

동물성 첨가제가 모르타르 및 콘크리트의 기초 물성에 미치는 영향

Effects of Animal Additives on the Fundamental Properties of Mortar and Concrete

(Received March 23, 2012 / Revised April 13, 2012 / Accepted April 13, 2012)

송진우¹⁾* 문승권¹⁾

¹⁾공주대학교 건설환경공학부

Jin-Woo Song¹⁾ Seung-Kwon Moon¹⁾

¹⁾Department of Civil & Environmental Engineering, Kongju National University, Cheonan, 330-717, Korea

Abstract

The study was conducted to determine the effects of adding pig blood as an admixture to both mortar and concrete. The mortar tests included the determination of its unit weight, flow and its compressive strength. Moreover, the concrete test includes the determination of air content, slump, bleeding, setting time compressive strength and freeze-thaw resistance of the material. As the test result, the utilization of pig blood, as an additive to both mortar and concrete mixtures causes air entrainment. The mortar flow increased and both the unit weight and the compressive strength of mortar decreased. As the blood replacement rate increases, the air content decreases over time, the setting and amount of bleeding showed a tendency to decline and reduced compressive strength, and the freeze-thaw resistance of the concrete increased.

키워드 : 동물성 혼화제, 돈혈, 공기연행

Keywords : Animality Admixture, Pig's Blood, Air Entertainment

1. 연구의 목적

콘크리트는 시멘트와 물 그리고 골재 이외에 혼화재료를 사용하여 만든다. 혼화재료에는 그 사용량의 다소에 의해 혼화제와 혼화제로 구분되며, 이중 혼화제는 그 자체의 용적이 콘크리트나 모르타르에 혼합 시 삽입되지 않는 것을 말한다. 혼화제는 분산작용, 습윤작용 및 기포작용에 의해 단위수량을 감소시켜 콘크리트의 워커빌리티를 개선시킬 뿐만 아니라, 동결융해 저항성을 향상시켜 콘크리트의 품질을 향상시키기에 오늘날 혼화제 첨가는 콘크리트 기술에 매우 필요한 요소가 되었다.

화학 혼화제는 1930년 후반 AE제가 발견되고 1944년의 ASTM에 AE포틀랜드시멘트의 표준모르타르 실험방법이 제정된 이후 크게 발전하였지만^{1,2)}, 고대의 사람들은 이미 콘크리트에 여러 가지 혼화재료를 사용하여 구조물을 만

들었다. 문헌에 따르면 고대의 로마인들은 콘크리트에 동물의 지방, 동물의 혈액, 우유 등의 동물성 혼화재료 사용하였다는 보고가 있으며^{3,4,5)}, 중국에서는 만리장성을 축조할 때, 석회를 반죽하여 찹쌀가루와 섞어 사용하였다는 보고가 있다⁶⁾. 또한 근래에도 고대에 사용한 동물성 혼화재료 중 동물혈액을 이용하여 콘크리트용 혼화제의 개발에 보고되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 고대 사람들이 콘크리트에 사용한 첨가제 중 동물혈액이 콘크리트 성질에 어떠한 영향을 주는지 확인하기 위해 모르타르와 콘크리트 실험을 실시하여, 특성을 파악하고 콘크리트 혼화제로서의 그 활용성을 검토하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

* Corresponding author

E-mail: caller09@kongju.ac.kr

본 연구에서는 모르타르 실험과 콘크리트 실험을 실시하였고, 모르타르 실험은 Table 1, 콘크리트 실험은 Table 2와 같다.

먼저, 모르타르 실험은 C:S를 1:3으로 계획하고 동물성 첨가제의 사용량은 시멘트량에 대한 첨가율 0, 2, 4, 6, 8, 10%의 6수준으로 하고, 콘크리트 실험은 W/C 40, 50% 2수준을 계획하고 동물혈액의 사용량은 시멘트량에 대한 첨가율 0, 2, 4, 6%의 4수준으로 하였으며, 목표 슬럼프는 100±10mm, 공기량은 2, 4, 5, 6%의 배합으로 실시하였다. 모르타르 실험과 콘크리트 실험에서 단위수량은 모두 동일하게 배합하기 위해서 시멘트량에 대한 동물성 첨가제 량만큼 단위수량을 감소시켜 실험을 실시하였다.

2.2 사용재료

시멘트는 규격 KS L 5201의 보통 포틀랜드 시멘트(밀도 : 3.15 g/cm³, 분말도 : 3 302 cm²/g)를 사용하였다.

모르타르 실험의 골재는 규격 KS L ISO 679 시멘트강도 실험용 표준사 (밀도 : 3.15 g/cm³)를 사용하였고 콘크리트 실험의 잔골재는 밀도 2.55 g/cm³의 천연모래와 굵은 골재는 밀도 2.59 g/cm³의 부순돌을 사용하였다.

동물성 첨가제는 돈혈(豚血)을 사용하였다.

Table 1. Experimental plan of mortar

No.	W/C (%)	Unit Weight(kg/m ³)			Blood (CX%)	Test items
		W	C	S		
1	50	167	334	100	0	<ul style="list-style-type: none"> Flow Compressive Strength 7, 28days Unit weight
2					2	
3					4	
4					6	
5					8	
6					10	

Table 2. Experimental plan of concrete

No.	W/C	S/a (%)	Blood (CX%)	W (kg/m ³)	Slump (mm)	Air content (%)	Test items
A-1	40	45	0	212	100±10	2	<ul style="list-style-type: none"> Air Content Slump Bleeding Setting time Compressive Strength 7, 28days Resistance to freezing and thawing
A-2		44	2	180		4	
A-3		43	4	175		5	
A-4		42	6	170		6	
B-1	50	47	0	212		2	
B-2		46	2	180		4	
B-3		45	4	175		5	
B-4		44	6	170		6	

2.3 실험 방법

2.3.1 모르타르 실험

모르타르 실험으로 돈혈은 처음에 별도로 질량을 측정 후에 물과 혼합하여 KS L 5109 규격에 따라서 모르타르 혼합을 실시하였다.

(1) 모르타르 단위질량 측정

Fig. 1은 모르타르의 단위질량을 측정하는 방법으로서 1000ml 매스실린더에 굳지 않은 모르타르를 채워 질량을 측정하는 방법이다. 매스실린더에 굳지 않은 모르타르를 넣으면서 생기는 모르타이 사이에 공극을 제거하기 위해서 바닥에 수건을 놓고 매스실린더를 수건 위에서 다짐하고 1000ml까지 모르타르를 가득 채우고 매스실린더 입구에 묻은 모르타르를 모두 제거한 후 질량을 측정하였다.



Fig. 1 Measurement of unit weight

(2) 모르타르 플로우 실험

굳지 않은 모르타르의 실험으로 플로우 실험을 KS L 5111규격에 따라 실시하였다.

(3) 모르타르 압축강도

경화 모르타르 실험으로 압축강도 실험은 KS L 5105 규격에 의하여 압축강도용 실험체를 제작하고, 수중 양생한 후 재령 7일, 28일 강도를 측정하였다.

2.3.1 콘크리트 실험

굳지 않은 콘크리트 실험으로 슬럼프, 공기량 측정은 KS F 2402, KS F 2421 규격에 의하여 실시하였으며, 시간의 경과에 따른 공기량은 총 90분 동안 30분마다 3회에 걸쳐서 경시변화를 측정하였다.

응결시간은 5mm체를 통과한 모르타르를 이용하여 KS F 2436 규격에 준하여 측정하였다.

블리딩 실험은 KS F 2414 규격에 의거하여 실시하였으며, 콘크리트 압축강도는 KS F 2405의 규격에 따라 $\varnothing 100 \times 200\text{mm}$ 압축강도 실험용 공시체를 제작하여 수중양생한 후 재령 7일과 28일 강도를 측정하였다.

콘크리트 동결융해저항 실험은 KS F 2456 규격에 따라 수중 급속융해 실험방법을 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 모르타르 실험

3.1.1 모르타르 단위질량

Fig. 2는 돈혈 첨가율에 대한 모르타르의 단위질량을 나타낸 그래프이다.

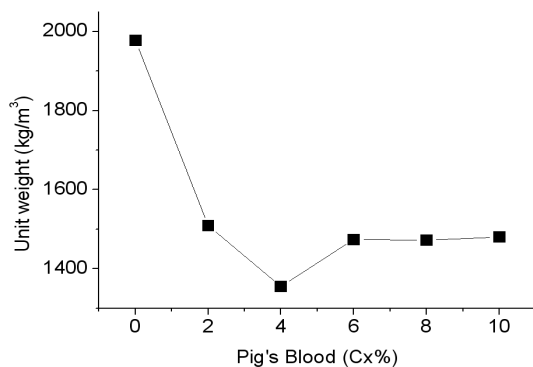


Fig. 2 Test results of unit weight

돈혈을 첨가하지 않은 모르타르가 단위질량 값이 1978kg/m^3 으로 가장 크게 나타났고 돈혈 첨가율이 증가할

수록 단위질량이 감소하는 것으로 나타났다. 돈혈 첨가율 4%에서 단위질량이 1355kg/m^3 로 가장 작게 나타났고 첨가율 6, 8, 10%에서는 1474, 1440, 1480kg/m^3 으로 나타났다.

3.1.2 모르타르 플로우

Fig. 3은 모르타르 플로우를 나타낸 것이다. 돈혈을 첨가하지 않은 모르타르의 플로우 값은 113mm로 나타났고 돈혈 첨가율 2, 4, 6, 8, 10%의 플로우 값은 $180 \pm 10\text{mm}$ 범위의 값이 나타났다.

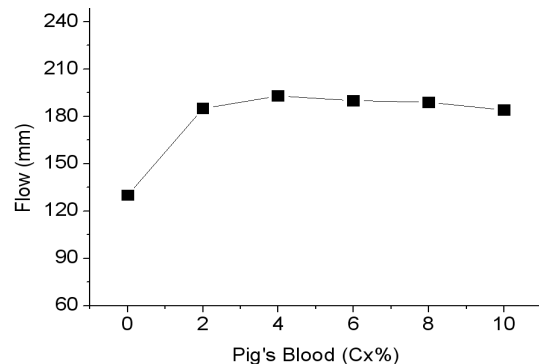


Fig. 3 Test results of flow

3.1.3 모르타르 압축강도

Fig. 4와 Fig. 5는 돈혈 첨가율에 대한 경화 모르타르의 재령 7일과 28일의 압축강도를 나타낸 그래프이다.

재령 7일의 압축강도는 돈혈을 첨가하지 않았을 때 15.9MPa의 강도가 나타났다. 돈혈 첨가율 4%까지의 압축강도는 55~75%로 감소하는 경향이 나타났고, 첨가율 6, 8, 10%는 8.3MPa~9.1MPa의 범위의 강도가 나타났다.

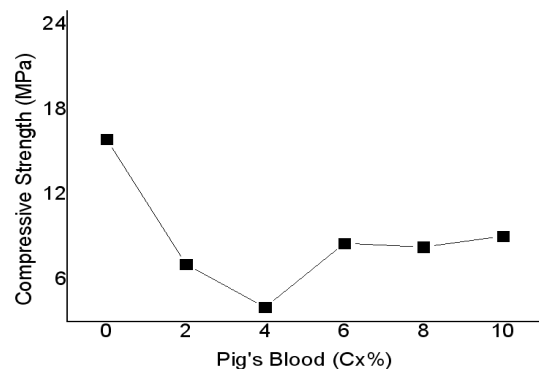


Fig. 4 Test results of compressive strength (7days)

한편, 재령 28일 압축강도는 돈혈 첨가율 0% 일 때, 45.9MPa의 강도가 나타났으며, 첨가율 2, 4%에서는 20.8, 13.6MPa의 강도가 나타났다. 나머지 첨가율 6, 8, 10%에서는 28.7, 29.3, 30.3MPa의 강도가 나타났다.

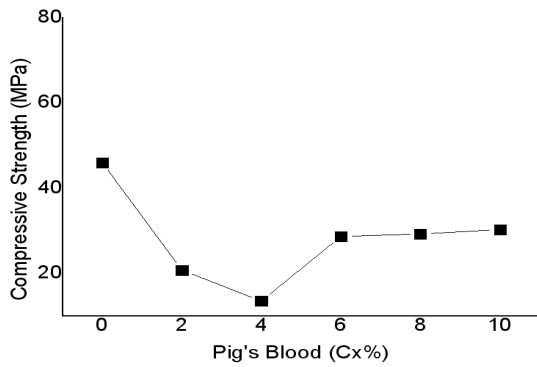


Fig. 5 Test results of compressive strength (28days)

3.2 콘크리트 실험

3.2.1 공기량 실험

Fig. 6은 실험 초기의 공기량을 측정한 그래프이고, Fig. 7은 시간에 경과함에 따라 공기량 변화를 측정한 그래프이다. 공기량은 W/C 40%와 W/C 50%에서 돈혈 첨가율 0, 2, 4, 6%에서 각각 2, 4, 5, 6%의 수준으로 목표 공기량을 모두 만족하는 것으로 나타났다.

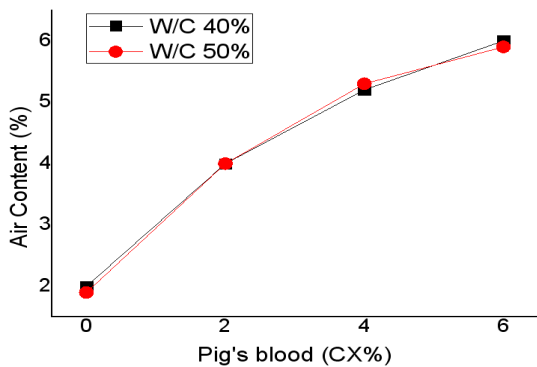


Fig. 6 Test results of air content

한편, Fig. 7과 같이 시간이 경과함에 따라서 공기량은 감소하는 경향이 나타내며, 돈혈 첨가율 2%와 4%은 초기 공기량보다 29%, 45%의 수준으로 감소하였고, 첨가율 6%에서는 62.5%가 감소되어 시간에 따라 공기량의 변화가 가장 크게 나타났다.

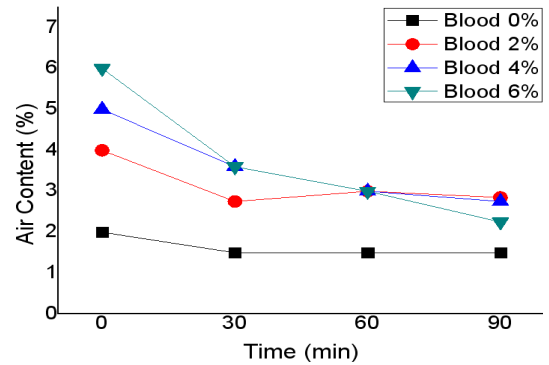


Fig. 7 Air content according to elapsed time(W/C=50%)

3.2.2 슬럼프

Fig. 8은 W/C 40%와 W/C 50%의 슬럼프를 나타낸 그래프이다. 슬럼프 값은 W/C 40%, 50%의 각 돈혈 첨가율 0, 2, 4, 6%에서 슬럼프 목표치인 100±10mm에 도달하는 것으로 나타났다.

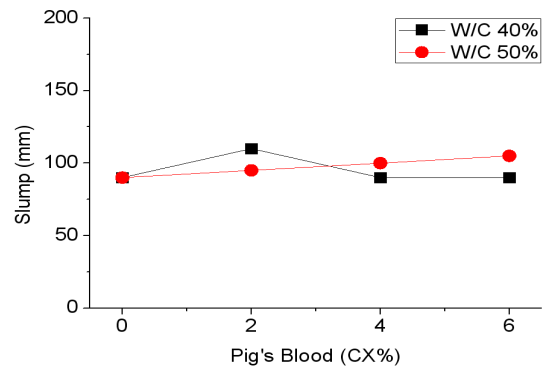


Fig. 8 Test results of slump

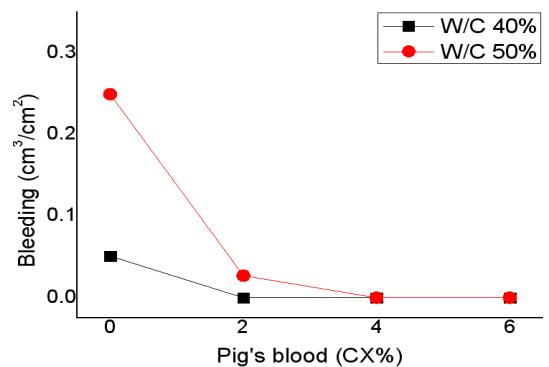


Fig. 9 Test results of bleeding

3.2.3 블리딩

Fig. 9는 W/C 40%와 50%의 블리딩량을 나타낸 그래프이다. W/C가 높을수록 블리딩량은 증가하며 돈혈 첨가율 4%이상 일 경우 W/C 40%와 50% 모두 블리딩수가 나타나지 않았다.

3.2.4 응결시간

Fig. 10과 Fig. 11은 W/C 40%와 50%의 응결시간을 나타낸 그래프이다. W/C 40%와 50%은 모두 초결 및 종결시간이 돈혈 첨가율이 높아질수록 증가되었으며, W/C 50%의 경우, W/C 40%보다 응결시간이 지연 되는 것으로 나타났다.

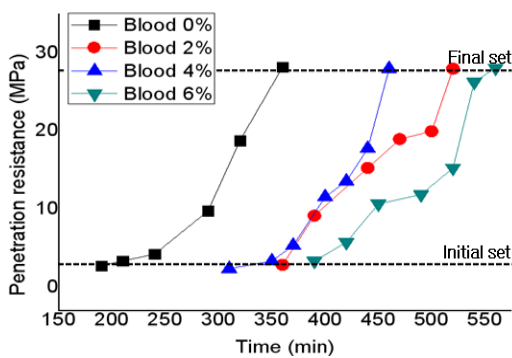


Fig. 10 Test results of setting time (W/C=40%)

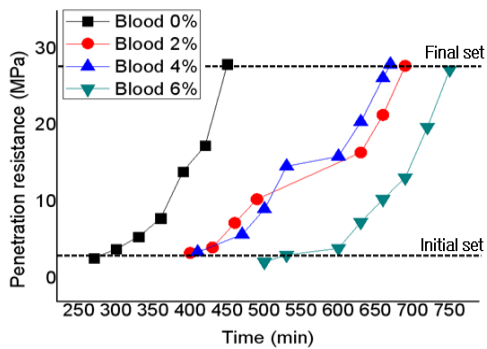


Fig. 11 Test results of setting time (W/C=50%)

3.2.5 압축강도

Fig. 12와 Fig. 13은 W/C 40%와 W/C 50%의 재령 7일과 28일 강도를 나타낸 그래프이다. W/C 40%에서 재령 7일에 압축강도는 첨가율 0, 2, 4, 6%에서 35.3, 11.5, 17.6, 19.4MPa로 돈혈 첨가율이 증가할수록 45~67%범위로 감소되는 것으로 나타났고, 재령 28일에 압축강도는 첨가율 0, 2, 4, 6%에서 44.9, 11.6, 20.8, 22.4MPa로 돈혈 첨가율이 증가할수록 50~74%범위로 감소되는 것으로 나타났다.

W/C 50%에서의 재령 7일에 압축강도는 돈혈 첨가율이 증가할수록 52~61%범위로, 재령 28일에는 58~65%범위로 감소하는 것으로 나타났다.

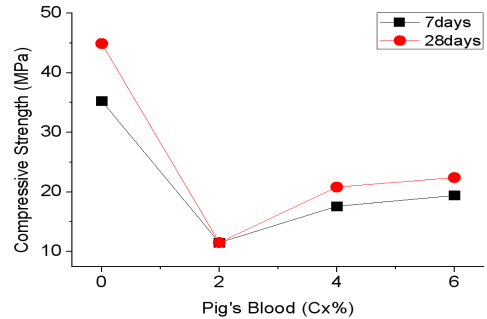


Fig. 12 Test results of compressive strength (W/C=40%)

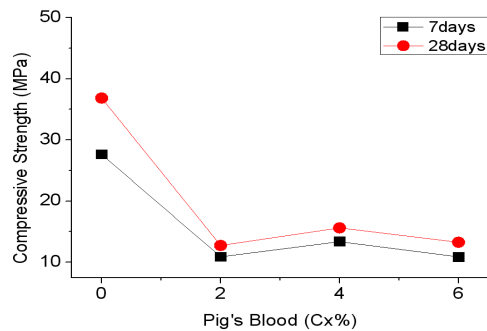


Fig. 13 Test results of compressive strength (W/C=50%)

3.2.6 동결융해 저항성

Fig. 14와 Fig. 15는 수중 급속융해 실험방법에 의해 콘 크리트의 동결융해실험을 실시한 결과로서 동결융해 150 사이클일 때까지의 상대동탄성계수를 비교한 것이다.

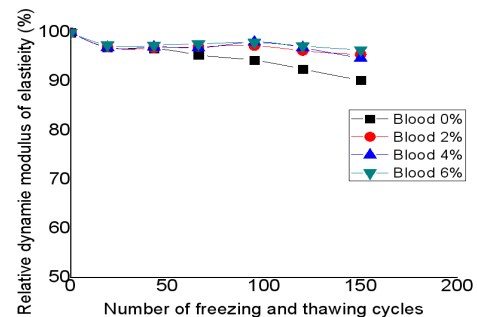


Fig. 14 Resistance to freezing and thawing (W/C 40%)

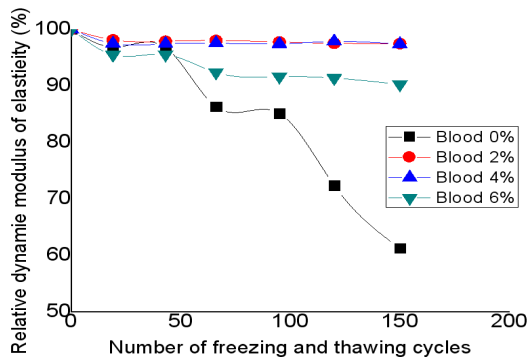


Fig. 15 Resistance to freezing and thawing(W/C 50%)

돈혈을 사용하지 않은 콘크리트는 동결융해 150 사이클에서 W/C 40%와 W/C 50% 콘크리트의 상대동탄성계수는 각각 90% 및 61%로서 물-시멘트비가 낮은 경우는 물-시멘트비가 높은 콘크리트에 비해 상대적으로 우수한 동결융해저항성을 나타냈다. W/C 40%에서는 돈혈의 사용량에 따라 상대동탄성계수의 차이가 크게 나타나지 않았으나 W/C 50%에서 보이는 바와 같이 돈혈 사용에 의해 콘크리트의 동결융해 저항성이 크게 개선되는 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 동물성 혼화제인 돈혈을 첨가한 콘크리트의 특성을 알아보고, 그 활용성을 검토하기 위해 모르타르 실험과 콘크리트 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1) 돈혈을 첨가하지 않은 모르타르의 단위질량은 1978kg/m^3 으로 나타났다. 돈혈 첨가율 2%와 4%의 경우 단위질량은 1509 , 1355kg/m^3 로 돈혈을 첨가하지 않은 모르타르에 비해 단위중량이 감소하였으나, 첨가율 6, 8, 10%에서는 첨가율 4%에 비해 1474 , 1440 , 1480kg/m^3 로 증가하였다.

2) 콘크리트의 압축강도는 W/C 40%, 50%에서 돈혈 첨가율 2%일 때, 가장 낮은 강도가 나타났으며, 돈혈 첨가율 5%, 6%에서는 불안정한 공기량의 변화로 인하여 첨가율 2%에 보다 높은 강도가 나타난 것으로 판단된다.

3) 돈혈은 콘크리트 속에서 공기연행작용을 가지며 그 결과 불리당량이 감소하는 효과가 나타났으며, 콘크리트의 내구성을 크게 개선시키는 효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나, 그 사용량이 많을수록 믹싱 후 경과시간에 따라 공기량이 감소가 크게 나타났으며 이는 오늘날 시판되고 있는 AE제와 비교하면 공기포의 안정성이 부족함을 보여준다.

참고문헌

1. 최재진, 재미있는 콘크리트 탐색, 발인, p.58, 2006
2. Lianxiang Du, Kevin J. Folliard, Mechanisms of air entrainment in concrete, Cement & Concrete Composites, 35, pp.1463-1471, 2005
3. A. Moropolou, A. Bakolas, S. Anagnostopoulou, Composite Materials in ancient Structures, Cement & Concrete Composites, 27, pp.295-300, 2005
4. Jozef Jasiczak, Krzysztof Zielinski, Effect of protein additive on properties of mortar, Cement & Concrete Composites, 28, pp.451-457, 2006
5. Zongji Lj, Advanced Concrete Technology, Hoboken, N.J : Wiley, pp.36-49, 2011
6. Joseph R. O'Neill, The Great Wall of China, Essential Library, p.78, 2009

동물성 첨가제가 모르타르 및 콘크리트의 기초 물성에 미치는 영향

본 연구는 모르타르와 콘크리트에 첨가제로서, 돈혈을 혼합하였을 때 물성에 미치는 영향을 알아보기 위해 실험을 실시하였다. 모르타르 실험에는 단위질량, 플로우, 압축강도 실험을 실시하였고, 콘크리트 실험에는 공기량, 슬럼프, 블리딩, 응결시간, 압축강도, 동결융해저항성 실험을 실시하였다. 실험 결과로서, 돈혈을 모르타르와 콘크리트에 첨가하면 공기연행효과를 가지는 것으로 나타났다. 모르타르 실험에서는 플로우 값은 증가하며, 단위중량은 감소하고, 압축강도는 공기연행에 의해 감소하였다. 콘크리트 실험에서는 돈혈을 첨가하였을 때 공기연행효과로 공기량은 증가하나, 시간이 경과함에 따라 공기량이 감소하는 경향이 있으며, 응결시간이 지연되고, 블리딩량은 감소하는 경향을 보이는 것으로 나타났다. 콘크리트의 압축강도는 공기연행작용으로 인하여 강도가 감소하며, 동결융해 저항성은 향상되는 효과가 있는 것으로 나타났다.