

잔골재의 일부로 사용된 부순골재 미분말이 콘크리트 성질에 미치는 영향

강수태^{1*}, 서준영²

The Properties of Concrete Incorporating Stone Powders as Part of Fine Aggregates

Su-Tae Kang^{1*}, Jun-Young Seo²

Abstract: This study was intended to evaluate the properties of concrete incorporating stone powders which are created during crushing natural stones to produce crushed aggregates. For concretes with 0~30 wt.% partial replacement fine aggregates with stone powders, experiments of slump, air content, strength and drying shrinkage were carried out. The experiments found that the increase of the amount of stone powders sharply decreased slump and air content. Partially using stone powders instead of fine aggregates was found to increase both compressive and tensile strength slightly. Substituting higher amount of stone powders presented higher drying shrinkage. When HRWRA was added into the concrete with stone powders in order to obtain workability similar to that of plain concrete without stone powders for the same water-cement ratio and unit weight of cement, air content increased with the amount of HRWRA but strength and drying shrinkage were hardly affected by adding HRWRA.

Keywords: Stone powder, Workability, Air content, Strength, Drying shrinkage, High-range water reducing admixture

1. 서 론

70년대 이후로 이어져온 우리 사회의 급속한 발전에는 수많은 건설공사들이 함께 하였다. 급격히 증가한 건설수요에 맞춰 콘크리트 시장도 크게 팽창하였으며, 콘크리트 제조에 필요한 시멘트, 골재 등의 건설재료의 수요도 크게 증가하였다. 골재의 경우 초기에는 풍부한 양질의 하천골재를 손쉽게 채취하여 사용하였으나, 늘어나는 수요로 인해 점차 고갈되어 바다모래까지 사용하게 되었으며, 최근에는 이마저도 부족하여 부순골재의 사용 비중이 크게 늘어났다. 앞으로도 골재의 부족현상은 더욱 심해질 것으로 보이며, 이에 대한 대책으로 순환골재, 고로슬래그 골재 등과 같은 다양한 형태의 골재의 활용을 모색하고 있다.

한편, 부순골재를 생산하는 과정에서는 다량의 골재 미분말이 발생한다. 일반적으로 골재 미분말은 반죽질기의 저하를 일으키고, 따라서 동일한 슬럼프를 얻기 위한 단위수량을 더 필요로 하게 된다. 또한 미분말 증가와 함께 건조수축이 증가하는 현상 등을 보인다(Malhotra and Carrette, 1985; Celik and Marar, 1996; Ahmed and El-Kour, 1996; Abou-Zied and

Frkhry, 2003; Katz and Baum, 2006). 이와 같은 문제점들로 인해 부순골재에 대한 현행 KS 표준(KS F 2527)에서는 부순골재 미분말(0.08 mm체 통과량)에 대한 상한값을 규정하고 있다. 부순 굵은골재는 1% 이하, 부순 잔골재는 7%(마모작용을 받는 경우는 5%) 이하로 하고 있다(KSA, 2007). 하지만 국외 여러 나라에서는 골재 미분말 허용치에 대해 훨씬 유연하게 적용하고 있다. 부순 잔골재에 대해 영국에서는 골재 미분말 함유량을 15% 이내로 규정하고 있으며(BSI, 2013), 호주에서는 20% 이내로 규정하여 국내보다 훨씬 많이 허용하고 있다(Standards Australia, 2009). 이는 부순 잔골재 내 골재 미분말에 대한 허용치를 좀 더 확대할 여지가 있음을 시사하는 것이다. 또한 최근 각종 콘크리트 화학혼화제 기술의 발달로 인해 작업성 개선이나 수축 감소 등의 제어가 용이해진 점도 고려해 봐야 할 사항이다. 골재의 부족현상에 일부나마 도움이 되고, 부순골재 생산과정에서 미분말의 제거하기 위한 공정에 따른 시간 및 비용을 줄여서 부순골재 생산성을 향상시키기 위해서는 현행 골재 미분말의 함유량 제한을 재고해 볼 필요가 있다.

이를 위해서는 골재 미분말이 콘크리트의 성질이 미치는 영향을 명확히 규명하기 위한 많은 연구들이 선행되어야 한다. 지금까지 수행된 관련 연구들을 간략히 살펴보면, Koehler and Fowler(2008)는 자기충전 콘크리트(Self-Consolidating Concrete, SCC)에서 다양한 종류의 골재 미분말을 결합재 또는 잔골재의 치환재로 사용했을 때 콘크리트의 성질에 미치

¹정회원, 대구대학교 토목공학과 조교수, 교신저자

²학생회원, 대구대학교 토목공학과 석사과정

*Corresponding author: stkang@daegu.ac.kr

Department of Civil Engineering, Daegu University, Gyeongsan, 38453, Korea

•본 논문에 대한 토의를 2016년 10월 1일까지 학회로 보내주시면 2016년 11월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

는 영향을 살펴보았다. 그 연구결과에 따르면, 골재 미분말은 동일한 유동성을 얻기 위하여 더 많은 양의 고성능감수제를 필요로 하고, 골재 미분말 사용량이 증가함에 따라 강도는 약간 향상되는 반면 탄성계수, 휨강도는 변화가 없었으며, 약간의 염화물 투과성 감소와 건조수축 및 마모저항성의 증가가 나타났다. Song and Choi(2013)의 연구에서는 물시멘트 40%와 50%에 대하여 다양한 종류의 골재 미립분을 검토하였으며 강도변화는 거의 나타나지 않으며, 건조수축 변형률도 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. Kronlof(1994)는 석영질 미분말을 골재의 일부로 사용할 경우 충전효과로 인해 오히려 작업성을 향상시키고, 동일한 작업성에 대해 물시멘트비를 낮출 수 있어서 강도증진에 큰 효과가 있다고 밝힌 바 있다. 이와 같은 골재 미분말 사용에 대한 여러 연구들에도 불구하고 아직까지 명확하게 정리되지 않은 내용도 있으며, 관련 연구결과가 정책으로 반영되기 위해서는 추가적인 연구들이 더 뒷받침될 필요가 있을 것이다.

따라서 이 연구에서는 부순 잔골재 내 골재 미분말의 함유량 변화에 따른 콘크리트의 유동성, 강도, 건조수축 등의 특성 변화를 살펴보고자 하였다.

2. 본 론

2.1 사용재료 및 배합

실험은 부순골재 미분말의 치환율을 0~30% 범위에서 변화시켰을 때 콘크리트의 성질에 미치는 영향을 파악하고자 계획하였다. 잔골재의 일부를 부순골재 미분말로 치환하여 사용하였을 때 수반되는 유동성 저하를 해결하기 위하여 감수제를 사용함에 따라 나타날 수 있는 콘크리트 성질의 변화도 함께 평가하고자 하였다.

실험에 사용한 시멘트는 1종 보통포틀랜드시멘트이며, 잔골재 및 굵은골재는 모두 부순모래 및 부순자갈로 사용하였다. 부순골재 미분말은 부순골재가 생산된 동일한 채석장에서 구하였으며, 따라서 화학적 구성은 동일하다고 볼 수 있다. CIPW Norm 분류법(Philpotts and Ague, 2009)에 의한 분석결과에 따르면 모암은 화강섬록암에 해당하는 것으로 나타났다. 시멘트와 부순골재 미분말의 화학적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1 Chemical composition of cement and stone powder

Types	Items	Chemical composition(%)					
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
OPC		21.9	5.3	3.5	63.4	2.1	-
Stone powder		62.3	13.5	18.0	4.1	0.8	1.1

다. 굵은골재는 Fig. 1과 같은 입도분포를 가지며 조립률은 6.43이다. 굵은골재 최대치수는 19 mm이다. 잔골재는 Fig. 2와 같은 입도분포곡선과 함께 조립률 2.71을 나타내었다. 부순골재 및 잔골재의 물리적 특성은 Table 2와 같다. 부순골재 미분말의 입도분포는 입자크기분석기(Particle size analyzer, PSA)를 이용하여 구하였다. 분석에 사용한 입자크기분석기는 Beckman Coulter LS 13 320으로 측정원리는 Laser를 이용하여 Laser와 입자간의 상호작용(회절, 굴절, 반사, 흡수) 패턴을 통해 입자크기 분포를 파악하는 방식이다. 분석을 통해 얻어진 입도분포곡선은 Fig. 3에 나타내었다. 부순골재 미분말의 평균 입경은 59.5 μm이며, D₁₀, D₅₀, D₉₀은 각각 2.2 μm, 36.2 μm, 161.2 μm인 것으로 나타났다. 여기서 D₁₀은 전체중량의 10%가 통과하는 직경을 의미하고, D₅₀ 및 D₉₀은 각각 전체중량의 50%와 90% 통과 직경을 나타낸다. 고성능감수제(High-Range Water Reducing Admixture, HRWRA)로는 폴리

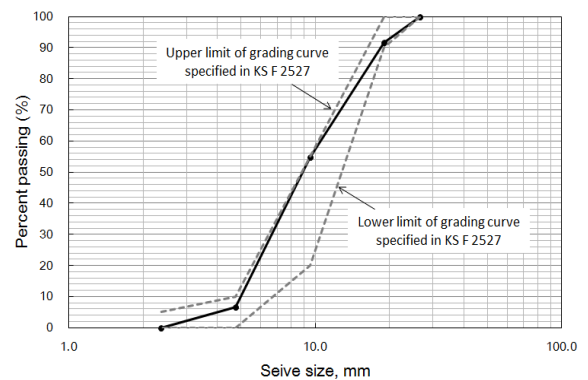


Fig. 1 Grading curve of coarse aggregate

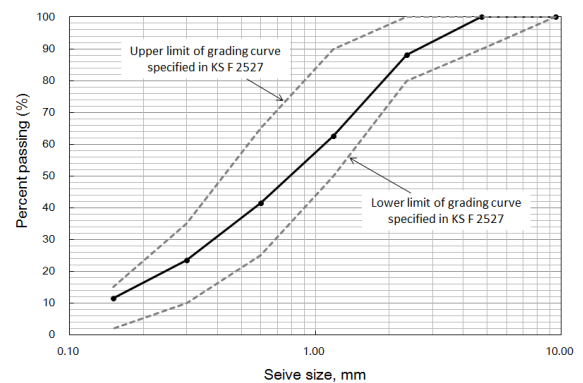


Fig. 2 Grading curve of fine aggregate

Table 2 Physical properties of aggregates

	Fineness Modulus (F.M.)	Specific gravity	Absorption capacity (%)
Coarse Agg.	6.43	2.64	1.25
Fine Agg.	2.71	2.57	1.49

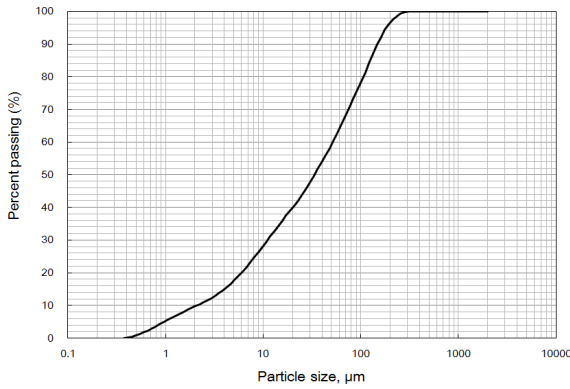


Fig. 3 Grading curve of stone powder

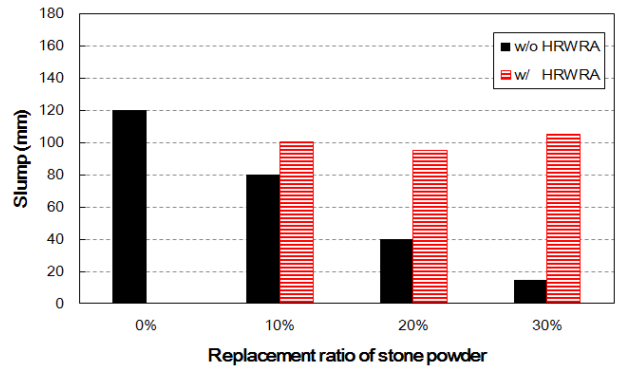


Fig. 4 Slump with the amount of stone powder

카르보산계 고성능 AE감수제를 사용하였다. Table 3은 골재 미분말 치환율을 실험변수로 한 콘크리트 배합설계를 나타낸 것으로, 물시멘트비 0.5를 적용하였으며, 잔골재에 대한 골재 미분말 치환율 0, 10, 20, 30%에 대하여 고성능감수제를 사용하지 않은 경우와 사용한 경우를 각각 고려하였다.

2.2 실험체 제작 및 실험방법

2.2.1 실험체 제작

강도 및 건조수축 특성을 평가하기 위하여 실험체를 제작하였다. 콘크리트의 압축강도 및 인장강도 평가를 위하여 $\Phi 100 \times 200$ mm 원주형 시험체를 제작하였으며, 건조수축을 평가하기 위해서는 $100 \times 100 \times 400$ mm 각주형 시험체를 제작하였다. 시험체는 타설 종료 후 24시간 동안 기건양생 후에 탈형과 함께 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 양생수조에서 시험 재령일까지 수중양생을 적용하였다.

2.2.2 실험방법

먼저 배합 후 콘크리트의 굳지 않은 성질을 평가하기 위하여 슬럼프 및 공기량을 KS F 2402 및 2421 표준 시험법에 따라 측정하였다. 압축강도 및 쪼갬인장강도는 재령 7일과 28일에 각각 측정하였다. 건조수축 실험은 KS F 2424 표준 시험법에 따라 재령 7일까지 수중양생 후 외기온도 $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 외기

습도 $60 \pm 2\%$ 의 항온항습 챔버에 넣어서 일정간격으로 길이변화를 측정하였다. 길이변화는 시험체 제작 시 게이지 길이 60 mm의 매립형 변형률게이지를 시험체의 중앙에 위치시켜서 타설한 후 데이터로거를 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지 않은 상태의 성질

골재 미분말 사용량에 따른 슬럼프의 변화는 Fig. 4로 나타내었다. 고성능감수제를 사용하지 않은 경우에는 잔골재 대신 치환하여 사용하는 골재 미분말의 양이 증가함에 따라 슬럼프가 크게 저하되는 것을 볼 수 있다. 이와 같은 결과는 골재 미분말의 함수상태 및 입자크기와 밀접한 관련이 있다. 우선 부순 굵은골재와 부순 잔골재는 표면건조포화상태인 반면에 골재 미분말은 절대건조상태이다. 따라서 배합 시 골재 미분말에 흡수되는 수량만큼 실제 배합수량이 감소하게 된다. 또한 미세한 골재 미분말은 큰 비표면적으로 인해 표면에 흡착되는 물의 양이 증가하고, 상대적으로 큰 정전기적 응집력으로 인하여 미분말이 상당량의 수분과 함께 뭉치게 된다. 이러한 원인으로 인해 슬럼프가 저하된 것으로 판단된다. 일반적

Table 3 Mix proportions of concrete

Stone powder replacement ratio	Stone Powder (kg/m ³)	Water (kg/m ³)	Cement (kg/m ³)	Fing aggregate (kg/m ³)	Coarse aggregate (kg/m ³)	HRWRA (wt.% of cement)
0 %	0			626		-
10 %	63			563		0.35
20 %	125	194	388	501	1156	0.45
30 %	188			438		0.70

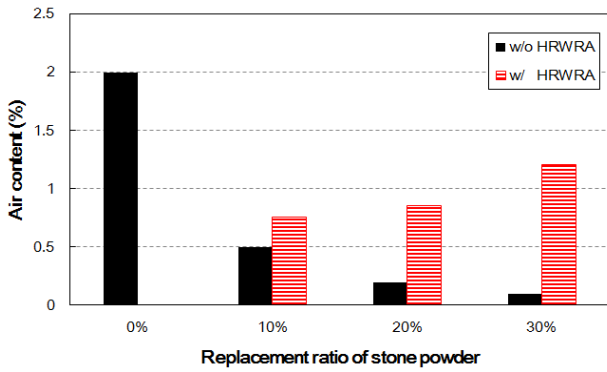


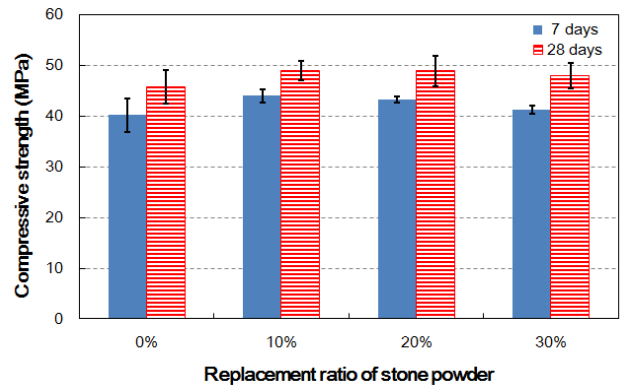
Fig. 5 Air content with the amount of stone powders

인 콘크리트의 슬럼프가 80~150 mm 범위에 있음을 감안할 때 잔골재의 20% 이상을 골재 미분말로 치환하여 사용하는 것은 적절하지 않은 것으로 판단된다(Bigas and Gallias, 2002). 슬럼프가 120±25 mm 범위 내에 있도록 고성능감수제를 적절량 사용한 경우의 결과도 Fig. 4에 함께 나타내었다. 골재 미분말 치환율 10, 20, 30%에 대해 고성능감수제를 각각 0.35%, 0.45%, 0.7%를 첨가함으로써 슬럼프를 각각 100, 95, 105 mm로 조절할 수 있으므로 골재미분말 사용에 따른 작업성 저하 문제는 고성능감수제 사용을 통해 쉽게 개선이 가능하며, 다만 강도나 건조수축 등의 다른 특성에 크게 영향을 미치지 않아야 한다.

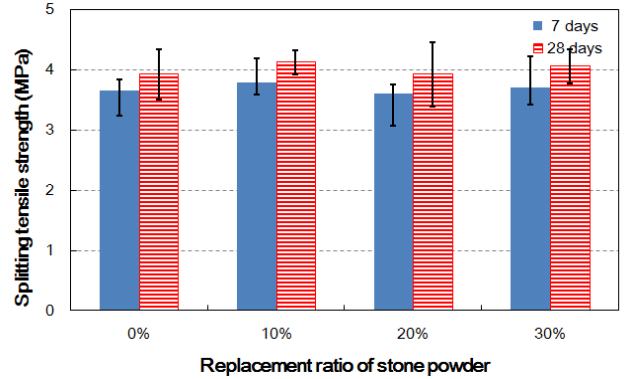
Fig. 5는 공기량 측정결과를 나타낸 것이다. 고성능감수제를 사용하지 않은 경우에는 골재 미분말의 치환율이 증가함에 따라 크게 감소되는 것을 확인할 수 있었으며, 슬럼프가 골재 미분말 치환율에 따라 선형관계에 가깝게 감소되는 경향을 보인 반면, 공기량은 골재 미분말을 사용하지 않은 경우와 10% 치환한 경우 사이에서 급격히 저하가 나타났다. 폴리칼본산계 고성능 AE 감수제를 사용함에 따라 슬럼프 증가와 함께, 공기연행 효과로 공기량도 약간 증가하는 것을 확인할 수 있었지만, 골재 미분말을 사용하지 않은 콘크리트에 비해 작게 나타났으며, 소요의 공기량 확보를 위해서는 AE제를 함께 사용할 필요가 있을 것으로 판단된다.

3.2 경화 콘크리트의 강도 특성

Fig. 6은 골재 미분말 치환율에 따른 압축강도 및 쪼갬인장강도를 재령 7일 및 28일에 측정된 결과를 나타낸 것이다. 골재 미분말을 사용하지 않은 경우에 비해 골재 미분말을 10~30% 치환하여 사용하였을 때, 재령 7일과 28일 모두에서 압축강도 및 쪼갬인장강도가 대체적으로 조금 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 이 같은 결과는 우선 골재 미분말의 충전효과 때문으로 볼 수 있다. 평균입경 수십 μm 의 골재 미분말이 부순 골재 사이의 공극을 메워서 충전밀도를 증가시킨다. 또



(a) Compressive strength

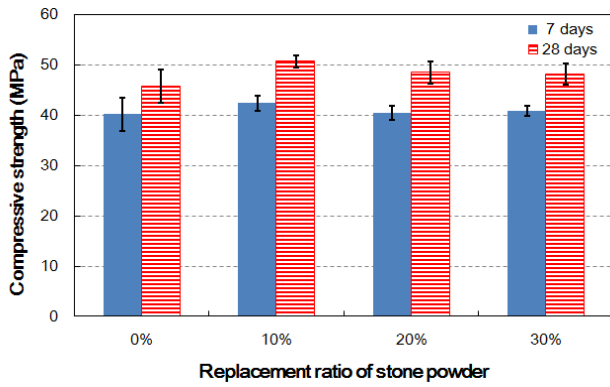


(b) Splitting tensile strength

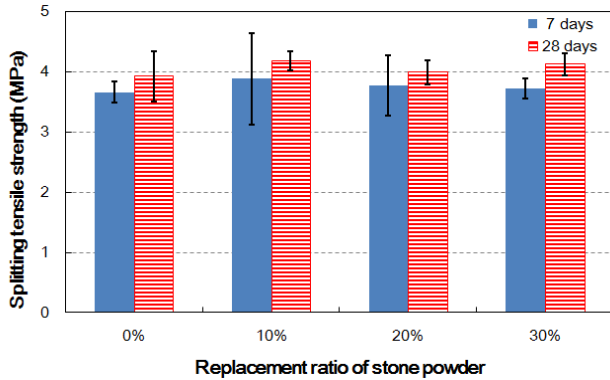
Fig. 6 Strength of concretes mixed without HRWRA

한 골재 미분말은 골재 계면에서 큰 결정상의 형성 및 결정상의 방향성을 억제하고 골재와 시멘트 페이스트 계면에서의 내부 블리딩을 감소시키는 등의 역할을 하여 강도를 향상시키는 효과를 나타낸다(Monteiro and Mehta, 1986). 골재 미분말의 함수상태에 의해서도 영향을 약간 받을 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 골재 미분말은 부순 골재와는 달리 절대건조 상태이다. 골재 미분말의 흡수율을 2% 정도로 가정하면 - 골재의 입경이 작을수록 흡수율을 증가하는 경향이 있으며, 실제 이보다 더 클 수도 있겠지만 - 골재 미분말 치환율 10~30%는 단위수량을 약 0.6~1.8% 정도 감소시키는 효과가 있으며, 이는 실제 물시멘트비 49.3~49.7%에 해당한다. 1%가 되지 않는 미소한 물시멘트비의 감소가 강도변화에 큰 영향을 주지는 않았을 것이므로 주된 영향은 골재 미분말이 공극과 계면에서의 역할 때문인 것으로 판단된다. 다만 이러한 효과에 대해서 최적의 골재 미분말 치환율이 있을 것으로 보이며, 측정된 강도결과에 따르면 강도가 가장 크게 나타난 치환율 10% 전후로 추측된다.

Fig. 7은 네 가지 골재 미분말 치환율에 대해 유사한 유동성을 얻기 위해 적절량의 고성능감수제를 첨가한 경우의 압축강도 및 쪼갬인장강도를 비교하여 나타낸 것이다. 그 결과를



(a) Compressive strength



(b) Splitting tensile strength

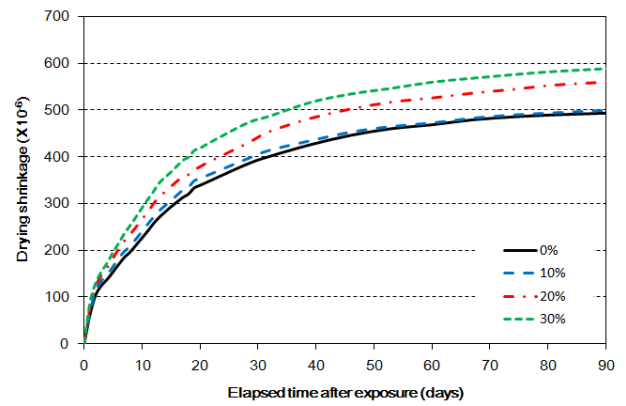
Fig. 7 Strength of concretes mixed with HRWRA

살펴보면, 골재 미분말과 고성능감수제를 함께 사용한 경우에도 골재 미분말을 사용하지 않은 경우에 비해 강도가 대체로 향상되는 결과를 보였다. 고성능감수제의 사용은 한편으로는 고성능감수제 용액 내 수량이 추가됨으로써 결과적으로 물시멘트비가 높아지는 효과가 있어 강도저하의 요인이 될 수 있으며, 다른 한편으로는 골재 미분말의 정전기력을 감소시켜 콘크리트 내 잘 분산되도록 하고 다짐효과를 향상시켜 강도향상의 요인이 될 수 있다. 이러한 복합적인 효과가 함께 반영된 강도 측정결과에서는 고성능감수제 사용으로 인한 강도저하 또는 향상은 거의 없었으며 유사한 결과를 나타내었다.

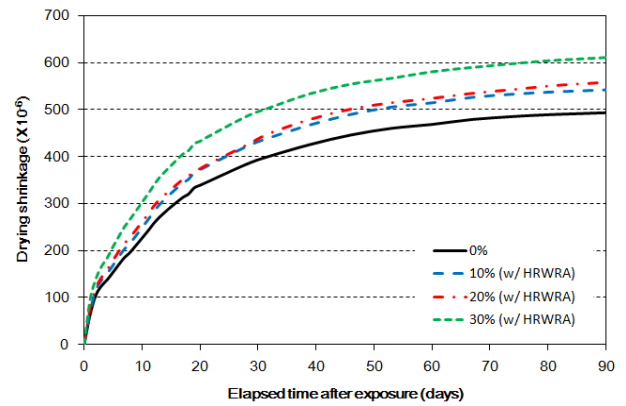
골재 미분말 사용에 따른 압축강도 및 쪼갬인장강도 결과를 종합적으로 살펴보면, 치환율 10~30% 범위에서 강도가 향상됨을 확인할 수 있었으며, 적절한 양의 고성능감수제를 사용하여 소요의 작업성을 확보함과 동시에 강도를 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

3.3 건조수축

Fig. 8은 외기에 노출되어 건조가 일어나는 건조기간에 따른 건조수축변형률의 변화 곡선을 나타낸 것이며, Fig. 9는 골재 미분말 치환율에 따른 건조수축 변형률을 재령 90일에 대



(a) without HRWRA



(b) with HRWRA

Fig. 8 Drying shrinkage with exposed period

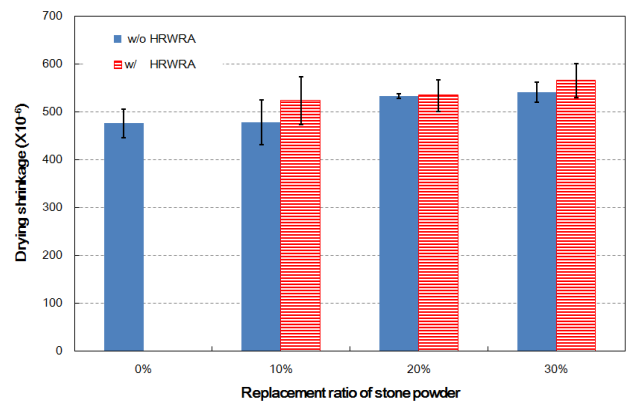


Fig. 9 Drying shrinkage with replacement ratio of stone powder

해 비교하여 나타낸 것이다. 고성능감수제를 사용하지 않은 경우를 비교해 보면, 골재 미분말 치환율이 늘어남에 따라 건조수축 변형률이 조금 증가하는 경향을 확인할 수 있다. 골재 미분말을 30% 치환하였을 때의 건조수축 변형률은 골재 미분말을 사용하지 않은 배합에 비해 13.6% 정도 크게 나타났다. 이와 같은 실험결과는 몇몇 연구자들이 골재 미분말을 잔골재의 일부로 사용할 경우 건조수축이 약간 증가할 수 있다는

연구결과와 유사한 결과이다(Song and Choi, 2013; Koehler and Fowler, 2008). 일반적으로 골재 내 미분말의 함유량이 증가할수록 건조수축 변형률이 크게 증가하는 것으로 알려져 있지만 이것은 주로 점토나 실트질 미분말에 해당한다. Song and Choi(2013) 등의 연구에 따르면, 부순골재 생산과정에서 배출되는 미분말은 건조수축을 약간 증가시키지만 점토나 실트질 미분말에 비해 훨씬 작으며, 물시멘트비가 작을수록 그 영향은 줄어든다고 밝히고 있다.

고성능감수제를 적절량 사용하여 유사한 작업성을 얻도록 한 배합에 대한 건조수축 측정결과에서도 마찬가지로 골재 미분말 사용량이 증가함에 따라 건조수축 변형률이 증가하는 결과를 보였다. 동일한 골재 미분말 치환율에 대해 고성능감수제 사용 여부에 따른 결과를 비교해 보면, 고성능감수제를 사용함으로써 건조수축이 약간 증가하는 경향을 보이지만 실험값의 표준편차를 고려한다면 유의미한 수준은 아닌 것으로 판단된다.

4. 결론

이 연구에서는 부순골재 생산과정에서 발생하는 다량의 골재 미분말이 콘크리트의 성질에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. 골재 미분말을 잔골재 중량의 0~30% 범위로 치환한 콘크리트에 대해 슬럼프, 공기량, 강도 및 건조수축 변화에 대한 실험을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 골재 미분말의 사용량이 증가함에 따라 슬럼프가 크게 저하되는 것으로 나타났으며, 이는 부순골재 미분말의 함유 상태, 큰 비표면적과 정전기력에 의한 물의 흡착 때문이다. 공기량은 골재 미분말로 인해 감소되는 것으로 나타났다.
- 2) 콘크리트에 골재 미분말을 사용하지 않은 경우에 비해 골재 미분말을 잔골재의 10~30% 치환하여 사용하였을 때, 재령 7일과 28일 모두에서 압축강도 및 쪼갬인장강도가 대체적으로 약간 증가되는 것으로 나타났으며, 이와 같은 결과는 미분말의 충전효과 및 골재와의 계면에서의 긍정적 역할에 의한 것으로 판단된다. 골재 미분말의 치환율 10~30% 범위에서의 강도변화는 거의 없었지만, 10% 사용했을 때 미소하게나마 가장 큰 강도를 나타내었다.
- 3) 재령 90일 동안의 건조수축 변형률을 측정한 결과에서는 골재 미분말을 사용하였을 때 수축 변형률이 증가하고, 미분말 사용량이 증가할수록 더 커지는 것으로 나타났다. 골재 미분말 치환율 30%에서 건조수축변형률이 약 13.6% 정도 증가하였다.
- 4) 동일한 물시멘트비, 단위시멘트량에 대해 골재 미분말을 사용하면서 골재 미분말을 혼합하지 않은 콘크리트와 유

사한 작업성을 얻기 위해 고성능감수제를 적절량 사용한 경우, 사용량에 따라 공기량은 약간 증가하고, 강도 및 건조수축 변형률은 큰 변화가 나타나지 않았다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토교통기술지역특성화사업의 연구비지원(16RD RP-B076268-03)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

Abou-Zied, M. N., and Fakhry, M. M. (2003), Short-Term Impact of High Aggregate Fines Content on Concrete Incorporating Water-Reducing Admixtures, *ACI Materials Journal*, 100(4), 280-285.

Ahmed, A. E., and El-Kour, A. A. (1989), Properties of Concrete Incorporating Natural and Crushed Stone Very Fine Sand, *ACI Materials Journal*, 86(4), 417-424.

Bigas, J. P., and Gallias, J. L. (2002), Effect of Fine Mineral Additions on Granular Packing of Cement Mixtures, *Magazine of Concrete Research*, 54(3), 155-164.

British Standard Institution (BSI) (2013), BS EN 12620: Aggregates for concrete.

Celik, T., and Marar, K. (1996), Effects of Crushed Stone Dust on Some Properties of Concrete, *Cement and Concrete Research*, 26(7), 1121-1130.

Katz, A., and Baum, H. (2006), Effect of High Levels of Fines Content on Concrete Properties, *ACI Materials Journal*, 103(6), 474-482.

Koehler, E. P., and Fowler, D. W. (2008), Dust-of-Fracture Aggregate Microfines in Self-Consolidating Concrete, *ACI Materials Journal*, 105(2), 165-173.

Korea Standard Association (KSA) (2007), KS F 2527: Crushed aggregate for concrete (in Korean).

Kronlof, A. (1994), Effect of Very Fine Aggregate on Concrete Strength, *Materials and Structures*, 27, 15-25.

Malhotra, V. M., and Carette, G. G. (1985), Performance of Concrete Incorporating Limestone Dust as Partial Replacement for Sand, *ACI Journal*, 82(3), 363-371.

Monteiro, P. J. M., and Mehta, P. K. (1986), Improvement of the Aggregate-Cement Paste Transition Zone by Grain Refinement of Hydration Products, *Proceedings of 8th International Congress on Chemistry of Cement*, Rio de Janeiro, 3, 433-437.

Philpotts, A., and Ague, J. (2009), Principles of Igneous and Metamorphic Petrology, Cambridge University Press, Cambridge, 130-148.

Song, J. W., and Choi, J. J. (2013), The Influence of Fine Particles Under 0.08 mm Contained in Aggregate on the Characteristics of Concrete, *Journal of the Korea Concrete Institute*, 25(3), 347-354 (in Korean).

Standards Australia (2009), AS 2758: Aggregates and rock for engineering purposes - Concrete aggregates.

Received : 07/22/2016

Revised : 08/02/2016

Accepted : 08/10/2016

요 지 : 이 연구에서는 부순골재 생산과정에서 발생하는 다량의 골재 미분말이 콘크리트의 성질에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. 골재 미분말을 잔골재 중량의 0~30 wt.% 범위로 치환한 콘크리트에 대해 슬럼프, 공기량, 강도 및 건조수축 변화에 대한 실험을 실시하였다. 실험 결과, 골재 미분말의 사용량이 증가함에 따라 슬럼프 및 공기량이 크게 저하되는 것으로 나타났으며, 골재 미분말을 잔골재의 10~30% 치환하여 사용하였을 때 압축강도 및 인장강도가 골재 미분말을 사용하지 않은 경우에 비해 약간 증가되는 것으로 나타났다. 건조수축 변형률은 골재 미분말 사용량이 증가할수록 더 커지는 것으로 나타났다. 동일한 물시멘트비, 단위시멘트량에 대해 골재 미분말을 사용하면서 골재 미분말을 혼합하지 않은 콘크리트와 유사한 작업성을 얻기 위해 고성능감수제를 적절량 사용한 경우, 사용량에 따라 공기량은 약간 증가하고, 강도 및 건조수축 변형률은 큰 변화가 나타나지 않았다.

핵심용어 : 골재미분말, 작업성, 공기량, 강도, 건조수축, 고성능감수제
