

산지별 세척사 특성

The Properties of Sea Sand with Digging Sources

(2006년 9월 5일 원고접수, 2006년 11월2일 심사완료 / Received October 5, 2006, Accepted November 2, 2006)

김정빈*

삼표기술연구소

Jung-Bin Kim

Sampyo Research & Development, Kwangju, 464-080, Korea

Abstract

High-strength, High-durability concrete appearance was embossed by benevolence who quality for each raw material that become factor that is direct in concrete manufacture and the special quality is very important and request properties of matter were also strengthened more.

Specially, natural resources of good quality were abundant past in occasion of aggregate and unlike concrete request strength past that the importance was less relatively the quality enemy than cement because is also not big, importance of aggregate quality great varied as concrete strength and request properties of matter about durability are strengthened more on extreme displacement.

Mixing four who is original and mixes special quality examination of domestic three Four-Stick Games by Chaechwiwon and age Four-Stick Games and crushed sand examined concrete quality characteristic that use mortar and concrete quality characteristic, special quality of North Korea sun guardian mountain three Four-Stick Games that is imported from the North Korea, North Korea sun guardian mountain three Four-Stick Games etc..

키워드 : 골재, 부순모래, 세척사, 모르타르, 압축강도

Keywords : Aggregate, Crushed aggregate, Wash aggregate, Mortar, Compression strength

1. 서론

20세기말 급속한 경제성장과 도시화로 사회기반시설물과 주택 건설이 폭발적으로 진행되면서, 콘크리트 소비가 급격히 증가하였고 이에 따른 콘크리트 생산에 필요한 양질의 천연골재가 고갈되는 상태에 이르렀다.

도시의 팽창과 인구 밀도의 증가는 공간의 효율적인 활용을 증진시킬 수 있는 고층 건물의 필요성을 증대시켰으며 콘크리트 기술이 발달하면서 주로 철골조로 시공되었던 고층 건물과 대형 토목 구조물에 콘크리트가 적용되면서, 콘크리트의 강도 발현이 매우 중요하게 되었다.

또한 막대한 건설비용이 투자되는 고층 건물과 대형 토목 구조물이 지진, 홍수 등과 같은 자연 재해에 의한 붕괴나, 구조물의 노후로 인한 철거 시 발생할 수 있는 인적 피해 및 경제적 손실을 크게 줄이기 위하여 구조물의 내구성이 중요해지면서, 내구성이 큰 콘크리트의 필요성이

대두되었다.

고강도, 고내구성 콘크리트 출현은 콘크리트 제조와 그 특성에 직접적인 요인이 되는 각각의 원재료에 대한 품질이 매우 중요한 인자로 부각되었고 요구 물질 또한 더욱 강화되었다.

특히 골재의 경우 과거 양질의 천연 자원이 풍부하였고 콘크리트의 요구 강도 또한 크지 않아 시멘트에 비하여 그 품질적 중요성이 상대적으로 적었던 과거와는 달리, 콘크리트의 강도와 내구성에 대한 요구 물질이 극한 조건으로 더욱 강화되면서 골재 품질의 중요성이 매우 커졌다.

골재의 중요성과 그 요구 품질 조건은 강화된 반면, 양질의 천연 골재자원은 이미 고갈된 상태로 고강도, 고내구성의 콘크리트 제조에 필요한 골재뿐만 아니라 과거 사용된 일반 강도 특성의 콘크리트 제조에 필요한 골재의 공급도 어려운 실정이다.

굵은골재의 경우는 석산에서 생산되는 부순자갈로 일찍이 대체되면서 안정적인 공급뿐만 아니라 품질 측면에서도 지금까지 큰 문제가 없었으나, 이러한 안정을 유지하기 위해서는 장기적인 석산 개발 정책과 이를 위한 제도적

*Corresponding author

E-mail : gyuyongkim@cnu.ac.kr

보안이 필요할 것으로 판단된다.

양질의 강모래 고갈 이후 세척사에 의해 공급의 안정을 유지해오던 잔골재는 대량 채취로 세척사의 부존량이 급격히 감소하였고, 해안선 및 해안 환경 변화에 의한 환경 보호가 대두되면서 대체 자원에 대한 계획 및 준비 없이 해양환경 보호를 위한 휴식년제도가 시행됨으로써 세척사 채취 제한에 따른 양질의 세척사 수급은 물론 전반적인 잔골재 부족 현상이 발생하고 있다.

건설교통부에서는 부순모래 생산 확대와 EEZ 세척사, 북한모래 반입 등 골재 공급원을 다원화하여 잔골재 수급 불균형 해소를 추진하고 있으나, 잔골재 품질 문제를 간과한 양적인 수급 정책으로 공급원 다원화에 의한 잔골재 품질 편차를 심화 시켜 콘크리트 품질관리가 매우 어려워졌다.

본고에서는 채취원별 국내 세척사의 특성 검토와 세척사와 부순모래를 혼합한 혼합사가 모르타르 및 콘크리트 품질 특성, 북한으로부터 수입되고 있는 북한 해주산 세척사의 특성, 북한 해주산 세척사를 사용한 콘크리트 품질 특성을 검토하였다.

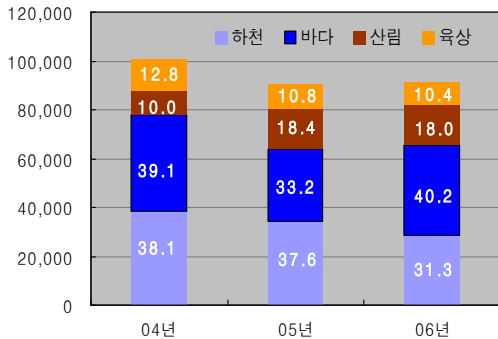


Fig. 1 Domestic fine aggregate supply plan by year (Non-Permissive and North Korea sand amount of exception)

2. 수도권 콘크리트용 잔골재 수급 동향

건설교통부의 2006년 골재수급계획에 의하면 굵은골재는 96%가 산림골재에 의해 공급되고 있으며, 향후 굵은골재 공급의 대부분을 산림골재에 의존하고 있다.

잔골재의 경우는 바다와 산림, 육상, 하천으로 그 공급원이 다양화되고 있으며, 과거 잔골재 공급의 60% 이상을 차지하던 바다모래의 공급은 줄고 산림골재의 공급이 늘어 바다모래와 산림골재에 의한 공급이 잔골재 공급의

70% 수준을 차지하고 있다.

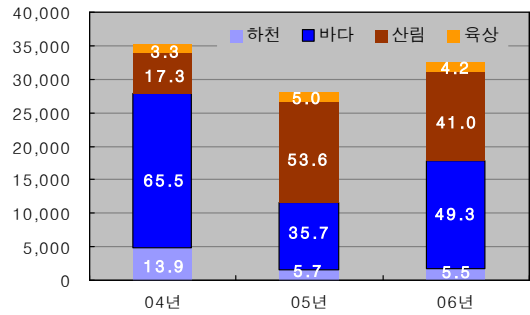


Fig. 2 Capital region fine aggregate supply plan by year (Non-Permissive and North Korea sand amount of exception)

잔골재 수급난을 겪은 수도권의 경우는 Fig. 2에서 보는 것처럼 잔골재 공급의 90% 정도를 바다모래와 산림골재로 공급할 계획으로 잔골재 공급원이 이원화된 양상을 보인다.

그러나 석산의 분쇄 공정을 통해 인위적으로 생산되는 산림골재와는 달리 바다모래의 경우는 그 채취 지역에 따라 입도분포 특성이 크게 달라지게 된다.

따라서 채취원별로 수도권에 공급할 바다모래를 분류하면 채취지역이 웅진·강화, 태안, 배타적 경제수역(EEZ)과 북한 해주산으로 크게 대별할 수 있고 이 채취원별 공급 계획 물량은 Fig. 3과 같다.

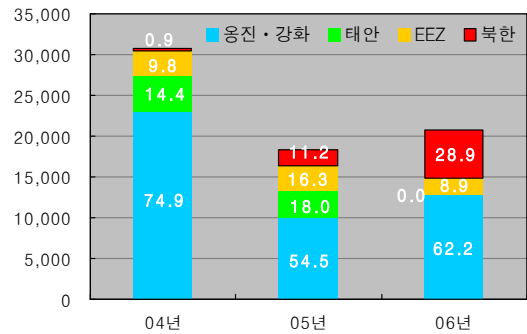


Fig. 3 Capital region sea sand supply plan by year

태안 지역 바다모래가 수도권으로 반입되지 않는 대신 북한 해주산 바다모래를 수도권에 공급하고 잔여 부족분을 EEZ 바다모래로 공급할 계획이다. 특히 EEZ 바다모래는 다소 줄었으나, 북한 해주산 바다모래에 의한 공급은

30%에 육박할 정도로 크게 증가하고 있다.

그러나 웅진군 해역의 휴식년 실시로 실질적인 웅진강화의 바다모래 공급은 줄고 EEZ와 북한 해주산 모래 공급량이 증가하였다. 특히 북한 해주산에 의한 공급물량은 1,000만 m^3 로 2005년도 잔여량과 2006년도 계획량을 훨씬 초과하는 양으로 수도권 바다모래 공급 계획 물량의 50% 수준에 달한다.

3. 국내 세척사 특성

국내 서해안에서 채취되는 세척사의 품질은 채취 광구와 채취시기에 따라 그 입도분포 편차가 있었으나, 양질의 세척사 고갈로 채취원이 다양화 되면서 그 편차가 더욱 커지고 있다.

Fig. 4는 서해안에서 채취되어 수도권에 공급되는 국내 세척사의 일반적인 조립률 경향을 도식화한 것으로 채취원별로 큰 차이를 나타내고 있다.

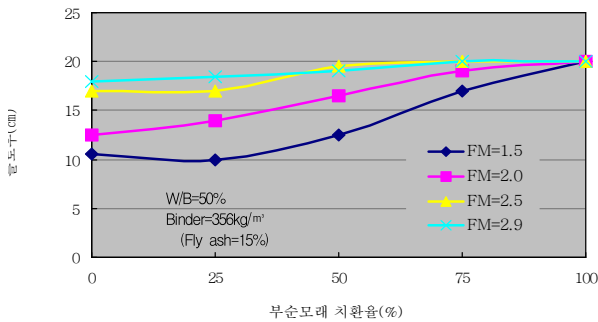


Fig. 4 Washed aggregate fineness moduluses and mortar flow properties by crushed sand substitutional rate

일반적으로 콘크리트용 잔골재로써 사용하는데 큰 문제는 없는 양질의 세척사로 알려진 웅진군에서 채취되는 세척사의 경우도 그 조립률이 2.8~3.0 정도로 변하고 있으며, 이마저 고갈 위기에 직면한데다 해양 환경 보호에 의해 채취가 제한되고 있는 상태다.

태안군에서 채취되는 세척사의 경우는 조립률이 2.8 정도 되는 것이 채취되기도 하나, 그 양이 적고 대부분 2.0~2.4 정도로 콘크리트용 잔골재로써 단독으로 사용하기에는 부적합하다.

특히 EEZ수역에서 채취되는 세척사의 경우는 가끔 조립률이 2.0수준의 것이 채취되기는 하나, Fig. 5에서 보여주는 것과 같이 일반적으로 조립률이 1.4~1.6 정도이고 입도분포 또한 단입도 분포에 가까워 절대적으로 평균 입경이 짧은 다른 잔골재와 혼합 사용하여야 하나, 혼합사용량

에도 한계가 있어 사용상의 어려움이 있다.

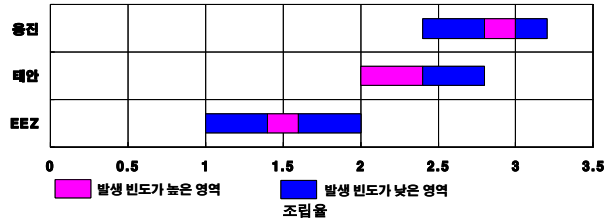


Fig. 5 Washed aggregate fineness moduluses tendencies by west coast place

Fig. 6과 Fig. 7은 세척사의 조립률과 부순모래(FM=3.0) 치환 첨가율에 따른 모르타르의 플로우와 압축강도 특성을 W/B 50%, 결합재량 356 kg/m^3 , 플라이애쉬 치환율 15%에서 실험한 결과로 세척사를 부순모래와 혼합하여 사용할 경우 모르타르의 특성이 개선되었다.

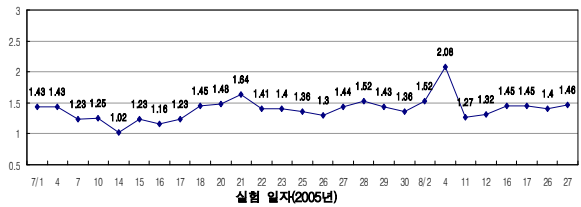


Fig. 6 EEZ picking washed aggregate fineness moduluses

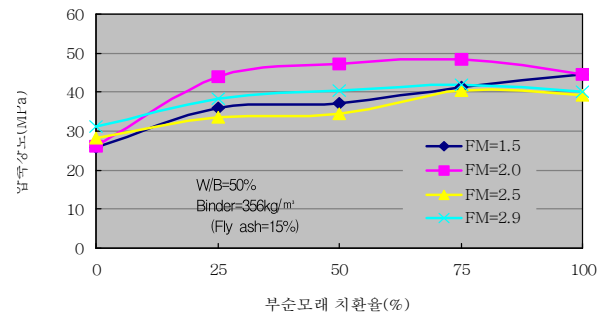


Fig. 7 Washed aggregate fineness moduluses and mortar compressive strength special quality by crushed sand substitutional rate

Fig. 8과 Fig. 9는 W/B 50%, 결합재량 356 kg/m^3 , 플라이애쉬 치환율 15%, S/a 49% 조건에서 세척사 조립률과 부순모래(FM=3.0) 치환율 변화에 대한 콘크리트 특성 변화를 실험 것으로 모르타르 실험 경향과 유사한 경향을 나타내고 있다.

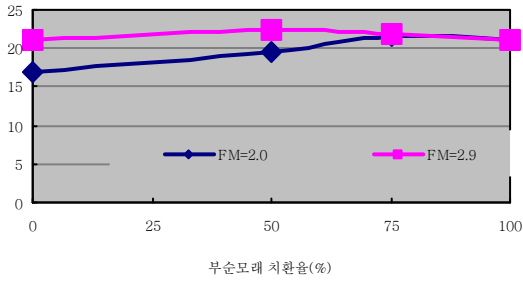


Fig. 8 Concrete slump change by washed aggregate fineness modulus and crushed sand substitutional rate

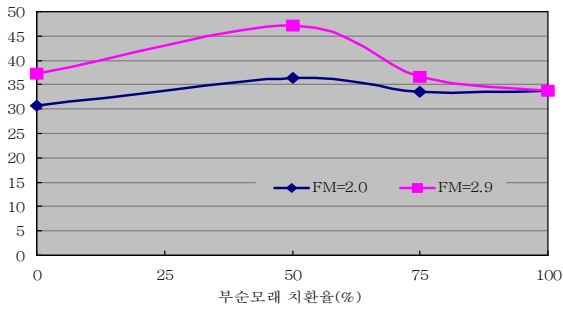


Fig. 9 Concrete compressive strength change by washed aggregate fineness modulus and crushed sand substitutional rate

Fig. 6 ~ Fig. 9의 세척사 조립률과 부순모래 치환율에 대한 모르타르와 콘크리트 실험 결과를 참조할 경우 세척사 조립률이 1.5 수준일 경우는 세척사 최대 혼합량이 30%를 넘지 않도록 하고, 세척사 조립률이 2.0일 경우는 50%를 넘지 않도록 하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

또한 세척사 조립률이 2.6 이상일 경우는 단독 사용도

무방하나, 2.5정도까지는 부순모래와 혼합하여 사용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

4. 북한 해주산 세척사 특징

4.1 잔골재 품질

북한 해주산 세척사의 품질 수준은 Table 1과 Fig. 10에서 보여주는 것과 같이 조립률은 2.8 수준으로 양호하였으나, 국내 서해안 세척사에 비하여 조개껍질이 다량 함유되어 있었다. 조개껍질 함유량이 입자모양 판정 실적률을 낮추나, 흡수율과 비중에는 영향을 주지 않는 것으로 생각된다.

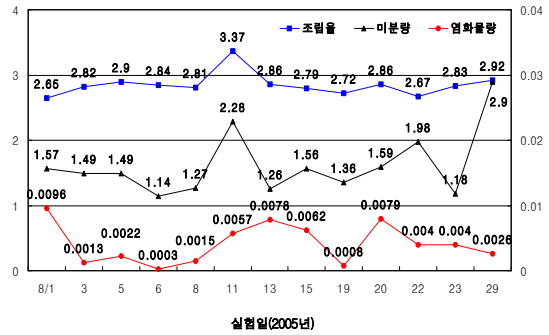


Fig. 10 Heaju division washed aggregate fineness modulus and 0.08mm passive rate, a chloride quantity

4.2 굳지 않은 콘크리트 특성

북한 해주산 세척사를 사용한 콘크리트의 특성을 Fig. 11과 같이 동일 배합 조건(단위수량=170kg/m³, 결합재량=340kg/m³, AE제=0.01%B, 감수제=0.5%B)과 동일 결합재량에서 작업성과 공기량이 동일하도록 단위수량과 AE제량을

Table 1. Washed aggregate and inclusion shell properties of matter

구 분	절건비중 (실측A)	흡수율 (%)	겉보기 비중 (기기측정B)	산출* 절건비중	절건비중 차 (B-A)	미분량 (%)	조 개 겹질량 (%)
용진군산	2.59	0.79	2.65	2.60	0.01	0.92	1.27
해주산	5mm 통과 전	-	-	-	-	2.46	7.00
	5mm 통과 후	2.54	1.44	2.66	2.56	0.02	7.10
	원 사	-	-	-	-	-	6.30
	조개껍질 제거	2.55	1.35	2.64	2.55	0.00	-
조개껍질	2.41	4.33	2.70	2.42	0.01	-	-

* 겉보기 비중과 흡수율의 관계로부터 산출

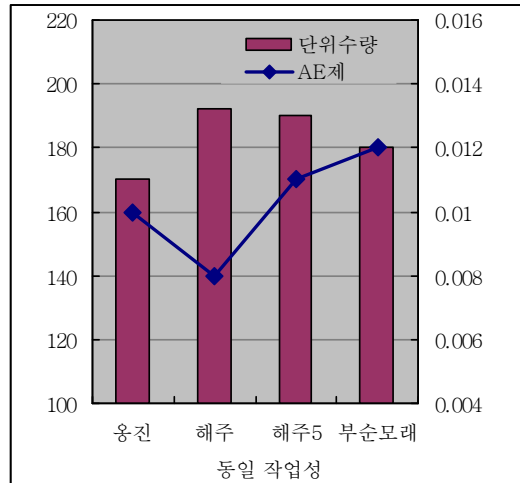
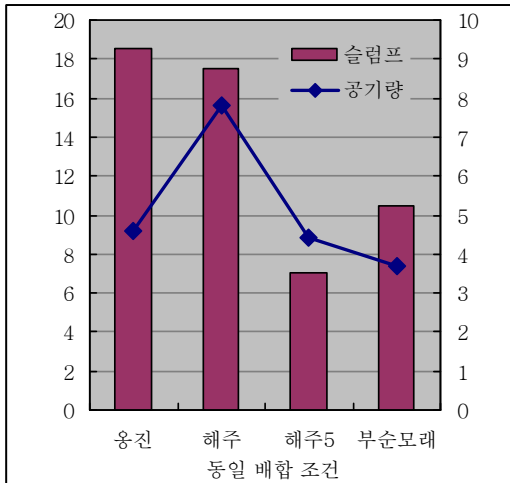


Fig. 11. Concrete special quality that do not harden of Haeju division washed aggregate

변화시킨 경우를 검토한 결과 5mm 이상의 조개껍질을 함께 함유하고 있는 경우 동일 배합조건에서는 작업성 저하 없이 공기량이 크게 증가하였으나, 동일 작업성과 공기량 조건에서는 단위수량이 증가하였고 AE제 사용량이 저하하였다.

5mm 이하의 조개껍질을 함유하고 있는 해주산 세척사의 경우 작업성을 동일하게 할 경우 AE제 사용량이 증가한 것으로 보아 5mm 이상의 조개껍질을 함께 함유하는 경우의 공기량 증가는 AE제의 연행공기포에 의한 공기량 증가가 아닌 조개껍질의 완곡부에 형성되는 닫힌 공기포에 의한 것으로 생각된다.

따라서 5mm 이상의 조개껍질을 함유하는 해주산 세척사를 사용하고 일반 콘크리트의 요구 수준으로 공기량을 맞출 경우 연행 공기포의 감소에 의한 것으로 판단되는 동결융해 저항 저하의 문제가 있는 것으로 판단된다.

4.3 굳은 콘크리트 특성

4.3.1 압축강도

Fig. 12에 동일 배합 조건과 동일 작업성으로 실험한 콘크리트의 압축강도 변화를 나타내었다.

동일 배합 조건에서 제조한 콘크리트의 압축강도 특성 실험 결과 5mm이상의 조개껍질을 함께 함유한 해주산 세척사를 사용할 경우 강도가 저하하고, 5mm 이하의 조개껍질을 함유한 해주산 세척사의 경우는 강도가 증가한다. 5mm 이상의 조개껍질을 함께 함유하는 경우의 강도 저하는 공기량 증가가 그 원인인 것으로 판단되며, 5mm 이하의 조개껍질을 함유하는 경우의 강도 증가는 부순모래와

같이 파쇄에 의해 조직면이 거칠어진 조개껍질에 의한 부착강도 증진과 미분의 영향일 것으로 판단된다.

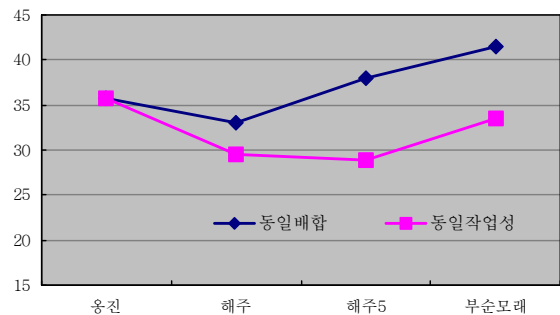


Fig. 12. Concrete compressive strength special quality that use Haeju division washed aggregate

그러나 동일 결합재량에서 동일 작업성을 갖도록 제작할 경우 단위수량의 증가로 인한 해주산 세척사의 강도가 저하함을 알 수 있다.

4.3.2 동결융해 및 중성화

동일 작업성에서 제작한 콘크리트에 대한 기중동결-수중융해 방식으로 실험한 동결융해 결과를 Fig. 13에, 실내 온도 20°C, 상대습도 60%, 이산화탄소 농도 5%로 실험한 중성화 결과를 Fig. 14에 나타내었다.

5mm 이상의 조개껍질을 함께 함유한 경우는 150과 180 동결융해 사이클에서 상대 동탄성 계수가 60% 이하로 떨어지는 현상이 나타났는데 이는 5mm 이상의 조개껍질을 함께 함유할 경우 콘크리트의 공기량 조건을 KS 품질 조

건으로 맞추어 줄 경우 조개껍질에 의한 갇힌 공기량의 영향으로 연행 공기량이 감소하기 때문으로 생각된다.

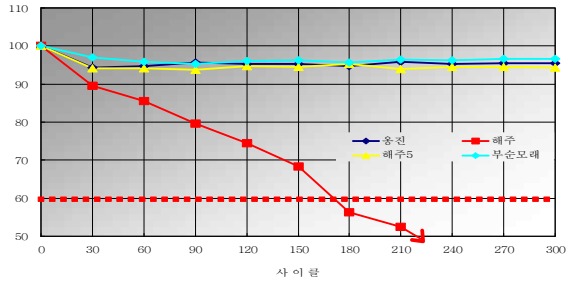


Fig. 13. Concrete freezing and thawing quality that use Haeju division washed aggregate

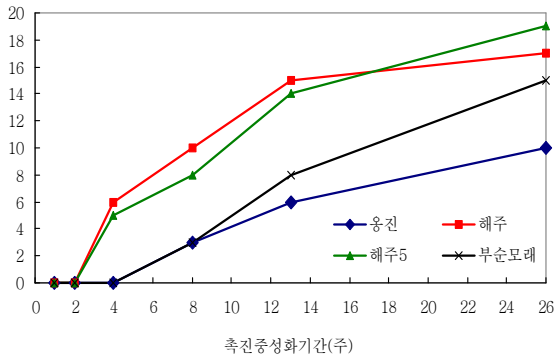


Fig. 14 Concrete carbonation quality that use Haeju division washed aggregate

중성화 실험 결과는 5mm 이상의 조개껍질을 함께 함유한 경우나 그렇지 않은 경우 모두 유사한 중성화 반응 깊이를 나타내고 있는데 이는 중성화에 대한 저항성은 연행 공기량이나 조개껍질의 크기나 함유량보다는 단위수량에 의한 영향이 큰 것으로 생각된다.

즉 조개껍질에 의한 콘크리트 표면 조직의 결함에 의한 내구성 저하 영향보다는 조개껍질에 의해 영향을 받는 공기량과 단위수량 증가가 동결융해와 중성화에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

따라서 세척사에 조개껍질이 다량 함유되어 있을 경우 크기가 5mm 이상되는 조개껍질은 제거할 필요가 있을 것으로 생각되고, 5mm 이하의 조개껍질이 다량 함유하고 있는 경우는 단위수량 증가에 의한 중성화 저항성 저하에 대한 방지 노력이 필요할 것으로 생각된다.

이를 위해서는 조개껍질이 없는 기타의 잔골재와 혼합하여 국내 서해안 세척사 수준으로 조개껍질 함유량을 낮추거나, 그것이 어려운 경우는 고성능 감수제를 사용하여

단위수량을 낮추는 노력이 필요한 것으로 생각된다.

5. 결론

1) 콘크리트 품질 관리적 측면에서는 조립률이 2.5 이하로 평균 입경 크기가 작은 세척사를 사용하여야만 할 경우는 평균 입경이 굵은 잔골재와 혼합하여 사용하여야 할 것으로 생각되며, 조립률 3.0 정도인 부순모래와 혼합하여 사용할 경우 다음과 같은 비율로 혼합 사용하면 좋을 것으로 판단되어 제안한다.

- ① 조립률 2.5 수준 세척사 : 80% 이하
- ② 조립률 2.0 수준 세척사 : 50% 이하
- ③ 조립률 1.5 수준 세척사 : 30% 이하

(특히 조립률이 1.5정도인 EEZ 세척사는 반드시 혼합하여 사용하여야 하고 EEZ 세척사의 혼합비도 30%를 초과하지 않는 것이 좋을 것으로 생각되며, 혼합에 사용되는 잔골재의 조립률이 가능한 큰 것이 유리할 것으로 생각된다.)

상기 제안은 조립률 3.0인 부순모래에 대한 것으로 혼합에 사용되는 잔골재의 조립률과 입도분포를 분석하여 그 혼합비를 결정하여 사용할 필요가 있다.

2) 북한 해수산 세척사를 사용할 경우는 5mm 이상의 조개껍질 함유와 그 함유량에 유의하여야 할 것으로 판단된다.

3) 북한 해수산 세척사가 5mm 이하의 조개껍질만을 가지고 있다 하여도 그 함량이 높을 경우 단위수량이 급격히 증가하므로 다음과 같은 방법 또는 기타 방법으로 단위수량이 증가되지 않도록 대책을 수립할 필요가 있는 것으로 생각된다.

- ① 조개껍질을 함유하지 않은 잔골재와 혼합 사용하여 조개껍질 함유량을 국내 서해안 세척사 수준으로 낮춘다.
- ② 고성능 감수제 등 감수율을 일반 콘크리트 수준으로 낮출 수 있는 혼화제 등을 사용한다.

참고 문헌

1. “2006년 골재수급계획” 건설교통부, 2005.
2. 김무한 외, “부순모래를 활용한 콘크리트의 성능향상기술 개발 및 실용화 방안”, 충남대학교 건설재료·시공학 연구실, (주)삼표 연구 보고서, 2005.

3. 박종호 외, “잔골재의 원산지에 따른 콘크리트의 내구 특성에 관한 실험적 연구”, 한국콘크리트학회 2006년도 봄 학술발표회 논문집, Vol.18, No.1, 2006, pp. 141-144.
4. 김정빈 외, “북한 해주산 세척사 특성”, 한국콘크리트학회 2005년도 가을 학술발표회 논문집, Vol.17, No.2, 2005, pp. 419-422.