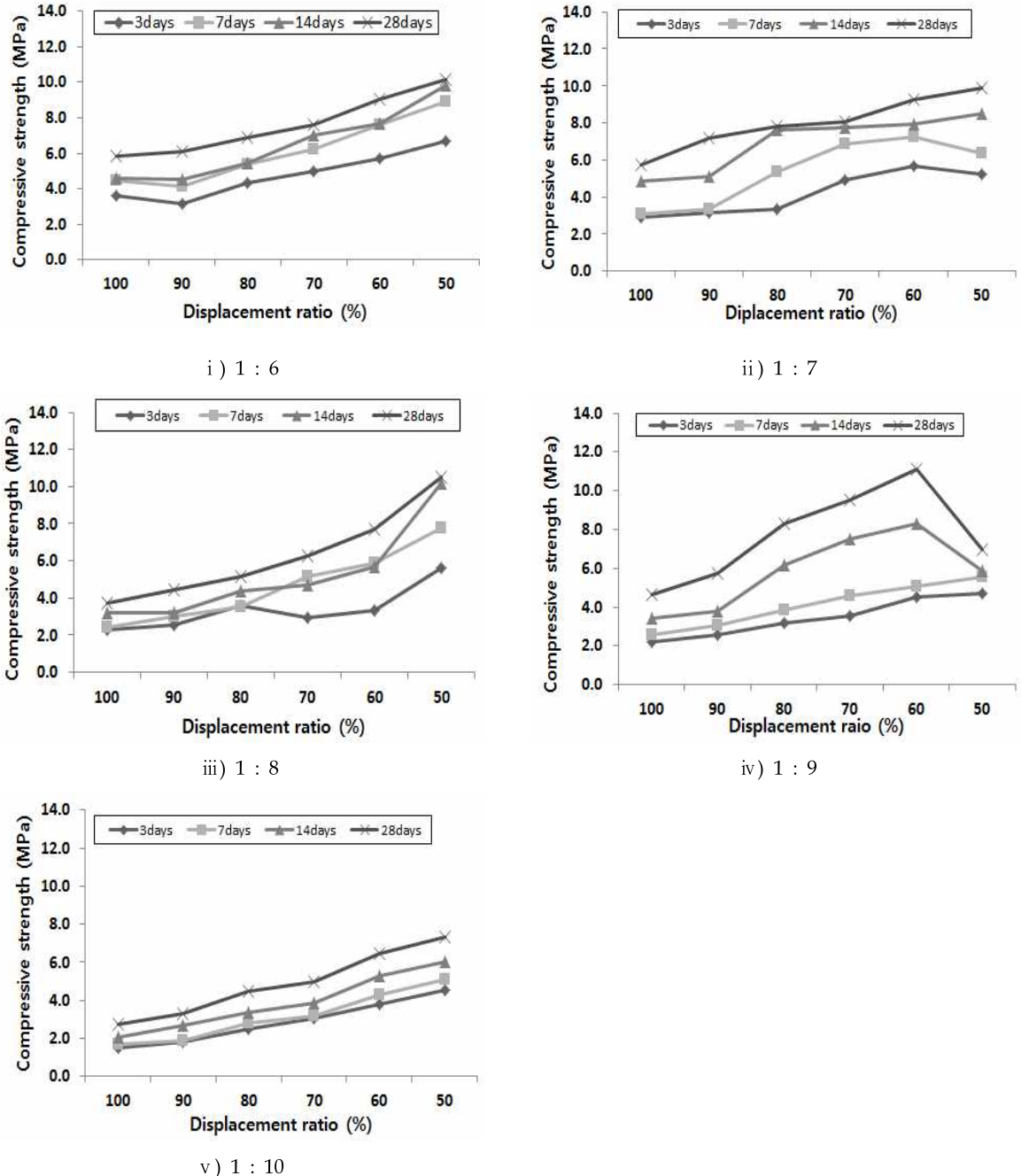


Fig. 4. Result of compressive strength

모르타르의 재령별 압축강도를 측정한 결과는 Figure 4와 같다.

압축강도 측정결과 대부분의 배합비에서 갯벌의 치환율이 증가할수록 압축강도가 저하되는 현상을 나타냈다.

배합비 1 : 6에서는 습윤갯벌 치환율 50 %에서 10 MPa로 가장 높은 강도를 나타냈으며, 1 : 7에서는 치환율 50%에서 10 MPa, 1 : 8에서는 치환율 50%에서 10 MPa, 1 : 9에서는 치환율 40%에서 11 MPa, 1 : 10에서는 치환율 50%에서 7 MPa로 가장 높은 강도를 나타냈다.

배합비 중 1 : 9를 제외한 모든 배합비에서 습윤갯벌 치환율 50 %에서 가장 높은 강도를 나타냈으며, 배합비 1 : 9에서는 습윤갯벌 치환율 60 %가 가장 높은 강도를 나타냈다. 배합비 1 : 9가 1 : 8보다 압축강도가 높게 나타나고, 갯벌치환율 60%의 값이 큰 것은 실험오차와 습윤갯벌이 혼입된 빈배합에서는 표준 모르타르 혼합 방법의 적용에 문제가 있는 것으로 분석되며, 혼합 방법에 대한 추가적인 연구가 필요 할 것으로 판단된다.

배합비 별 압축강도를 측정한 결과 시멘트 벽돌 기준 압축강도인 8 MPa 이상의 강도를 나타낸 것은 배합비 1 : 6에서는 습윤갯벌 치환율 50, 60 %이며, 1 : 7에서는 70, 60, 50%, 1 : 8에서는 50%, 1 : 9에서는 80, 70, 60%에서 8 MPa이상의 강도를 발현하였다. 그러나 배합비 1 : 10에서는 8MPa 이상의 강도를 발현하지 못하였다.

### (2) 인장강도 시험

배합비 별 재령 28일 인장강도를 측정한 결과는 Figure 5와 같다.

인장강도 측정결과 습윤갯벌의 치환율이 증가할수록 인장강도는 저하하는 것으로 나타났다. 재령 28일 기준 인장강도는 배합비 1 : 7의 습윤갯벌 치환율 50 %에서 1.9 MPa로 가장 높은 강도를 나타냈으며, 치환율 80 ~ 70 %에서는 강도 증가율이 큰 것으로 나타났다. 이 외의 배합비 1 : 6에서는 1 : 7에 비해 약 16.5%정도 강도가 감소하는 것으로 나타났으며, 1 : 8, 1 : 9, 1 : 10에서는 인장강도가 유사한 것으로 나타났다.

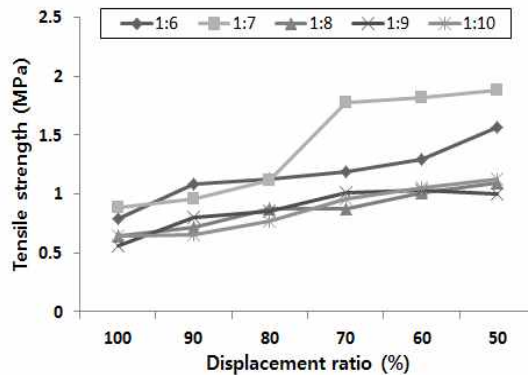


Fig. 5. Result of tensile strength

### (3) 취도계수

벽돌의 취성을 파악하기위해 모르타르의 취도계수를 분석하였으며, Figure 6은 배합비 별 습윤갯벌 치환율에 따른 취도계수를 나타낸 것이다.

취도계수의 경우 배합비 1 : 9의 습윤갯벌 치환율 60%에서 10.8로 가장 큰 값을 나타내어 가장 취성적인 것으로 나타났으며, 치환율 50%에서 7.0으로 값이 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 압축강도가 습윤갯벌 치환율 50 %에서 급격하게 감소하기 때문인 것으로 판단된다. 배합비 1 : 6에서는 습윤갯벌 치환율 100%에서 7.4로 가장 큰 값을 나타냈다. 배합비 1 : 7에서는 습윤갯벌 치환율 90%에서 7.5로 가장 큰 값을 나타냈으며, 습윤갯벌 치환율 80%에서 70%사이 취도계수가 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 배합비 1 : 8에서는 습윤갯벌 치환율 50 %에서 9.3으로 가장 큰 값을 나타냈으며, 배합비 1 : 10에서는 습윤갯벌 치환율이 감소할수록 취도계수가 증가하는 것으로 나타났다.



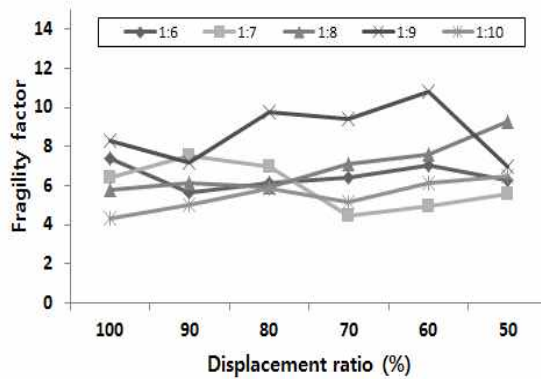


Fig. 6. Result of fragility factor

취도계수의 범위는 4.3 ~ 10.8을 나타내었는데, 압축강도가 낮은 보통 시멘트 콘크리트의 값인 11에 비교하면 낮은 값을 나타내어 취성이 적음을 알 수 있었다. 또한, 습윤갯벌의 혼입은 취도계수에 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

취도계수의 범위가 크게 나타났는데, 이것은 혼합 시 오차에 따른 것으로 추정되며, 점성이 있는 습윤갯벌 혼입에 따른 배합방법에 대하여 추가적인 연구가 필요 할 것으로 분석된다.

## 5. 결론

잔골재를 습윤갯벌로 치환한 시멘트 모르타르의 물리적 특성을 규명하기 위한 기초적 연구를 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 플로우 값은 시멘트가 빈배합이 될수록 또한 골재 대신에 습윤갯벌 치환율이 높을수록 증가하는 경향을 나타냈다. 목표 플로우 값은 벽돌제조에 맞게 조정하였다. 이 중 배합비 1 : 10에서 갯벌이 잔골재량의 전량 치환되었을 경우 플로우 값은 122 mm로 가장 큰 것으로 나타났다.
- (2) 염화물 함유량 측정결과 모든 배합비에서 습윤갯벌의 치환율이 높을수록 염화물 함유량이 증가하는 경향을 보였다. 측정결과 중 배합비 1 : 10일 때 갯벌 치환율 100 %에서 염화물 함유량이 2.49 %로 가장 높은 것으로 나타났다. 습윤갯벌 자체의 염분 함유량이 높아 내부마감재 및 치장벽돌 등의 제품에 활용이 가능할 것으로 사료된다.
- (3) 압축강도 측정결과 습윤갯벌 치환율 50%이상에서는 갯벌이 많이 혼입 될수록 저하되는 것으로 나타났다. 배합비 중 1 : 9를 제외한 모든 배합비에서 습윤갯벌 치환율 50 %에서 가장 높은 강도를 나타냈으며, 배합비 1 : 9에서는 습윤갯벌 치환율 60 %가 가장 높은 강도를 나타냈다. 이 중 배합비 1:9가 1:8보다 압축강도가 높게 나타나고, 갯벌치환율 60%의 값이 큰 것은 실험오차와 습윤갯벌이 혼입된 빈배합에서는 표준 모르타르 혼합 방법의 적용에 대하여 습윤갯벌의 점성 때문에 습윤갯벌 및 시멘트의 분산의 문제가 있는 것으로 분석된다.
- (4) 인장강도 측정결과 습윤갯벌의 치환율이 감소할수록 인장강도는 증가하는 것으로 나타났다. 재령 28일 기준 인장강도는 배합비 1 : 7의 습윤갯벌 치환율 50 %에서 1.88 MPa로 가장 높은 강도를 나타냈으며, 치환율 80 ~ 70 %에서는 강도 증가율이 큰 것으로 나타났다. 이 외의 배합비 1 : 6에서는 1 : 7에 비해 약 16.5 %정도 강도가 감소하는 것으로 나타났으며, 1 : 8 ~ 1 : 10에서는 약 40 ~ 47 %정도 강도가 감소하는 것으로 나타났다.
- (5) 취도계수는 4.3 ~ 10.8로 나타났는데 저강도 시멘트 콘크리트보다 낮게 나타나 취성이 적은 특성이 있는 것으로 나타났다.

## 감사의 글

이 논문은 인천대학교 2016년도 자체연구비지원에 의하여 수행된 연구 결과이며 이에 감사드립니다.

## References

- K.S Keum, (2002). An Experimental Study on the Properties of Concrete replaced and mixed with Mud. master's thesis, university of Hanbat.
- Korean mud flat. (1998). Ministry of Oceans and Fisheries.
- J.S Lee, A Fundamental Study on the Properties of Cement Mortar mixed with Mud. master's thesis. university of Hanbat.
- M.G An, (2002)An Experimental Study on the Properties of Concrete mixed with Fly Ash and Mud, master's thesis. university of Hanbat.
- S.H Yang, H.D Kim, (2015). A study on the fire resistance characteristics of mud flat mortar. Journal of the Korea society of disaster information Vol.11 No.4, pp.589-596
- S.H Yang, Y.Y Kang, (2016). A fundamental study about the applicability of concrete admixture and filler of mud flat. Journal of the Korea Institute of Building Construction, Vol. 16, No. 6. pp.571-578.
- S.N.L. Certified in accordance with EN 196-1 conforming to ISO 679 sand for strength measurements.
- H.D Kim, (2015). An Experimental Study on the Mechanical Properties of Eco-Mortar Using Mud flat. master's thesis. Incheon National University.
- Korea Concrete Institute. (2011). Concrete engineering. Gimundang, Chapter 2, Concrete material.
- S.H Yang , H.Y Lee, (2017). The characteristics of mortar according to the water cement ratio and mudflat replacement ratio. Journal of the Korea Institute of building Construction, Vol.17 No.3, pp. 227-234.