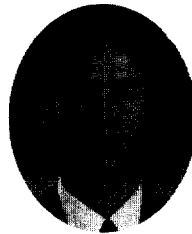


석산 폐석을 활용한 쇄석골재의 특성에 관한 시험적 연구

An Experimental Study on the Characteristics of Crushed Aggregate Using Quarry-Waste



김경수*

Kim, Kyeong Su



송기범**

Song, Ki Bum

ABSTRACT

The natural aggregate have been enormously consumed and eventually scarce due to the gradual growth of urbanization during the last several decades, a replacement of the conventional material being necessary. Such a replacement can be achieved by the utilization of quarry wastes.

The annual quantity of the wastes produced in the Pocheon and Igsan areas, which are known as the biggest quarry sites in this country, was estimated and their quality was investigated as well. The quarry wastes collected from both of the areas were tested for their physical properties, chemistry and mineralogy in order to appraise their utilization potential as crushed aggregate.

Based on all the test results, the wastes of the quarries in the Pocheon and Igsan areas may be utilized as crushed aggregate. It is expected that the quarry wastes will control the future development of quarry only for the production of aggregate which may give rise to the damage and pollution of natural environment.

Keywords : quarry wastes, physical properties, chemistry, mineralogy, crushed aggregate, natural environment.

* 정회원, 한국자원연구소 연구원
** 정회원, 대전산업대학교 토목공학과 교수

• 본 논문에 대한 토의를 1999년 2월 28일까지 학회로 보내주시면 1999년 4월 호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

대규모 신도시의 건설과 도로, 지하철, 고속전철, 항만, 공항 등의 건설활동이 매우 활발해지고 있다. 이와 함께 건설재료중의 주요 기초소재인 골재의 수요도 매년 크게 증가하고 있으나 하천골재는 채취로 인해 고갈되어 가고 있으며, 바다골재는 염분함유량이 문제시되고 있다. 또한 최근에는 산림 및 자연경관의 훼손을 초래할 수도 있는 석산의 신규개발 역시 엄격히 규제되고 있는 실정이다.

1994년 현재 석재를 대상으로 채석 중에 있는 석산은 전국적으로 총 228개에 이르고 있으며, ⁽¹⁾ 폐석발생량은 연간 1,000만톤 이상으로 추정되는데, 대부분의 석산들이 폐석을 현장에 인접한 산야에 적치하고 있음으로 해서 자연경관의 훼손이 심하다. 따라서 기존의 대규모 석산 단지들로부터 필연적으로 발생되고 있는 폐석자원을 쇄석골재로 활용하는 방안이 절실히 요구되고 있다. 또한 쇄석골재의 사용이 급증하고 보편화되어 가고 있는 우리나라의 실정^(2,3)에 비추어 볼 때, 쇄석골재로서 암석 특성연구의 필요성도 더불어 증대하고 있다.

따라서 본 연구에서는 석산에서 발생하는 폐석자원에 대한 암석특성을 물리적, 화학적 및 광물학적으로 종합 규명하여, 이와 유사한 쇄석골재를 사용하는 경우의 콘크리트 품질관리 및 배합설계의 기초자료로 활용할 수 있도록 하는 것을 본 연구의 목적으로 하였다.

본 연구의 대상지역은 우리나라에서 대규모의 석산이 가장 밀집되어 있는 곳으로서 서울 및 수도권에 인접한 포천지역(경기도 포천군 포천읍, 신북면, 창수면, 양주군 은현면일대)과 대전 및 전주권에 속하는 익산지역(전라북도 익산군, 함열읍, 황등면, 낭산면일대)으로 분류된다(Fig.1).

2. 시료 및 시험방법

2.1. 시 료

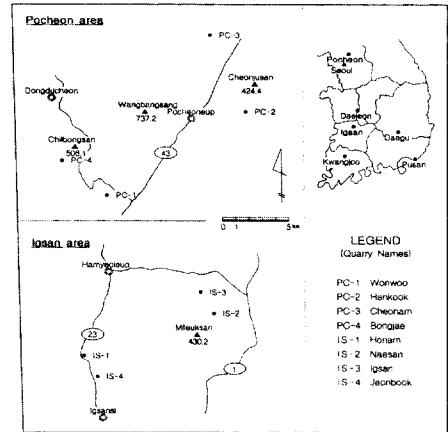


Fig. 1 Sample location map of the Pocheon and Igsan area.

포천지역은 흑운모화강암으로서 서울에서부터 북동쪽으로 소위 “지나방향”의 대상분포를 이루고 있는 대보화강암체에 해당하는데, 본 암의 흑운모 연령(K/Ar법)은 157Ma로 쥬라기 말에 속한다.⁽⁴⁾ 입도는 중립~조립질이나 조립질이 우세하다. 색상은 회색, 담회색, 담홍색을 띤다. 구성광물은 석영, 사장석, 알카리장석, 흑운모, 저어콘(Zircon), 백운모, 석류석, 스피넬(sphene)과 불투명광물 등이다.⁽⁵⁾

익산지역은 흑운모화강암, 백운모화강섬록암 및 화강섬록암으로서 지질시대로는 쥬라기에 속한다.⁽⁶⁾ 입도는 중립질로서 대체로 반상조직을 나타내며, 색상은 회백색을 띤다. 주성분광물은 석영, 사장석, 미사장석, 흑운모, 백운모 등이며, 미량성분광물로는 스피넬, 갈염석(allanite), 저어콘, 인회석(apatite) 등을 함유한다.⁽⁷⁾

2.2. 시험방법

포천지역과 익산지역에서 각각 4개씩 총 8개 채석장으로부터 풍화정도나 변질도 등의 암상분포비율이 가능한 현장의 폐석조건과 같게 하여 약 200kg씩의 석산폐석을 채취·운반하였으며, 운반된 석산폐석을 조골재 제조용 조크라셔로 파쇄하여 쇄석골재 시료를 제조하였다. 이

시험용 시료의 입도분포는 Fig. 2 및 Fig. 3와 같으며, 이들 시료는 모두 KS 기준에 의한 표준입도의 범위에 속하였다.

제반 시험방법은 KS⁽⁸⁾ 및 ASTM⁽⁹⁾의 해당 규정에 의거 표준적인 방법으로 실시하였다.

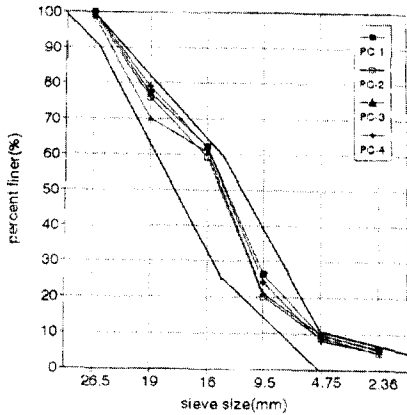


Fig. 2 Grading curves of crushed aggregate for Pocheon area.

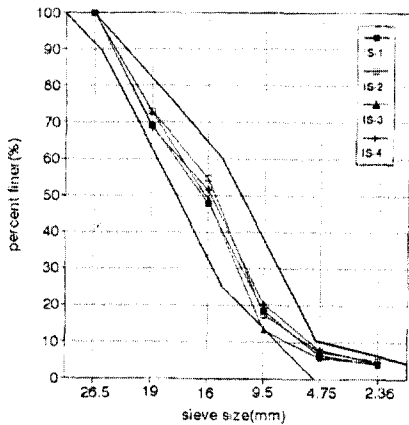


Fig. 3 Grading curves of crushed aggregate for Igsan area.

3. 시험결과 및 고찰

본 연구대상 쇄석골재의 시험결과를 종합하여 각 물성특성 및 물성간의 상관성을 분석하였으며, 이를 제반 규정과 비교·분석하여 쇄석골

재로서 석산폐석의 활용가능성 여부를 검토하였다.

본 연구결과를 쇄석골재의 물리적 특성과 알카리-골재반응 특성으로 나누어 논하고자 한다.

3.1 쇄석골재의 물리적 특성

Table 1은 쇄석골재의 물리적 특성을 평가하기 위한 시험결과이며, 각종 물성특성과 이들 물성간의 상관성을 검토하였는데, 그 결과는 다음과 같다.

Table 1 Physical properties of crushed aggregate for Pocheon and Igsan areas.

Element	Specific gravity	Absorption ratio (%)	Porosity (%)	Fineness modulus	Void ratio (%)	Unit weight (kg/m ³)	Solid Content (%)	Abrasion (%)	Soundness (%)
Specimen									
PC-1	2.62	0.49	1.30	6.76	43.56	1,477	56.44	34.50	1.78
PC-2	2.63	0.65	1.72	7.06	45.38	1,435	54.62	33.18	2.37
PC-3	2.63	0.69	1.83	7.01	42.72	1,505	57.28	34.96	2.09
PC-4	2.62	0.77	2.03	6.81	43.61	1,467	56.39	36.82	1.46
IS-1	2.63	0.38	0.99	7.28	43.71	1,479	56.29	37.44	1.56
IS-2	2.64	0.32	0.85	6.84	44.49	1,464	55.51	35.90	0.85
IS-3	2.64	0.29	0.77	7.27	44.94	1,452	55.06	32.16	1.05
IS-4	2.62	0.34	0.88	7.16	43.45	1,480	56.55	31.64	1.23

3.1.1. 형상판정 실적율

형상판정 실적율은 시험결과 Table 1에서 보는 바와 같이 55.06~57.22%의 범위를 보였는데, 지역별로는 포천지역 쇄석골재의 평균값이 56.30%로서 익산지역의 55.79%에 비해 약간 높게 나타나는 정도였으며, 모든 시료가 55% 이상인 KS기준에 적합한 것으로 평가되었다.

시험시료 제조용 조크래서는 그 구조상 골재간의 접촉면에 큰 응력이 집중되어 파쇄됨으로써 입형이 편평하거나 길쭉하게 되고, 각진 형상 등의 나쁜 입형으로 나타날 수 있으며, 각형일수록 실적율이 작게 나타난다는 점을 감안할 때, 실제현장에서 대형파쇄기에 의한 굵은골재를 제조하는 실적율이 다소 향상될 수 있을 것으로 사료된다.

3.1.2. 비중, 흡수율과 공극율

골재의 비중은 골재의 석질, 풍화의 정도 등에 따라 정해지는 고유의 성질로 일반적으로 비중이 큰 것은 조직이 치밀하고, 공극과 흡수율이 적으므로 동결융해작용에 의한 손실도 적으며, 내구성이 크다.

Fig. 4는 쇄석골재의 흡수율과 공극율의 관계를 나타낸 것으로서 흡수율과 공극율은 매우 높은 상관성으로 비례적인 관계에 있는 물성임을 알 수 있다. 지역별로는 흡수율과 공극율 모두 포천지역 쇄석골재가 중립질인 익산지역에 비해 약 두배정도 높은 결과치를 보였다. 또한, 익산지역의 흡수율과 공극율은 작은 범위의 차이 값을 보인 반면, 포천지역은 비교적 큰 범위의 차이 값을 나타내는데, 이는 익산지역에 비해 포천지역 쇄석골재 시료의 풍화도가 다소 높기 때문인 것으로 판단된다.

골재에 있어서 높은 흡수율과 공극율은 콘크리트의 제조시 밀실도가 떨어진다⁽¹⁰⁾는 점을 감안할 때, 익산지역 쇄석골재가 흡수율과 공극율에 있어서는 골재로서 다소 양호한 물성특성을 지니고 있는 것으로 판단된다. Table 1에서 보는 바와 같이 모든 쇄석골재가 비중 2.5 이상과 흡수율 3% 이하인 KS 기준에 적합한 것으로 평가되었다.

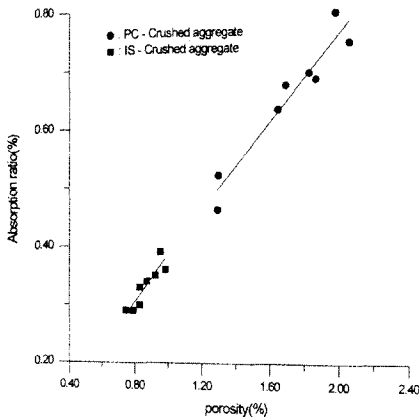


Fig. 4 Relation between absorption ratio and porosity.

Duncan⁽¹¹⁾의 암석분류가 비중과 흡수율을 기준으로 하고 있다는 사실에 근거하여 Fig.5와 같이 각 시료의 (비중/흡수율)과 공극율의 관계를 도시하고, 이들 물성간의 관계를 검토하였는데, 그림에서 보는 바와 같이 (비중/흡수율)과 공극율은 대체로 반비례적인 관계에 있음을 알 수 있다. 그리고 조립질인 포천지역 쇄석골재는 중립질인 익산지역에 비해 (비중/흡수율)이 우위에 있고 공극율이 낮게 나타나며, 공극율 변화에 따른 (비중/흡수율)의 변화가 급격한 성향을 보임으로써 이들 물성이 지역별, 입도별로 그 영역을 달리하고 있음을 알 수 있다.

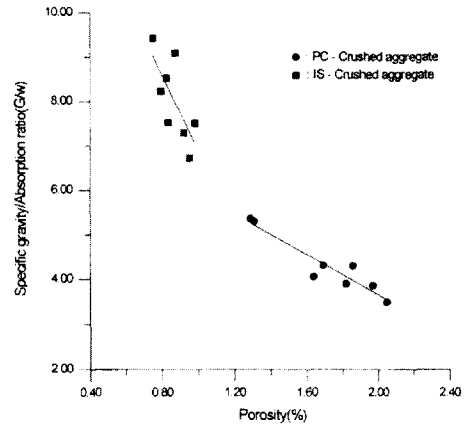


Fig. 5 Relation between (specific gravity/ absorption ratio) and porosity.

3.1.3. 흡수율과 마모율 및 안정성

쇄석골재는 물리적으로 안정해야 한다. 즉, 적당한 강도를 가지며 습도, 온도 및 동결융해작용 등에 의해 갈라지고 깨지거나 큰 용적변화를 일으키지 않는 내구적인 것이어야 한다. 일반적으로 마모율 및 안정성의 시험결과가 내구성 판단의 근거로 이용된다.

골재의 마모율은 차량이나 流水 등의 마모작용에 대한 저항성으로 특히 교통량이 많은 포장용 콘크리트에는 마모율이 낮은 골재의 사용이 요구된다. 안정성은 기상작용, 주로 동결융해작용에 대한 내구력이라 할 수 있는데, 골재 내부에 포함된 수분은 동결시에 팽창하여 서서

히 손상된다. 따라서 높은 내구성의 콘크리트를 만들기 위해서는 마모율과 안정성이 양호한 골재를 사용하는 것이 좋는데, 여기서 양호한 골재란 마모율과 안정성의 수치가 낮은 골재를 말한다. 흡수율과 마모율 및 안정성은 대체로 비례적인 관계에 있는 물성이다.^(10,12)

시험결과 Fig. 6에서와 같이 흡수율이 높으면 마모율과 안정성의 수치 또한 높은 비례적인 성향이 있음을 확인할 수 있었으며, 이는 西澤 紀昭⁽¹²⁾의 연구와도 대체적으로 일치하는 성향을 보였다.

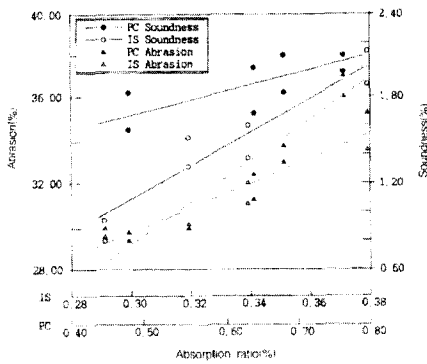


Fig. 6 Relation between of absorption ratio and durability of crushed aggregate.

마모율은 포천지역 쇄석골재의 평균값이 34.86%이고 익산지역의 평균값이 34.29%로서 지역별로 거의 유사한 경향을 보인 반면, 안정성은 흡수율이 낮은 익산지역 쇄석골재의 평균치가 1.17%로서 흡수율이 높은 포천지역 평균치인 1.93%에 비해 양호한 것으로 나타났다. 마모율과 안정성은 각각 40%이하와 12%이하인 KS 기준에 모든 시료가 적합한 것으로 확인되었다.

3.1.4. 풍화도와 마모율 및 안정성

무결점의 신선한 암석만을 이용하는 석재와는 달리, 석산폐석은 신선한 암석, 풍화초기암, 풍화중기암 및 풍화말기암 등의 네가지 암석들이 모두 혼합되어져 있다⁽⁷⁾. 따라서 암상이 어떤 비율로 구성되어 있는가에 의해서 쇄석골재

의 물리적 및 화학적인 특성도 다르게 나타난다.

각 쇄석골재 시료를 Dearman⁽¹³⁾ 등의 기준에 의해 육안으로 분류하였으며, 풍화중기암과 풍화말기암을 풍화암(Weathered rock)으로 구분하여 풍화정도에 따른 물성을 대비하였다. Fig. 7은 쇄석골재의 풍화도 즉, 풍화암 구성비와 마모율 및 안정성과의 관계를 나타낸 것이다. 풍화도와 마모율 및 안정성과는 상호 밀접한 관계가 있는 물성인데, 본 연구에서도 골재의 풍화암 구성비율이 높으면 마모율과 안정성의 수치도 따라서 높아지는 상호 비례적인 관계에 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 지역별로도 풍화암 구성비가 높은 포천지역 쇄석골재가 낮은 익산지역에 비해 마모율 및 안정성의 수치가 다소 높게 나타남으로써, 풍화암의 구성비가 골재의 내구성에 크게 영향을 미치는 요소인 것으로 해석되었다.

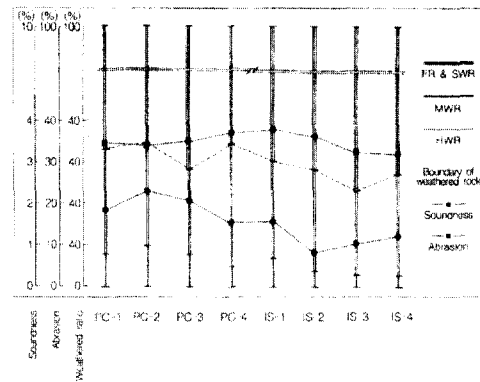


Fig. 7 Relation between weathered ratio and durability of crushed aggregate.

3.2 쇄석골재의 알카리-골재반응 특성

1940년 Stanton⁽¹⁴⁾에 의해서 처음 보고가 된 알카리-골재반응(Alkali-aggregate reaction)이라 하는 것은, 콘크리트의 細孔溶液 등에 존재하는 OH⁻이온과 골재의 특정성분과의 반응으로 인해 발생하는 것으로서, 일반적으로 알카리-골재반응이라 함은 알카리-실리카반응을 의미한다.

콘크리트에 쇄석골재를 사용하게 된 이후부터 문제시된 알카리-실리카반응은 비결정질의 실리카를 함유한 특정골재와 시멘트의 알카리 급속이온(Na^+ , K^+)이 수분의 존재하에서 반응하여 알카리-실리카이트 겔이라 하는 반응물질이 생성되고, 이 반응생성물이 팽창하여 구조물에 균열 및 Pop out을 일으키거나 심한 경우는 구조물을 붕괴시키기도 한다.^(15,16)

알카리-골재반응을 일으키는 대표적인 광물은 실리카(SiO_2)인데, 이러한 실리카는 pH가 높은 강알카리의 조건하에서는 어떤 형태의 결정형이나 相(phass)의 형태를 가진다. 실제로 상온의 대기하에서 존재하는 실리카 상은 석영, 트리디마이트(Tridymite), 크리스토팔라이트(Cristobalite) 및 非晶質 Silica glass 등 4종류이다.⁽¹⁷⁾

이 외에도 알카리-골재반응성 광물로 Opal, Chert, Synthetic Siliceous glasses, Metamorphic greywackes, 微小石英, 波動消光石英 및 微小雲母 등이 있는데, 이러한 반응성 실리카광물을 한가지 이상 함유한 것을 알카리-실리카반응성 골재라고 할 수 있다.^(18,19)

골재가 알카리-골재반응을 일으킬 것인가의 여부를 판정하는 시험방법은 크게 화학적 시험법,

광물학적 분석법 및 물리적 시험법의 세가지로 분류되는데, 골재에 포함된 유해광물의 존재상태와 그 것의 양 이외에도 콘크리트의 배합비, 시멘트의 종류, 시공법, 콘크리트 구조물이 놓인 환경 등 여러 조건들에 의한 유해여부를 종합적으로 판정해야 한다. 그러나 본 연구에서는 단지 유해광물의 존재여부와 존재상태 및 反定量的인 해석을 제시하는 골재로서의 특성연구에 주안을 두었기 때문에 물리적 시험법은 제외되었으며, 신뢰도를 높이기 위해 화학적 시험법 및 광물학적 분석법을 병행 실시하여 알카리-골재반응성을 평가하였다.

3.2.1. 화학적 분석

포천 및 익산지역 각 쇄석골재 시료의 화학 분석 및 알카리 잠재반응 시험결과는 Table 2와 같다.

분석결과 Table 2에서와 같이 SiO_2 값은 69.36~76.81%로서 산성암계열에 속하는데, 이를 지역별로 분류해 보면 포천지역 쇄석골재의 평균값이 74.43%로서 익산지역의 평균치인 70.75%에 비하여 다소 높은 결과를 나타내었다. 반면에 Fe_2O_3 는 포천지역 쇄석골재가 0.41%로서 익산지역의 1.11%에 비해 낮으며,

Table 2 Chemical compositions and potential reactivity of crushed aggregate for Pocheon and Igsan areas.

Element	Specimen	PC 1	PC 2	PC-3	PC-4	IS-1	IS-2	IS-3	IS-4
	Chemical compositions (wt.%)	SiO_2	73.36	76.81	72.38	75.17	70.94	71.81	70.88
TiO_2		0.054	0.02	0.13	0.21	0.41	0.36	0.37	0.33
Al_2O_3		12.58	12.58	15.22	12.81	14.76	13.76	15.55	16.47
Fe_2O_3		0.51	0.18	0.77	0.17	1.03	0.64	1.46	1.30
FeO		1.36	0.87	1.72	1.51	1.29	1.44	1.13	1.17
MnO		0.052	0.060	0.050	0.040	0.026	0.019	0.020	0.030
MgO		0.16	0.08	0.21	0.27	1.03	0.49	0.65	0.54
CaO		0.34	0.70	1.01	1.09	2.37	1.99	2.26	2.82
Na_2O		4.68	3.76	3.68	3.63	3.84	4.05	3.65	4.02
K_2O		4.44	4.38	4.55	4.22	3.97	4.24	4.00	3.52
Potential reaction (mmol)	P_2O_5	0.021	0.040	0.050	0.080	1.048	0.114	0.220	0.310
	<i>Sc</i>	21.01	24.36	24.25	20.21	23.86	22.70	20.74	25.58
	<i>Re</i>	127.2	95.9	104.6	99.6	128.5	160.2	147.3	136.7

MgO는 0.18%로서 0.68%에 비해 낮게 나타났다. 특히 CaO와 P₂O₅는 큰 차이를 보여 익산지역 쇄석골재가 각각 2.36%와 0.20%로서 포천지역의 0.79%와 0.05%에 비해 그 함유 비율에 있어서 2.7~4배정도 높게 나타났는데, 이는 후절의 현미경분석에서 이들 암석들로부터 녹니석, 석류석 등이 관찰되는 것으로 보아 이로 인한 것으로 판단된다.

Fig. 8은 각 골재시료의 화학적 알카리 잠재 반응시험 결과를 나타낸 것으로, ASTM C 289의 실리카농축량과 알카리감소량을 근거로 한 유해성 판정도이다.

이에 의하면 8개시료 모두가 무해한 골재의 영역에 해당되어 알카리에 의한 유해성은 없는 것으로 나타났다.

화학분석 결과와 알카리 잠재반응 시험결과를 지역별로 분류하여 상호 대비해 보면, SiO₂의 함유율은 높고 Al₂O₃의 함유율이 낮은 것으로 나타난 익산지역 쇄석골재가 포천지역에 비해 알카리감소량이 다소 높은 결과치를 보였다.

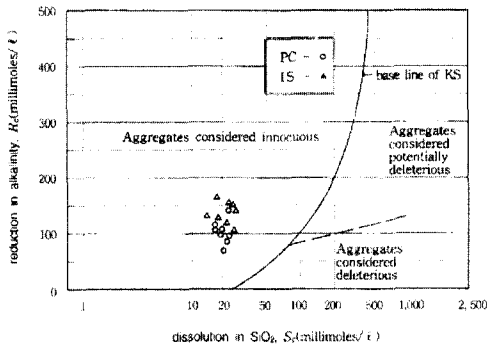


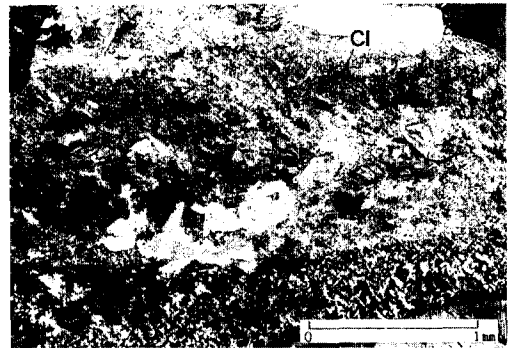
Fig. 8 Determination of harmfulness according to quantity of dissolution in silica(Sc) and reduction in alkalinity(Rc).

3.2.2. 광물학적 분석

현미경분석에 의하면 포천지역 쇄석골재는 익산지역과 구성광물 및 조직이 유사하나 스피인이 매우 드물게 관찰되며, 이차기원의 백운모가 관찰되었다. 또한 익산화강암에 비해 풍화가 다소 진행되어 견운모 및 점토광물로 변질된 사장

석과 녹니석 및 불투명광물로 변질된 흑운모가 흔하게 관찰되었다. 석영 역시 미소한 파동소광과 봉합선 경계를 갖는 등 전체적으로 익산지역 쇄석골재에 비해 풍화와 변질도가 심하였다 (Fig. 9).

익산지역 쇄석골재는 주성분광물인 석영, 사장석, 알칼리장석, 흑운모 등을 함유하고 있으며, 부성분광물로 형석, 저어콘, 인회석, 스피인, 갈염석, 석류석 등을 함유하고 있음이 관찰되었다. 전반적으로 구성광물들은 신선하며, 풍화나 변질작용에 의한 영향은 비교적 적게 받은 것으로 판단된다(Fig. 10).



(a) Characteristic mineral assemblages of granite which composed of subhedral biotite, plagioclase, anhedral K-feldspar and quartz.

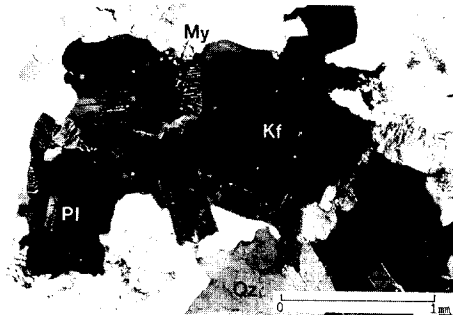


(b) Occurrence of fresh biotite, plagioclase, K-feldspar and quartz. Note myrmekitic texture in the plagioclase contacted with K-feldspar.

Fig. 9 Photomicrographs of crushed aggregate for Pocheon area. (PC-1, cross nicol and PC-3, open nicol).



(a) Plagioclase replaced by fine-grained aggregates of clay minerals.



(b) A part of biotite altered to chlorite.

Fig. 10 Photomicrographs of crushed aggregate for Igsan area. (IS-2, and IS-3, cross nicol).

두 지역의 쇄석골재 모두는 유리질, 크리스토팔라이트와 트리디마이트 등의 고온형 SiO₂, 미정질석영 및 미소석영과 같은 알카리 골재반응을 일으킬 수 있는 광물이 존재하지 않은 것으로 확인되었다.

또한, 쇄석골재 시료의 X-ray 회절분석 결과를 도시한 Fig. 11에서 보는 바와 같이 전형적인 화강암의 조성형태와 같이 주구성광물로 석영, 장석 및 운모를 함유하고 있으며, 이 외의 부성분으로는 녹니석과 자철석(Magnetite) 등을 소량 함유하고 있으나, 상기한 바의 반응성 실리카광물은 확인되지 않았다. 따라서 광물학적 분석결과 이들 골재시료의 알카리-골재반응 유해성은 없는 것으로 판단된다.

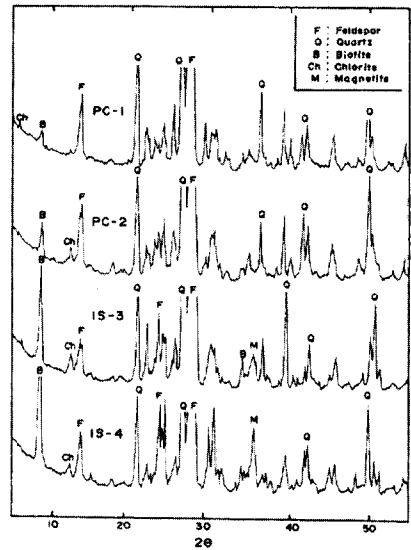


Fig.11 X-ray diffraction patterns of crushed aggregate for Pocheon and Igsan areas.

4. 결 론

국내에서 대규모의 석산들이 가장 밀집되어 있는 2개지역 즉, 서울·수도권에 인접한 포천 지역 및 대전·전주권에 속하는 익산지역의 석산폐석을 활용한 쇄석골재에 대해 물리적, 화학적 및 광물학적 시험·분석을 실시하였다. 시험결과를 종합하여 석산폐석의 물리적 특성과 각 물성간의 상호관계를 규명하고, 쇄석골재로서 석산폐석의 활용가능성 여부를 검토하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 쇄석골재의 흡수율과 공극율은 각각 0.29~0.77%, 0.77~2.03%의 범위 값을 보였는데, 지역별로는 익산화강암에 비해 포천화강암이 높은 것으로 나타났다. 이들 두 물성은 상호 비례적인 관계를 갖고 있으며 그 성향은 거의 일치하였다.

(2) 마모율 및 안정성의 수치는 흡수율에 따라 비례적으로 높아지는 성향을 보였으며, 특히 풍화도와 높은 상관성을 보였다. 풍화도가 높은 포천지역에 비해 익산지역 쇄석골재가 마모율과 안정성의 수치가 낮게 나타나, 골재로서 다소

양호한 내구력을 지니고 있는 것으로 판단되었다.

(3) 화학분석 결과 SiO_2 가 69.36~76.81%로서 산성암계열로 분류되었으며, 이 외의 주성분으로 Al_2O_3 2.58~16.47%, Na_2O 3.63~4.68%, 그리고 K_2O 는 3.52~4.55%의 범위를 보였다.

(4) 비중, 흡수율, 실적율, 마모율 및 안정성 등에 있어서 모든 시료가 쇄석골재로서 KS 기준에 적합하였으며, X-ray회절과 현미경분석 등 화학적 및 광물학적 방법을 통해서도 알카리-골재반응에 의한 유해성이 없는 것으로 나타났다.

종합적으로, 포천과 익산지역 총 75개의 석산에서 발생하는 연간 260만톤 정도의 석산폐석을 쇄석골재로 활용할 수 있을 것으로 판단되었으며, 폐석자원을 쇄석골재로 활용함으로써 골재의 수요에 보충하고, 산림 및 자연경관의 훼손과 환경오염을 야기할 수 있는 석산골재 신규개발의 억제에도 효과가 기대된다

참 고 문 헌

- (1) 현전기 외, 석재자원실태 조사연구, 한국자원연구소, 1994.
- (2) 최민수·김무한, 시멘트 골재의 수급현황 및 유통구조, 콘크리트학회지, 제 5권 3호, 1993.
- (3) 金帝永, 국내골재자원의 수급정책 및 수급계획, 한국자원공학회 추계학술발표회지, 1994, pp. 13~21.
- (4) 김옥준, 경기육괴 서북부의 변성암복합체의 층서와 지질구조, 광산지질, Vol. 6, 1973, pp. 201~218.
- (5) 조한익 외, 화강암류 석재자원 조사연구, 한국자원연구소, 1992, pp. 15~19.
- (6) 이대성 외, 강경도폭설명서 1/5단, 자원개발연구소, 1980.
- (7) 박덕원·김경수, 익산지역 화강암체에 대한 석재자원 조사연구, 한국자원연구소, 1994, pp. 147~181.

- (8) 한국표준협회, 한국산업규격 KS F 2502, 2503, 2505, 2506, 2507, 2508, 2527, 2530, 2545, 2546.
- (9) American Society for Testing and Materials, ASTM C 295, 1985, D 3967, 1986.
- (10) 日本土質工學會編, 岩の調査と試験, 1989, pp. 371~387.
- (11) Duncan, Engineering geology and rock mechanics, Leonard Hill, 1969, pp. 63~114.
- (12) 西澤紀昭, 콘크리트골재(3), 콘크리트저널, 1967.
- (13) Dearman, W. R., Fookes, P. G. and Franklin, J. A., Some engineering aspects of weathering with field examples from Dartmoor and elsewhere, Eng. Geol., 3, 1972, pp. 1~24.
- (14) T. E. Stanton, Influence of Cement and Aggregate on Concrete Expansion, Engineering News Record, 1940.
- (15) T. C. Powers, H. Steinour, An Interpretation of stone Published Researches on the Alkali-Aggregate Reaction, Part 1-The Chemical Reactions And Mechanism of Expansion, Journal of The ACI, Feb. 1955.
- (16) D. W. Hobbs, Expansion of concrete due to alkali-silica reaction : an explanation, Magazine of Concrete Research, Vol. 30, No. 105, Dec. 1978.
- (17) 中部セメントコンクリート研究會編, 콘크리트構造物의 알카리골재反應, 理工學社, 1990.
- (18) 丸章夫, 骨材品質にかかわる 耐久性の診斷手法-岩石・鑛物學的手法-, 콘크리트工學, Vol. 26, No. 7, 1988.
- (19) 콘크리트構造物의 알카리골재反應, 中部セメントコンクリート研究會, 理工學社, 1991, pp. 69~95.

요 약

골재의 수요는 매년 크게 증가하고 있으나 천연골재는 점차 고갈되어 가고 있다. 따라서 기존석산들에서 발생하는 폐석자원을 쇄석골재로 활용하면 일거양득의 효과가 있다.

본 연구는 국내에서 가장 대규모 석산단지인 포천 및 익산지역 기존석산에서 발생하는 석산 폐석에 대한 물리적, 화학적 및 광물학적 시험·분석을 실시하여, 쇄석골재로서 석산폐석의 특성규명과 활용가능성을 평가하였다.

연구결과, 포천과 익산지역에서 발생하는 석산폐석을 쇄석골재로 활용할 수 있을 것으로 판단되었으며, 폐석자원을 쇄석골재로 활용함으로써 골재의 수요에 보충하고, 산림 및 자연경관의 훼손과 환경오염을 야기할 수 있는 석산골재 신규개발의 억제에도 효과가 기대된다.

(접수일자 1998.5.8)