

## 부순모래의 實用化 方案에 관한 研究

李 龍 熙\*

### A Study on Practicalization Plan of Concrete Using Crushed Sand

Y. H. Lee\*

**Key Words** : 自然骨材(Natural Aggregate), 부순모래(Crushed Sand), 配合設計(Mixer Design Method for Concrete), 成形性(Plasticity), 粗粒率(Fineness Modulus, F.M)

#### Abstract

This study is being done for the purpose to achieve a stable demand and supply of materials for long term. The author investigated condition of suitable mixer design method for concrete, an individual value and a character of dynamics as a supplement material by drying up the natural aggregate, and a possible practicalization plan to reduce defects to the minimum. As a result of this study, it can be acquired a good quality of concrete by the use of the natural sand (Nak Dong river sand) and the crushed sand with suitable mixing ratio.

The fineness modulus (F.M) of mixing aggregate is  $2.7 \pm 1$  at this time and this is good for workbilty and plasticity of concrete.

#### 1. 序 論

##### 1.1 研究 背景 및 目的

최근의 국내 골재 需給現況은 경제성과 함께 대형 건설공사 發注로 골재의 수요가 급증함에 따라 콘크리트용 自然骨材가 枯渴되어 가고 있는 實情이다. 이에 따라 海沙의 효율적인 이용과 인공 골재인 부순모래의 이용이 不可避 하게 되었다.

세계적인 趨勢로 보아 강모래의 대체 골재로

서 대량의 모래 수급을 해결하는 방안으로 부순모래를 사용해야할 단계에 이르렀다고 판단된다. 그리고, 일부 건설업자의 무분별한 해사 사용으로 최근 건설된 구조물에서 철근의 부식, concrete 龜裂등 구조물의 안정성이 상당히 우려되고 있다. 따라서 국내에서도 자재의 원활한 수급을 위하여 장기적인 차원에서 부순모래의 개발이 절실하게 요구된다. 부순모래를 사용한 콘크리트의 품질은 강모래나 海沙를 사용한 경우와 장단점을 비교분석하여 이를 實用化 하기

\* 定會員, 梁山專門大學 土木學科 助教授.

위한 적절한 대책이 시급한 단계에 있다. 이는 外國에서도 이미 실용화되고 있는 추세이며, 국내에서도 머지않아 자연모래의 대체 자재로서 실용화 될 것으로 判斷된다.

한편, 부순모래는 자연모래에 비하여 일반적으로 입도분포, 형상등이 고르지 못하므로 인한 多量의 모르타르가 필요하게 되고, 콘크리트 單位水量的 증가로 品質管理가 다소 어려운 실정으로 지적되고 있다. 특히 일본의 경우 1980년 JIS(5004 콘크리트 부순모래)가 제정되어 부순모래의 단독이용, 또는 자연모래와 混合使用이 일반화 되고 있다. 우리나라에서도 1983년 KS F 2558 (콘크리트용 부순모래)가 제정되어 관련 규정을 정하였으나, 국내 실정을 감안한 실험 데이터의 分析도 없이 JIS와 거의 비슷한 규정을 채택함으로써 현실성이 없어 광범위한 실험 결과에 의한 규정 및 指針이 절실히 요구되는 형편이다. 이미 국내에서도 부순모래를 이용한 콘크리트가 생산되어 건설공사에 사용되고 있음에도 불구하고 아직 부순모래에 대한 사용 실태 조사가 미흡한 상태이다.

따라서, 본 研究는 자연골재의 枯渴 현상에 의한 대체 자재로서의 개별적 가치와 역학적 특성, 그리고 최적의 配合設計 條件 제시 및 부순모래를 이용한 콘크리트의 缺陷을 최소화 하여, 우리 실정에 맞는 실용화 방안을 제시하고, 長期的으로 안정된 자재 공급이 이루어 질 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

## 2. 부순모래의 생산 및 사용 실태

### 2.1 관련규정 및 시방지침

국내 콘크리트용 부순모래의 품질에 대한 규격은 KS F 2558 콘크리트용 부순모래로 정하고 있다. 국내에서 사용되는 원석 종류는 현무암, 안산암, 사암, 및 석회암등으로 규정되어 있으며, 이는 일본의 규정 JIS A 5004 (콘크리트용 부순모래)에서 규정하는 암질과 동일하게 표시하고 있어 이 규정 또한 현실성에 맞는 개정이 불가피한 실정이다.

일본의 경우는 1979년 JIS A 5004 (콘크리트용 부순모래)에 대한 품질규격이 제정되고 최근 1993년 3월에 JIS A 5004(콘크리트용 부순모래)로 일체화 시켜 개정하였으며, 석질이 크게 다른 경우가 많기 때문에 岩石名의 규정 대신에 原石의 성질로 합리성 있게 개정하였다. 미국등에서는 아직 부순모래의 자체 품질에 대해서는 별도 규정이 없다.

Table 2.1 The present criteria for the quality of the crushed sand.

국 명	CODE NO	원 석 종류	시험항목 규정치				
			건조비중	흡수율	안정성	손실량	실적율
한 국	KS F 2558 (콘크리트용 부순모래)	현무암, 안산암, 사암 석회암, 이에 준하는 석질을 가진것	2.5이상	3%이하	10%이하	7%이하	53% 이상
			1983년 12월 제정 및 1988년 개정본				
일 본 (1)	JIS S 5004 (콘크리트용 섶사)	현무암, 안산암, 사암 석회암, 이에 준하는 석질을 가진것	2.5이상	3%이하	10%이하	7%이하	53% 이상
			구 규격(1987.9월 개정본)				
일 본 (2)	JIS A 5005 (콘크리트용 섶석 및 섶사)	원석은 강경하고 내구 적인 석질을 지닌것 으로 하고 파쇄시에 구형형상이 되어야 하고 결정간에 균열 이 생기지 않을 것	2.5이상	3%이하	10%이하	7%이하	53% 이상
			개정본 (1993.3.1일 개정 고시)				
비고) 미국, 영국 등지에서 부순모래 품질에 대한 규격이 없이 일반 강모래의 품질 규준에 적용하여 사용하고 있다. 그러나 미국의 ASTM 33-90에서는 전입자 손실량이 7%이하, 영국의 BS 882에서는 10%이하로 규정하고 있음							

### 2.2 骨材 生産 및 使用 實態

骨材는 포장용이나 구조물, 구조물의 基礎用 및 기타 시멘트 가공 제품에 소요되는 건설산업의 기초 素材로서 구조물용 콘크리트의 70% - 90% 정도를 차지하며, 콘크리트 強度 및 耐久性에 절대적인 영향을 미치는 중요한 구성 재료이다. 따라서 골재의 철저한 품질관리를 통하여 안정적인 품질 확보 및 공급이 절실히 요구되고

있다. 최근들어 댐의 건설로 산사태로 인한 토사 유실의 감소로 자연모래가 감소되어 일부에서는 해사를 무분별하게 사용하여 골재의 품질 저하 및 철근 콘크리트 구조물의 안전에 크게 위협받고 있는 실정이다. 최근 국내의 대형 구조물 破壞로 인한 대형 참사가 잇따르고 있어 건설자재의 품질관리가 더욱 절실히 요구되고 있는 시점에서 자연골재의 천연자원 枯渴에 대한 장기적이고도 安定的인 대체자재로서의 부순모래의 수급을 파악하여 통합적이고도 합리적인 사용 방법이 연구되어야 할 것이다. 골재는 채취원에 따라 하천골재, 육골재, 석산골재, 해산골재, 산골재, 고로슬래그 골재 및 인공골재로 나누어질 수 있다.

한편 Table 2.2에서와 같이 최근 3년간 레미콘용 골재의 소비현황을 살펴본 결과 굵은 골재인 강자갈은 1989년도의 27%에서 91년도에는 12%로 점차 감소되고 있으며, 상대적으로 부순돌의 사용 비율은 86%까지 증가되고 있음을 알 수 있다.

Table 2.2 The consumption quantity of aggregate for domestic ready mixed concrete (단위 : 천 m<sup>3</sup>)

골재종류		1989년		1990년		1991년	
		사용량(m <sup>3</sup> )	점유비	사용량(m <sup>3</sup> )	점유비	사용량(m <sup>3</sup> )	점유비
간 골 재	강 모 래	14,127	80.96	11,261	76.05	12,417	75.20
	육 지 모 래	1,335	7.65	968	6.54	1,142	6.92
	산 모 래	141	0.81	86	0.58	14	0.09
	해 사	1,546	8.86	2,356	15.91	2,741	16.60
	부 순 모 래 기	298	1.71	135	0.92	157	0.95
소 계		17,449	100.00	14,808	100.00	16,512	100.00
굵은 골 재	강 자 갈	5,711	27.58	3,251	18.35	2,388	12.52
	부 순 자 갈	14,402	69.55	14,161	79.92	16,398	85.97
	육 지 자 갈	582	2.82	306	1.73	286	1.50
	바 닷 자 갈	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	고 로 슬 래 기	11	0.06	0	0.00	0	0.00
소 계		20,707	100.00	17,719	100.00	19,076	100.00
총 계		38,156	100.00	32,527	100.00	35,588	100.00

\* 한국 레미콘 협회 자료 참조

또한 강모래의 경우는 1989년도에 81%에서 점차 減少하는 경향을 나타내고 있으며, 相對的으로 海沙의 경우는 8.9%에서 91년도에는 16.6%로 계속 증가하는 趨勢이다. 그러나 부순모래의 경우는 1% 미만으로서 거의 全無한 실정이나 해사의 사용으로 인한 철근 부식등 품질 관리상의 문제점 惹起로 今明間 구조물에 대한 海沙의 전면적인 使用禁止 措置가 시급한 실정인 바, 이에 대한 대체 자재로서의 관심도가 증가되어 부순모래의 사용이 증가될 것으로 判斷된다.

이상에서 설명한 바와 같이 河川骨材의 고갈에 따라 부순돌의 사용량이 급격하게 증가하여 하천자갈을 전혀 찾아보기 어렵게 되었고, 잔골재의 경우는 賦存量의 殘存關係로 아직도 하천모래에 의존하고 있는 실정이다. 그러나 한정된 하천모래의 부존량으로 일본의 경우와 같이 부순모래의 사용이 不可避한 시점에 이르렀다고 본다. 품질면에서는 하천모래가 최적이거나 산모래나 부순모래는 다량의 니분(泥粉)이나 석분(石粉)을 함유하고 있고, 해사는 鹽分에 의한 콘크리트 구조물의 被害가 우려되는 등 콘크리트의 品質에 적지않은 影響을 미치고 있다. 이와 같은 이유로 부순모래의 이용 방안이 새롭게 제기되고 있고 레미콘용 잔골재로서의 그 사용 범위가 점차 확대되어갈 것으로 判斷된다. 國內의 부순모래 사용 실태는 아직 미미한 상태이지만 이는 부순모래의 생산설비를 이웃 日本에 의존하고 있는 실태이며, 製造會社別 生産 方式도 다르다. 生産 方式은 충격식(IMPACT)과 ROD MILL방식이 있다. 주로 國內에서는 ROD MILL方式을 많이 쓰고 있으며 全國적으로 10여개소가 分布하고 있어, ROD MILL에 의한 생산설비가 급속히 擴散될 展望이다. 고갈되어 가는 하천골재의 무분별한 채취로 황폐화 되어가는 환경 파괴를 막기 위해서는 부순모래의 活性化와 아울러 골재산업의 供給構造에 커다란 變化가 예상된다. 이에 副應하여 우리 實情에 맞는 부순모래의 利用方案에 대한 研究가 활발히 進行되어야 할 것으로 判斷된다.

### 3. 부순모래의 물리적 성능 및 부순모래 콘크리트의 특성시험

#### 3.1 부순모래의 一般的 物性

부순모래의 物理的 特性(비중, 흡수율, 조립율, 씻기손실, 단위용적중량 등)은 그 原石의 종류와 그 파쇄 방법 및 파쇄기의 種類等에 크게 좌우 된다. 이러한 물리적 특성은 콘크리트에 미치는 影響이 크므로 규정된 기준에 의해 事前 試驗 結果에 따라 신중히 사용해야 한다.

본 연구에서는 최근에 도입된 부산 경남지방에서 사용되고 있는 “산양-로드 에이스” 골재를 사용하여 실험 分析하였다. “산양-로드 에이스”의 부순모래 생산공정은 다음의 Fig. 3.1과 같다.

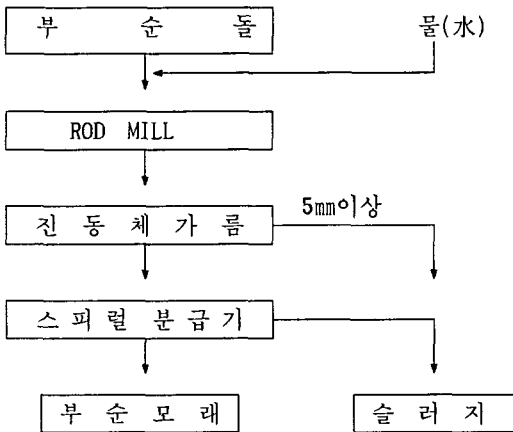


Fig. 3.1 The basic progress of work production of crushed sand(moisture method)

#### 3.2 부순모래의 材料 特性

##### 3.2.1 물리적 시험

##### (1) 比重 및 흡수율 시험

콘크리트의 배합설계에 있어서 配合水量 조절 및 잔골재의 일반적 성질을 판단하기 위하여 KS F 2504(잔골재의 비중 및 흡수율 시험 방법)에 따라 시험을 실시하였다. 부순모래, 낙동사, 그리고 혼합사의 표건 비중, 절건 비중 및

흡수율 시험 결과는 Table 3.1 - Table 3.5와 같다.

Table 3.1 Results of sieve analysis for the crush sand

KS 체 규격	잔류량(g)	잔류율(%)	누적잔류율(%)	통과율(%)
10mm	0.0	0.0	0.0	100.0
NO. 4	0.0	0.0	0.0	100.0
NO. 8	149.2	16.2	16.2	83.8
NO. 16	394.0	26.6	42.8	57.2
NO. 30	598.2	22.2	65.0	35.0
NO. 50	734.3	14.8	79.8	20.2
NO.100	854.2	13.0	92.8	7.2
계	920.6	NO. 200체 통과량 : 2.4%		

\* The record of aggregate quality

표건(절건) 비중	2.68(2.62)	조립율	2.97
흡수율	1.94%	NO. 4 잔류율	0.0%
단위중량	1,687 kg/m <sup>3</sup>	실적율	64.4%

Table 3.2 Results of sieve analysis for the natural sand (Nak Dong river sand)

KS 체 규격	잔류량(g)	잔류율(%)	누적잔류율(%)	통과율(%)
10mm	0.0	0.0	0.0	100.0
NO. 4	10.0	1.0	1.0	99.0
NO. 8	21.0	2.0	3.0	97.7
NO. 16	33.0	0.3	3.3	96.7
NO. 30	129.0	9.6	12.9	87.1
NO. 50	706.0	57.7	70.6	29.4
NO.100	753.0	24.7	95.3	4.7
계	1,000.0	NO. 200체 통과량 : 1.3%		

\* The record of aggregate quality

표건(절건) 비중	2.60(2.54)	조립율	1.85
흡수율	1.2%	NO. 4 잔류율	1.0%
단위중량	1454 kg/m <sup>3</sup>	실적율	57.2%

Table 3.3 Results of sieve analysis for the fine aggregate to the rate of mixing(crushed sand 80% : Nak Dong river 20%)

KS 체 규격	잔류량(g)	잔류율(%)	누적잔류율(%)	통과율(%)
10mm	0.0	0.0	0.0	100.0
NO. 4	1.4	0.2	0.2	99.8
NO. 8	92.4	13.2	13.4	86.6
NO. 16	150.5	21.5	34.9	65.1
NO. 30	137.9	19.7	54.6	45.4
NO. 50	163.1	23.3	77.9	22.1
NO.100	107.8	15.4	93.3	6.7
계	1,000.0	NO. 200체 통과량 : 1.9%		

\* The record of aggregate quality

표건(절건) 비중	2.6(2.54)	조립율	2.74
흡수율	0.84 %	NO. 4 잔류율	1.2%
단위중량	1,760 kg/m <sup>3</sup>	실적율	69.3%

Table 3.4 Results of sieve analysis for the fine aggregate to the rate of mixing(crushed sand 70% : Nak Dong river 30%)

KS 체 규격	잔류량(g)	잔류율(%)	누적잔류율(%)	통과율(%)
10mm	0.0	0.0	0.0	100.0
NO. 4	1.8	0.3	0.3	99.7
NO. 8	69.6	19.6	19.9	88.1
NO. 16	114.6	11.1	31.0	69.0
NO. 30	110.4	38.4	49.4	50.6
NO. 50	166.2	27.7	77.1	22.9
NO.100	99.0	18.5	95.6	6.4
계	600.0	NO. 200체 통과량 : 1.9%		

\* The record of aggregate quality

표건(절건) 비중	2.59(2.55)	조립율	2.63
흡수율	1.08 %	NO. 4 잔류율	0.3%
단위중량	1,710 kg/m <sup>3</sup>	실적율	67.1%

Table 3.5 Results of test for the materials finer than No.200 sieve in fine aggregate

구분	부순모래		낙동사	
	1회	2회	1회	2회
① 씻기전의 시료의 전중량(g)	500	500	500	500
② 씻은후의 시료의 건조중량(g)	483.3	484.0	488.5	489.0
③ NO. 200체를 잔입자의 백분율=(①-②)/①*100	3.34	3.20	2.30	2.20

시험 결과는 KS F 2558(콘크리트용 부순모래)에서 규정하는 절건비중 2.5이상, 흡수율 3% 이하의 조건을 만족하므로 양호한 것으로 판단된다.

(2) 입도 분포 시험

골재의 입도는 적당한 비율로 결정 되어야 하며 콘크리트의 배합설계 및 양호한 콘크리트를 만들기 위하여 필요하며, KS F 2502(골재의 체가름 시험)에 따라 실시하였고, 부순모래 및 낙동사의 조립율은 각각 2.97, 1.85 이며, 혼합사는 각각 2.74, 2.63으로 나타났다. 시험결과 부순모래는 KS F 2558에 규정된 입도 범위를 만족하고 인접한 체에 남는 잔류량의 차이가 45% 이상이 되어서는 안된다는 규정을 만족하므로 양호한 것으로 판단된다. 한편 낙동사의 입도 분포는 #30체를 통과하고 #100체에 남는 량이 95% 이상이나 되며, 아주 세립자로 입도가 좋지 못하므로 소요의 강도의 콘크리트를 만드는 데는 시멘트량이 증가할 뿐 아니라 품질 규격에 미달 되므로 부순모래와 혼합사용이 가능하다. 부순모래와 낙동사의 혼합시험 결과는 Table 3.4 및 Table 3.5의 시험결과와 같이 KS F 규정에 적당한 결과로 나타났다.

(3) 單位容積重量 시험

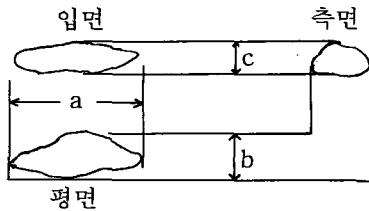
KS F 2505 (골재의 단위용적중량 시험방법)에 의하여 실시한 시험 결과는 부순모래의 경우 1,687kg/m<sup>3</sup>, 낙동사의 경우 1,454 kg/m<sup>3</sup>로 나타났다. 일본 강모래의 단위용적 중량이 1500 - 1600kg/m<sup>3</sup> 인데 비해 부순모래가 큰 수치로 나타났다. 단위용적 중량은 배합설계시 단위 골재 용적의 결정, 골재의 공극 계산에 의한 적부판정, 경량 골재의 입형 판정등에 적용된다.

(4) 잔입자 함유량 시험

KS F 2511(골재에 포함된 잔입자 시험방법)에는 골재중에 No.200(0.075mm)체를 통과하는 미립자의 전량을 정할 목적으로 씻기시험에 의한 손실량을 측정하는 시험방법을 규정하고 있다. 잔골재에 함유된 점토, 실트등의 미세 입자는 일정량 이상 함유되어 있는 경우 콘크리트의 강도, 내구성, 건조수축등에 영향이 있다. 씻기 시험 결과는 Table 3.5에 나타난 바와 같이 부순모래의 경우 3.3%, 낙동사의 경우 2.3%로 KS F 2558 에 규정된 손실량인 7% 이하를 만족하므로 양호한 것으로 판단된다.

(5) 입자 모양 판정 실적률 시험

골재의 모양이 넓적하거나(FLAKINESS) 길죽한(ELONGATED PARTICLES)것이 혼재되어 있을때에는 콘크리트의 WORKBILITY가 나빠지며 강도와 耐久性에도 나쁜 결과를 미치게 된다. 골재의 입형은 다음 그림과 같이 나타낸다.



$b/a \%$	1	원 판 상	구 상
	0	열 상	봉 상
		$\frac{1}{2}$	1
		$\frac{c}{b}$	

Fig.3.2 The schematic drawing of aggregate

Table 3.6 Unit weight of each aggregate

구 분	자연골재	쇄 석	인공경량조골재	인공경량세골재	고로스래
단위용적 중량(kg/l)	1.5-1.8	1.53-1.68	0.7-0.83	0.9-1.2	1.3-1.7
실 적 율	55-70	57-61	56-65	55-68	53-65

부순모래의 입자모양 판정 실적률 시험은 KS F 2558에 규정하는 다음의 절차에 따라 시험을 실시하였다.

- (가) 시료는 물로 충분히 씻으면서 체가름하여 2.5mm(#8)체를 통과 시키고 1.2mm(#16)체에 남아 있는 것을 취하여 절대건조상태로 한 것으로 한다.
- (나) KS F 2505 (골재의 단위중량 시험방법)에 규정하는 방법에 따라 시료의 단위용적중량 T(kg/l)를 구한다.
- (다) KS F 2504에 따라 구한 시료의 절대건조비중(D<sub>D</sub>)를 사용한다.
- (라) 부순모래의 입자모양판정 실적률(시료의 실적률, %)은 다음식으로 구한다.

$$\text{실적률}(\%) = (T/D_D) \times 100$$

시험결과 입자모양판정 실적률이 64.4 %로 KS F 2558의 하한값 53%보다 크므로 양호한 것으로 판단된다.

(6)부순자갈의 내마모성 시험

마모시험은 KS F 2508(굵은 골재의 마모시험방법)에 따라 로스엔젤레스 시험기를 사용하여 시험하여야 하며, 굵은 골재의 마모저항이 요구되는 콘크리트에사용시 그 적부를 판정하기 위하여 실시한다. 본 연구에서는 시험을 생략하였다.

3.2.2 化學的 시험

(1) 성분 분석

사용 골재의 화학적 성분 분석을 파악하기 위하여는 X선 회절분석기(XRD)를 이용한 성분 분석을 해야하며, 기존 데이터를 이용한 결과 본 시료는 화강암질이다.

(2) 알칼리 골재반응

콘크리트는 시멘트를 물과 반응 시켜 골재를 서로 결합하게 한 것으로 콘크리트 내에서 화학 반응은 일반적으로 시멘트와 물 사이에서만 일어나고 골재는 반응을 일으키지 않는 것으로 되어 있다. 자연산 하천 모래에 비해 쇄석골재는 화학 반응에 영향을 미치 수 있는 유해한 물질이 함유되어 있을 수 있어 알칼리-골재반응(Alkali-Aggregate Reaction, AAR)이 일어날 경우 체적팽창에 의한 콘크리트 균열을 발생시켜 구조물에 피해를 입힐 경우가 있다. 화학법 시험에 의한 알칼리 골재 반응 시험은 KS F 2545 및 ASTM C 289 규정에 의한 시험 결과는 무해한 결과로 나타났다. 측정결과 용해 실리카 량(Sc): 30(mmll/liter)이며 알칼리 농도 감소량 (반응 알칼리의 량, Rc) : 135(mmol/liter)이다. 따라서  $Sc(30) > Rc(13.5)$ 이므로 알칼리-골재 반응은 무해한 것으로 판정된다.

4. 부순모래 콘크리트 사용재료 및 실험방법

4.1 사용재료

부순모래를 이용한 콘크리트의 發現特性과 최적배합의 결정을 위한 실험을 실시하였다. 부순모래를 100% 사용과 낙동사 100%를 사용한 콘크리트 제품은 이들의 粗粒率이 각각 2.97%, 1.85%로서 품질상 상당히 문제가 있다. 따라서 본 실험에서는 일반적으로 생산이 가능한 부순모래와 낙동사를 최적 혼합비율로 조정하여 부순모래 80% 낙동사 20%를 혼합했을 때와 부순모래 70% 낙동사30%를 혼합하여 배합설계를 실시하였다. 이때의 조립율은 각각 2.74, 2.63으로 가장 적합한 混合狀態를 나타내었다.

4.2 실험방법

일반적으로 굳지않은 콘크리트의 특성은 아래와 같다.

Table 4.1 The specific factor of concrete using the crushed sand

영 향 요 인	발 현 특 징
· 잔입자 함유량	· 굳지않은 콘크리트의 특성 : 요구수량, 슬럼프, 블리이딩
· 입자모양 및 원석의 종류	· 콘크리트의 역학적 특성 : 압축강도, 정탄성계수, 인장강도(휨인장강도)
· 단위 시멘트량	· 내구성, 장기거동 및 열 특성
· 잔골재율	
· 물-시멘트비	
· 혼화재료	
· 최적배합의 혼합비	
· 최적배합의 결정(최적잔골재율)	

Table 4.2 Mixer design method for concrete of mixing aggregate(crushed sand 80% : Nak-Dong river sand 20%)

\* Used material

공칭규격	φ25-210-12	시멘트비중	3.15
잔골재율	2.85, 1.90	표건(절건)비중	2.68(2.60)
굵은골재	6.50	표건(절건)비중	2.68(2.62)
혼 화 재	LIGNAL	기 타	쇄석사용

\* Mixing ratio

시멘트	물	부순모래	낙동사	굵은골재	혼화재
337	193	710	172	936	1,011kg
물-시멘트비 : 37.3%		잔골재율 : 18.7%		열화물량 : 0.3 kg/m <sup>3</sup> 이하	

Table 4.3 Mixer design method for concrete of mixing aggregate(crushed sand 70% Nak-Dong river sand 30%)

\* Used material

공칭규격	φ25-210-12	시멘트비중	3.15
잔골재율	2.85, 1.90	표건(절건)비중	2.68(2.62)
굵은골재	6.50	표건(절건)비중	2.68(2.62)
혼 화 재	LIGNAL	기 타	쇄석사용

## \* Mixing ratio

시멘트	물	부순모래	낙동사	굵은골재	혼화재
333	195	610	254	973	0.999kg
물-시멘트비 : 58.6%		잔골재율 : 47.2%		염화물량 : 0.3 kg/m <sup>3</sup> 이하	

이상과 같이 배합시험 결과를 考察해 보면 혼합모래를 사용함으로써 매우 좋은 작업성을 얻었을 수 있었으나 單位重量의 증가로 일부 재료 분리가 일어났으며, 일반모래를 사용할 때보다 시멘트량이 다소 증가로 乾燥 收縮에 의한 龜裂이 우려된다.

공기 함유량 시험을 한 결과 일반 모래와 거의 동일한 1.5% 내외의 결과로 나타났다. 특히 혼합모래의 비율이 70%:30% 일때 콘크리트의 제품 상태 및 성형성이 떨어지며, 재료 분리현상이 다소 발생하였고, 혼합비율이 80%:20%일 때 콘크리트의 成形性 및 작업성이 가장 우수하였다.

## 5. 結 論

이상과 같이 부순모래와 낙동사를 혼합하여 물리적 특성 및 배합시험에 대한 연구를 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 부순모래의 입도 분포는 조립율이 평균 2.95 이상으로 콘크리트 제품 생산시 100% 투입 사용은 어려우며,
2. 혼합모래 사용시 부순모래와 낙동사 비율이 80%:20% 일때 콘크리트의 성형성 및 워커빌리티가 가장 양호한 상태로 나타났다.
3. 혼합골재의 조립율은  $2.7 \pm 1$  일때 가장 적

합한 굵기로 재료 분리현상이 일어나지 않았으며, 부순모래의 량을 증가 시키거나 낙동사를 많이 혼입할 때의 제품에 대해서는 건조수축에 의한 일부 균열현상이 발생하였다.

차후 장기적인 연구 대상으로서 콘크리트의 강도 변화 및 균열 발생에 대하여 계속 연구하고자 한다.

## 參 考 文 獻

1. 內藤壯介, “碎石について(その1)”, 骨材資源; 通卷 NO.81, pp. 51-53.
2. 田澤榮一 外 3人, “細骨材の粒形の相違がコンクリートの諸性疾に及ぼす影響” 콘크리트工學 年次 論文報告集, 11卷1號, 1989, pp. 35-40.
3. 田村博 外 2人, “碎石粉の品質評價方法に關する一實驗”, 콘크리트 工學年次論文報告集, 14 卷 1號, 1992, pp. 223-228.
4. 松下博通 外2人, “碎石 콘크리트의細骨材率に關する一考察”, 七技年報, 42권, 1988, pp. 88-91.
5. 김명기, “쇄사 및 쇄석을 사용한 콘크리트 품질특성에 관한 연구”, 쌍용양회공업(주) 부천 레미콘 공장
6. 정재동 외 3인, “지역별 골재품질 변화가 콘크리트 물성에 미치는 영향”, 콘크리트공학회 논문집 제5권 1호, 1993. 5
7. 박성수, “부순골재의 생산과 활용”, 한국레미콘공업협회 레미콘기술 WORKSHOP, 1994, pp. 31-71.