

## 콘크리트를 위한 매화천 A, B 지역 골재의 암석기재학적 시험 (ASTM C 295)

### Petrographic Examination of Aggregates for Concrete from Maewhacheon A, B area (ASTM C 295)

정 지 곤 (Ji Gon Jeong)

충남대학교 자연과학대학 지질학과  
(Department of Geology, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea, E-mail: jgjeong@cnu.ac.kr)

**요약** : 콘크리트 구조물에 사용되는 골재의 화학적 안전성을 진단하는 방법 중의 하나인 암석기재학적 시험(ASTM C 295)에 관한 연구로서, 이 연구를 위하여 골재의 입도 분석, 피막 검사, 풍화·오염상태, 암석학적 기재, 그리고 알칼리-골재 반응성 광물 및 암석의 정성·정량적 분석을 실시하였다.

경남 울진군 매화천 유역 A, B 지역의 하천 골재에 대하여 암석기재학적 방법으로 검사한 결과 풍화상태는 F(신선) 등급과 WS(약간 풍화) 등급이며 골재의 피막과 오염 상태는 우려할 정도는 아니다. 알칼리-골재 반응 광물이나 구조적으로 취약한 암석이 함유된 골재는 매화천 A 지역 골재 전체의 26 wt.%, B 지역은 19 wt.%로 집계되는데 이는 양호한 골재로 볼 수 없기 때문에 화학적 방법과 몰탈바 방법으로 더욱 정밀한 시험을 거쳐 안전성이 확인되어야 한다.

**주요어** : 암석기재학적 시험, 화학적 시험, 모르타르 봉 시험

**ABSTRACT** : This study deals with the petrographic examination of aggregates(ASTM C 295) which is one of the methods to diagnose the quality of aggregates for concrete artifacts. A number of examinations including size and sieve analysis, test on the coating material, description of the weathering and contamination condition, petrographic description, and qualitative and quantitative analyses on the rocks and minerals potential to alkali-aggregates reactivity are carried out to examine the quality of aggregates.

Petrographic description method examined on the fluvial aggregates from Maewhacheon A, B area, Uljin-gun, Kyungnam province shows that weathering grade ranges from F(fresh) to WS(lightly weathered) and coating material and contamination are not in a harmful condition. The weight percentage of the alkali-aggregates reactive minerals or structurally unstable rocks of the aggregates from study area covers 26% and 19% of all aggregates, respectively. So it is necessary to further identify their quality through the chemical(ASTM C 289) and mortar-bar method (ASTM C 227).

**Keywords** : Petrographic Examination of Aggregates, Chemical Method, Mortar-bar Method

#### 서 론

중요한 콘크리트 구조물에 사용되는 골재를 검사하는 방법 중에서 화학적 안정성에 대한

시험에는 암석기재학적 시험(ASTM C 295, KS F 2548), 화학적 시험(ASTM C 289, KS F 2545) 및 모르타르 봉 시험(ASTM C 227, KS F 2546) 방법이 있다. 모르타르 봉 시험은 3개

월~6개월이 소요되는 긴 시간을 필요로 하기 때문에 다른 두 방법에 의한 시험 결과가 이상 없으면 일반적으로 생략한다.

위와 같은 검사의 시행 근거는 건설교통부의 『콘크리트표준시방서』(1999)에 규정되어 있으나 우리나라에서는 거의 따르지 않고 있는 실정이다. 예외로, 울진 원자력 발전소에 소요되는 골재는 화학적 안정성에 대한 이 규정에 따라 검사된 바 있다. 일본의 경우는 모든 관공서 건물에 대해서 이 규정을 철저히 적용하고 있으며, 리비아의 수로 터널에 쓰이는 콘크리트 구조물 역시 이 시험을 거친 골재를 사용한다. 우리나라는 아직도 골재의 화학적 안정성(알칼리-골재 반응)에 대한 인식이 부족한데서 이 문제를 가볍게 보고 있으나 노후된 교량의 콘크리트 구조물을 검사한 바에 의하면(하성호 외, 1990) 결코 간과할 문제가 아니다.

본 연구는 경남 울진군 매화천 A, B 지역의 하천 골재에 대한 암석기재학적 시험을 소개한 것이다. 이 시험은 특히 암석·광물학과 콘크리트 공학을 접목하는 것으로서 국내에서는 처음 시도된 것이다.

### 암석기재학적 시험

#### 골재의 입도분석

시험용 골재는 매화천 A, B 지역의 자갈골재와 모래골재로서 각각 50 kg씩 모두 약 200 kg이다. 이 시료에 대한 입도분석의 등급은 ASTM C 136-95a에 따라 수행하였으며 실제로 분석에 쓰인 양은 종류별로 전체의 1/4이다(Table 1, 2). 여기에 소개된 모든 분석치는 무게 백분율임을 밝힌다.

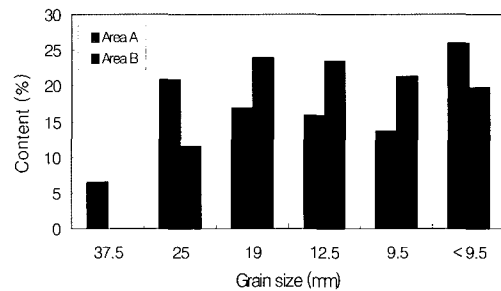
Table 1의 매화천 A, B 지역의 자갈골재를 비교할 때 ASTM의 자갈 크기의 최소 기준 9.5 mm 이하의 것이 전자는 26.0%, 후자는 19.7%로서 B 지역 자갈골재의 집중도가 더 높은 것으로 나온다. Table 1을 이용하여 Fig. 1을 작성하였다. 역시 B 지역 골재의 집중도가 더 높은 것이 잘 나타난다. Table 2는 A, B 지역 모래골재의 입도 분석치이고, Fig. 2는 두 지역 골재의 집중도이다. Table 2를 볼 때 0.1 mm미만의 모래는 전자에서 0.3%, 후자에서 0.6%를 각각 나타내는데 이 값은 계량하기 전에 물로 세척한 후의

**Table 1.** Size analysis of coarse aggregates from Maewhacheon area.

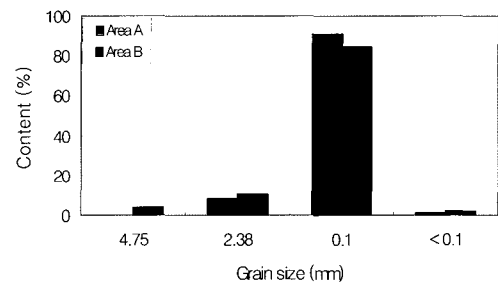
Sieve size(mm)	Area A		Area B	
	wt. g	wt. %	wt. g	wt. %
> 37.5	757.1	6.6	0.0	0.0
25	2394.9	20.9	1412.5	11.5
19	1945.8	17.0	2941.1	24.0
12.5	1802.1	15.8	2880.3	23.5
< 9.5	1570.4	13.7	2617.2	21.3
Sub-total	8470.3	74.0	9851.1	80.3
7	1067.6	9.3	1418.0	11.6
4.75	1493.1	13.0	897.7	7.3
2.38	418.5	3.7	97.5	0.8
Sub-total	2979.2	26.0	2413.2	19.7
Total	11449.5	100.0	12264.3	100.0

**Table 2.** Size analysis of fine aggregates from Maewhacheon area.

Sieve size(mm)	Area A		Area B	
	wt. g	wt. %	wt. g	wt. %
> 4.75	0.0	0.0	38.0	3.7
2.38	80.5	8.7	110.0	10.8
0.1	838.3	91.0	865.5	84.9
< 0.1	2.5	0.3	6.2	0.6
Total	921.3	100.0	1019.7	100.0



**Fig. 1.** Volumetric comparison of coarse aggregates by grain size from Maewhacheon area.



**Fig. 2.** Volumetric comparison of fine aggregates by grain size from Maewhacheon area.

것이다. 집중도는 A 지역의 것이 약간 높은 것으로 나온다.

골재의 피막검사

두 지역 골재의 피막상태는 유사하므로 여기에서는 양자의 구분 없이 기재한다.

골재의 피막은 골재의 구성암이 모암으로부터 이탈된 후 운반과정에서 침식과 풍화에 의하여 형성된 것이다. 피막은 아래에 소개한 세 가지 양상으로 분류된다.

1. 얇은 점토질 막의 형성

편마암을 포함하여 대부분의 골재는 표면에 지극히 얇은 점토질 막이 형성되어 있다. 치밀 견고한 압질에서 대략 관찰된다.

2. 특정광물에 의한 풍화층 형성

골재의 성분 중 장석의 함량이 특히 높은 반화강암(장석의 함량 63%)은 운반과정 풍화에 약한 장석이 물과 결합하여 고령도가 됨으로서 두께 1~2 mm 정도의 눈으로 식별할 수 있는 풍화층이 형성되어 있다. 풍화층은 골재의 외형과 대략 평행하다. 이러한 암석은 전체의 5.7%이다.

3. 엽리에 의한 풍화층 형성

엽리가 특히 미세하게 발달된 천매암질 골재는 얇고 조밀한 엽리에 따라 물이 침투하기 때문에 풍화층이 형성된다. 풍화층의 두께는 2 mm 내외이다. 이러한 암석은 A 지역 전체 골재의 4.3%, B 지역 골재의 4.8%이다.

피막물질의 성분을 파악하기 위하여 육안으로 보아 골재의 풍화표면이 암회색인 것과 우백색인 것을 선택하였다. 이들의 피막물질을 수거하여 X-선 회절분석에 의해 회절도를 얻어 이를 해석한 결과 암회색 피막물질의 구성광물(Table 3)과 우백색 피막물질의 그것(Table 4)은 공통적으로 석영, 사장석, 할로이사이트 및 일라이트이며 그 밖에 암회색 피막물질은 포도석(prehnite)과 스�멕타이트-고령석이, 그리고 우백색 피막물질은 고령석이 함유되어 있다. 암회색을 띠는 이유는 Fe, Mg성분이 많은 염기성 광물의 변질 광물인 포도석에 의한 것으로 본다. 이들 광물 중 할로이사이트, 일라이트, 포도석 및 스�멕타이트-고령석은 골재 표면의 풍화에 의한 풍화생성물로서 점토광물에 해당되나 석영과 사장석은 위에 소개한 점토광물의 생성과정

Table 3. Mineral constituents of dark gray colored coating material from Maewhacheon aggregates.

X.R.D. data			Minerals*					
2θ	d (Å)	I/I <sub>0</sub>	1	2	3	4	5	6
8.68	10.1	35			10.0	10.0		
12.08	7.32	23			7.3			7.24
20.74	4.27	44	4.25					
21.90	4.05	33		4.02				
23.46	3.78	28		3.76				
25.64	3.47	32		3.49			3.48	3.48
26.54	3.35	100	3.34		3.34	3.34		
27.86	3.19	48		3.18				
29.14	3.06	32					3.08	
29.80	2.99	34		2.98				
30.26	2.95	33		2.93				
31.32	2.85	30		2.84				
34.02	2.63	37		2.65		2.60		
36.48	2.46	35		2.46		2.47		
39.42	2.28	36						
41.26	2.18	31				2.18		
42.94	2.10	34						
45.10	2.00	35				2.00		
50.04	1.82	35	1.81					
54.98	1.66	33				1.65		
59.94	1.54	34	1.54					
68.24	1.37	38				1.35		
75.66	1.25	32			1.23	1.25		

\*Minerals : 1. Quartz 2. Plagioclase 3. Halloysite  
4. Illite 5. Prehnite 6. Smectite-kaolinite

중에 만들어 졌거나 아니면 피막의 수거과정에서 모체로부터 떨어져 나올 가능성도 있다. 전자의 경우라면 두 광물 역시 점토광물로 생각할 수 있다.

골재 표면이 위와 같은 점토광물로 피복되면 이들 점토광물이 물과 만나 물은 화학적 결합수나 겔(gel)수로서 작용하여 부피가 팽창되기 때문에 그러한 피막현상은 골재로서 좋을 것은 없다. 특히 스�멕타이트류의 점토광물은 건조환경에서 격자간격이 12~15Å인데 ethylene glycol을 첨가시키면 17Å으로 변하며(Hathaway, 1979), 콘크리트 구조물에서 부피팽창을 야기시키는 주원인이다(Keller, 1979).

골재의 풍화상태

골재의 풍화상태를 결정하는 기준은 ISRM Working Party(1975)의 육안관찰에 의한 풍화등급이다. ISRM의 정의는 다음과 같다.

**Table 4.** Mineral constituents of leucocratic coating material from Maewhacheon aggregates.

X.R.D. data			Minerals*				
2θ	d (Å)	I/I <sub>0</sub>	1	2	3	4	5
8.68	10.1	5			10.0	10.0	
5.88	7.15	8					7.17
13.62	6.49	7		6.48			
20.86	4.25	20	4.25				
21.90	4.05	11		4.02			
25.66	3.46	9		3.49			
26.62	3.34	100	3.34		3.34	3.34	
27.96	3.18	30		3.18			
29.88	2.98	6		2.98			
34.36	2.60	7				2.60	
36.60	2.45	7		2.46		2.47	
39.52	2.27	10					
42.44	2.12	14				2.0	
50.16	1.81	12	1.81				
54.98	1.66	5				1.65	
60.02	1.54	6	1.54				
63.96	1.45	7			1.48		
68.14	1.37	6				1.35	
75.66	1.25	5			1.23	1.25	

\*Minerals : 1. Quartz 2. Plagioclase 3. Halloysite  
4. Illite 5. Prehnite 6. Kaolinite

F등급(Fresh, 신선) ; 암석의 성분이나 암석의 색이 원래의 상태이며, 햄머의 타격에 의하여 표면에 가벼운 원형의 테가 생기는 경우이다. 암석표면에 가벼운 원형의 테가 생기기 위하여는 골재의 피막에서 설명한 얇은 점토질막이 형성될 정도로 풍화되었음을 의미한다.

WS등급(Slightly Weathered, 약간 풍화) ; 표면은 약간 변색되어 있으며 이 변색은 절리를 따라 내부로 침투된다. 기타는 F등급과 동일하다. 이 상태의 풍화는 앞에서 소개한 특정광물이나 엽리에 의한 풍화층의 존재 및 미세한 절리의 형성과 그에 따른 풍화의 침투를 의미한다.

이 밖의 WM(Moderately Weathered)등급 이하는 매화천 골재에 해당되지 않으므로 설명을 생략한다.

Table 11에 매화천 골재의 풍화상태를 종합하였다. A 지역 골재는 상태1(F등급)이 73%, 상태2(WS등급)가 27%이며, B 지역 골재는 상태1이 82%, 상태2가 18%이다.

#### 골재의 오염상태

골재의 피막은 대부분 암석의 풍화물로 확인

되기 때문에 골재 자체는 어떠한 형태로든 오염되지 않은 것으로 보아야 한다. 단 A 지역 골재의 채가름 과정에서 발견된 이물질에는 유리 조각, 플라스틱 조각, 도자기 파편, 굳은 아스팔트 조각, 제철과정의 광재(슬래그), 지푸라기 등이 있다. 이들 모두의 무게는 9 g으로서 지극히 미미한 양이다. B 지역 골재에서는 지푸라기만 발견되었다.

#### 골재의 암석학적 기재

암석기재에서는 암석의 종류, 종류에 따른 구성광물, 조직, 이들의 정량, 정성적 분류 및 각 암석별 콘크리트 골재로서의 적합성을 설명한다. 다음에 소개되는 모든 비율(%)은 광물의 비중을 적용한 무게비임을 밝힌다. 암석별 구성광물의 함량비는 Table 5와 6에 정리하였다. 암석기재를 위하여 제작한 암석박편은 55개, 입자박편은 13개이다.

#### 매화천 A 지역 골재

##### 변성암류

전체의 79.7%에 해당될 만큼 이 종류의 암석이 큰 비중을 차지한다. 변성암은 기존 암석이 이차적으로 열과 압력을 받아 새로운 변성광물의 생성, 기존 광물의 재결정, 그리고 엽리 등이 형성되기 때문에 물리적인 힘에 취약해지고 화학적인 반응에 민감해 지는 결과가 된다. 이 지역의 골재 중에 많은 양이 변성암으로 구성되어 있음은 골재로서 바람직하지 않다고 본다. A 지역 골재 중에 변성암에 해당되는 암석에는 편마암, 규암, 편암, 천매암, 암쇄암 및 혼펠스가 있다.

##### 1) 편마암

편마암은 전체의 59.9%이며(Table 8 참조), 변성암 전체의 74.9%에 해당된다. 편마암의 종류에는 조립질 화강편마암, 세립질 화강편마암, 우백 화강편마암, 거정질 화강편마암(페그마타이트질 편마암) 및 섬록암질 편마암이 있는데 이 중 거정질 화강편마암과 섬록암질 편마암을 제외한 나머지는 모두 암석의 조직은 조금씩 다르나 성분이 유사한 화강편마암에 속하므로 한데 묶어 기재하고자 한다.

**Table 5.** Analysis of rocks and their mineralogy on various aggregates from Maewhacheon A area (wt. %).

Aggregates*	Minerals**																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Gneiss A	32	19		36	5	3	2			-	-	-	-	1		-	-	
Gneiss B	65	20		14		1						-						
Gneiss C	7			62	24		4	1						-		-	1	
Schist	42	4		1	-		52							1	-			
Phyllite	56	-		-	30	7	2											5
Quartzite	91	-	1	3	-	1							4					
Cataclastic rock A	30	25	-	36	5	2				-			1	-				-
Cataclastic rock B	99																	
Hornfels	21				36		4	5		2	-					28	4	
Aplite	30	63			7													-
Gabbro	5			38	8		45					3		-				1
Diorite porphyry	5			52	33		-	7						2		1		
Basalt				48				5	2					15		7	3	20
Basic dyke rock				15	27		10	3										45

(note) - : less than 1%

\*Aggregates : Gneiss A=Granitic gneiss, Gneiss B=Pegmatitic gneiss, Gneiss C=Dioritic gneiss, Cataclastic rocks ; A = granitic, B = quartzose

\*\*Minerals : 1. Quartz 2. Orthoclase(+Sericite) 3. Microcline(+Sericite) 4. Plagioclase(+Sericite) 5. Biotite(+Chlorite) 6. Muscovite 7. Hornblende 8. Augite 9. Tridymite 10. Apatite 11. Sphene 12. Zircon 13. Garnet 14. Chlorite 15. Penninite 16. Epidote 17. Opaque mineral 18. Cryptocrystalline+Glass

- 화강편마암 : 괴상 내지 편마상 엽리를 보이는데 후자의 경우 이 방향에 따라 쪼개짐이 발달되어 있다. 세립(세립 화강편마암) 내지 중립~조립질(기타 편마암) 암석으로, 무색광물은 석영, 정장석, 사장석으로, 유색광물은 흑운모, 백운모 및 소량의 각섬석으로 구성되어 있다. 그 밖에 소량의 인회석, 저어콘, 석류석, 스피넬, 불투명광물 등이 관찰된다. 변질 광물로는 흑운모를 교대한 녹니석과 장석류를 교대한 견운모 및 녹렴석이 관찰된다. 석영은 재결정되어 봉합상 조직과 파동소광을 보이며 일축성과 이축성 모두 존재한다. 이와 같은 석영은 알칼리-골재 반응에 취약하다.
- 거정질 화강편마암 : 이 암석은 거정질 화강암이 변성작용을 받아 형성된 것이다. 입자의 크기는 5 mm 이상이다. 구성광물은 주로 석영, 사장석, 정장석이며 기타 소량의 백운모와 저어콘이 관찰된다. 석영은 재결정된 봉합상 경계와 파동소광을 보이며 변성작용에 의하여 이축성을 나타낸다. 장석류는 대부분 견운모화 되어 있다.
- 섬록암질 편마암 : 섬록암이 변성작용을 받아 형성된 암석이다. 중립질암으로서 구성광물

은 주로 사장석과 흑운모이며 소량의 석영, 각섬석, 휘석, 녹렴석 및 불투명 광물이 관찰된다. 석영은 재결정 내지 파동소광을 보인다. 장석은 견운모로, 흑운모와 각섬석은 녹니석으로 대부분 교대되어 있다.

### 2) 규암

규암은 A 지역 골재의 2.2%(Table 8 참조), 변성암 전체의 2.8%에 해당된다. 중립~세립질 사암과 알코즈 사암이 변성작용을 받아 형성된 암석이다. 따라서 구성광물의 90~99%는 석영이며 기타 소량의 사장석, 정장석, 미사장석, 흑운모, 백운모 등으로 구성되어 있다. 특기할 사실은 다량의 석류석이 관찰되는 것으로 보아 강한 변성작용을 받은 것으로 보인다. 석영은 완전히 재결정되어 봉합상 경계와 파동소광을 보이며 변성작용에 의하여 이축성으로 구조가 변화된 것과 그렇지 않은 것이 반반이다. 알코즈사암이 규암으로 변성된 암석은 유색광물에 의하여 엽리가 형성되어 있다.

### 3) 편암

중립 내지 세립질암으로서 매우 조밀한 편리가 뚜렷하게 관찰된다. 구성광물은 주로 각섬석과 석영이며 소량의 정장석, 사장석, 흑운모, 불

**Table 6.** Analysis of rocks and their mineralogy on various aggregates from Maewhacheon B area (wt. %).

Aggregates*	Minerals**																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Gneiss A	30	16	4	25			12	7					-	-	3	2	-	-				
Gneiss B	44		52				3	1														
Schist	43	2		3					49				2							1		
Phyllite	54			-			30	14						-	-			-	-			
Cataclastic rocks	32	12	35	8			10	3														
Meta-sediments	74						-	1	2													23
Granophyre	26	60				5	3															6
Gabbro	-			46			-		52				1									-
Diorite porphyry				49			5					10			3	-		15	18			
Rhyolite	15	7		4	5						3								45		1	
Andesite				47			-				-	9			18			4	22			
Hornblendite	3			4					91	-									2			

(note) - : less than 1%

\*Aggregates : Gneiss A=Granitic gneiss, Gneiss B=Pegmatitic gneiss

\*\*Minerals : 1. Quartz 2. Orthoclase(+Sericite) 3. Microcline(+Sericite) 4. Plagioclase(+Sericite)  
 5. Sanidine 6. Tourmaline 7. Biotite(+Chlorite) 8. Muscovite 9. Hornblende 10. Augite  
 11. Cristobalite 12. Calcite 13. Apatite 14. Zircon 15. Garnet 16. Chlorite 17. Penninite  
 18. Epidote 19. Opaque mineral 20. Cryptocrystalline+Glass 21. Muscovite+Clay  
 22. Rock-fragments

투명 광물 등이 관찰된다. 세립질 석영은 일축성이다. 흑운모의 대부분은 녹니석과 팬나나이트로 교대되어 있다. 후퇴 변성작용을 받은 것으로 보인다.

## 4) 천매암

주 구성광물인 석영 입자의 크기에 따라 평균 0.07 mm인 사질천매암과 0.03 mm이하인 보통의 천매암으로 되어 있다. 전자보다 후자에 있어서 조밀한 엽리가 월등히 발달되어 있다. 주 구성광물인 석영이 전체의 56%이며 기타 소량의 정장석, 사장석, 백운모, 각섬석, 석류석, 불투명 광물(황철석) 등으로 구성되어 있다. 석영은 재결정, 파동소광을 보이며 일축성과 이축성 모두 있다. 뒤에 자세히 설명하겠으나, 편암이나 천매암에 발달된 조밀한 엽리는 물이 침투하는 통로가 되기 때문에 골재 자체의 부피가 팽창하는 효과를 가져온다.

## 5) 압쇄암

기존 암석의 기계적인 압쇄에 의하여 형성된 이 암석은 압쇄된 크기에 따라 세분된 암석명이 있으나 여기에서는 공통적 명칭인 압쇄암으로 통일한다. 현재 이 암석이 하상골재이긴하나 형성단계에서 파쇄되고 재결정된 것이기 때문에 파쇄골재와 유사한 측면을 갖게 되며 알칼리-골재 반응에 대단히 민감한 상태로 되어 있

다. A 지역 골재 전체에서 차지하는 비중은 8%이며 좋은 골재로 볼 수 없다. 특히 이 암석중 규암질 압쇄암(압쇄암B)은 재결정, 봉합상, 이축성 석영이 99%를 차지하기 때문에 우려되는 골재이다. 규암질 압쇄암을 제외하면 대부분 화강암질 성분(압쇄암A)을 보이며 압쇄 이전 원암의 성분에 따라 석영의 함량은 30~99%까지 다양하다. 압쇄암 박편 6개 중 5개에서 이축성 석영이 관찰된다. 이는 변성작용을 심하게 받은 증거이다.

## 6) 혼펠스

이 암석은 성인적으로 화성암의 관입에 의하여 이의 영향을 받은 주변암체와의 접촉부에서 형성된 변성암의 일종이다. 따라서 이 암석은 열변성을 받은 다양한 광물이 함유됨이 특징이다. 세립질 내지 중립질암으로서 구성광물은 흑운모, 석영, 녹립석, 휘석, 스피, 인회석, 각섬석, 불투명 광물 등이다. 호른펠스 박편 두개 중 하나에 함유된 석영은 재결정, 봉합상구조 및 파동소광을 보이며 몇몇 입자는 이축성 구조를 보이는 것으로 보아 일부 호른펠스는 형성 이후 변성작용을 다시 받은 것으로 보인다.

## 화성암류

A 지역 골재 전체의 12.3%(Table 8 참조)에

해당되는 이 암석은 양에 있어서 큰 비중을 차지하지는 않으며 화학적 반응에 취약한 화산암 보다는 주로 반심성암과 심성암으로 구성되어 있다. 관찰된 화성암류에는 심성암에 반화강암과 반려암, 반심성암에 섬록반암과 염기성 맥암, 화산암에 현무암이 관찰된다.

1) 반화강암

우백 화강암질 성분으로 산성 화성암이다. 석영과 알칼리 장석(주로 정장석)이 대부분이고 기타 소량의 흑운모와 불투명 광물로 구성된 세립질암이다. 석영은 일축성으로 알칼리-골재 반응에 비교적 안정된 암석이다.

2) 반려암

염기성 화성암으로 규산의 함량이 낮아 골재로서 알칼리-골재반응에 비교적 안정된 암석이다. 석영의 함량은 5% 미만으로 대단히 적은 편이며 주로 사장석과 각섬석으로 구성되어 있다. 기타 소량의 저어콘, 흑운모, 스피, 불투명 광물 등이 관찰되며 변질광물로서 견운모와 녹니석이 함유되어 있다.

3) 섬록반암

성분은 섬록암에 해당되는 중성암이다. 석영의 함량은 반려암과 유사하며 역시 골재로서 화학적 반응에 안정된 암석이다. 반상조직을 보이는데 반정은 조립질 사장석과 휘석, 석기는 세립질 사장석등으로 구성되어 있다. 주 구성광물은 사장석과 흑운모, 그리고 소량의 각섬석이다. 심한 변질을 받아 녹렴석, 견운모, 녹니석 등이 많이 관찰된다.

4) 현무암

염기성 화산암으로 규산(SiO<sub>2</sub>)의 함량이 매우 낮아 45%이하이다. 따라서 성분으로 보아 이 암석은 골재의 알칼리-실리카 반응이나 알칼리-탄산염 반응과는 무관할 것으로 보이나 제주도 산 다공질 현무암에 대한 모르타르봉 시험(ASTM C 227)에 의하면 팽창률이 0.1%를 초과하여 반응 잠재성 골재로 확인되었다(황형중, 1999 ; 용태형 외, 1994). 현재로서 예측할 수 있는 사실은 이 암석에 함유될 수 있는 광물인 단백석(opal), 인규석(tridymite) 및 홍연석(cristobalite)이 팽창의 원인인던가, 아니면 이 암석의 특유한 구조인 다공질과 같은 다른 물리적인 요인에 의한 것으로 생각되나 정확한 원인은 불확실하다. 한편 A 지역 골재의 현무암은 인규석이 소량 함유되어 있으나(2%) 기공은 거의

없다. 본 암의 구성광물은 대부분 세립의 사장석이며 기타 휘석, 인규석 및 소량의 불투명 광물이다. 대체로 변질을 받아 녹니석, 녹렴석, 견운모 등이 생성되어 있다. 본 암에 함유된 인규석은 알칼리-실리카반응에 매우 민감한 것으로 보고 되어있다(ASTM C 295).

5) 염기성 맥암

반상조직을 보이며 반정은 중립질 흑운모와 휘석으로, 석기는 세립질 각섬석, 사장석, 흑운모와 은미정질로 구성되어 있다. 심한 변질에 의하여 녹렴석 결정이 많이 관찰된다. 은미정질은 전체의 45%인데 이는 알칼리-골재반응에 취약하다.

매화천 A 지역 골재의 모래는 이 지역의 자갈 골재에서 확인된 대부분의 암석으로 구성되어 있는데 골재의 입자가 작아짐에 따라 광물이 단체로 분리되어 있다. 이렇게 단일광물로 이루어진 골재는 장석류와 석영으로 각각 구성되어 있다.

매화천 B 지역 골재

B 지역 골재 중에는 앞의 A 지역 골재에서 소개한 암석과 중복되는 것이 많은데 이러한 암석은 설명의 중복을 피하기 위하여 구성광물의 정성, 정량만 소개하고 중복되지 않은 것은 골재의 특성과 관련지어 설명하고자 한다.

변성암류

전체의 66.1%(Table 10 참조)로서 A 지역 골재보다는 적으나 양호한 골재로 보기에 그 함량이 많은 편이다. B 지역 골재 중 변성암에는 편마암, 편암, 천매암, 압쇄암 및 변성사암이 있다.

1) 편마암

편마암은 골재의 52.1%를 차지하며(Table 10 참조) 변성암 전체의 79%에 해당된다. 편마암의 종류는 화강편마암, 우백 화강편마암, 거정질 화강편마암으로 세분된다.

· 화강편마암: 구성광물은 무색광물로서 주로 석영, 미사장석, 정장석, 사장석이 관찰되며 유색광물로서 주로 흑운모 및 소량의 백운모가 관찰된다. 그 외 석류석, 인회석, 저어콘, 견운모, 녹니석 등이 관찰된다. 석영은 재결정, 파동소광, 이축성 현상이 관찰되는 것과

그렇지 않은 것으로 보아 이 지역 골재의 편마암은 A 지역 골재에 비하여 변성을 적게 받은 것으로 보인다.

- 거정질 화강편마암: 구성광물은 주로 석영, 미사장석과 소량의 백운모와 흑운모이며 변질을 받아 견운모가 형성되어 있다. 석영은 이축성으로 변형되어 있다.

2) 편암

구성광물은 주로 각섬석과 석영으로 되어 있어 각섬석 편암에 해당된다. 소량의 사장석, 정장석, 인회석 및 불투명 광물이 관찰된다. 석영은 일축성이다.

3) 천매암

구성광물은 주로 석영과 흑운모이며 그 외 소량의 사장석, 백운모, 저어콘, 녹렴석, 석류석, 불투명 광물 등이 관찰된다. 석영은 일축성이다.

4) 압쇄암

안구상 압쇄 잔류물을 제외하면 대부분 0.02 mm내외로 파쇄되어 있다. 화강암질 성분으로 구성광물은 석영, 정장석, 미사장석, 사장석, 흑운모, 백운모 및 소량의 불투명 광물로 되어 있다. 심한 변질에 의하여 견운모가 많이 관찰되며 변형에 의한 이축성 석영도 관찰된다.

5) 변성사암

A 지역의 골재에는 없는 암석으로 주로 석영 입자와 입자사이를 충진한 백운모, 견운모, 흑운모로 구성되어 있으며 그 외 소량의 저어콘과 전기석이 관찰된다. 석영은 부분적으로 재결정되어 봉합상 구조와 파동소광을 보이며 대부분 일축성이나 이축성도 간혹 관찰된다. 충남 청양산 사암에 대한 모르타르봉 시험(ASTM C 227)에 의하면 팽창률이 0.1%를 초과함으로써 반응잠재성 골재로 판명되었다(황형중, 1999).

화성암류

B 지역 골재 전체의 30.4%로서 A 지역 골재 보다는 화성암류의 비중이 크며 특히 화산암류의 함량이 상대적으로 높다. 심성암은 문상암(granophyre)과 반려암으로, 반심성암은 섬록반암으로, 그리고 화산암은 유문암과 안산암으로 세분된다.

1) 문상암

이 암석은 A 지역 골재에는 함유되어 있지 않다. 세립질암으로 유색광물이 적고 특징적인 문상조직이 발달되어 있어 문상암이라는 암석

명이 붙게 되었다. 마그마 분화단계로 보아 정마그마시대 말기에 형성되는 암석이기 때문에 석영과 알칼리장석으로 주로 이루어진다. 이 암석의 현미경 관찰에 의하면 세립질로서 대부분 석영과 정장석으로 구성되어 있고 기타 소량의 불투명 광물, 전기석 및 흑운모가 관찰된다. 이 암석의 특징적인 미문상조직이 발달되어 있다. 구성광물로 보아 규산의 함량이 매우 높은 산성암에 해당된다. 풍화를 많이 받아 철의 산화물이 암석 내에 침투되어 있다.

2) 반려암

각섬석의 함량이 비교적 많은 반려암이다. 주 구성광물은 사장석과 각섬석이고 그 외 소량의 석영, 인회석 및 불투명 광물이 관찰된다. 변질을 많이 받아 사장석은 대부분 견운모로 교대되었다.

3) 섬록반암

섬록암 성분의 반심성암으로서 반상조직을 보인다. 반정은 주로 사장석이며 석기는 세립의 사장석과 은미정질(+유리질)이다. 심한 변질을 받아 방해석, 녹니석, 견운모로 대부분 교대되어 있다. 불투명 광물이 상당량 함유되어 있다. 이 암석의 18%에 해당되는 은미정질 및 유리질과 10%의 세립질 방해석은 알칼리-골재반응에 민감한 성분이다.

4) 유문암

A 지역의 골재에서는 발견되지 않은 암석이다. 규산질 화산암으로서 이 암석에 함유되어 있는 유리질 및 은미정질 석기는 알칼리-실리카 반응에 매우 민감하다. 전체적으로 반상조직을 보이며 반정은 석영, 새니딘, 정장석, 사장석, 홍연석 및 암편으로, 석기는 은미정질 내지 유리질로 구성되어 있다. 기공은 거의 관찰되지 않는다. 부분적으로 유동구조가 관찰된다. 홍연석은 3% 함유되어 있는데 이 암석의 석기를 구성한 광물과 같이 알칼리-실리카반응에 민감하다.

5) 안산암

A 지역의 골재에는 없는 암석으로 섬록암과 동일 성분의 화산암이다. 규산의 함량으로 보아 중성암에 해당된다. 현미경 관찰에 의하면 주로 세립의 사장석으로 구성되어 있으며 소량의 흑운모와 심한 변질을 받은 방해석, 녹니석 등이 암석 전체에 산재되어 있다. 은미정질과 유리질로 구성된 석기(22%)와 세립질 방해석은 알칼리-골재반응에 민감하다.



B 지역의 모래 골재는 이 지역의 자갈에서 확인된 대부분의 암석과 그 밖에 초염기성암에 해당되는 각섬암이 관찰된다. 단일광물로 구성된 골재는 장석류와 석영으로 각각 구성되어 있다. 각섬암의 현미경 관찰에 의하면 세립질 각섬석이 전체의 90% 이상이며 기타 소량의 석영, 휘석, 불투명 광물 및 전운모로 변질된 사장석이 관찰된다. 이 암석은 성분으로 보아 변성암에 해당될 것으로 본다.

골재의 구성과 풍화 상태

매화천 A, B 지역의 골재에 대하여 각각 암석의 종류별, 입도별 및 상태별로 분류하였다

(Table 7~10). 이 분류는 ASTM C 295의 Table 2와 3(p.182)을 근거로 실시되었다. 입자 크기의 분류는 앞에서 소개한 Table 1과 Table 2에 소개한 것과 동일하다. 입자계수를 위하여 선정된 입자수는 체의 크기 12.5 mm이하는 규정대로 300개 이상이나 체의 크기 37.5 mm, 25 mm 및 19 mm해당 입자수는 그에 미치지 못한데 그 이유는 본 시험의 시료로 받은 지역별 자갈골재의 총량이 각각 약 50 kg이며 이에 함유된 입자수가 모두 300개 이하이기 때문이다. 체의 크기 7 mm이하는 모두 모래골재로 함께 묶어 계산되었다. 자갈과 모래의 분류 기준은 Table 1과 2의 것과 동일하다. Table 8과 10에 소개한 모래의 무게에 의한 백분율 26.0%와

**Table 7.** Calculation of particle count for aggregates from Maewhacheon A area (composition of fractions on sieve shown below).

Aggregates	37.5 mm		25 mm		19 mm		12.5 mm		9.5 mm		< 9.5 mm	
	No. of grains	wt. %	No. of grains	wt. %	No. of grains	wt. %	No. of grains	wt. %	No. of grains	wt. %	No. of grains	wt. %
Granitic gneiss 1	13	33.3	58	30.9	82	33.3	136	38.9	203	58.0	137	39.1
Granitic gneiss 2	6	15.4	29	15.4	31	12.6	33	9.4	32	9.1	5	1.4
Pegmatitic gneiss 1	2	5.1	12	6.4	10	4.1	67	19.1	31	8.9		
Pegmatitic gneiss 2	2	5.1			5	2.0	7	2.0	2	0.6		
Dioritic gneiss 1					21	8.5	9	2.6	10	2.9	4	1.1
Dioritic gneiss 2	2	5.1			21	8.5			2	0.6	1	0.3
Schist 1	2	5.1					24	6.9	18	5.1	21	6.0
Schist 2			12	6.4			2	0.6	6	1.7		
Phyllite 1					5	2.0	7	2.0	2	0.6	15	4.3
Phyllite 2	2	5.1	6	3.2			1	0.3			1	0.3
Quartzite 1	2	5.1			10	4.1	4	1.1			1	0.3
Quartzite 2	2	5.1										
Cataclastic rock 1	2	5.1			21	8.5	7	2.0	1	0.3		
Cataclastic rock 2	4	10.3	18	9.6	15	6.1	4	1.1	1	0.3		
Hornfels 1							4	1.1				
Hornfels 2												
Aplite 1							15	4.3	9	2.6	9	2.6
Aplite 2			35	18.6			17	4.9	6	1.7	1	0.3
Gabbro 1							4	1.1	8	2.3	4	1.1
Gabbro 2							2	0.6				
Diorite porphyry 1			18	9.6	5	2.0						
Diorite porphyry 2												
Basalt 1					5	2.0	4	1.1	16	4.6	6	1.7
Basalt 2					15	6.1	2	0.6	2	0.6		
Basic dyke rock 1							2	0.6				
Basic dyke rock 2												
Quartz 1											83	23.7
Quartz 2											2	0.6
Feldspar 1											56	16.0
Feldspar 2											4	1.1
<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>100.0</b>	<b>188</b>	<b>100.0</b>	<b>246</b>	<b>100.0</b>	<b>350</b>	<b>100.0</b>	<b>350</b>	<b>100.0</b>	<b>350</b>	<b>100.0</b>

(note) The figures of rock name indicate the grade of weathering(ISRM Working Party, 1978) as the figure 1, 2 means Fresh and Slightly Weathered grade, respectively. The aggregates of which the grain size less than 9.5 mm (< 9.5 mm) are the fine aggregates from Maewhacheon area.

**Table 8.** Calculation of particle count for aggregates from Maewhacheon A area (weighted percentage of constituents in each sieve fraction).

Aggregates	Sieve size						Rock unit
	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	< 9.5 mm	
Granitic gneiss 1	3.1	7.7	6.1	6.6	7.5	7.6	38.6
Granitic gneiss 2	0.9	3.2	1.9	1.5	0.9	0.9	9.3
Pegmatitic gneiss 1	0.2	1.9	0.5	1.6	1.1	0.0	5.3
Pegmatitic gneiss 2	0.4	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	1.0
Dioritic gneiss 1	0.0	0.0	1.4	0.6	0.4	0.8	3.2
Dioritic gneiss 2	0.1	0.0	1.5	0.0	0.1	0.8	2.5
Schist 1	0.4	0.0	0.0	0.8	0.7	1.5	3.4
Schist 2	0.0	1.3	0.0	0.1	0.3	0.0	1.7
Phyllite 1	0.0	0.0	0.6	0.5	0.1	1.4	2.6
Phyllite 2	0.4	0.5	0.0	0.0	0.1	0.7	1.7
Quartzite 1	0.1	0.0	0.9	0.3	0.0	0.8	2.1
Quartzite 2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Cataclastic rock 1	0.4	0.0	2.1	0.4	0.1	0.0	3.0
Cataclastic rock 2	0.5	2.9	1.3	0.3	0.0	0.0	5.0
Hornfels 1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2
Hornfels 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Aplite 1	0.0	0.0	0.0	0.8	0.3	1.0	2.1
Aplite 2	0.0	1.7	0.0	0.8	0.4	0.7	3.6
Gabbro 1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.4	0.8	1.5
Gabbro 2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
Diorite porphyry 1	0.0	1.7	0.3	0.0	0.0	0.0	2.0
Diorite porphyry 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Basalt 1	0.0	0.0	0.0	0.3	1.2	1.0	2.5
Basalt 2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2
Basic dyke rock 1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.3
Basic dyke rock 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Quartz 1						3.5	3.5
Quartz 2						0.8	0.8
Feldspars 1						2.9	2.9
Feldspars 2						0.8	0.8
Total	6.6	20.9	17.0	15.8	13.7	26.0	100.0
Total of the F grade	4.2	11.3	11.9	12.7	11.8	21.3	73.2
Total of the WS grade	2.4	9.6	5.1	3.1	1.9	4.7	26.8

(note) The figures(1 and 2) and its explanations are same as those of Table 7.

19.7%는 자갈골재의 체가름 결과의 값(Table 1 참조)이나 이 값의 구성 성분별 숫자는 실제 모래골재를 대상으로 분류한 것이다. 암석골재의 종류는 Table 5와 6에 소개한 것과 동일하며, Table 7~10의 암석명에 나온 숫자 1, 2는 암석의 풍화상태로서 상태1은 신선(F)을, 2는 약간 풍화(WS)를 각각 의미한다(앞에서 설명한 3절 골재의 풍화상태 참조).

이상의 조건으로 작성한 Table 7, 8은 A 지역의 골재에 대하여, Table 9, 10은 B 지역 골재에 대하여 각각 입자수와 무게에 대한 분류이며 그로부터 골재의 구성과 상태를 종합하였다(Table 11).

두 지역 골재 모두 화강편마암의 함량이 52%

이상으로 가장 많이 함유되어 있으며, 화산암은 A 지역 골재의 3%, B 지역 골재의 11%에 각각 해당된다. 풍화도는 전자보다 후자가 더 신선한 것으로 계산된다.

#### 고찰 및 결론

매화천 A, B 지역의 골재에 대한 콘크리트 골재로서의 적합성을 검토하기 위하여 문제가 되는 광물과 암석을 기준으로 삼아 Table 12를 작성하였다. Table에서 항목 1~12까지는 ASTM C 295의 자료이고 항목 13~15는 ASTM C 227의 자료이다. 항목 16과 17은 황형중(1999)과 용태형 외(1994)의 모르타르봉 시험(ASTM C

**Table 9.** Calculation of particle count for aggregates from Maewhacheon B area (composition of fractions on sieve shown below).

Aggregates	25 mm		19 mm		12.5 mm		9.5 mm		< 9.5 mm	
	No. of grains	wt. %	No. of grains	wt. %	No. of grains	wt. %	No. of grains	wt. %	No. of grains	wt. %
Granitic gneiss 1	60	46.9	132	46.6	170	48.6	194	55.4	154	44.0
Granitic gneiss 2	26	20.3	28	9.9	12	3.4	10	2.9	8	2.3
Pegmatitic gneiss 1	3	2.3	14	4.9	25	7.1	27	7.7		
Pegmatitic gneiss 2	3	2.3	4	1.4	9	2.6	2	0.6		
Schist 1	5	3.9	14	4.9	5	1.4	7	2.0	25	7.1
Schist 2	3	2.3			2	0.6	1	0.3	1	0.3
Phyllite 1			7	2.5	15	4.3	7	2.0	22	6.3
Phyllite 2					3	0.9			1	0.3
Cataclastic rock 1	5	3.9	4	1.4	3	0.9	8	2.3	2	0.6
Cataclastic rock 2					2	0.6	3	0.9		
Meta-sediments 1							1	0.3		
Meta-sediments 2										
Granophyre 1					29	8.3	11	3.1	14	4.0
Granophyre 2	5	3.9	14	4.9	2	0.6	10	2.9	2	0.6
Gabbro 1	10	7.8	18	6.4	20	5.7	27	7.7	49	14.0
Gabbro 2	5	3.9	11	3.9	3	0.9	1	0.3	2	0.6
Diorite porphyry 1			4	1.4	5	1.4				
Diorite porphyry 2			4	1.4	2	0.6				
Rhyolite 1					14	4.0	10	2.9		
Rhyolite 2			11	3.9	2	0.6	1	0.3		
Andesite 1	3	2.3	14	4.9	24	6.9	29	8.3	8	2.3
Andesite 2			4	1.4	3	0.9	1	0.3	1	0.3
Quartz 1									38	10.9
Quartz 2									1	0.3
Feldspars 1									18	5.1
Feldspars 2									4	1.1
Total	128	100.0	283	100.0	350	100.0	350	100.0	350	100.0

(note) The figures(1 and 2) and its explanations are same as those of Table 7.

227) 결과로서 팽창률이 0.1% 이상 되는 암석이다. 항목 9, 10 및 16을 제외한 모든 물질은 명백히 알칼리-골재 반응물질이긴 하지만 정량적인 소개가 없어 판단에 문제점을 준다. 항목 4와 5는 항목 7과 중복되는 점이 있으나 항목 7을 흑요암과 같이 암석 전체가 유리질 내지 은미정질암으로 이루어진 것으로 간주할 때 항목 4와 5는 산성 내지 중성 화산암의 석기부분을 의미하는 것으로 해석된다. 항목 9와 10은 알칼리-규산염 반응보다는 암석자체의 구조적인 취약성이 문제가 될 것으로 보이고, 항목 13과 14는 알칼리-탄산염 반응물질이다.

앞에서 조사한 골재의 모든 정성, 정량적인

자료를 Table 12에 적용하여 문제가 되는 골재에 대하여 항목별로 검토하였다.

- 편마암 : 2축성 석영에 의한 알칼리-규산염 반응(항목 12). 편마암은 A지역 전체 골재의 59%, B지역의 52%이나 문제가 되는 석영은 A지역 전체골재의 12%, B지역의 8.9%이다.
- 규암 : 2축성 석영에 의한 알칼리-규산염 반응(항목 12). 규암은 A지역에서만 산출되며 전체 골재의 5%이다. 이 중 석영의 양은 전체 골재의 0.9%에 해당된다.
- 천매암 : 물리적으로 취약한 엽리의 발달과 운모류의 함유(항목 10, 12). 이 암석 전량을 화학적으로 불안정한 골재로 취급한다. A, B

**Table 10.** Calculation of particle count for aggregates from Maewhacheon B area (weighted percentage of constituents in each sieve fraction).

Aggregates	Sieve size					Rock unit	
	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	< 9.5 mm		
Granitic gneiss 1	5.1	10.4	9.6	10.0	6.6	41.7	48.1
Granitic gneiss 2	2.3	2.3	0.6	0.6	0.6	6.4	
Pegmatitic gneiss 1	0.2	0.7	1.1	1.0	0.0	3.0	4.0
Pegmatitic gneiss 2	0.1	0.3	0.5	0.1	0.0	1.0	
Schist 1	0.7	1.3	0.8	0.4	1.4	4.6	5.6
Schist 2	0.4	0.0	0.3	0.0	0.3	1.0	
Phyllite 1	0.0	0.6	1.2	0.7	1.4	3.9	4.8
Phyllite 2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.7	0.9	
Cataclastic rock 1	0.5	0.8	0.3	0.9	0.4	2.9	3.5
Cataclastic rock 2	0.0	0.0	0.2	0.4	0.0	0.6	
Meta-sediments 1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1
Meta-sediments 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Granophyre 1	0.0	0.0	2.5	0.9	1.0	4.4	7.3
Granophyre 2	0.5	1.2	0.2	0.6	0.4	2.9	
Gabbro 1	0.8	1.9	1.3	2.2	1.8	8.0	10.3
Gabbro 2	0.5	0.9	0.2	0.1	0.6	2.3	
Diorite porphyry 1	0.0	0.4	0.7	0.0	0.0	1.1	1.5
Diorite porphyry 2	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.4	
Rhyolite 1	0.0	0.0	1.2	0.6	0.0	1.8	3.0
Rhyolite 2	0.0	1.0	0.1	0.1	0.0	1.2	
Andesite 1	0.0	1.7	2.2	2.5	0.6	7.0	8.3
Andesite 2	0.4	0.2	0.2	0.1	0.4	1.3	
Quartz 1					1.7	1.7	2.0
Quartz 2					0.3	0.3	
Feldspars 1					0.9	0.9	1.5
Feldspars 2					0.6	0.6	
Total	11.5	24.0	23.5	21.3	19.7	100.0	
Total of the F grade	7.3	17.8	20.9	19.3	15.8	81.1	
Total of the WS grade	4.2	6.2	2.6	2.0	3.9	18.9	

(note) The figures(1 and 2) and its explanations are same as those of Table 7.

지역 전체 골재의 5%에 각각 해당된다.

- 압쇄암 : 압쇄변성작용에 의한 입자의 파쇄와 2축성 석영(항목12). 압쇄암에 함유된 석영의 양은 A지역 전체 골재의 5.2%, B지역의 1.3%이다.
- 혼펠스 : 이 암석은 2축성 석영이 함유되어 있으나 A지역 전체 골재에서 비율로 보아 대단히 적은 양이므로 석영함량의 계산은 생략한다.
- 현무암 : 모르타르 붕 시험 결과 팽창률이 0.1%를 넘는 골재이다(항목 3, 16). A지역에 만 산출되며 골재 전체의 3%이다.
- 변성퇴적암 : 2축성 석영이 소량 함유되어 있으며 모르타르 붕 시험 결과 팽창률이 0.1%를 넘는 골재이다(항목 12, 17). 이 골재의 함량은 매우 적다.
- 섬록반암 : 세립의 방해석과 중성 은미정질

및 유리질(항목 5, 13). 알칼리-탄산염 반응과 알칼리-실리카 반응에 취약하다. 취약한 광물과 석기의 양은 B지역 골재 전체의 0.3%이다.

- 유문암 : 홍연석의 함유와 산성 화산암의 유리질 석기(항목 2, 4). 알칼리-실리카 반응에 민감한 광물이 48%함유되어 있으며, 이는 B지역 전체 골재의 1.4%이다.
- 안산암 : 중성 화산암의 유리질 석기와 세립질 방해석(항목 5, 13). 알칼리-실리카 반응과 알칼리-탄산염 반응에 민감한 광물이 B지역 전체 골재의 1.7%이다.
- 기타 : 기타는 A, B지역에서 유리 조각, 플라스틱 조각, 도자기 파편, 아스팔트 조각, 슬래그 및 지푸라기 등이 발견되나 지극히 적은 양이기 때문에 함유비를 무시하였다.

문제가 되는 광물과 암석을 종합하면 A 지역의 골재는 전체의 약 26%가, 그리고 B 지역의

Table 11. Continued.

Area	Composition	Fractions retained on sieve						Whole aggregates		
		37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	< 9.5 mm	F grade	WS grade	Total
A	Granitic gneiss	50	46	46	48	67	41	39	9	48
	Pegmatitic gneiss	10	6	6	21	9		5	1	6
	Dioritic gneiss	5		17	3	4	1	3	2	5
	Schist	5	6		7	7	6	3	2	5
	Phyllite	5	3	2	2	1	5	3	2	5
	Quartzite	10	0	4	1		0	2	0	2
	Cataclastic rock	15	10	15	3	1		3	5	8
	Hornfels				1			0	0	0
	Aplite		19		9	4	3	2	4	6
	Gabbro				2	2	1	1	0	1
	Diorite porphyry		10	2				2	0	2
	Basalt			8	2	5	2	3	0	3
	Basalt dyke rock				1			0	0	0
	Quartz							24	4	5
	Feldspars							17	3	4
Total(%)		100	100	100	100	100	100		100	
								F grade	73	
								WS grade	27	
B	Granitic gneiss		67	57	52	58	46	42	6	48
	Pegmatitic gneiss		5	6	10	8		3	1	4
	Schist		6	5	2	2	7	5	1	6
	Phyllite			3	5	2	6	4	1	5
	Cataclastic rock		4	1	1	3	1	3	1	4
	Meta-sediments					1		0	0	0
	Granophyre		4	5	9	6	5	4	3	7
	Gabbro		12	10	6	8	15	8	2	10
	Diorite porphyry			3	2			1	0	1
	Rhyolite			4	5	3		2	1	3
	Andesite		2	6	8	9	3	7	1	8
	Quartz							11	2	2
Feldspars							6	1	2	
Total(%)			100	100	100	100	100		100	
								F grade	82	
								WS grade	18	

골재는 전체의 약 19%가 한 두 가지의 문제점이 있는 골재로 간주된다.

결론적으로 콘크리트용 골재의 선정에 있어서 가능한 화강편마암과 같은 고변성작용을 받은 변성암, 유문암과 같은 산성 화산암, 천매암이나 편암과 같이 염리가 발달된 암석, 그리고 모르타르 봉 시험에서 불량한 골재로 확인된 암석(청양산 사암, 현무암, 천매암)은 피할 것을 제안한다. 그러나 앞에서 설명한 바와같이 ASTM C 295와 227에 문제가 되는 물질의 정량적 언급이 없어 매화천 골재가 콘크리트 골재로서 적합하지 않다고 단언할 수는 없다. 실제로 몇개의 항목 해당물질은 1%미만이기도

하다. 따라서 본 골재는 좀더 정확한 화학적 시험(ASTM C 289)과 모르타르 봉 시험(ASTM C 227)을 거치는 것이 바람직하다.

### 참 고 문 헌

- 용태형, 최진만, 이양수, 윤재환 (1994) 제주도 콘크리트 구조물의 열화현상에 관한 조사 보고. 대한건축학회 학술발표논문집 14-1, 509-512.
- 전영달 (1999), 점하중 강도시험. 성은건설턴트(주).
- 콘크리트표준시방서 (1999) 건설교통부. 하성호, 김경수, 김무한, 정지곤 (1990) 콘크리트 골재용 각종 암석의 알칼리-골재반응에 대한 연구. 한국광물학회지 3-1, 19-20.

**Table 12.** Examination for potential alkali reactivity of aggregates from Maewhacheon A, B area.

Area	Aggregates**	Alkali-aggregate reactive materials*																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
A	Gneiss A												○					
	Gneiss B												○					
	Gneiss C												○					
	Quartzite												○					
	Schist												○					
	Phyllite										○			○				
	Cataclastic rock A													○				
	Cataclastic rock B													○				
	Hornfels													○				
	Aplite													○				
	Gabbro													○				
	Diorite porphyry													○				
	Basalt			○														○
	Others									○								
B	Gneiss A												○					
	Gneiss B												○					
	Schist												○					
	Phyllite												○					
	Cataclastic rock												○					
	Meta-sediments												○					
	Granophyre												○					
	Gabbro												○					
	Diorite porphyry												○					
	Rhyolite		○		○		○							○				
	Andesite						○							○				
	Hornblendite													○				
	Others									○								○

\*Alkali-aggregate reactive materials : 1. Opal 2. Cristobalite 3. Trydimite 4. Glassy groundmass of acidic volcanic rock 5. Glassy groundmass of intermediate volcanic rock 6. Chert 7. Glassy-cryptocrystalline acidic volcanic rock 8. Synthetic glass 9. argillaceous rock 10. Phyllite 11. Meta-sandstone 12. High grade metamorphic quartz 13. Fine grained limestone or calcite 14. Fine grained dolostone or dolomite 15. Sulfides(pyrite, pyrrhotite etc.) 16. Basalt 17. Sandstone

\*Reference of alkali-aggregate reactive materials : 1~12 : ASTM C 295-90, 13~15 : ASTM C 227-90, 16, 17 : Hwang Hyung Jung (1999), Yong Tae Hyung et al.(1994)

\*\*Gneiss A=Granitic gneiss, Gneiss B=Pegmatitic gneiss, Gneiss C=Dioritic gneiss

황형중 (1999) 충남대학교 석사학위논문. 미발간.  
 ASTM C 136-95a, (1995) Annual books of ASTM standards. American Society for Testing and Materials, section4, 04.02, 78-81.  
 ASTM C 227-90, (1995) Annual books of ASTM standards. American Society for Testing and Materials, section4, 04.02, 129-133.  
 ASTM C 295-90, (1995) Annual books of ASTM standards. American Society for Testing and Materials, section4, 04.12, 176-183.  
 Deere, D. U. (1963) Technical description of rock cores for engineering purposes. Rock Mechs, Engineering Geology 1, 18-22.

Hathaway, J. C. (1979) Reviews in mineralogy. Marine Mineralogy 6, 139.  
 Hook, E. & Bray, J. W. (1974) Rock Slope engineering. Inst. of Mining and Metallurgy, London.  
 ISRM Working Party (1975) Suggested methods for the description of rock masses, joints and discontinuities. Intl. Soc. of Rock Mechs., 2d Draft, August, Lisbon.  
 Keller, E. A. (1979) Environmental Geology. 2nd, 55-63.

2001년 2월 2일 원고접수, 2001년 2월 20일 게재승인.