

저품질 골재가 동일 작업성 조건에서 콘크리트 공학적 특성에 미치는 영향

Effects of Low-quality Aggregates in the Same Workability Conditions on the Engineering Properties of Concrete

민경철¹ · 한천구^{2*}Kyeong-Chul Min¹ · Cheon-Goo Han^{2*}

(Received September 2, 2016 / Revised September 19, 2016 / Accepted September 21, 2016)

In this research, influence of low quality aggregate on engineering properties of concrete was evaluated experimentally. From the experiment, the fresh properties of slump and air content were controlled with unit water and AE dosage and all mixture were designed to have similar fresh properties of slump and air content with various quality of aggregate. Under this conditions, comparing with the mixture with high quality aggregate, the mixture with low quality aggregate showed the unit water and AE dosage were increased about 18 and 98%, respectively, because of poor grading and quantity of fines. For compressive strength, the low quality aggregate, specifically, exploded debris, clay sand, and sea sand contributed on decreasing compressive strength about 20~35%. Additionally, the concrete mixture including low quality fine and coarse aggregate showed adverse quality in not only compressive strength but also durability of freeze-thawing resistance, drying shrinkage, carbonation, and chloride ingress. Therefore, it is considered that for low quality aggregate, extra treatment processes such as washing or controlling gradation, and regulation to limit the use of low quality aggregate are needed.

키워드 : 동일작업성조건, 저품질 골재, 콘크리트의 공학적 특성

Keywords : The same workability conditions, Low-quality aggregates, Engineering properties of concrete

1. 서론

최근 우리나라의 경우 콘크리트용 골재의 고갈현상은 심각한 수준에 놓여 있다. 즉, 국토교통부의 2016년도 골재 수급계획(안)에 따르면, 공급물량은 총 2억 2천 7백만³이고, 이 중 EEZ를 포함한 허가 물량은 1억 4천 2백만³로 약 62.6%를 차지하는데 비해, 신고물량은 8천 5백만³로 약 37.4%를 차지하는 것으로 보도하고 있다(Ministry of Transportation 2015; Lee 2010). 그러나, 실질적인 공사 현장에서는 천연 골재의 고갈 등의 이유로 많은양의 저품질 골재가 무분별하게 유통 및 사용되어 지고 있는 실정이다(Hong 2014; Koh 2006; Ministry of Transportation 2014; Song 2013).

그런데, 그 동안 저품질 골재가 콘크리트의 품질에 미치는 영향은 동일한 물 결합재비(이하, W/B) 및 단위수량 조건에서 연구되

어 슬럼프는 크게 저하 하지만 강도 및 내구성은 크게 저하하지 않는 결과로서 저품질 골재의 심각성이 거의 부각되지 않아 왔다 (Han 2016).

그러나, 우리나라 실무 레미콘 대부분의 경우는 배합설계 과정에서 단위 결합재량만은 경제성 측면에서 중요시 취급 하여 고정 시킨 상태에서 슬럼프 및 공기량을 요구 조건에 맞추기 위해 골재의 표면수율의 조정으로 단위수량을 높이고, AE제량을 조정하여 레미콘을 생산·출하 하고 있는 실정이다. 이렇게 되면 실제 레미콘 제조시 단위수량은 200kg/m³을 상회하는 경우가 있고, W/B도 크게 증가하여 구조체 콘크리트의 많은 균열 발생과 강도 및 내구성에 커다란 저하가 발생하여 국가 사회자본 투자의 질을 현저하게 저하 시키고 있다(Song 2013; Kim 2010).

그러므로 본 연구에서는 동일 배합 조건에서 저품질 골재가 콘

* Corresponding author E-mail: cghan@cju.ac.kr

¹청주대학교 건축공학과, 박사과정 (Department of Architectural Engineering, Cheongju University, Doctor's course, Cheongju, 28503, Korea)

²청주대학교 건축공학과, 교수 (Department of Architectural Engineering, Cheongju University, Professor, Cheongju, 28503, Korea)

크리트의 공학적 특성에 미치는 영향을 분석한 전 연구에 이어, 동일 작업성 조건에서 저품질 골재가 콘크리트의 공학적 특성에 어느정도 영향을 미치는지에 대하여 분석하므로써, 실무의 저품질 골재 활용 여부의 판단에 참고자료로 제공하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 Table 1과 같고, 배합사항은 Table 2와 같다. 즉, 실무 여건을 고려하여 단위 결합재량은 320kg/m³, 결합재 조성비는 OPC 65%, BS 20%, FA 15%, 잔골재율은 53%로 고정하였다. 또한, 각 골재를 사용한 콘크리트의 W/B는 목표 슬럼프 180±25mm 및 공기량 4.5±1.5% 기준에 만족하도록 단위수량과

Table 1. Experimental plan of concrete

Factors		Levels	
Mixture	Binder content (kg/m ³)	1	320
	Binder		OPC : BS : FA = 65 : 20 : 15
	Slump(mm)		180±25
	Air content (%)		4.5±1.5
	Coarse aggregate	2	·Manufactured gravel(MG) ·Exploded debris(EG)
Fine aggregate	4	·River sand(RS) ·Exploded sand(ES) ·Clay sand(CS) ·Sea sand(SS)	
Experiment	Fresh concrete	2	·Slump ·Air content
	Hardened concrete	6	·Compressive strength(3, 7, 28days) ·Modulus of elasticity(28days) ·Freezing and thawing test (30, 60, 90...300cycles) ·Drying shrinkage(1...180days) ·Carbonation(1, 4, 8, 13, 26weeks) ·Chloride penetration depth (1, 4, 8, 13, 26weeks)

Table 2. Mix proportion

Division		W/B (%)	S/a (%)	Weight mix(kg/m ³)				AE (%)	SP (%)
Coarse aggregate	Fine aggregate			B	W	S	G		
MG	RS	58.1	53	320	186	909	825	0.024	0.7
	ES	64.6			207	870	798	0.05	
	CS	65.4			209	877	796	0.045	
	SS	70.6			226	857	775	0.025	
EG	RS	61.9			198	892	794	0.025	
	ES	67.5			216	858	772	0.08	
	CS	68.8			220	862	767	0.055	
	SS	71.9			230	851	755	0.028	

AE제 혼입량을 변동하여 배합 설계하는 것으로 실험계획 하였다.

골재 변수로는 실제 경기·수도권역에 유통되고 있는 것을 대상으로, 굵은 골재는 양질의 부순 골재와 저품질의 발파석 굵은골재 2 수준, 잔골재로는 양질의 강모래와 저품질의 발파석, 마사토, 해사의 4 수준으로 하여 총 8 배치를 실험계획 하였다. 실험 사항으로 굳지 않은 콘크리트에서는 슬럼프, 공기량을 측정하는 것으로 계획하였고, 경화 콘크리트에서는 압축강도, 탄성계수, 동결융해 저항성, 건조수축 길이변화율, 촉진 탄산화 및 염화물 침투깊이를 측정하는 것으로 실험계획 하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 재료로서 시멘트는 국내산 H사의 1종 포틀랜드

Table 3. physical properties of OPC

Density (g/cm ³)	Blaine (cm ² /g)	Soundness (%)	Setting time (min.)		Compressive strength(MPa)		
			Initial	Final	3days	7days	28days
3.15	3,384	0.06	210	290	25.9	36.2	55.5

Table 4. Chemical and physical properties of BS

Density (g/cm ³)	Blaine (cm ² /g)	Chemical composition(%)						
		Cl	SO ₃	MgO	SiO	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
2.84	4,330	0.002	1.95	5.26	34.20	42.50	0.55	15.79

Table 5. Chemical and physical properties of FA

Density (g/cm ³)	Blaine (cm ² /g)	L.O.I	Moistyre content (%)	SiO ₂ (%)
2.25	3,810	3.0	0.1	53.8

Table 6. Chemical and physical properties of admixtures

Chemical admixture	Type	Phase	Color	Density (g/cm ³)
Water-reducing agent	Naphthalene	Liquid phase	Dark brown	1.05
Air-entraining agent	Anion		White	1.04

Table 7. Physical properties of aggregate

Division		Fineness modulus	Particle size distribution	Density (g/cm ³)	Water absorption (%)	Percentage for grain shape	0.08mm sieve passing amount (%)	Soundness
Coarse aggregate	MG	6.89	Good	2.66	0.5	56.9	0.3	3.2
	EG	6.80	Good	2.61	1.5	59.5	1.3	9.1
Fine aggregate	RS	2.75	Good	2.60	1.5	-	2.1	5.1
	ES	3.49	No good	2.57	3.1	53.8	6.9	3.5
	CS	3.21	No good	2.60	1.8	55	3.1	1.4
	SS	1.83	No good	2.61	0.9	-	0.7	1.8

* Failed the standard of KS

드 시멘트, BS 및 FA는 국내산 S사의 시중품을 사용하였는데, 그 물리·화학적 성질은 Table 3~5와 같다. 또한, 화학 혼화제는 모두 국내산 S사의 제품으로, 폴리칼본산계의 일반 감수제를 사용하였으며, AE제는 음이온계를 사용하였는데, 그 물리·화학적 특성은 Table 6과 같다. 골재는 경기·수도권에서 실제 유통되는 것으로 그 물리적 특성은 Table 7과 같고, 체가름곡선은 Fig. 1~6과 같다.

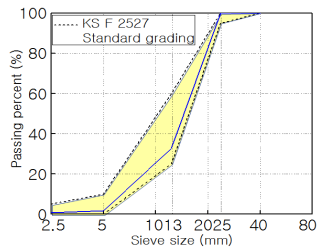


Fig. 1. Grading curve of the MG

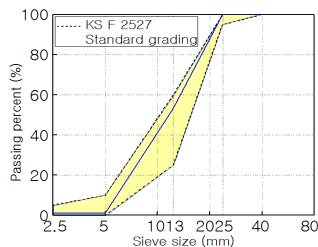


Fig. 2. Grading curve of the EG

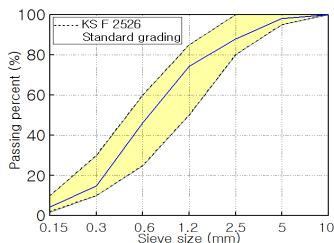


Fig. 3. Grading curve of the RS

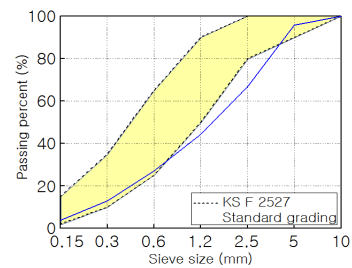


Fig. 4. Grading curve of the ES

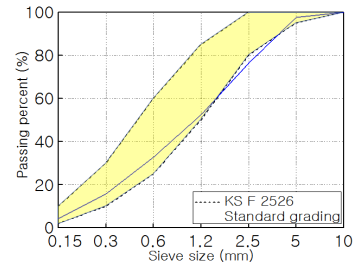


Fig. 5. Grading curve of the CS

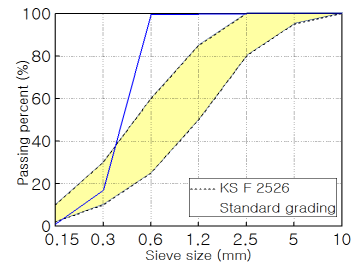


Fig. 6. Grading curve of the SS

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 트윈샤프트 믹서를 사용하여 Fig. 7의 순서에 따라 실시하였다.

굳지 않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402, 공기량은

KS F 2421에 의거 실시하였고, 경화 콘크리트 실험으로 압축강도는 KS F 2403의 규정에 의거 $\phi 100 \times 200 \text{mm}$ 원주형공시체로 제작 소정의 기간동안 수중양생 한 후, 3 MN UTM을 이용하여 KS F 2405 규정에 의거 압축강도를 구하였다. 탄성계수는 KS F 2438, 내동해성은 KS F 2456, 건조수축은 KS F 2424, 탄산화는 KS F 2584, 염화물침투깊이는 KS F 2737 규정에 의거하여 실시하였다.

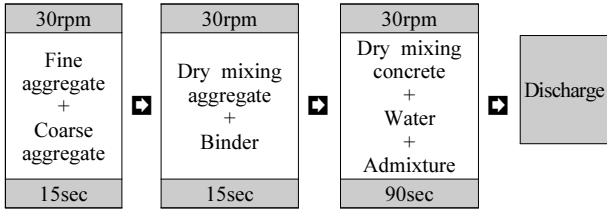


Fig. 7. Mixing of concrete

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 성능 달성을 위한 배합과정

3.1.1 단위수량 및 슬럼프

먼저, 단위수량 및 AE제 혼입량의 경우는 목표 슬럼프 및 공기량 기준을 만족하도록 배합 설계하였다. Fig. 8은 골재원 종류 변화에 따른 슬럼프 및 단위수량을 나타낸 그래프이다. 전반적으로 양호한 품질의 골재에 비해 저품질 골재에서 목표 슬럼프를 만족하기 위한 단위수량이 많게 설계되는 경향을 나타내었다. 특히, 양호한 부순 굵은 골재를 사용하더라도 잔골재의 품질이 좋지 않은 저품질의 발파석, 마사토 및 해사를 사용한 경우 단위수량이 약 15% 증가하는 것으로 나타났으며, 발파석 굵은 골재를 사용한 경우는 단위수량이 약 20%로 높게 증가하는 경향을 나타내었는데, 그 중 해사를 사용한 경우는 여타 배합에 비해 큰 단위수량을 나타내었다. 이는 낮은 조립률로 인한 과다한 잔입자의 구성으로 콘크리트의 점성이 강해짐에 따라 목표 슬럼프에 도달하기 위해 단위수량을 증가시켜 주어야 함에 기인한 것으로 사료된다.

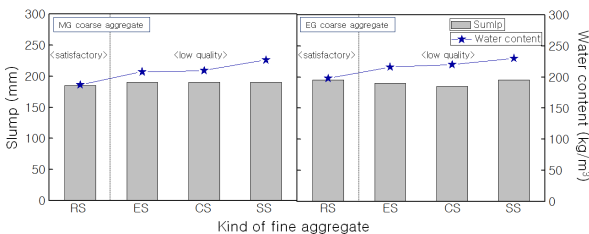


Fig. 8. Effect of aggregate quality on unit water content for prefixed concrete slump

3.1.2 공기량 및 AE제 혼입량

Fig. 9는 골재원 종류 변화에 따른 공기량 및 AE제 혼입량을 나타낸 그래프이다. 전반적으로 양호한 품질의 잔골재인 강모래를 사용한 배합에 비해 저품질 잔골재인 발파석, 마사토를 사용한 배합에서 목표 공기량을 만족시키기 위한 AE제 혼입량이 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 0.08mm체 통과량과 같은 다량의 미립자에 의한 공기량 감소에 기인한 것으로 사료된다.

특히, 양호한 품질의 부순 굵은 골재를 사용함에도 불구하고, 저품질의 잔골재를 사용한 경우 AE제 사용량이 약 70% 증가하는 것으로 나타났고, 발파석 굵은 골재를 사용한 경우는 약 125%까지 증가하는 경향을 나타내었다.

단, AE제 혼입량 증가는 AE 공기량을 동일 하게 조정하기 위한 목적으로 사용한 것임에 전 항의 단위수량 변화의 영향과 달리 AE제 사용량 변화는 콘크리트의 강도, 탄성 및 내구성 등 품질에 거의 영향이 없는 것으로 분석된다. 그러나, AE제 사용량 증가는 레미콘 단가에 영향을 미치지만, 본 연구범위 내에서는 크게 고려할 정도의 단가상승은 아닌 것으로 사료된다.

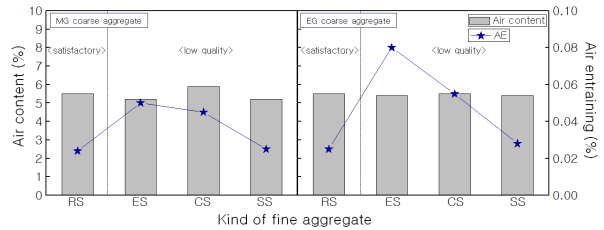


Fig. 9. Effect of aggregate quality on AE dosage for prefixed air content

3.2 경화 콘크리트의 특성

3.2.1 압축강도

Fig. 10은 재령별 골재원 종류 변화에 따른 압축강도를 나타낸 그래프이다. 먼저, 양호한 품질의 부순 굵은 골재를 사용한 배합에 비해 저품질의 발파석 굵은 골재를 사용한 배합에서 잔골재 종류와 관계없이 전체적으로 약 29% 낮은 압축강도를 나타내었는데, 재령이 경과할수록 그 차이가 커지는 것으로 나타났다. 특히, 저품질의 잔골재인 발파석, 마사토 및 해사를 사용한 경우는 입도 등 주요 품질 항목이 관련 KS의 기준에서 벗어남에 따라 압축강도가 크게 저하하였는데, 재령 28일 압축강도에서 양호한 부순 굵은 골재인 경우는 약 30%, 저품질의 발파석 굵은 골재까지 사용하는 경우는 약 35%까지 압축강도가 저하하는 경향으로 그 심각성이 매우 큼을 알 수 있었다. 즉, 양호한 골재를 이용할 경우 28일 압축

강도는 약 28MPa 정도인데 비하여 저품질 골재를 이용한 경우는 약 20MPa 이하가 되기도 함을 확인 할 수 있었다. 이는 역시 단위 수량 및 슬럼프치 분석에서 동일 유동성을 확보하기 위하여 저품질 골재에서는 단위수량이 커져 결국 W/B가 증가함에 기인한 것으로 분석된다.

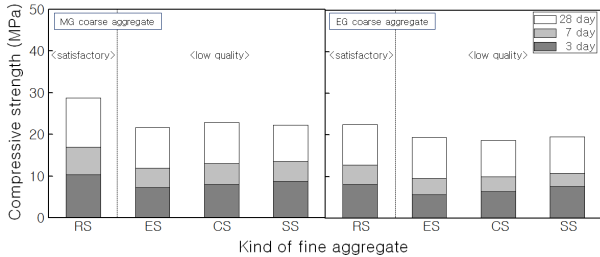


Fig. 10. Compressive strength with the aggregate type

3.2.2 탄성계수

Fig. 11은 골재원 변화에 따른 재령 28일 탄성계수를 나타낸 그래프이다. 전반적으로 탄성계수는 압축강도에 비례하는 경향을 나타내었다. 즉, 양호한 부순 굵은 골재를 사용한 배합의 평균은 21.8 GPa로 나타난 반면, 저품질의 발파석 굵은 골재 사용 배합의 평균은 19.9GPa로 약 10% 낮은 탄성계수를 나타내었다.

또한, 잔골재 종류에 따른 탄성계수도 기존의 압축강도와 유사하게 저품질의 잔골재인 발파석, 마사토 및 해사를 사용한 배합에서는 양호한 품질의 잔골재인 강모래의 배합보다 약 20% 전·후 비교적 크게 저하 하는 경향을 나타내었다.

결국 이와 같은 원인 역시 압축강도에서 분석한 것과 같이 저품질 골재의 경우 W/B가 증가하여 강도가 저하함에 따른 탄성계수 저하로 분석된다.

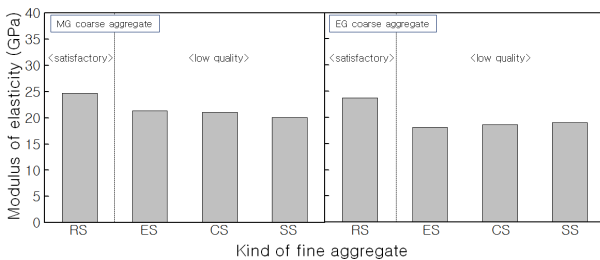


Fig. 11. Modulus of elasticity with the aggregate type

3.2.3 내동해성

Fig. 12는 콘크리트의 내구성 중 동결융해 저항성으로 골재원

변화별 동결융해 사이클 변화에 따른 상대 동탄성계수를 나타낸 그래프이다. 전반적으로 양호한 부순 굵은 골재를 사용한 배합에 비해 저품질의 발파석 굵은 골재를 사용한 배합에서 상대동탄성계수가 약 6% 감소하는 경향을 나타내었다.

또한, 저품질 잔골재인 발파석, 마사토 및 해사를 사용한 배합에서는 강모래를 사용한 배합에 비해 약 16% 낮은 상대동탄성계수를 나타내었다. 이는 저품질 골재의 경우 KS 기준에 부적합함에 따라 배합설계 시 물 결합재비가 증대됨에 기인한 것으로 판단된다.

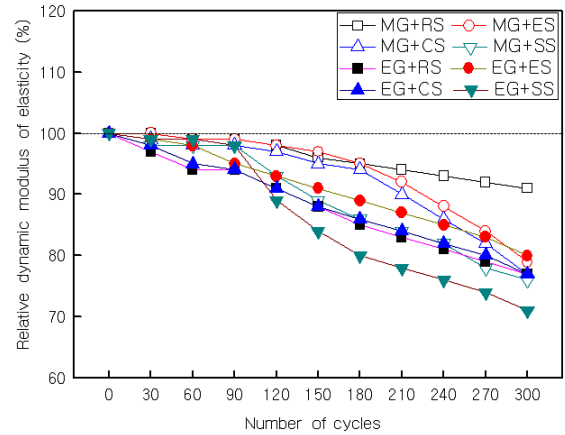


Fig. 12. Relative dynamic modulus of elasticity with the number of cycles

3.2.4 건조수축 길이변화율

Fig. 13은 골재원 변화별 재령 경과에 따른 건조수축 길이변화율을 나타낸 것이다. 전반적으로 양호한 부순 굵은 골재를 사용한 배합에 비해 저품질의 발파석 굵은 골재를 사용한 배합에서 큰 건조수축 길이변화율을 나타내었다.

특히, 양호한 부순 굵은 골재를 사용한 배합의 평균은 -1315×10^{-6} , 저품질의 발파석 굵은 골재를 사용한 배합의 평균은 -1472×10^{-6} 로 발파석 굵은 골재를 사용한 배합에서 약 10% 증가하는 경향을 나타내었다. 특히, 양호한 부순 굵은 골재와 잔골재인 강모래를 사용한 배합에 비해 저품질의 잔골재인 발파석, 마사토 및 해사를 사용한 배합에서 약 40% 정도 건조수축 길이변화율이 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 동결융해 저항성과 유사한 경향으로 저품질 골재의 미립자량 등 골재자체의 저품질에 기인하여 배합설계 시 목표 슬럼프를 만족하기 위하여 단위수량이 증가됨에 따라 건조수축 길이변화율이 증가한 것으로 판단된다. 또한, 본 연구에서의 건조수축길이변화율의 실험결과는 기존 일반 강도의 건조수축길이 변화율의 실험결과보다 큰 값을 나타내었는데, 이는 단위수량

이 증가하고, 또한, 물결합재비가 65% 전·후에, 큰 S/a의 배합으로 결정 되어짐에 따라 건조수축 길이 변화율이 크게 증가한 것으로 사료된다.

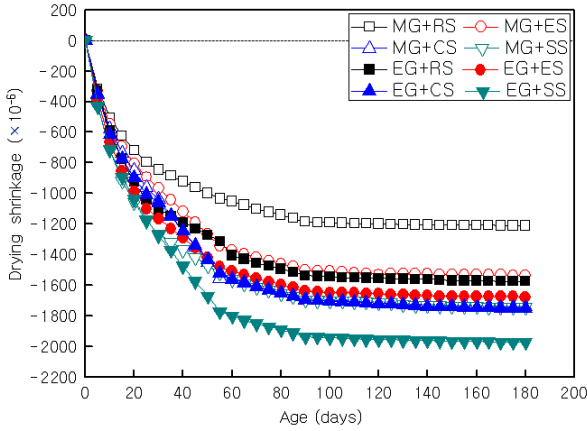


Fig. 13. Drying shrinkage with the age

3.2.5 탄산화

Fig. 14는 골재원 변화별 재령경과에 따른 촉진 탄산화 깊이를 나타낸 것이다. 전반적으로 양호한 부순 굵은 골재를 사용한 배합에 비해 저품질의 발파석 굵은 골재를 사용한 배합에서 높은 촉진 탄산화 깊이를 나타내었다. 특히, 저품질의 잔골재인 발파석, 마사토 및 해사를 사용한 배합에서 더 큰 촉진 탄산화 깊이를 나타내었는데, 이는 불량의 입도 및 미립자량 등이 KS 기준을 만족하지 못함에 따라 단위수량이 증가되어 콘크리트 내부의 공극량 증가로 촉진 탄산화 깊이가 커진 것으로 판단된다.

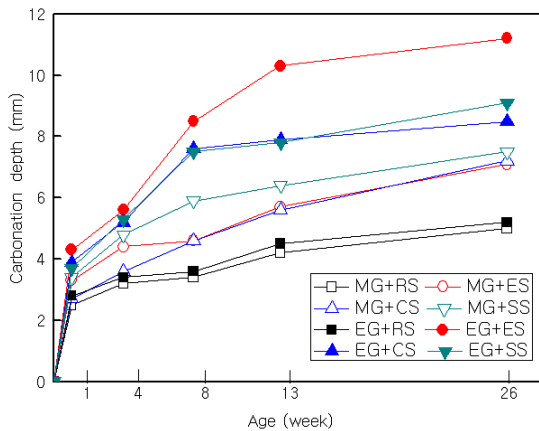


Fig. 14. Carbonation depth with the age

3.2.6 염화물침투깊이

Fig. 15는 골재원 변화별 재령 경과에 따른 염화물침투깊이를 나타낸 것이다. 전반적으로 양호한 부순 굵은 골재를 사용한 배합에 비해 저품질 발파석 굵은 골재를 사용한 배합에서 염화물 침투깊이가 증가하는 경향을 나타내었다. 특히, 저품질의 발파석 굵은 골재와 저품질 잔골재인 발파석, 마사토 및 해사를 사용한 배합에서 높은 염화물 침투깊이를 나타낸 반면, 양호한 부순 굵은 골재와 잔골재인 강모래를 사용한 배합의 경우는 낮은 염화물 침투깊이를 나타내었다. 이는 골재의 품질이 KS 기준에 만족 하지 못함에 따라 단위수량이 증가하여 거칠은 콘크리트 조직이 형성됨에 따라 염화물 침투깊이가 증가한 것으로 판단된다.

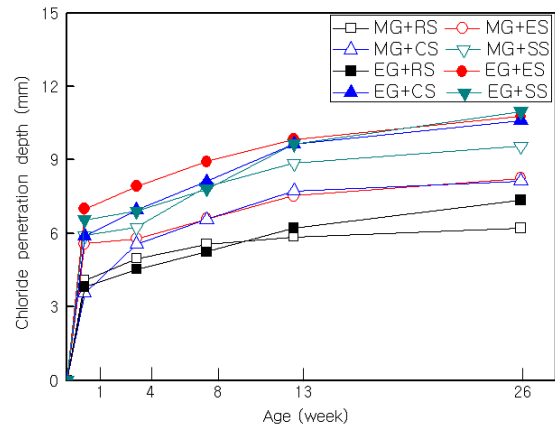


Fig. 15. Chloride penetration depth with the age

3.3 종합분석

종합분석으로 압축강도 및 내구성에 대한 골재원 별 실측치와 이를 양호한 부순 굵은 골재와 강모래를 사용하는 콘크리트에 대한 증감 백분율로 평가 차트를 작성하여 분석하면 Table 8과 같다.

이전 동일 배합조건에서 저품질 골재가 콘크리트의 공학적 특성에 미치는 영향을 분석한 경우에서 양호한 골재를 사용한 콘크리트의 경우는 슬럼프치가 200mm에서 저품질 골재를 사용한 콘크리트의 경우 50mm 정도로 크게 저하 하였지만, 압축강도는 5~20% 정도 밖에 저하하지 않아 크게 문제시 되지는 않았다(Han 2016). 그러나, 이번 경우 유동성 및 공기량은 실무 조건을 고려하여 단위수량 및 AE제 혼입량을 변동시켜 동일 작업성으로 제조할 경우, 압축강도는 20~35%까지 저하하여 매우 심각한 수준임을 알 수 있었다.

이와 같은 경향은 압축강도에만 국한되지 않고, 탄성계수의 경

Table 8. Strength and durability of reduction ratio

Division		Compressive strength percentage(%)	Modulus of elasticity percentage(%)	Relative dynamic modulus of elasticity percentage(%)	Drying shrinkage percentage(%)	Carbonation percentage(%)	Chloride penetration depth percentage(%)
Coarse aggregate	Fine aggregate						
MG	RS	±0	±0	±0	±0	±0	±0
	ES	-24	-14	-13	27	42	33
	CS	-20	-15	-15	43	44	31
	SS	-23	-19	-16	43	50	54
EG	RS	-22	-4	-15	30	4	19
	ES	-32	-27	-12	38	124	74
	CS	-35	-25	-15	44	70	71
	SS	-32	-23	-22	63	82	77

■ A greatly reduced value

우는 4~25%저하, 내구성중 내동해성으로 상대 동탄성계수 비는 12~22% 저하, 건조수축은 27~63% 증가, 탄산화는 4~124% 증가, 염화물 침투깊이는 19~77%의 증가가 나타났다.

특히, 골재 중 저품질 정도의 영향으로 굵은 골재 보다는 잔골재의 영향이 큰데, 잔골재 종류로는 상대치를 정량적으로 정하기에는 곤란한 점이 있을지라도 해사와 마사토가 제일 불리하고, 발파석 잔골재의 경우는 상대적으로 심각도가 적음을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 동일작업성 조건에서 저품질 잔·굵은 골재가 콘크리트의 공학적 특성에 미치는 영향을 실험적으로 분석 하고자 하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 굳지 않은 콘크리트의 기초적 특성으로 슬럼프 및 공기량을 단위수량과 AE제 혼입량 조정으로 동일하게 배합설계 하였는데, 양호한 품질의 골재를 사용한 배합에 비해 저품질 골재 사용시 불량 입도 및 미립자량 등의 영향으로 단위수량 및 AE제 혼입량이 각각 약 18%, 98% 증가하는 경향을 나타내었다.
2. 경화 콘크리트의 특성으로 압축강도 및 탄성계수는 양호한 품질의 부순 굵은 골재를 사용한 배합에 비해 저품질의 발파석 굵은 골재를 사용한 배합에서 전체적으로 낮은 결과를 나타내었다. 특히, 발파석, 마사토 및 해사와 같은 저품질 잔골재를 사용한 경우는 최대 35%의 압축강도 저하를 나타내어 심각성을 알 수 있었는데, 이는 단위수량의 증가로 물 결합재비가 커짐에 따라 압축강도 및 탄성계수가 낮아진 것으로 판단된다.
3. 동결융해저항성은 저품질 골재인 발파석 굵은 골재와 저품질

잔골재인 발파석, 마사토 및 해사를 사용한 경우 300 Cycle 후 상대동탄성계수가 80% 이하로 나타나 동결융해 저항성을 제대로 확보하지 못하는 것이 확인되었다.

4. 건조수축 길이변화율, 염화물 침투 깊이 및 중성화의 경우는 전반적으로 양호한 부순 굵은 골재를 사용한 배합에 비해 저품질의 발파석 굵은 골재를 사용한 배합에서 특히, 저품질 잔골재인 발파석, 마사토 및 해사에서 대폭 증가하는 경향을 나타내었다.

이상을 종합하면 양호한 골재에 비해 저품질 골재는 유동성, 강도 및 내구성 등의 관점에서 콘크리트에 심각하게 악영향을 미치고 있음에, 이를 순환자원으로 활용 할 경우에는 물씻기, 혼합골재에 의한 입도 조정 등 별도의 처리를 거쳐 사용토록 특별한 대책이 강구 되어져야만 할 것으로 사료된다.

References

Han, C.G., Min, G.C. (2016). Influence of low-quality aggregate on engineering properties of concrete, Journal of the Korea Recycled Construction Resource Institute, **4(2)**, 187-194.

Hong, S.S., Kim, J.Y., Lee, J.Y. (2015). Trends of supply and demand of aggregate in Korea (i), The Petrological Society of Korea, **24(3)**, 253-272.

Kim J.S., Han, M.C. (2010). Current topics and course of growth in industry of ready mixed concrete, Journal of the Korea Concrete Institute, **22(2)**, 34-37.

Koh, K.T., Ryu, G.S., Yoon, G.W., Han, C.G., Lee, J.H. (2006). Influence of the type of fine aggregate on concrete properties,

Journal of the Korea Concrete Institute, **18(4)**, 459–467.
Lee, D.I., Park, D.S., Eom, K.H., Kim, G.Y. (2010). Status of marine sand mining and assessment system in Korea, Journal of the Environmental Impact Assessment, **19(3)**, 357–365.
Ministry of Transportation. (2014). 2015 Aggregate Demand and Supply Planning, Aggregate Supply and Demand committee.
Ministry of Transportation. (2015). 2016 Aggregate Supply and Demand.

Song, J.W., 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.

Song, Y.C., Kim, Y.R., Bang, J.S., Song, Y.W. (2013). Study on the quality of fine aggregate by regional ready mixed concrete, Architectural Institute of Korea Annual Conference, **33(1)**, 511–512.

저품질 골재가 동일 작업성 조건에서 콘크리트 공학적 특성에 미치는 영향

본 연구에서는 동일 작업성 조건에서 저품질 잔·굵은 골재가 콘크리트의 공학적 특성에 미치는 영향을 실험적으로 분석하고자 하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 먼저, 슬럼프 및 공기량을 단위수량과 AE제 혼입량 변화로 동일하게 배합설계 하였다. 따라서, 양호한 품질의 골재를 사용한 배합에 비해 저품질의 골재 사용시 불량률의 입도 및 미립자량 등의 영향으로 단위수량 및 AE제 혼입량이 각각 약 18%, 98% 증가하는 경향이 나타났다. 압축강도의 경우는 양호한 품질의 부순 굵은 골재를 사용한 배합에 비해 저품질의 발파석 굵은 골재를 사용한 배합에서 특히, 발파석 마사토 및 해사와 같은 저품질 잔골재와 복합될 때 20~35% 까지 저하하는 결과를 나타내었다. 또한, 저품질 잔·굵은 골재를 사용한 콘크리트인 경우는 압축강도뿐만 아니라 탄성계수와 내구성으로 동결융해, 건조수축, 탄산화 및 염해저항성 측면에서도 크게 저하하여 그 심각이 문제시 되었다. 따라서 저품질 골재를 순환자원으로 활용하고자 할 때에는 물씻기, 혼합골재에 의한 입도 조정 등 별도의 처리를 거쳐 사용하거나 혹은 사용을 철저히 규제하는 특별한 대책이 수립 되어야 할 것으로 사료된다.