건설현장에서의 콘크리트 기술과 환경

- 모래 공급 불안이 콘크리트 구조물의 품질에 미치는 영향 -

Environment and Concrete Technology at the Construction Site

- with Emphasis on the Effect of Unstable Sand Supply on the Quality of Concrete Structures -

이 승 훈

삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 수석연구원

E-mail: concrete@samsung.com

ABSTRACT Recently, it is not easy for the ready mixed concrete producers in Korea to procure the good quality sand because the sand supply is unstable as the picking the natural sand is strictly controlled by the environmental protection regulations. In the period when the picking of the sand is permitted, the quality of concrete in construction site can be stably maintained. In the period when the picking of the sand is not permitted, the quality of concrete supplied to the construction site is not as stable. Therefore, special attention is required in the field to minimize the quality fluctuation of the ready mixed concrete and maintain the quality of the concrete structure. This article suggests that the use of the high quality crushed sand is an effective and practical way of maintaining the quality of the domestic ready mixed concrete. In the future, the use of the high quality crushed sand will likely mitigate the problems caused by the unstable supply of the natural sand, and also indirectly help to preserve the environment.

Keywords : Environmental protection, crushed sand, quality deterioration

1. 서 론

건설현장에서 가장 보편적으로 사용되고 있는 재료는 아마도 콘크리트와 철근일 것이다. 그 중 철근은 공장제품이므로 대부분이 품질기준을 만족하며 품질의 변동 또한 크지 않아서 현장에서도 샘플검사에 의한 품질관리만이 이루어지고 있다. 물론 콘크리트도 KS

기준에 따라 레미콘공장에서부터 품질관리가 이루어지고 현장에서도 수입검사를 통해 다시 한 번 품질을 점검하기 때문에 품질에 대한 우려는 크지 않다고 할 수 있다. 그러나 이러한 원칙은 콘크리트를 제조하는데 사용되고 있는 시멘트, 굵은골재, 모래, 물 등의 원재료 품질이 문제가 없다는 가정 하에서 지켜질 수 있다. 건설현장에서의 콘크리트 기술은 매우 빠른 속도로 발전하고 있다. 새롭고 개선된 콘크리트 기술의 적용은 구조물의 시공기술과 연계되어 새로운 공법으로 발전되고 이것은 건설기술의 발전에 많은 영향을 미치고 있다. 그러나 새로운 콘크리트 기술의 개발과 발전이 중요한 만큼 그 기술이 현장에 빠른 시간 내에 정착되기 위해서는 콘크리트에 대한 기본적인 품질관리가 함께 병행되어야 한다. 따라서 콘크리트의 생산 및 시공에 관여하는 모든 사람들은 콘크리트 기술의 발전이 중요한 만큼 그러한 기술이 빠른 시간 내에 현장에 안착되기 위해서는 더 엄격하고 정밀한 품질관리가 이루어져야만 가능하다는 것을 인식할 필요가 있다.
최근 들어 모래의 수급이 매우 불안해지고 있다. 여러 가지 환경문제에 의해 모래의 채취가 제한되면서 모래 수급 상황이 더 어려워지고 있으며, 이로 인해 각 레미콘공장마다 레미콘 제조에 사용되는 양질의 모래를 구하기가 매우 힘들어졌다. 이러한 이유로 인해서 모래 채취가 허용되는 시기에는 다소 양질의 모래가 공급되어 레미콘의 품질도 안정적으로 공급되고 있으나, 모래 채취가 제한되는 시기에는 레미콘의 품질도 매우 불안정하여 각 레미콘공장마다 품질관리에 많은 어려움을 겪고 있는 것이 현실이다. 따라서 건설업체 입장에서는 현장 콘크리트 구조물의 품질안정을 위한 좀 더 적극적인 레미콘 관리방안을 제시하고 이러한 의견을 레미콘업체와 연계하여 고품질의 레미콘이 현장에 납품될 수 있도록 노력할 필요가 있을 것으로 판단된다.

2. 콘크리트 구성 재료의 품질관리

콘크리트의 품질은 그것을 구성하고 있는 원재료의 품질변동에 상당한 영향을 받게 된다. 표 1은 콘크리트를 구성하는 원재료의 품질요인과 관리방안을 나타낸 것이다. 여기서 플라이애쉬나 슬래그 미분말 같은 혼화재료는 언급하지 않았다.

표 1. 콘크리트의 품질변동인자 및 관리방안

원재료	대표적인 품질변동 인자	관리방안
시멘트	분말도, K강도	시멘트 공장에서 관리 가능
굵은골재	입도, 입형, 강도	석산에서 관리가능
잔골재(모래)	조립률, 불순물 함유량, 입도	관리 어려움
물	회수수 사용	레미콘 공장에서 관리 가능

시멘트의 경우 계절적 요인이나 각 업체의 특성(제품 특성)에 따라 품질변동은 있으나 공장제품이므로 인위적인 관리가 가능한 재료이다. 최근에는 각 업체 별로 콘크리트의 초기강도나 유동성 측면까지 고려한 시멘트의 품질개선이 이루어지고 있는데 이것은 시멘트 제조업체들이 이전까지 시멘트의 품질만을 고려하여 관리하던 것을 이제는 콘크리트의 성능이나 품질 측면까지 고려하여 시멘트의 품질을 관리하기 때문이다. 굵은골재의 경우 입형이나 입도가 현장에서의 콘크리트 품질에 상당한 영향을 미치게 되는데 이 또한 석산에서 골재를 제조하는 것이기 때문에 인위적인 품질관리가 가능한 것으로 판단된다. 다만 품질에 대한 인식보다도 경제적인 측면이 더 높게 반영되기 때문에 일부 품질에 문제를 일으키고 있는 것으로 조사되고 있다. 레미콘공장에서 사용하는 회수수도 이러한 관점에서 보면 충분히 관리가 가능한 품질변동 요인이라고 할 수 있다. 그러나 잔골재, 즉 모래는 앞서 설명한 재료들과는 조금 다른 측면에서 보아야 한다. 모래는 제조에 의해 만들어지는 재료가 아닌 채취에 의해 공급되는 재료이기 때문이다. 물론 모래도 KS 기준을 만족하기 위하여 세척을 하거나 입도를 관리하기도 하지만 품질관리에 가장 많은 문제점이 들어 나고 있는 재료로 판단된다.
최근 들어 콘크리트 기술의 발전으로 인해서 매우 다양한 콘크리트가 레미콘공장에서 생산되고 있으나 모래의 품질기준은 매우 단순하여 이러한 새로운 기술을 모두 만족하기가 매우 어려운 실정이다. 물론 콘크리트를 생산하는 레미콘공장에서 KS 기준을 좀 더 세분화하는 자체적인 관리기준을 가지고 고품질의 관리를 하도록 해야 하지만 이 또한 각 레미콘공장들의 품질관리수준이 다르고 경제성이라는 현실적인 문제가 있어서 쉽게 접근하기는 어려운 실정이다.

3. 현장 구조물의 품질관리를 위한 모래 관리 방안

최근 들어 현장에 반입되는 콘크리트의 종류는 매우 다양해졌다. 일반적인 보통강도 콘크리트 외에도 고강도 콘크리트, 고유동 콘크리트, 수중 콘크리트 등 다양한 콘크리트들이 현장에 적용되고 있다. 그러나 이처럼 콘크리트의 종류가 다양해졌지만 현장에서의 품질관리에는 큰 차이가 없다. 슬럼프, 공기량, 염분함유량과 같은 굳지 않은 콘크리트에 대한 기본적인 항목에 의해서 만이 콘크리트 품질을 판단하고 있다. 현장에서의 굳지 않은 콘크리트의 품질은 시험에 의해 관리되므로 사전에 품질의 하자 여부를 판단할 수 있으나 이것만으로 콘크리트가 경화한 후의 품질관리 항목인 강도를 완전하게 판단할 수는 없다. 굳지 않은 콘크리트의 품질기준을 만족하는 콘크리트를 구조물에 타설했을 경우 강도의 확인은 최소 7일은 지나야 하고 최종 판단은 28일이 지나야 하므로 강도에 문제가 발생하였을 경우에는 구조물의 재시공 여부를 판단해야 하는 중대한 문제가 발생하게 된다.
콘크리트의 품질에 대한 관리 및 책임은 레미콘공장에서 이루어져야 하지만 콘크리트는 반제품이므로 1차적인 품질시험에서 문제가 발생하지 않았더라도 강도와 같은 2차적인 품질에서 문제가 발생할 여지가 있으므로 이에 대한 사전관리 방안을 마련할 수밖에 없

다. 2차적인 품질인 강도에 문제가 발생하였을 경우 책임 소지의 여부를 떠나 구조물을 재시공해야 하는 엄청난 문제가 발생할 수도 있기 때문에 이러한 문제가 발생하지 않도록 레미콘공장에서 철저하게 원재료에 대한 관리가 이루어져야 하지만 건설현장의 입장에서도 철저한 품질관리를 위해서 상호 관리를 하는 것이 고품질의 콘크리트 구조물을 시공할 수 있는 기본이 될 것이다. 이를 위해서는 현장 시험실에서의 정기적인 품질관리가 선행되어야 하고, 현장에서 관리하기 어려운 부분은 전사적인 차원에서 관리가 이루어지도록 하여 현장 콘크리트 구조물의 품질에 문제가 발생하지 않도록 하는 것이 가장 중요하다. 표 2는 앞서 언급한 것처럼 콘크리트를 구성하는 재료 중 품질변동이 가장 심하며 관리가 가장 어려운 모래에 대한 원재료 관리계획을 나타낸 것이다.

표 2. 모래의 관리방안

원재료	품질관리주기	관리내용
잔골재(모래)	년 1회 이상 (품질변동 예측 시 수시조사)	현장에 콘크리트를 공급하는 레미콘 공장에서 사용하는 모든 모래의 품질 (부순 모래, 강사, 세척사)

4. 품질조사결과

4.1 품질조사배경 및 대상 업체

양질의 모래 부족으로 부순 모래와 강사, 세척사의 혼합사용 및 수입모래 (중국산/북한산)의 사용이 증가하고 있다. 따라서 혼합모래 또는 수입모래의 품질에 대한 정확한 기준이 없이 사용할 경우나 모래의 수급불안으로 인한 양질의 모래 공급이 어려워서 저급의 모래를 사용할 경우에는 이러한 모래를 사용한 레미콘으로 타설된 콘크리트 구조물의 품질저하는 당연할 것이다.

따라서 골조공사가 진행 중인 주요 현장의 콘크리트 구조물과 레미콘공장에서 사용하는 모래에 대한 품질수준을 파악하고 매년 정기적인 조사를 통하여 품질을 제고함으로써 콘크리트 구모물의 품질사고를 사전에 예방할 수 있을 것이다. 조사대상은 전국을 수도권, 중부, 영남, 호남 및 강원의 5개 권역으로 구분하여 골조가 진행 중인 주요 현장의 구조물과 현장에 레미콘을 공급하는 업체에서 80여 개의 모래 샘플을 채취하여 조사를 진행하였다.

4.2 품질조사항목

표 3은 레미콘공장에서 사용하는 모래의 품질조사항목과 현장 구조물의 품질조사항목을 나타낸 것이다.

표 3. 품질조사항목

구분	측정 항목	비고
레미콘 조사 (모래)	사용모래 (세척사/부순 모래) 수급 실태 물성검토 (조립율, 잔입자, 실적율 등) 시방배합표	자료, 육안조사 의뢰시험 배합의 적합성
구조물 조사 (콘크리트)	공시체 압축강도결과 및 구조물 비파괴강도 경화불량, 재료분리 등 시방배합표	슈미트 해머 육안조사 공급원 승인서

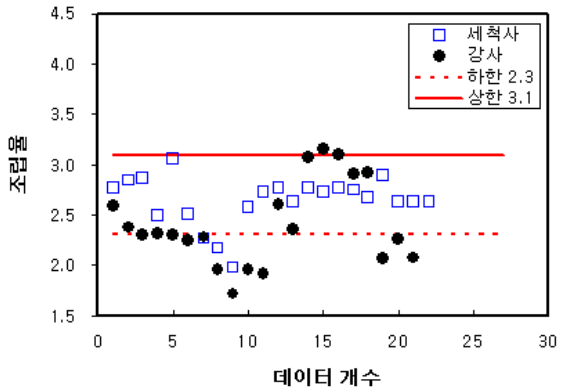
4.3 품질조사결과

4.3.1 모래의 품질조사결과

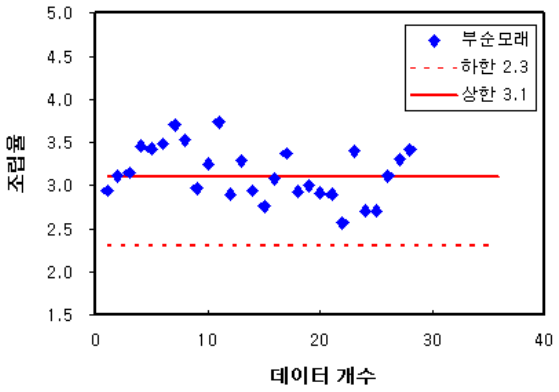
앞서 언급한 80여 개 샘플에 대한 모래 조사를 실시하였으며, 조사항목은 표 3에 나타난 바와 같이 세척사, 강사, 부순 모래 및 혼합 모래(혼합비율은 각 레미콘공장에서 사용하고 있는 비율을 적용)에 대하여 조립률, 흡수율 및 0.08mm 통과량에 대하여 조사하였다.

(1) 조립률

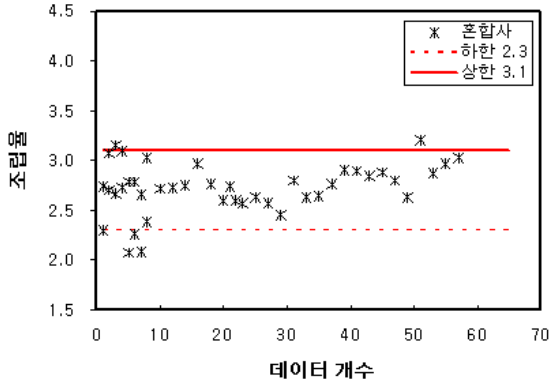
세척사의 경우 그림 1(a)에 나타난 것처럼 대부분의 샘플의 조립률이 고르게 분포하였으며, 『콘크리트 표준시방서』에서의 권장 조립률인 2.3~3.1의 범위 내에 존재하였다. 강사의 경우 세척사에 비해 대체적으로 조립률이 낮았으나 지역에 따라서는 조립률이 크게 나타나는 곳도 있었다. 부순 모래의 경우 그림 1(b)에 나타난 것처럼 조립률이 최소 2.57에서 최대 3.74로 폭넓게 분포하였으며, 강모래, 세척사보다 상당히 조립(組立)한 상태를 나타내었다. 세척사, 강사, 또는 부순 모래 단독 사용 시 규준을 벗어나는 조립률이 많지만 미립의 강사와 부순 모래, 또는 세척사와 부순 모래의 혼합사용 시에서는 일부를 제외하고 모두 적정 수준의 조립률을 나타냄을 알 수 있었다(그림 1(c)). 다만 남부지방에서는 강사의 조립률이 너무 낮아서 부순 모래와의 혼합비율이 적절하지 않거나 토분이 많이 함유된 강사를 사용하는 경우도 조사되어 지속적인 관리가 필요할 것으로 판단되었다.



(a) 강사 및 세척사



(b) 부순 모래



(c) 혼합사(세척사, 강사+부순 모래)

그림 1. 모래 종류별 조립률

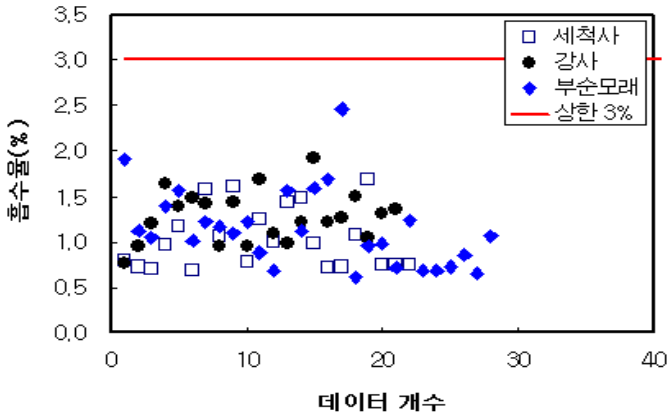
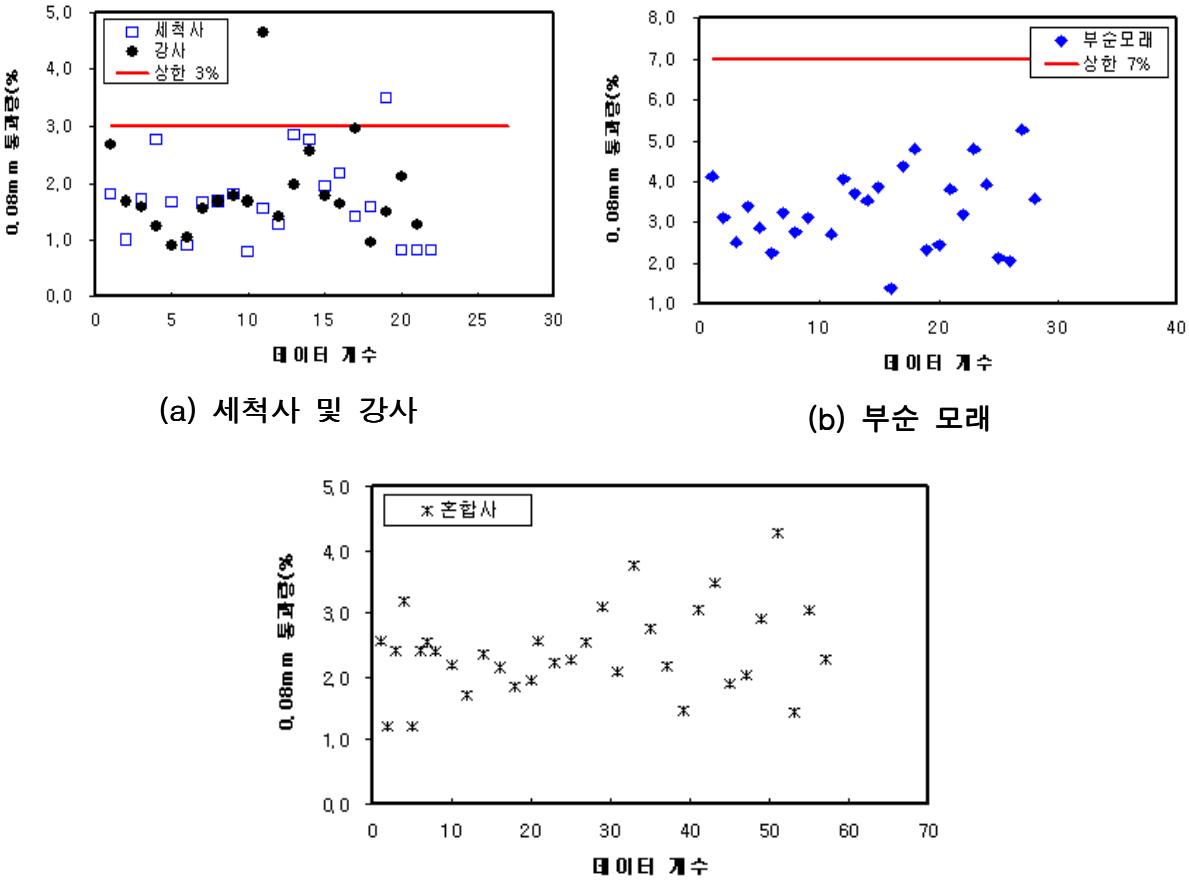


그림 2. 모래 종류별 흡수율

(2) 흡수율

모래의 흡수율은 『콘크리트 표준시방서』에서 규정하는 3.0% 이하를 모두 만족하였으나, 모래 종류별 흡수율은 강사>세척사>부순 모래의 순으로 나타났다. 그림 2는 모래의 흡수율을 나타낸 것이다.



(a) 세척사 및 강사

(b) 부순 모래

(c) 혼합 모래

그림 3. 각 모래별 0.08mm 체 통과량

(3) 0.08mm 체 통과량

모래의 0.08mm체 통과량의『콘크리트 표준시방서』규정은 일반 모래의 경우 3.0%이하, 부순 모래의 경우 7.0% 이하로 규정하고 있다. 세척사 및 강사의 경우 그림 3(a)에 나타난 바와 같이 대부분이 상한 규정인 3.0% 이하를 만족하고 있으나, 상한을 초과(2개 샘플)하거나 이에 근접한 세척사 및 강사도 존재(1개 샘플)하는 것으로 나타났다. 부순 모래의 경우에는 그림 3(b)에 나타난 바와 같이 모두 상한 규정인 7.0%를 만족하였으며 대부분이 5% 이하를 나타내었다.

4.3.2 구조물의 품질조사결과

골조공사가 진행 중인 현장에 대하여 콘크리트 구조물의 품질관리 상태를 확인하였으며, 조사항목은 다음과 같다.

- 현장구조물의 비파괴강도(Schmidt-Hammer법) 및 육안조사
- 레미콘 배합보고서
- 구조물 강도 관리 대장
- 구조물 균열 관리 대장

슈미트 해머에 의한 비파괴강도는 제조사의 지침에 따라 설계기준강도의 80% 이상을 판정기준으로 하였다. 육안조사는 재료분리, 균열, 콜드조인트, Air Pocket, 페이스트 누출 등을 조사하였다.

(1) 각 지역별 비파괴시험 결과

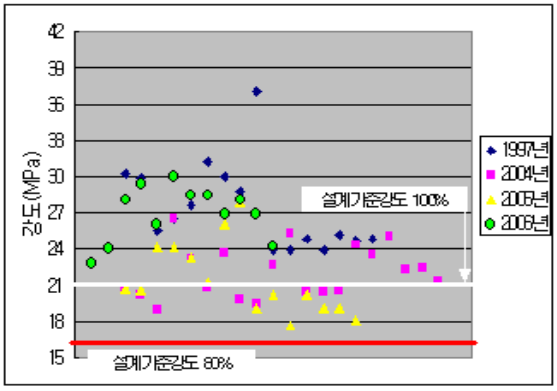
비파괴시험에 의한 구조물 강도조사 결과는 그림 4에서 보는 바와 같이 모두 설계기준을 만족하였다. 다만 예년에는 21, 24MPa이 대부분이었으나 최근 들어서는 27, 30, 35, 45MPa 등으로 고강도화 되는 추세이며, 이는 콘크리트 구조물의 대형화, 고층화 되어가는 영향으로 판단된다. 그림 4는 강도별 비파괴시험 결과를 나타낸 것이다.

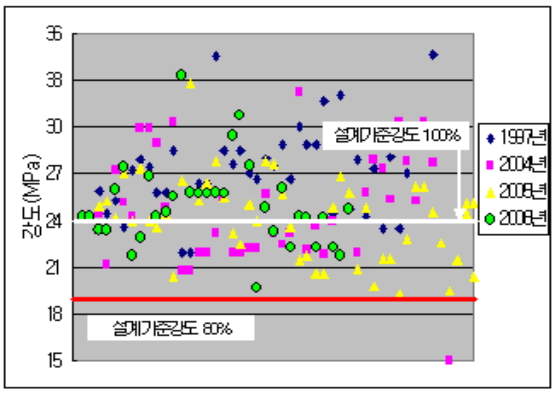
(2) 강도조사결과

아래의 표 4는 1996년~2006년까지의 현장 콘크리트 구조물에 대한 비파괴시험 결과로서 모래 수급파동이 있었던 2004년이 가장 낮은 결과를 나타내었다. 콘크리트 타설 시 현장 시험실에서 실시된 공시체의 압축강도시험 결과도 모두 설계기준강도를 만족하였다. 따라서 향후 모래의 수급이 불안정해지면 레미콘의 품질변동으로 이어져 현장 구조물의 품질에도 영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 철저한 관리가 필요할 것으로 판단된다.

표 4. 년도별 콘크리트 구조물 비파괴시험 결과

구분	설계기준강도 대비 비율			비고
	기준강도 이상	90% 이상	80% 이상	
1996	91.0	100	100	2004년은 모래 파동 이후에 측정한 결과임
1997	95.1	100	100	
2004	70.7	91.9	100	
2005	82.0	95.5	100	
2006	79.8	95.3	100	

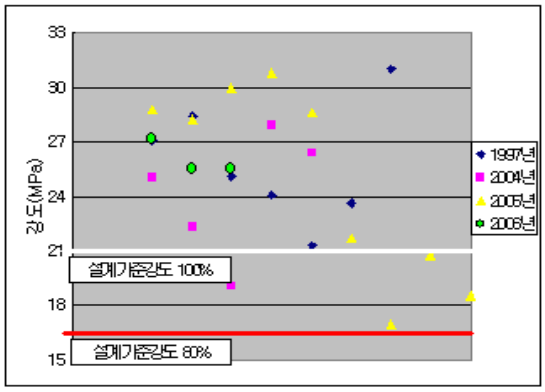


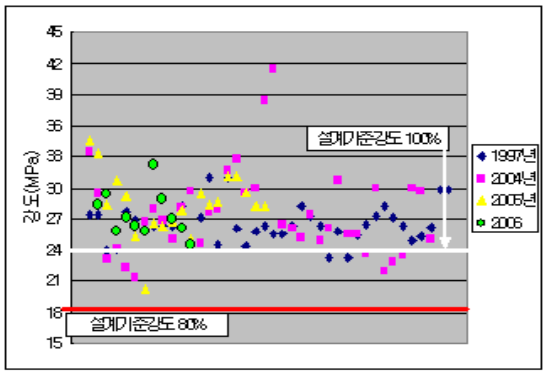


설계기준강도	21MPa			
	97년	04년	05년	**06년**
평 균	27.4	22.1	21.4	**26.9**

설계기준강도	24MPa			
	97년	04년	05년	**06년**
평 균	27.2	24.5	24.2	**25.0**

(a) 수도권



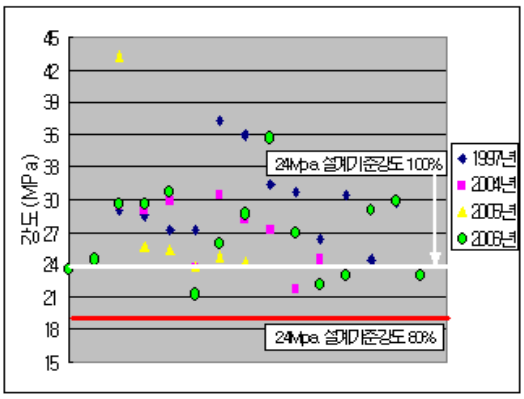


설계기준강도	21MPa			
	97년	04년	05년	**06년**
평 균	25.8	24.1	24.9	**26.1**

설계기준강도	24MPa			
	97년	04년	05년	**06년**
평 균	26.5	27.5	28.4	**27.4**

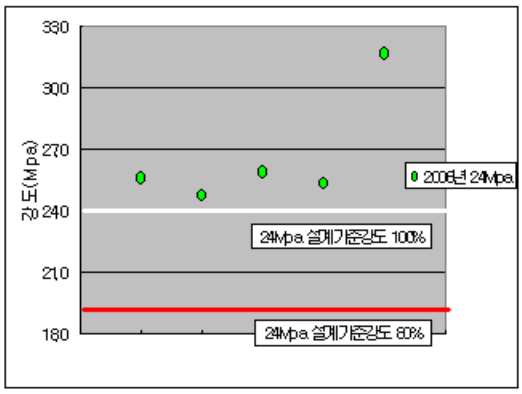
(b) 영남권

그림 4. 각 지역별 비파괴시험 결과



설계기준강도	24MPa			
	97년	04년	05년	06년
평 균	29.9	27.1	27.8	26.9

(c) 호남권



설계기준강도	24MPa			
	97년	04년	05년	06년
평 균	-	-	-	26.6

(d) 강원권

그림 4. 각 지역별 비파괴시험 결과 (계속)

5. 모래 수급 대책을 위한 기술개발

각종 환경 규제와 양질의 모래 부족으로 인해서 모래 수급이 원활하지 못할 경우 1차적으로는 레미콘의 품질 저하가 예상되지만 궁극적으로는 현장 구조물의 품질에도 영향을 미치고 있는 것으로 조사되었다. 이러한 현상은 근본적인 해결방안이 제시되지 않을 경우 매년 반복될 것으로 예상된다. 따라서 현재 상황에서 가장 효과적인 대처 방안은 양질의 부순 모래를 공급하여 모래 부족현상을 해결하는 것이 가장 효과적인 방법으로 판단된다. 물론 환경문제와 자원고갈 문제로 야기된 모래 수급 불안이 콘크리트의 품질에 미치는 영향은 1차적으로 레미콘공장에서 그 대응방안을 마련하여야 하지만 제품을 구매하는 건설현장 입장에서도 품질관리라는 공동의 목적으로 가지고 품질 제고를 위한 긍정적인 방향으로 유도할 경우 좀 더 빠르고 적극적인 해경방안이 도출될 수 있을 것으로 판단된다.

5.1 부순 모래 활용을 위한 기술개발

굵은골재의 경우는 천연골재 외에 양질의 쇄석골재의 생산으로 인하여 수급에 큰 문제가 없으나, 잔골재의 경우는 천연모래의 공급이 매우 부족한 상태이고, 육상모래 및 해사와 같은 자연 상태에서 얻을 수 있는 잔골재도 그 품질이 크게 열악할 뿐만 아니라 그 수급도 점차 어려워지고 있는 실정이다. 따라서 현재 대부분의 레미콘공장에서는 콘크리트용 잔골재로서 저품질의 천연 잔골재와 부순 잔골재(이하 부순 모래)를 혼합하여 사용하고 있는 것이 보편화되고 있는 실정이다. 비록 부순 모래에 대한 자체 품질기준은 시방서 및

KS 규격에 규정되어 있지만, 콘크리트와 관련한 대부분의 규격, 시방서 및 설계기준은 하천모래를 사용하는 것을 바탕으로 제정된 것으로서 현재의 골재수급 사정과는 일치하지 않은 점이 많다. 또한, 국내에서 부순 모래를 생산하는 석산은 지역적 특성에 따라 암종이 서로 다르고, 그 암종의 종류 및 파쇄방식에 따라 부순 모래의 품질이 천차만별임에도 불구하고 암종에 따른 부순 모래의 품질 및 생산기준에 대한 명확한 규정이 없는 것이 현실이고, 품질도 열악한 상태이며, 천연 잔골재와 부순 모래를 혼합하여 사용하는 경우에 있어서도 명확한 품질규정이 없어, 부순 모래의 품질기준 및 이를 사용한 콘크리트의 고품질화 방안에 대한 기술개발이 요구되고 있다. 다음은 부순 모래를 사용한 콘크리트의 고품질화 기술 내용을 나타낸 것이다.

- 암종에 따른 부순 모래 원재료의 품질특성 및 품질향상 제조기술
- 콘크리트용 고품질 부순 모래의 생산기술 및 품질관리 지침(안)
- 부순 모래를 사용한 보통강도 및 고강도 콘크리트의 품질관리기술
- 부순 모래용 AE감수제의 개발 및 실용화기술
- 부순 모래를 사용한 콘크리트의 품질향상 기술
- 부순 모래를 사용한 콘크리트의 품질 및 시공지침(안)

5.2 Mock-Up Test 결과

실물모형 부재에 대하여 세척사와 부순 모래를 사용한 보통강도 및 고강도 콘크리트에 대한 시험을 실시하였다. 표 5는 레미콘의 시방배합을 나타낸 것이다. 보통강도 콘크리트의 경우 부순 모래를 100% 사용하였으며, 고강도 콘크리트의 경우 부순 모래를 50% 치환하여 사용하였다.

표 5. Mock-Up Test 적용 시방배합

부재명	W/B (%)	W (kg/m^3)	S/a (%)	재료량 (kg/m^3)			
				C	F/a	S	G
SS24	50	175	48	297	53	848	925
CS24	50	175	48	297	53	851	925
SS50	30	170	44	482	85	699	896
CS50	30	170	44	482	85	702	896

본 실험에 사용한 부순 모래는 국내 S사의 석산에서 채취한 화강암 원석을 Impact Crusher를 이용하여 파쇄 후 체가름을 실시하여 조립률 2.8, 입자모양판정실적율 55% 및 미립분량 5%로 입자특성을 조정한 고품질 부순 모래를 사용하였다. 그림 5는 Mock-Up 부재를 나타낸 것이다.

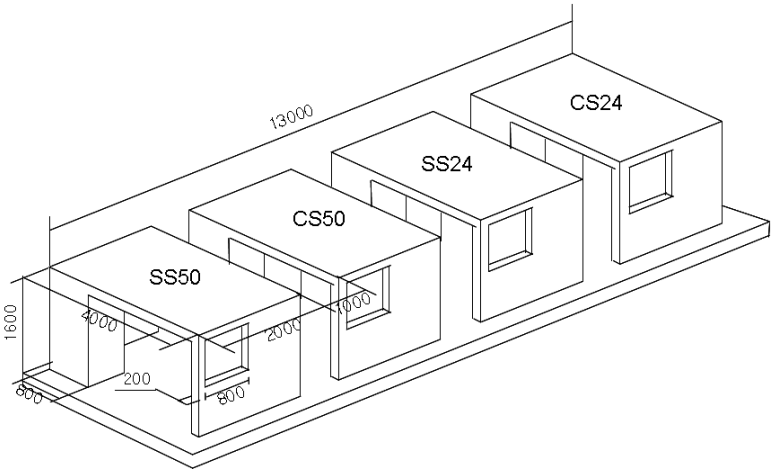
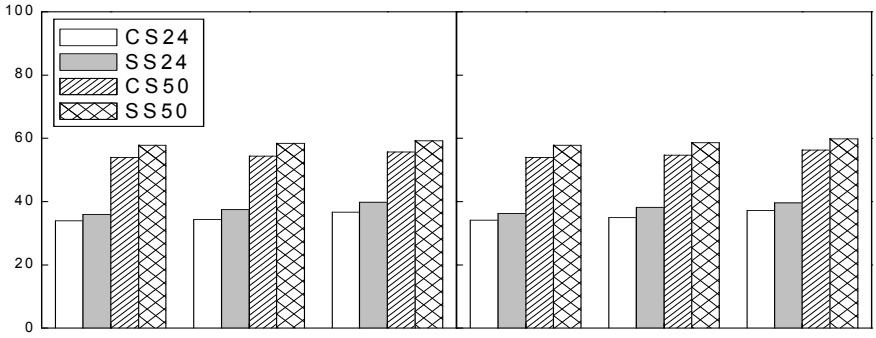


그림 5. Mock-Up Test 부재 도면 (입체도)

(1) 압축강도

표준수중양생 공시체의 경우 일반강도 영역에서는 SS24(세척사)가 CS24(부순 모래)보다 강도가 높게 발현되는 것으로 나타났고, 고강도 영역에서는 SS50(세척사)가 CS50(부순 모래)보다 강도가 낮게 발현되는 것으로 나타났다. 코어 시편의 압축강도는 부재 위치에 관계없이 부순 모래를 사용한 콘크리트가 세척사를 사용한 콘크리트보다 강도가 높게 나타났다. 그림 6은 3개월 경과한 코어의 강도를 측정한 결과이다.

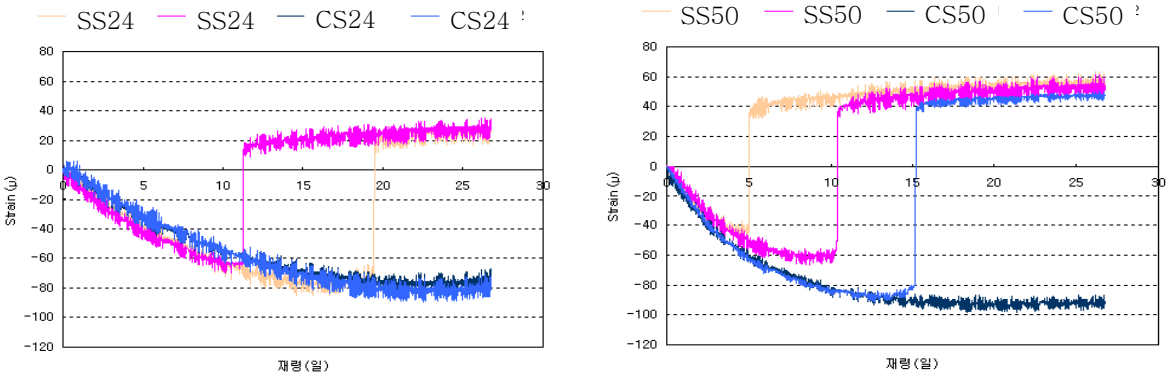


(a) 벽체 부재의 코어강도 (b) 기둥 부재의 코어 강도

그림 6. Mock-Up 부재의 코어 강도 측정결과

(2) 수축특성

균열발생에 가장 큰 영향을 미치는 상대적인 수축특성을 알아보기 위하여 구속균열실험을 실시하였다. 그림 7은 보통강도(25MPa)와 고강도(50MPa)에 대한 세척사와 부순 모래를 사용한 경우의 구속균열실험결과를 나타낸 것이다.



(a) 보통강도 콘크리트(24MPa) (b) 고강도 콘크리트(50MPa)

그림 7. 구속균열 실험결과

구속균열실험은 각 변수별로 2개씩 실시하였다. 보통강도 콘크리트(24MPa)의 경우 세척사를 사용한 경우는 약 11일과 19일에 균열이 발생하였으나, 부순 모래를 사용한 경우는 약 27일까지 균열이 발생하지 않았다. 이러한 결과는 고강도 콘크리트(50MPa)의 경우에도 유사하게 나타났는데, 세척사의 경우 5일과 10일에 균열이 발생하였으나, 부순 모래를 사용한 경우 첫 번째 시편은 15일 경에 균열이 발생하였고 다른 시편은 균열이 발생하지 않아 상대적으로 균열에 대한 저항성이 더 크다는 것을 알 수 있었다.

(3) 비파괴시험

부순 모래와 세척사를 사용한 Mock-Up 부재의 건전성을 비교하기 위하여 비파괴시험을 실시하였다. 비파괴시험은 슈미트 해머에 의한 반발도 측정과 초음파 측정을 실시하였다.

① 반발도 측정

슈미트 해머에 의한 반발도 측정은 부순 모래와 세척사를 사용한 보통강도와 고강도 콘크리트 기둥, 벽, 슬래브 부재에 대하여 각각 실시하였으며, 슈미트 해머에 의한 반발도 측정 결과는 부순 모래와 세척사의 구분없이 비슷한 값을 나타내어 강도 측면에서도 문제가 없음을 알 수 있었다.

② 초음파 측정

초음파 시험(Ultra Sonic Test)은 20Khz이상의 초음파(콘크리트의 경우 통상 주파수 50~100Khz 정도의 초음파를 사용)의 종파를 이용하여 콘크리트 내부에 방사함으로 그 전파시간으로 부터 얻어지는 초음파 속도에 의해 콘크리트의 품질을 평가 하는 방법으로써, 수㎝의 짧은 거리에서부터 10m정도의 원거리에 이르기까지 적용될 수 있다. 사진 1은 초음파 측정 장치를 나타낸 것이다.

사진 1. 초음파 측정 장비(ULCON3)

초음파 측정결과 보통강도(24MPa)와 고강도(50MPa) 구분없이 종파속도가 4.6mm/㎲ 이상으로 나타나 세척사를 사용한 콘크리트와 부순 모래를 사용한 콘크리트의 품질상태가 모두 매우 양호한 것으로 나타나 고품질의 부순 모래를 사용할 경우 기존에 사용해오던 세척사를 충분히 대체할 수 있을 것으로 판단된다. 표 6 및 표 7은 초음파를 이용한 품질판정기준과 측정결과를 나타낸 것이다.

표 6. 초음파를 이용한 콘크리트 품질판정기준

종파속도(mm/㎲)	품질기준	비고
4.6 이상	매우 양호	미국 캐나다
3.7~4.6	양호	
3.1~3.7	보통	
2.1~3.1	불량	
2.1 이하	불가	

표 7. 초음파 측정결과

분류	측정값 (평균)	상태 판정
부순 모래 (고강도 : 50MPa)	4.97	매우 양호
부순 모래 (보통강도 : 24MPa)	4.61	
세척사 (고강도 : 50MPa)	4.93	
세척사 (보통강도 : 24MPa)	4.67	

6. 결 론

각종 환경 규제와 모래 채취의 제한으로 인하여 모래 수급 상황이 계속 어려워지면서 육상모래 및 해사와 같은 자연 상태에서 얻을 수 있는 잔골재도 그 품질이 크게 열악할 뿐만 아니라 그 수급도 점차 어려워지고 있는 실정이다. 굵은골재의 경우는 천연골재 외에 양질의 쇄석골재의 생산으로 인하여 수급에 큰 문제가 없으나, 잔골재의 경우는 대부분의 레미콘공장에서 콘크리트용 잔골재로서 저품질의 천연 잔골재와 부순 잔골재(이하 부순 모래)를 혼합하여 사용하고 있는 것이 보편화되고 있는 실정이다. 따라서 혼합용으로 사용하기 위해서 저급의 부순 모래를 사용하는 것보다는 부순 모래만으로도 콘크리트용 모래로 사용할 수 있도록 양질의 부순 모래를 공급하는 것이 모래 부족현상을 해결하는 것이 가장 효과적인 방법으로 판단된다.

건설업체 입장에서 모래 파동 또는 수급 불안과 같은 상황은 레미콘의 품질저하로 인한 콘크리트 구조물의 품질불량으로 이어질 수 있기 때문에 레미콘공장에서 느끼는 품질변동으로 인한 불량보다 더 크게 받아들일 수밖에 없다. 향후 모래 품질에 대한 산, 학, 연의 적극적인 대처방안이 수립되고 이에 대한 관련 기준이 마련될 때까지는 부순 모래 생산업체, 레미콘업체 및 건설업체의 레미콘 품질에 대한 공통된 인식과 사전 대처가 매우 필요한 시기라고 판단된다.

요 약 최근 들어 환경 보호 측면에서 콘크리트용 모래의 채취가 제한되면서 모래 수급이 매우 불안정하여 각 레미콘공장마다 콘크리트 제조에 사용되는 양질의 모래를 구하기가 매우 어려워졌다. 이러한 이유로 인해서 모래 채취가 허용되는 시기에는 다소 양질의 모래가 공급되어 레미콘의 품질도 안정적으로 유지되고 있으나, 모래 채취가 제한되는 시기에는 레미콘의 품질도 매우 불안정하여 각 레미콘공장마다 품질관리에 많은 어려움을 겪고 있는 것이 현실이다. 따라서 건설현장에서는 이러한 레미콘의 품질변동 또는 품질저하가 콘크리트 구조물의 품질저하를 발생시키지 않도록 사전에 관리하거나 별도의 노력을 기울이는 것이 가장 현실적인 방법으로 생각된다. 본 고에서 소개할 내용은 모래의 수급불안으로 인한 레미콘의 품질변동이 구조물에 영향을 미치지 않도록 현 시점에서 가장 효율적인 대처방안으로 부순 모래의 고품질화를 통한 레미콘의 품질안정 방안을 제시하였다. 향후 건설현장에서 이러한 방향으로 유도할 경우 결과적으로 모래 수급에 따른 문제점을 완화하면서 환경 문제에도 많은 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 환경 보호, 부순 모래, 구조물의 품질저하