

낙동강 본류의 대표위치별 하천모래의 골재 활용성 평가

박재임¹, 배수호^{1*}, 권순오¹, 김창덕¹, 이승한²
¹안동대학교 토목공학과, ²계명대학교 토목공학과

Aggregate Utilization Estimation of River Sand according to Typical Location of Main Stream of Nakdong-River

Jae-Im Park¹, Su-Ho Bae^{1*}, Soon-Oh Kwon¹, Chang-Duk Kim¹
and Seung-Han Lee²

¹Department of Civil Engineering, Andong National University

²Department of Civil Engineering, Keimyung University

요 약 최근, 건설공사의 급증으로 인한 양질의 하천모래의 고갈로, 콘크리트용 대체골재로서 바다모래, 부순모래 및 순환잔골재 등의 사용이 증가하고 있다. 그러나, 미세척 바다모래는 함유된 염화물로 인하여 철근콘크리트 구조물에 사용할 경우, 철근부식 유발로 구조물의 내구성에 악영향을 미치고, 부순모래는 미립분이 많고 입도조정이 어려워서 철근콘크리트 구조물에 널리 사용되지 못하고 있는 실정이다. 한편, 낙동강 세사는 낙동강 중·하류에 대규모로 분포하고 있고, 입도를 제외하면 콘크리트용 잔골재로서 품질이 우수하므로 이에 관한 연구가 시급히 요구되고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 콘크리트 잔골재로서 낙동강 세사를 적극적으로 활용하기 위하여 그것의 물성을 평가하는 것이다. 이를 위하여 낙동강 본류 대표위치별로 시료를 채취하여 이들의 절건밀도, 입도, 단위용적질량 등의 물성을 평가하였는데, 그 결과 낙동강 세사는 입도를 제외하면 잔골재로서의 물성이 우수한 것으로 나타났다.

Abstract Due to the recent shortage of well-graded river sand resulting from a rapid growth of concrete construction, sea sand, crushed sand, and etc. are increasingly used instead. It is, however, well noted that non-washed sea sand leads to corrosion of the reinforcing steel in concrete, and thus eventually results in damage to concrete. Also, the crushed sand is not being widely used, since it is difficult to maintain the allowable amount of passing 0.08mm sieve and to adjust grading. On the other hand, because the fine sand of Nakdong-River has a poor grading but good quality as a fine aggregate for concrete, it is strongly needed to investigate the fine sand as an alternative fine aggregate. Thus, the purpose of this research is to evaluate the physical properties of the fine sand of Nakdong-River to utilize it actively as a fine aggregate. For this purpose, after the sand samples were collected according to typical location of main stream of Nakdong-River, the physical properties such as density in oven-dry condition, grading, unit volume mass, and etc. of them were estimated. It was observed from the test results that physical properties of the fine sand of Nakdong-River except grading were found to be excellent.

Key Words : Sea sand, Crushed sand, Fine sand of Nakdong-River, Alternative aggregate, Physical property

1. 서론

최근 고속철도, 신공항 및 고속도로 등 각종 대규모 건

설공사로 콘크리트의 사용량이 급속히 증가함에 따라 하천골재의 부족현상은 심각한 실정이다. 이에 따라 콘크리트용 대체골재로서 바다모래, 부순모래 및 순환잔골재 등

본 연구는 국토해양부 지역기술혁신사업의 연구비지원(과제번호 : 11CRTI-C059640-01)에 의해 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Su-Ho Bae

Tel: +82-54-820-5896 email: shbae@andong.ac.kr

접수일 12년 07월 16일 수정일 12년 07월 30일

계재확정일 12년 08월 09일

의 사용이 증가하고 있다[1-3]. 이 같이 골재의 종류가 다양화됨에 따라 골재의 품질이 콘크리트의 강도 및 내구성에 크게 영향을 미치게 되므로 대체골재 사용 시 신중한 검토가 필요하다.

한편, 낙동강 중·하류에 대규모로 분포되어 있는 하천세사는 입도 외에는 잔골재로서 품질이 우수한데, 4대강 살리기 사업 시행에 의해 낙동강 본류 하천의 준설에 따라 발생된 준설토는 양질의 하천모래 외에 이보다 조립률이 다소 작은 하천세사를 다량 함유하고 있다. 따라서 천연골재의 고갈에 따라 골재 수급문제를 지역 내에서 해결하고, 바다모래나 부순모래보다 잔골재로서의 특성이 우수한 대체골재 개발이 필요함에 따라 하천세사의 활용에 관한 연구가 시급히 요구되고 있다[4,5].

본 연구에서는 낙동강 세사를 콘크리트용 대체골재로서 활용하기 위한 일환으로, 낙동강 본류 대표위치별로 하천모래를 채취하여 이들의 절건밀도, 입도, 단위용적질량 등의 물성을 평가하고자 한다.

2. 실험개요

2.1 대표위치 선정 및 시료채취

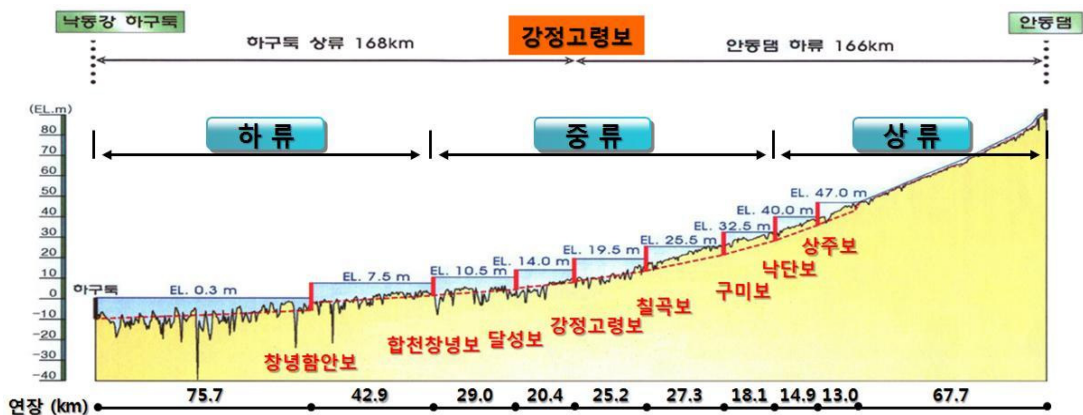
낙동강 본류 하천모래의 물성을 평가하기 위하여 낙동강 본류 334km 구간을 답사하여 하천모래의 분포지역 및 부존량 조사를 실시하였으며, Fig. 1과 같이 낙동강 본류의 중간 지점에 설치된 강정고령보를 중심으로 상·중·하류로 구분하였다. 상류지역은 안동(기준모래), 상주보, 낙단보 지점을 선정하였으며, 중류는 구미보, 칠곡보, 강

정고령보 및 달성보 지점, 하류는 합천창녕보, 창녕함안보 및 김해 지점으로 총 10개 지점을 Table 1과 같이 대표위치로 선정하였다.

[표 1] 시료 채취 위치

[Table 1] Sampling location

Sample types		Sampling location
Up stream	안동(최상류) (Reference)	경북 안동시 옥동
	상주보 (1)	경북 상주시 증동면 죽암리
	낙단보 (2)	경북 상주시 낙동면 낙동리
Mid stream	구미보 (3)	경북 구미시 해평면 월곡리
	칠곡보 (4)	경북 칠곡군 기산면 행정리
	강정고령보 (5)	대구광역시 달성군 다사읍 죽곡리
	달성보 (6)	대구광역시 달성군 논공읍 하리
Down stream	합천창녕보 (7)	경남 창녕군 이방면 현창리
	창녕함안보 (8)	경남 창녕군 길곡면 오호리
	김해(최하류) (9)	경남 김해시 생림면 도요리



[그림 1] 시료채취를 위한 대표위치의 구분

[Fig. 1] Division of typical location for sampling



[그림 2] 대표 위치에 따른 하천모래 시료
[Fig. 2] River sand samples according to typical location

시료는 낙동강 본류 대표위치별로 하상 또는 인근 하천모래 야적장에서 채취하였으며, 5mm 체에 통과된 잔골재만을 분류하여 물성 평가를 수행하였다(Fig. 2).

2.2 실험방법

2.2.1 밀도 및 흡수율

골재의 밀도 및 흡수율 시험은 KS F 2504[6]에 따라 절대건조 시료를 물속에 20시간이상 담근 후 시료를 기건상태로 자연건조시켜 표면건조상태로 시험을 수행하였으며, 절대건조상태의 밀도는 식 (1)에 의해 구하였다.

$$d_d = \frac{A}{B+m-C} \times \rho_w \quad (1)$$

여기서, d_d : 절대건조상태의 밀도(g/cm^3)

m : 표면건조포화상태 시료의 질량(g)

A : 절대건조상태시료의 질량(g)

B : 검정된 용량을 나타낸 눈금까지 물을 채운 플라스크의 질량(g)

C : 시료와 물로 검정된 용량을 나타낸 눈금까지 채운 플라스크의 질량(g)

ρ_w : 시험 온도에서 물의 밀도(g/cm^3)

흡수율은 골재에 포함된 물의 질량을 절대건조상태의 질량에 대한 백분율로 나타낸 것으로 식 (2)에 의해 구하였다.

$$Q = \frac{m-A}{A} \times 100 \quad (2)$$

여기서, Q : 흡수율(질량 백분율)(%)

2.2.2 체가름

골재의 체가름 시험은 KS F 2502[7]에 따라 절대건조상태의 시료로 10mm, 5mm, 2.5mm, 1.2mm, 0.6mm, 0.3mm, 0.15mm의 표준망체를 사용하여 시험을 수행하였다.

2.2.3 단위용적질량 및 실적률

골재의 단위용적질량 및 실적률 시험은 KS F 2505[8]에 따라 절건상태의 시료로 시험을 수행하였으며 단위용적질량은 식 (3)에 의해 구하였다.

$$T = \frac{m_1}{V} \quad (3)$$

여기서, T : 골재의 단위용적질량(kg/L)

V : 용기의 용적(L)

m_1 : 용기 안의 시료의 질량(kg)

골재의 실적률은 골재의 단위용적질량 시험시 용기에 가득채운 골재의 절대용적과 용기 용적과의 비율이고, 단위용적질량을 밀도로 나눈 값의 백분율로 식 (4)에 의해 구하였다.

$$G = \frac{T}{d_D} \times 100 \quad (4)$$

여기서, G : 골재의 실적률(%)

d_D : 골재의 절건밀도(kg/L)

2.2.4 0.08mm체 통과량

골재의 0.08mm체 통과량 시험은 KS F 2511[9]에 따라 절건상태의 시료로 시험을 수행하였으며 식 (5)에 의해 구하였다.

$$A = \frac{B-C}{B} \times 100 \quad (5)$$

여기서, A : 0.08mm체를 통과하는 잔입자량의 백분율(%)

B : 씻기 전의 건조 질량(g)

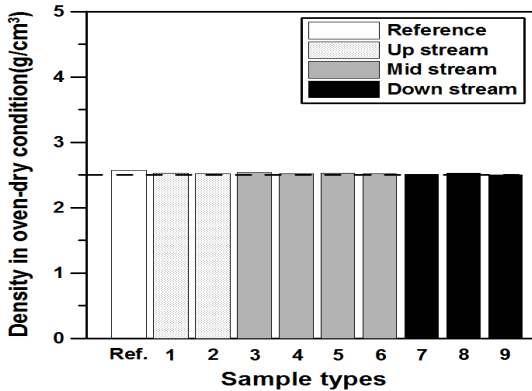
C : 씻은 후의 건조 질량(g)

3. 실험결과 및 고찰

3.1 절건밀도

잔골재의 밀도는 콘크리트의 배합설계, 실적률 및 공극률 등을 계산할 때 사용되며 일반적으로 골재의 성질

을 평가하는 중요한 수단이다. 낙동강 본류의 대표위치별 하천모래의 절건밀도는 2.50~2.57 범위로 콘크리트용 잔골재 기준인 2.50 이상을 만족하고 있어, 낙동강 본류의 하천모래의 밀도는 채취 위치에 관계없이 양호한 것으로 나타났다(Fig. 3).

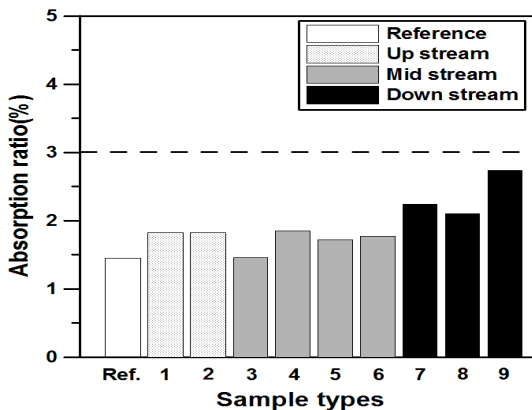


[그림 3] 낙동강 모래의 절건조건밀도
[Fig. 3] Density in oven-dry condition of sand of Nakdong-River

3.2 흡수율

Fig. 4는 낙동강 본류의 위치별 하천모래의 흡수율을 나타낸 것으로, 흡수율은 1.45~2.74 범위로 콘크리트용 잔골재 기준 3.0% 이하를 만족하고 있어 낙동강 하천모래의 흡수율은 양호한 것으로 나타났다.

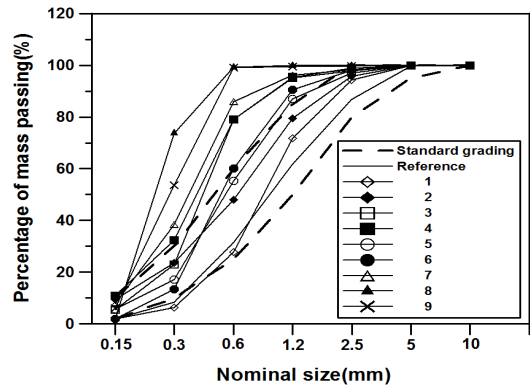
한편, 낙동강 하천모래의 흡수율은 하류로 내려갈수록 다소 커지는 것으로 나타났는데, 이것은 하류로 내려갈수록 하천모래가 세사로 되며, 모래의 광물학적 성분이 다소 다르기 때문인 것으로 판단된다.



[그림 4] 낙동강 모래의 흡수율
[Fig. 4] Absorption ratio of sand of Nakdong-River

3.3 입도

Fig. 5는 낙동강 하천모래의 입도분포곡선으로서 표준망체를 통과한 질량 백분율을 나타낸 것이다. 골재의 입도는 골재의 작고 큰 입자가 혼합된 정도를 나타내며, 작은 입자와 굵은 입자가 적당히 혼합되어 있는 경우가 입자의 크기가 균일하거나 작은 입자가 많은 경우보다 워커빌리티, 강도, 내구성 및 수밀성 등의 품질이 우수한 콘크리트를 비교적 적은 단위시멘트량으로 얻을 수 있기 때문에 골재의 품질을 평가하는데 있어 중요한 요소이다.



[그림 5] 낙동강 모래의 입도분포곡선
[Fig. 5] Grading curve of sand of Nakdong-River

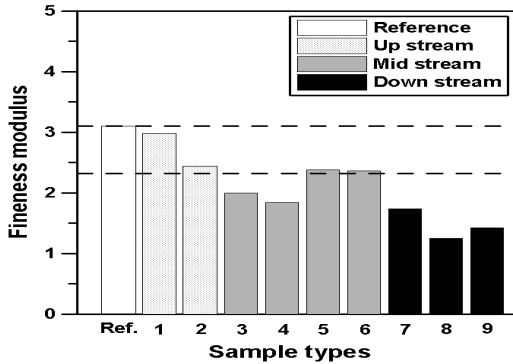
기준모래 및 상류 지역 모래의 입도는 표준입도 범위 내에 있어, 입도가 양호한 것으로 나타났으나, 중·하류 지역으로 내려갈수록 입도가 표준입도 범위에서 위쪽으로 올라가 세립특성을 갖는 것으로 나타났다. 따라서, 낙동강 하천모래의 입도는 상류로 올라갈수록 조립특성을, 하류로 내려갈수록 세립특성을 갖는 것으로 나타나, 콘크리트용 골재로서 세립 특성을 갖는 하천모래를 활용하기 위해서는 이를 사용한 콘크리트의 강도 및 내구성에 관한 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

3.4 조립률

Fig. 6은 낙동강 하천모래의 조립률을 나타낸 것인데, 일반적으로 골재의 조립률은 입도의 양부를 수치적으로 나타낸 것으로, 조립률이 클수록 골재의 입경이 크고, 조립률이 작을수록 골재의 입경이 작다. 기준모래 및 상류 지역 모래의 조립률은 2.4~3.0으로 콘크리트용 잔골재 조립률 범위(2.3~3.1) 내에 있으나, 중·하류 지역의 조립률은 1.3~2.3으로 잔골재 조립률 범위보다 비교적 작은 것으로 나타났다. 낙동강 하천모래의 조립률은 중·하류로 내려갈수록 작아지는 것으로 나타났는데, 이는 산에 있는 화강암풍화도가 유수의 작용을 받으면서 하천모래를 형

성하므로 이 과정에서 하류로 내려갈수록 유 수의 작용을 많이 받아, 하천모래의 입경이 작아지는 것으로 판단된다.

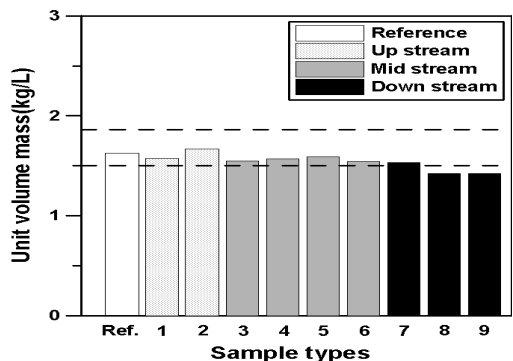
한편, 콘크리트용 골재로서 세립특성을 갖는 하천모래를 활용하기 위해서는 콘크리트의 강도, 내구성 및 경제성을 고려한 조립률 범위를 규정하여야 할 것으로 판단된다.



[그림 6] 낙동강 모래의 조립률
[Fig. 6] Fineness modulus of sand of Nakdong-River

3.5 단위용적질량

Fig. 7은 낙동강 하천모래의 단위용적질량을 나타낸 것으로, 시료 8 및 9를 제외하면, 모든 하천모래 시료가 콘크리트용 잔골재 단위용적질량 범위(1.50~1.85kg/L)를 만족시키는 것으로 나타났다. 이 경우도 중·하류로 내려갈수록 단위용적질량이 다소 작아지는 것으로 나타나, 단위용적질량은 입도 및 조립률과 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 즉, 용적이 일정할 때 세립특성을 갖는 하천모래가 공극이 많으므로 단위용적질량은 작은 것으로 나타났다.

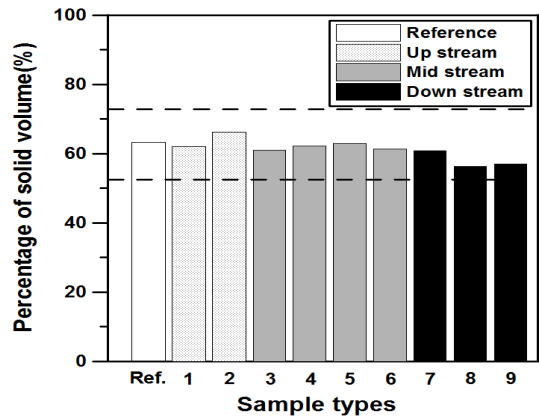


[그림 7] 낙동강 모래의 단위용적질량
[Fig. 7] Unit volume mass of sand of Nakdong-River

3.6 실적률

골재의 실적률은 용기 용적에 대한 용기에 가득 채운 골재의 절대용적으로, 실적률이 클수록 콘크리트의 공극의 감소로 단위수량 및 단위시멘트량이 감소되어, 경제적으로 콘크리트를 생산할 수 있다.

Fig. 8은 낙동강 하천모래의 실적률을 나타낸 것으로, 하천모래 시료 모두 콘크리트용 잔골재 실적률 범위(53~73%)를 만족시킨 것으로 나타났다. 낙동강 하천모래의 실적률은 하류 시료가 상·중류 시료보다 다소 작은 것으로 나타났는데, 이는 전자가 후자보다 입도가 부정절하고 단위용적질량이 다소 작기 때문인 것으로 판단된다.

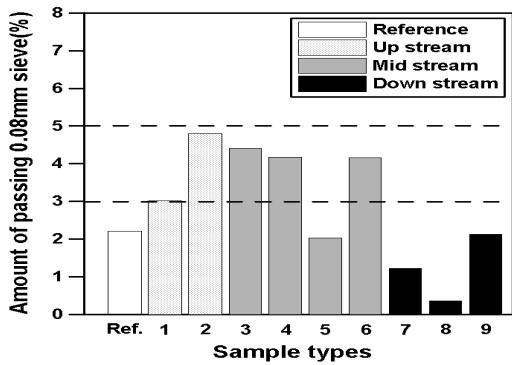


[그림 8] 낙동강 모래의 실적률
[Fig. 8] Percentage of solid volume of sand of Nakdong-River

3.7 0.08mm체 통과량

0.08mm체 통과량은 잔골재에 포함된 점토와같은 미립물질의 양으로, 0.08mm체 통과량이 기준치보다 많으면 콘크리트의 워커빌리티, 동결융해 저항성 및 건조수축 등에 영향을 미칠 수 있다.

Fig. 9는 낙동강 하천모래의 0.08mm체 통과량을 나타낸 것으로, 콘크리트용 잔골재 범위(3~5%)를 만족시키는 것으로 나타났다. 한편, 낙동강 하류 세립 하천모래(하천세사)의 0.08mm체 통과량은 전 시료가 3% 이하로, 낙동강 본류 하천모래 중 가장 양호한 것으로 나타나, 0.08mm체 통과량과 모래 입경의 대소와는 무관한 것으로 나타났다. 따라서 콘크리트용 골재로서 낙동강 하류 하천세사 활용 시 미립물질을 제거하기 위하여 세척작업은 하지 않아도 좋은 것으로 나타났다.



[그림 9] 낙동강 모래의 0.08mm체 통과량
 [Fig. 9] Amount of passing 0.08mm sieve of sand of Nakdong-River

4. 결론

- 1) 낙동강 하천모래의 절건밀도는 2.50~2.57로 콘크리트용 잔골재 범위(2.50 이상)를 만족하고 있으므로, 낙동강 하천모래의 절건밀도는 양호한 것으로 나타났다.
- 2) 낙동강 하천모래의 입도는 상류 지역은 잔골재 표준입도 범위 내에 드나, 중·하류로 내려갈수록 표준입도 범위를 벗어나, 세립질 모래로 되는 경향으로 나타났다.
- 3) 창녕함안보 및 김해 지점 시료를 제외하면 단위용적질량은 콘크리트용 잔골재 범위를 만족시키는 것으로 나타났으며, 중·하류로 내려갈수록 단위용적질량이 작아지는 것으로 나타나, 세립특성을 갖는 잔골재일수록 단위용적질량은 작아지는 것으로 나타났다.
- 4) 낙동강 하천모래의 실적률은 콘크리트용 잔골재 실적률 범위(53~73%)를 만족시킨 것으로 나타났으며, 하류 시료의 실적률은 상·중류 시료보다 다소 작은 것으로 나타났는데, 이는 전자가 후자보다 입도가 부적절하고 단위용적질량이 다소 작기 때문인 것으로 판단된다.
- 5) 낙동강 상류의 하천모래의 품질은 콘크리트용 잔골재 범위를 모두 만족시키고 있으며, 중·하류로 내려갈수록 세사(細沙)로 되는 경향으로 나타났다. 낙동강 세사의 품질은 입도를 제외하면 콘크리트용 잔골재로서 우수한 것으로 나타나, 이를 콘크리트용 대체골재로서 활용가능한 것으로 기대되어, 향후세사를 활용한 콘크리트 개발에 관한 연구가 수행되어야 할 것이다.

References

- [1] Y. J. Oh, "The Influence of Fineness Modulus of Fine Aggregate on the Quality Characteristics of Concrete According to Mixing Method", Dept. of Civil Engineering Graduate School of Industry Pusan National University, 2010.
- [2] S. H. Lee, et al., "Enactment Provision of Recycled Aggregate Concrete", Magazine of the Korea Concrete Institute, Vol. 22, No. 1, pp. 33-35, 2010.
- [3] Y. S. Chung, et al., "Experimental Study on Physical Properties of High-strength Concrete using Sea Sand", Journal of Korea Concrete Institute, Vol. 8, No. 3, pp. 219-229, 1996.
- [4] K. C. Oh, et al., "A study on the physical properties of fine aggregate of Bongwang-cheon in the Geum River Basin, Korea", The Korean Journal of Quaternary Research, Vol. 21, No. 1, pp. 1-14, 2007.
- [5] S. J. Choi, et al., "An Experimental Study on the Properties of Crushed Sand in Capital Region and Concrete according to the Replacement Ratio of Crushed Sand", Journal of the Korea Institute of Building Construction, Vol. 5, No. 1, pp. 63-69, 2005.
- [6] KS F 2504. "Testing method for density and absorption of fine aggregate", Korean Standards Association, 2007.
- [7] KS F 2502. "Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregate", Korean Standards Association, 2010.
- [8] KS F 2505. "Testing method for bulk density of aggregate and solid content in aggregate", Korean Standards Association, 2002.
- [9] KS F 2511. "Testing method for amount of material finer than 0.08mm sieve in aggregate", Korean Standards Association, 2007.

박 재 임(Jae-Im Park)

[정회원]



- 2006년 2월 : 안동대학교 토목공학과(공학사)
- 2008년 2월 : 안동대학교 토목환경공학과(공학석사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 안동대학교 토목환경공학과 박사수료

<관심분야>

콘크리트 재료 개발 및 내구성

김 창 덕(Chang-Duk Kim)

[준회원]



- 2011년 2월 : 안동대학교 토목공학과(공학사)
- 2011년 2월 ~ 현재 : 안동대학교 토목환경공학과 석사과정

<관심분야>

콘크리트 재료 개발 및 내구성

배 수 호(Su-Ho Bae)

[정회원]



- 1984년 2월 : 중앙대학교 토목공학과(공학사)
- 1986년 2월 : 중앙대학교 토목공학과(공학석사)
- 1987년 9월 ~ 1997년 2월 : 한국농어촌공사 농어촌연구원 책임연구원
- 1995년 8월 : 중앙대학교 토목공학과(공학박사)

- 1997년 3월 ~ 현재 : 안동대학교 토목공학과 교수

<관심분야>

콘크리트 재료 개발 및 내구성

이 승 한(Seung-Han Lee)

[정회원]



- 1982년 2월 : 日本 Tohoku大學 토목공학과(공학사)
- 1985년 2월 : 日本 Tokyo工業大學 토목공학과(공학석사)
- 1988년 3월 : 日本 Tokyo工業大學 토목공학과(공학박사)
- 1997년 4월 ~ 현재 : 계명대학교 토목공학과 정교수

<관심분야>

콘크리트

권 순 오(Soon-Oh Kwon)

[준회원]



- 2011년 2월 : 안동대학교 토목공학과(공학사)
- 2011년 2월 ~ 현재 : 안동대학교 토목환경공학과 석사과정

<관심분야>

콘크리트 재료 개발 및 내구성