

부순모래의 표면형상이 모르터의 물성에 미치는 영향

A Study on the Influence of the Physical Properties of Mortar on Surface Shape of Crushed Sand

이 승 한* 김 종 인** 윤 용 호*** 한 형 섭****
Lee, Seung-han Kim, Jong-In Yun, Yong-ho Han, Hyung-Sub

ABSTRACT

This study is aimed for investigating the influence of mortar on improved of surface shape of crushed sand, and analyzing the physical properties of fresh state and hardened state.

By the test results, it was found that the flow value and bleeding ratio was increased, but the change of flow value according to time was decreased with the improved surface shape of crushed sand.

Also, comparing improved of surface shape of crushed sand with not improved of surface shape of crushed sand on strength, compressive strength is about the same and flexural strength decrease in case of improved of surface shape of crushed sand

1. 서론

골재는 콘크리트 체적의 대부분을 차지하고 있어 콘크리트 품질에 직접적인 영향을 미치는 주요한 요소이다. 그 동안 국내에서 공급되어온 천연골재의 고갈현상이 심각해짐에 따라 새로운 대체자원을 확보하기 위한 대책이 요구되어 왔다. 이들 대책중 하나인 부순모래는 콘크리트 제조상 품질관리면에서 유리하고 시멘트 페이스트와의 부착강도가 커 콘크리트 강도를 증가시키고, 천연모래의 미분말과 달리 암석질의 미분말로 미분말 효과에 의해 콘크리트 강도를 증가시키는 등 여러 장점¹⁾을 가지고 있다.

그러나 이들 부순모래는 천연 강모래에 비하여 입형이 거칠고 입도분포의 불량으로 인한 유동성 약화로 소요의 유동성을 확보에는 단위수량이 증가하고 흐름값의 경시변화가 커지는 결점을 가지고 있다.

-
- 1) * 정회원, 계명대학교 토목공학과 교수
 - 2) ** 정회원, 대구대학교 토목공학과 교수
 - 3) *** 정회원, 계명대학교 토목공학과 박사과정
 - 4) **** 계명대학교, 토목공학과 석사과정

이에 본 연구에서는 모르터의 유동성 증진과 흐름값의 경시변화를 줄이기 위하여 사용할 부순모래의 입도 및 표면형상을 조절하여 Fresh상태의 물성 및 경화특성을 조사하여 고성능 콘크리트의 배합설계에 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 하고 있다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 잔골재는 낙동강에서 생산되는 천연사와 경북일원에서 생산되는 부순모래 3종을 사용하였다. 이들 잔골재의 물리적 특성은 다음의 표1과 같다.

표1. 잔골재의 물리적 성질

종류	산지	석질	표건중	절건중	흡수율 (%)	단위용적용 (g/cm ³)	실적용 (%)	조립율 (%)	씻기시험 (%)		
									0.15 (mm)	0.075 (mm)	
부순모래	습식	S 산	변성암	2.62	2.60	0.7	1640	63.0	3.09	4.14	2.56
	건식	K 산	화강암	2.63	2.61	0.8	1605	62.0	3.71	2.80	7.36
	건식	G 산		2.97	2.64	1.0	1710	57.0	3.77	2.28	4.02
천연사	낙동강	-		2.58	2.56	0.9	1560	61.0	2.71	1.0	1.47

또한 사용 골재는 입도분포에 따른 유동특성 및 블리딩 특성을 검토하기 위하여 그림1과 같이 미조정 입도와 그림2와 같이 조정입도를 사용하였다.

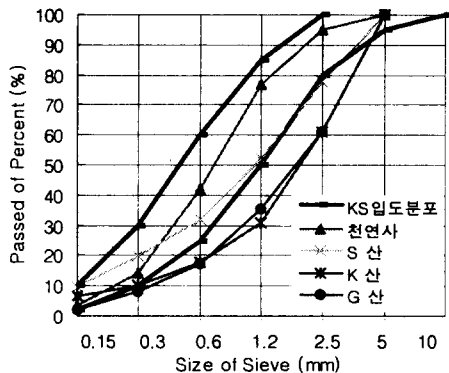


그림1. 천연사 및 부순모래의 입도곡선

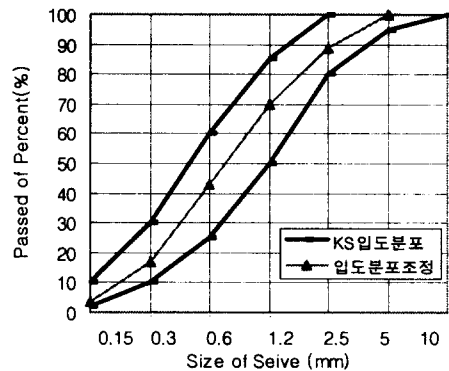


그림2. 입도조정시의 입도곡선 (F.M: 2.8)

2.2 실험계획

본 연구에서는 부순모래의 균지 않은 상태의 특성을 조사하기 위해 W/C를 50%로 고정하고 산지별로 입도를 조정하지 않은 것과 조립율이 일정하게 되도록 입도분포를 조정된 것으로 나누어 실시하였다. 또한 입형이 모르터의 물성에 미치는 영향을 검토하기 위해 고령산 부순모래에 대해서는 로스앤젤

레스 마모시험기에서 부순모래 4kg을 직경 16mm 쇠구슬 300개를 투입하여 2000회 회전시켜 입형을 조절하여 사용하였다.

골재의 입형을 표현하는 방법으로서 각 부순모래에 입자 30개를 채집하여 1개의 골재 형상에 있어서 제일 긴 쪽의 직경 a, 측면의 높이인 제일 짧은 직경 c와 a에 직교하는 중간경 b를 측정하였다.

각각 측정된 a, b, c에서 다음과 같이 구형율, 세장율, 방형율, 편평율을 구하였다²⁾.

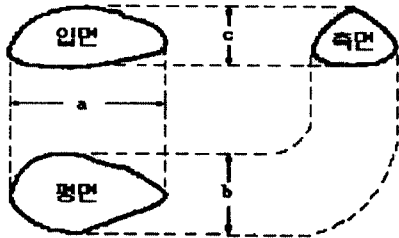


그림3. 골재의 입형측정

표2. 형상계수의 계산식²⁾

형상계수	계산식	평가방법
구형율	$\psi = \sqrt[3]{bc/a^2}$	클수록 입형 양호
세장율	$e = a/c$	작을수록 입형 양호
방형율	$s = a/b$	작을수록 입형 양호
편평율	$f = ab/c$	작을수록 입형 양호

2.3 공시체 제작

굳지 않은 상태의 실험은 KS F 2514에 따라 시멘트와 잔골재를 중량비 1:2.45로 하여 90초간 모르타 믹서로 혼합한 후 Flow Test를 실시하였으며 흐름값은 혼합후 0, 15, 30, 45, 60, 90분의 경시변화를 측정하였다. 또한 KS F 2414에 따라 블리딩 시험을 행하였다.

강도시험은 각 배합별로 4×4×16mm크기의 공시체 6개를 제작하여 1일후 탈형후 20±3℃의 양생조에서 표준양생을 실시하고 재령 7일, 28일에서 압축강도 및 휨강도를 측정하였다.

3. 결과 분석

3.1 경시변화

아래 표3에 부순모래의 산지별, 입형조정전후의 형상계수를 나타내었다.

표3. 부순모래의 형상계수

종류	산지	구형율	세장율	방형율	편평율	c/d	골재의 형상		
부순모래	습식	S 산	0.77	2.26	1.41	10.36	0.65	원반상	
	건식	K 산	0.73	2.75	1.46	13.53	0.58	원반상	
	건식	G 산	입형조정前	0.74	2.62	1.40	11.92	0.59	원반상
			입형조정後	0.78	1.99	1.42	11.61	0.73	구상

이 표에서 입형을 조절하지 않은 각 산지별 부순모래는 모두 골재의 형상이 원반상으로 평가되었으나, 세장율과 편평율에서 뚜렷한 차이를 보여 입형이 상이함을 나타내고 있다. 전체적으로는 입형 미조정인 경우 S산 부순모래의 입형이 양호하다고 사료되며, 다음으로 G산, K산 순으로 나타났다.

또한 G산 부순모래의 경우 표면형상을 개선하기 전에는 표3에 나타낸 것과 같이 원반상으로 분류되었으나, 표면형상을 개선하므로써 입형계수가 전체적으로 양호하며 구상으로 분류되었다.

이들 잔골재를 사용한 동일 입도분포에서 각 산지별 입형에 따른 흐름값의 경시변화를 그림4에 표면형상 개선에 따른 흐름값의 경시변화를 그림5에 나타내었다.

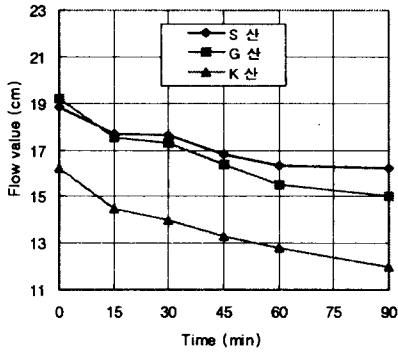


그림4. 각 산지별 흐름값의 경시변화

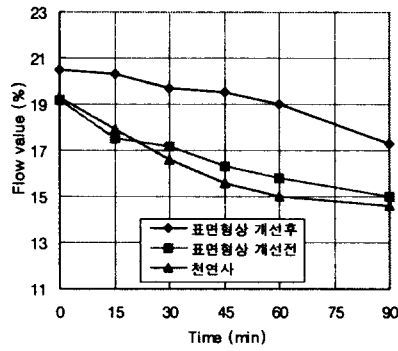


그림5. 표면형상에 따른 경시변화 (G산)

그림4에서 알 수 있듯이 흐름값은 S산, G산, K산 순서로 크게 나타났으며 입형이 양호한 순서대로 흐름값이 크게 나타났다. 이는 입형이 둥글수록 골재간의 마찰현상 및 가교현상이 작아져 동일 입도조건에서 유동성을 증진시킬 수 있으며 흐름값 저하도 작아짐을 의미한다. 따라서, 편평율, 방형율, 세장율은 낮추고 구형율을 높이는 것이 유동성 측면에서 유리하다고 볼 수 있다. 또한 그림5에서 부순모래의 표면형상을 개선하기 전에는 천연사의 흐름값과 비슷한 경향을 나타내었으나 표면형상 개선후에는 천연사나 표면형상 개선전보다 높은 흐름값과 경시변화에 따른 변화를 작게 나타내고 있어 표면형상의 개선이 유동성증진에 효과적인임을 알 수 있다.

한편 그림6은 씻기손실율에 따른 부순모래의 흐름값 경시변화를 나타낸 것이다. 이 그림에서 씻기손실율이 증가할수록 흐름값은 작아지는 것을 알 수 있는데 이것은 미분량의 증가에 따른 표면적 증가³⁾로 동일 흐름값을 유지하기 위해서는 단위수량이 증가되어야 함을 나타내고 있다. 반면에 경시변화는 미분량이 증가할수록 흐름값의 감소가 작으며 0.075mm 이하 미분의 증가가 초기 유동성에는 나쁜 영향을 미치지만 미립분의 보습효과로 인하여 경시변화에는 유리한 것으로 분석되었다.

부순모래의 입도분포에 따른 흐름값의 경시변화를 알기 위하여 입도조정을 실시한 경우의 경시변화를 그림7에 나타내었다.

각 산지별 부순모래는 모두 조립율이 클수록 흐름값이 크게 나타나 조립율이 모르터의 유동성에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

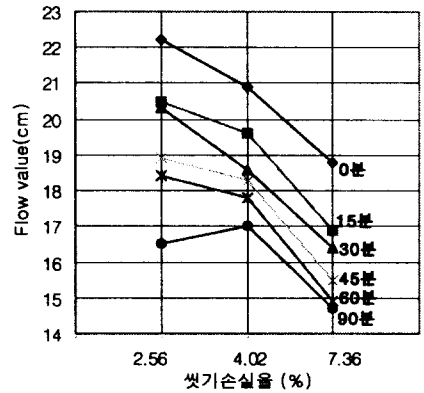


그림6. 씻기손실율에 따른 경시변화

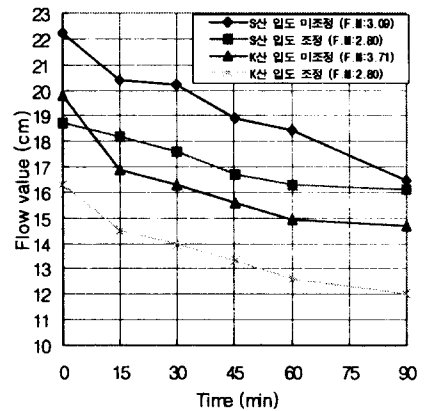


그림7. S, K산 부순모래의 경시변화

3.2 블리딩

부순모래의 표면형상에 따른 블리딩량의 변화를 그림8에 나타내었다.

그림8에 나타난 것과 같이 동일 조건에서 부순모래의 표면형상 개선후의 블리딩율이 개선전에 비해 증가한 것으로 나타났다. 동일조건에서 부순모래 표면형상의 개선은 표면적을 감소시키므로 상대적으로 단위수량이 증가시키는 결과를 초래함으로 블리딩율이 증가하는 것으로 사료된다.

따라서 부순모래의 입형의 개선은 블리딩량을 증가시키며 이것은 모르터의 유동성 증가에 기인하는 것⁴⁾으로 분석할 수 있다.

또한 블리딩은 부순모래에 있어서 미분량의 영향을 크게 받는데, 미분량이 많을수록 블리딩은 줄어드는 경향이 그림9에 잘 나타나고, 이 그림에서 씻기손실을 2.56%에서는 블리딩율이 180분에 종료되고 0.38cm³/cm²으로 나타난 반면, 씻기손실을 7.36%에는 블리딩이 150분에 종료되었으며 블리딩율은 0.14 cm³/cm²으로 현저하게 감소되는 것으로 나타났다. 이처럼 미분량의 증가에 따라 블리딩이 감소하는 것은 미분량이 증가함에 따라 표면적이 증가되므로 분체 표면에 유지하는 물량을 증가시켜 결과적으로 자유수를 감소시키는 역할을 하는 미립분의 보습효과 때문인 것으로 사료된다.

그림10은 각 산지별 부순모래의 입도분포 조절에 의한 블리딩 변화를 나타내었다.

이 그림은 입도분포가 블리딩에 영향을 크게 미치는 것을 나타내며 입도 조절은 블리딩율을 감소시켜, 블리딩 저감을 위해서 입도조정이 필요함을 나타내고 있다.

3.3 경화특성

그림11은 천연사와 부순모래의 7일, 28일에서의 압축강도 및 휨강도를 비교한 것이다.

이 그림에서 천연사의 28일 압축강도는 422kg/cm²인데 비하여 부순모래를 사용한 모르터는 471kg/cm² 이상을 나타내어 부순모래가 천연사보다 훨씬 큰 압축강도를 보이고^{5),6)} 있다.

부순모래의 표면형상에 따른 압축강도는 형상을 개선한 경우에 473kg/cm², 개선하지 않은 경우에 481kg/cm²으로 측정되어 부순모래의 표면형상을 개선하지 않은 경우가 약간 크게 나타났으나 표면형상이 압축강도에 미치는 영향은 작은 것으로 분석된다. 따라서, 표면형상을 개선하는 것이 유

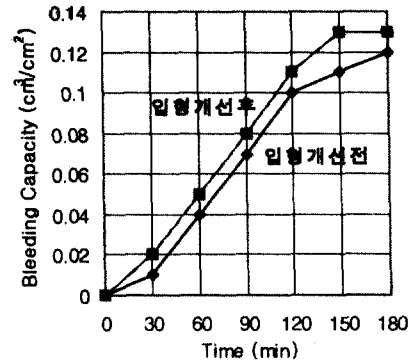


그림8. 표면형상에 따른 블리딩량

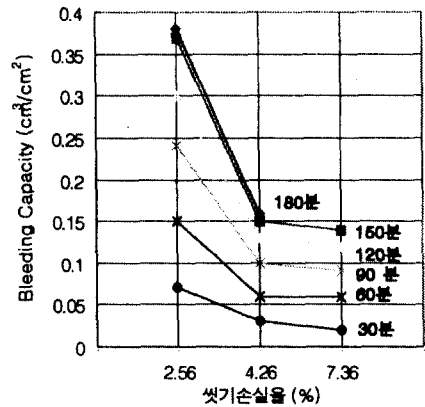


그림9. 씻기손실율에 따른 블리딩량의 변화

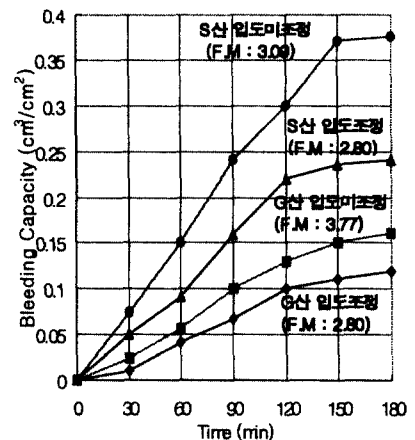


그림10. 입도조정에 따른 블리딩 율

동성과 강도 증진을 동시에 이룰 수 있어 유리함을 알 수 있다.

각 공시체의 휨강도 또한 압축강도와 마찬가지로 부순모래의 강도가 천연사보다 크고 표면형상 개선전이 76kg/cm², 표면형상 개선후에는 67kg/cm²으로 나타나 거친 표면형상이 부착강도 증진에 효과적임을 나타내고 있다. 따라서, 휨강도에는 골재표면의 형상이 중요한 영향인자임을 나타낸다. 입도분포에 따른 휨강도는 입도 조정의 경우가 입도 미조정인 경우보다 강도가 감소하며 이는 조립률의 영향으로 분석된다.

4. 결론

본 연구의 실험결과에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 부순모래는 표면형상을 개선함으로써 유동성과 블리딩율을 증진시키며 경시변화에 따른 유동성의 저하를 작게 한다.
- 2) 부순모래의 구형율이 클수록 모르터의 유동성이 증가되고 흐름값의 경시변화는 작아진다.
- 3) 0.075mm 이하의 미립분은 모르터의 유동성에 악영향을 끼쳐 초기 흐름값의 저하를 가져오지만 미립분의 보습효과로 인하여 흐름값의 경시변화를 작게 한다.
- 4) 부순모래의 조립율이 증가할수록 모르터의 유동성은 증가한다.
- 5) 부순모래를 사용 경우 천연사에 비해 모르터의 압축강도 및 휨강도는 모두 증가하였으나, 입형을 개선한 경우 휨강도는 다소 감소한다.

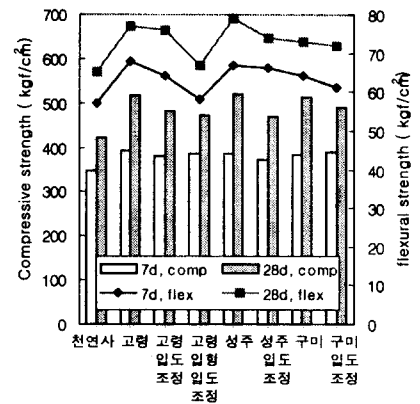


그림11. 압축강도 및 휨강도'

참고문헌

1. 김병환 : 콘크리트용 부순돌과 부순모래의 생산 및 품질, 콘크리트 학회지, 제9권 2호, 1997.4, pp 4~12.
2. 村田二郎 外 2人 : 土木材料Ⅱ <콘크리트>, 共立出版株式會社, 1983.
3. 박승범, 오광진, 박병철, 강형선 : 부순모래와 석분을 사용한 콘크리트의 역학적 특성에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 봄 학술발표회 논문집, 제8권 1호(통권 제14집), 1996. 5, pp 7~111
4. 池田 正志, 大河原 行省, 辻 幸和, 田澤 榮一 : 碎砂の表面形狀がフレッシュコンクリートの諸性狀に及ぼす影響, 콘크리트工學年次報告集, Vol.16, No.1, 1994. pp. 325~328.
5. 須藤 榮治, 榊田 佳寛, 五味 信治 : 細骨材の組粒率が高流動コンクリートのフレッシュ時の性狀におよぼす影響, 콘크리트工學年次報告集, Vol.18. No.1, 1996. pp. 123~128.
6. A.M. Neville : Properties of Concrete, 3rd Edition, 1981.