

2.5

암석재료

정교철, 오대열, 김주용

2.5

암석재료

정교철, 오대열, 김주용

목 차

- 2.5.1 석산과 골재 지질조사1
 - 1. 석산지질조사1
 - 2. 골재자원조사2

- 2.5.2 콘크리트용 골재3
 - 1. 골재시험3
 - 2. 국내 암석 골재24

- 2.5.3 석재28
 - 1. 석재시험28
 - 2. 석재매장량 추정 방법28
 - 3. 석재의 분류29

- 2.5.4 해설34
 - 1. 국내 석재 이용34
 - 2. 국내 자연골재 현황34

- 【참고문헌】35

2.5

암석재료

2.5.1 석산과 골재 지질조사

석재의 무분별한 개발로 인한 산림훼손을 최소화하고 상품성있는 석재 가능성을 확인하기 위하여 채석허가 이전에 지질조사 및 시추탐사를 통한 매장량과 경제성 등 채석타당성을 평가하는 것이 필요하다.

골재가 부존하는 층적층은 다양한 입도와 지층 단면을 가지고 있기 때문에 이를 대상으로 골재를 채취하려면 골재의 품질과 매장량을 확인해야 한다. 또한 무분별한 골재 채취는 홍수시 유량과 유속을 변경시키므로 합리적인 채취량을 추산할 필요가 있다.

1. 석산지질조사

조사방법에는 지표지질조사, 전기비저항탐사, 초음파탐사 등이 있으며 지형 현황 측량, 암석종류 및 그 발달 분포 특성, 채석대상 암체의 노두 및 풍화 변질대 발달상, 지질구조 및 단열 발달 특성 등에 대해 확인한다.

가. 시험시추탐사

시추는 한국산업규격의 시추용 다이아몬드 코어비트(KSE3107, NX 사이즈(7.5cm))를 이용하여 필요에 따라 수직, 경사 또는 수평 굴착 방법으로 시추한다.

석재는 암석을 직육면체로 절개하여 활용하는 것이므로 심부암체에 대한 단층, 절리, 균열 및 미세암맥 등의 구조발달을 확인해야 하며, 구성광물, 광물의 입도, 함량비 및 결합상태 등 암석의 특성을 파악하고, 암석의 풍화정도 및 변질정도와 그 원인을 파악하여야만 한다. 따라서 추후 개발할 심도와 범위를 가정하여, 암반의 적절한 지점에 시추지점 및 시추심도를 정하여 심부암체에 대한 시험시추를 실시한 후 암석시편에 대한 정밀검사와 함께 시추공내에서 레이더 탐사와 텔레뷰어 탐사를 실시하여 각 시추공 사이 및 주변에 발달된 단층 및 절리의 발달상태를 파악한다.

나. 레이더반사법탐사 및 토모그래피

물리탐사의 목적은 대상지역 내에 분포하는 파쇄대 및 불균질대의 발달 상황 및 암상의 분포를 3차원적으로 영상화하는데 있다. 또한 가행 지역과 외곽을 둘러싸는 지역에 전기 비저항 탐사 및 GPR 탐사를 적용시켜 시추공 레이더 탐사만으로는 획득하기 어려운 포트 및 풍화층의 영상을 획득한다. 쌍극자 및 방향탐지 안테나를 이용한 시추공 반사법에 의해 시추공을 중심으로 약 30 m 반경내의 3차원적인 반사 영상이 얻어졌으며 이로부터 파쇄대의 발달 및 연장 상황을 분석한다.

한편, 시추공간의 토모그래피 영상의 해석을 통하여 전반적인 암반의 신선도 및 파쇄지역 부존상황을 파악하며 이러한 모든 물리탐사를 종합 해석하여 조사지역 내에 부존하는 단층 파쇄대의 3차원적인 분포상황 및 암반의 신선도에 대한 정보를 정밀하게 제시한다.

다. 텔레뷰어 탐사

텔레뷰어 영상으로부터 단층, 절리, 미세균열 등과 같은 각종 불연속면에 대한 정확한 경사방향 및 경사각을 추출할 수 있으며, 절리들의 연장 상태도 face mapping 프로그램(FracM)에 의해 평가될 수 있다. 이러한 디지털 이미지를 이용하여 텔레뷰어 자료에서는 확인하기 어려운 광물의 입자크기 분포, 엽리 발달상태 등과 같은 암반 성상에 대한 자세한 정보를 제공할 수 있다.

2. 골재자원조사

가. 하천골재

하천골재 부존조사는 골재 분포지역에 대한 층적층의 분포 특성, 시추조사, 물리탐사, 측량을 실시하여 부존량과 개발가능량을 확보하여야 한다. 또한 시추공으로부터 회수된 사력층을 대상으로 골재에 대한 물성시험을 통해 육상골재의 물리적 특성을 파악하여야 한다.

나. 산림골재

산림골재 부존특성 평가를 위해서는

- ① 산림골재 개발적지를 현지답사하고 개발현황에 대한 자료검토를 수행한다.
- ② 본 자료의 분석 평가를 통해 정밀 조사지역을 선정한다.
- ③ 대규모 채석단지 확보를 위해 기존 개발지 주변과 미개발지에 대한 종합적인 정밀지질조사를 수행한다. 특히 산림골재는 원석을 파쇄하여 이용하기 때문에 쇄석암석의 물성시험이 중요하다.
- ④ 기타 개발 입지성의 평가를 위하여 지형·지리적 특성 및 여건 등을 파악하며, 산림골재 개발에 바로 이용할 수 있는 수준의 정밀조사를 실시한다.

다. 바다골재

바다골재는 서해안고속도로 건설을 포함하여 서해안 개발이 활기를 찾게 됨에 따라 그 수요가 나날이 증가하고 있다. 바다골재의 경우 하천골재와 산림골재의 수요로 충당되지 못하는 해안 지역이나 기타 골재개발의 제한성이나 특수성이 내포된 지역에서 수행된다. 현재 세골재 수요 중에서 15 ~ 20% 정도가 바다골재로 충당되고 있으며, 육지내의 하천골재나 산림골재 개발로 인하여 환경문제가 야기되고 개발제한이 심해짐에 따라 바다 골재수요는 더욱 증가할 것으로 예측된다. 따라서 이러한 수요증가에 부응하기 위하여 바다골재의 확보는 매우 중요하다.

2.5.2 콘크리트용 골재

골재의 성질이란 골재입자 개개의 성질이 아니라 크고 작은 입자로 구성된 전체의 성질을 말한다. 콘크리트 표준시방서에서는 “잔골재는 깨끗하고 강하며, 내구적이고 적당한 입도를 가진 것으로서 먼지, 흙, 유기불순물, 염화물 등의 유해물질을 함유해서는 않된다.” 또한, “굵은 골재는 깨끗하고 내구적이고 적당한 입도를 가진 것으로서, 얇은 석편, 유기불순물, 염분 등의 유해량을 함유해서는 않되며, 특히 내구성을 요하는 경우 내구적인 굵은 골재를 사용해야 한다.” 라고 규정하고 있다. 골재는 그림 2.5-1과 같이 고유의 성질, 개선할 수 있는 성질 및 변하는 성질도 나눌 수 있다.

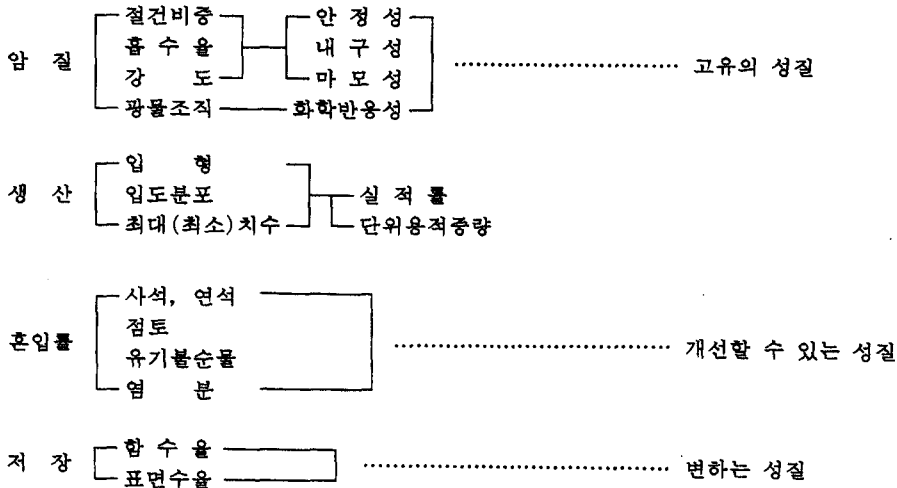


그림 2.5-1 골재의 성질

1. 골재시험

가. 비중

일반적으로 골재의 비중(specific gravity)은 표면건조포화상태의 비중(표건비중)을 기준으로 한다. 표면건조포화상태에서 잔골재의 비중은 보통 2.50~2.65, 굵은 골재는 2.55~2.70 범위에 있다. 골재의 비중은 콘크리트를 배합하는 과정에서 콘크리트의 물성에 영향을 미칠 수 있는 것으로서 콘크리트 제조 전에 사용 대상 골재의 비중을 반드시 측정하여 콘크리트 배합에 반영하여야 한다. 즉, 골재의 비중은 콘크리트의 배합설계, 실적률, 공극률 등의 계산에 사용되며, 일반적으로 비중이 클수록 치밀하고 흡수량이 적으며 내구성이 크다. 따라서 골재의 비중과 흡수량은 골재의 성질을 평가하는 한 수단으로 사용한다(표 2.5-1).

표 2.5-1 골재 품질의 평가 예

골재의 종류 \ 분류	등급	비 중	흡수량 (%)
잔 골 재	A	2.65 이상	1.5 이하
	B	2.65~2.50	1.5~3.5
	C	2.50 이하	3.5 이상
굵 은 골 재	A	2.68 이상	1.0 이하
	B	2.68~2.56	1.0~2.0
	C	2.56 이하	2.0 이상

나. 흡수량

1) 골재의 흡수상태

골재의 흡수상태는 그림 2.5-2와 같이 다음과 같이 네 가지로 분류한다.

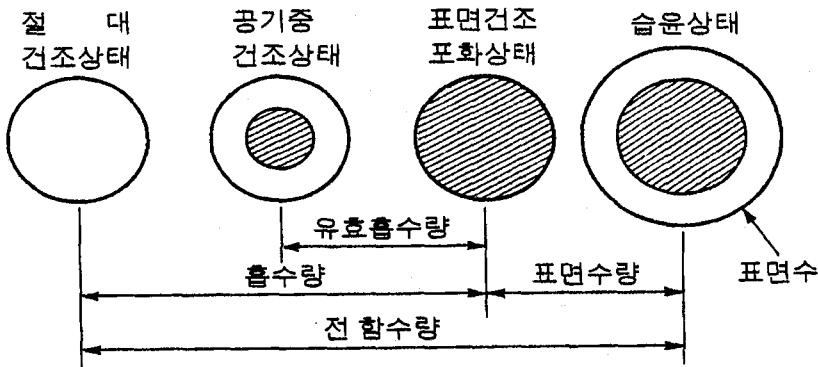


그림 3.5-2 골재의 흡수상태

가) 절대건조상태(absolutete dry condition) 또는 노건조상태(oven dry condition) : 110℃ 정도의 온도에서 24시간 이상 골재를 건조시킨 상태로써, 절건 상태라고도 한다.

나) 공기 중 건조상태(room dry condition) : 실내에 방치한 경우 골재입자의 표면과 내부의 일부가 건조된 상태로써, 기건 상태라고도 한다.

다) 표면건조포화상태(saturated surface dry condition) : 골재입자의 표면에 물은 없으나 내부의 빈틈에는 물이 꼭 차 있는 상태로써, 표건 상태라고도 한다.

라) 습윤 상태(wet Condition) : 골재입자의 내부에 물이 채워져 있고, 표면에도 물이 부착되어 있는 상태를 말한다.

2) 골재의 흡수량

가) 흡수량(absorption)

절대건조상태에서 표면건조포화상태가 될 때까지 흡수되는 수량으로서, 보통 24시간 침수에 의하여 절대건조상태에 대한 골재중량의 백분율로 나타낸다. 골재알의 내부공극의 양을 나타내는 것으로서 골재품질의 양부를 나타낸다. 각종 골재의 흡수량은 다음 표 2.5-2와 같다.

표 2.5-2 각종 골재의 흡수량

골재의 종류		잔 골 재	굵은골재
보 통 골 재		1~6	0.5~4.0
인공경량골재	조립형	4~11	2~9
	비조립형	7~14	6~11
천 연 경 량 골 재		7~35	15~50

나) 표면수량(surface moisture)

골재알의 표면에 붙어 있는 수량으로서, 일반적으로 표면건조포화상태에 대한 시료중 량의 백분율로 나타낸다. 골재의 상태에 따른 표면수량의 대략 값은 다음 표 2.5-3과 같다.

콘크리트의 시방배합은 골재가 표건상태인 것을 전제로 하고 있다. 습윤상태의 골재를 그대로 콘크리트용으로 사용하면 표면수량 만큼 단위수량이 증가한다. 골재가 건조상태이면 반대로 혼합수를 흡수하여 단위수량이 감소한다. 어떤 경우라도 물/시멘트비에 변화를 일으키기 때문에 현장 배합에 의해서 조정해야 한다. 현장에서 잔골재는 습윤상태인 경우가 많기 때문에 표면수율은 신속하게 측정해야 한다.

표 2.5-3 각종 골재의 흡수량

골재의 종류		잔골재	굵은골재
보통골재		1 ~ 6	0.5 ~ 4.0
인공경량골재	조립형	4 ~ 11	2 ~ 9
	비조립형	7 ~ 14	6 ~ 11
천연경량골재		7 ~ 35	15 ~ 50

다. 단위용적 중량 및 실적률

1) 단위용적중량(unit weight)

골재의 단위용적중량이란 1 m³의 골재의 중량을 말하며, 골재의 비중, 모양, 입도, 함수량, 계량용기의 모양과 크기 및 용기에 다져 넣는 방법에 따라 상당히 달라진다. 보통 골재의 단위 용적 중량은 표 2.5-4와 같다.

잔골재에서는 표면수량에 따라 단위용적중량이 변하게 되는데 이 현상을 모래의 부풀림(bulking)이라 하며, 모래의 부풀림은 입도에 따라 큰 차이가 있는데 보통 4~6%의 함수율의 경우 최대용적이 되고, 부풀림의 정도는 건조상태에 비하여 15~30% 커진다.

표 2.5-4 골재의 단위용적중량

골 재 의 종 류		상 태	단위용적중량(kg/m ³)	
			가볍게 다짐	충분히 잘 다짐
잔 골 재		건 조 상 태	1450~1600	1520~1850
		습 한 상 태	1360~1520	-
굵 은 골 재	5~20mm	건조,습한상태	1450~1550	1570~1680
	10~20mm	건조,습한상태	1450~1510	1480~1600
잔,굵은골재의 혼합골재 최대치수 40mm		건 조 상 태	-	1760~2000
		습 한 상 태	1600~1850	-

2) 실적률(percentage of solids)

골재를 용기 속에 채워 넣을 때 골재 사이에는 공극이 존재한다. 골재의 단위용적 중의 공극의 비율을 백분율로 나타낸 것을 공극률(percentage of voids)이라 한다. 여기서 공극률 u , 실적률 d , 골재의 비중 p , 단위용적중량은 $w(t/m^3)$ 라 하면 다음식과 같이 나타낼 수 있다.

$$d = \frac{w}{p} \times 100(\%)$$

$$v = \left(1 - \frac{w}{p}\right) \times 100 = 100 - d(\%)$$

골재의 모양이 양호하고 입도분포가 적당하다면, 실적률은 큰 값을 갖기 때문에 이런 골재를 사용한 콘크리트는 다음과 같은 특징이 있다.

골재의 모양이 양호하고 입도분포가 적당하다면, 실적률은 큰 값을 갖기 때문에 이런 골재를 사용한 콘크리트는 다음과 같은 특징이 있다.

- ① 시멘트페이스트의 양이 적어도 되므로 경제적으로 소요의 강도를 얻을 수 있다.
- ② 콘크리트의 밀도, 마모저항성, 수밀성, 내구성이 증대한다.
- ③ 단위 시멘트량이 적어지므로 건조수축이 작고 균열발생의 위험이 감소된다. 또한 수화열을 줄일 수 있다.

골재는 원래 모양이 가진 광물학적 특성이 콘크리트의 품질에 많은 영향을 미치지만 그 외에도

단위용적중량 및 실적률과 같이 골재의 형상과 수분의 함유정도에 따라서도 콘크리트의 품질에 영향을 미칠 수 있다.

라. 입도

골재의 입도란 골재의 크고 작은 입자의 혼합된 정도를 말한다(그림 2.5-3). 적당히 골재의 크기가 다른 골재들이 혼합되어 있을 때에는 입자의 크기가 균일한 경우나 큰 또는 작은 입자가 많은 경우와 비교하여 콘크리트 작업성, 강도, 내구성, 수밀성 등의 우수한 양질의 콘크리트를 제조할 수 있으며 비교적 적은 단위 시멘트량을 사용할 수 있으므로 경제적인 콘크리트 제조가 가능하다. 골재의 입도는 KS F 2502의 체가름시험 (sieve analysis test)에 의하여 구한다. 체가름시험은 각 체에 대한 시료의 통과 또는 잔류중량백분율을 구하는 것이며, 그 결과로부터 입도곡선, 조립률 또는 굵은 골재의 최대치수를 얻을 수 있다.

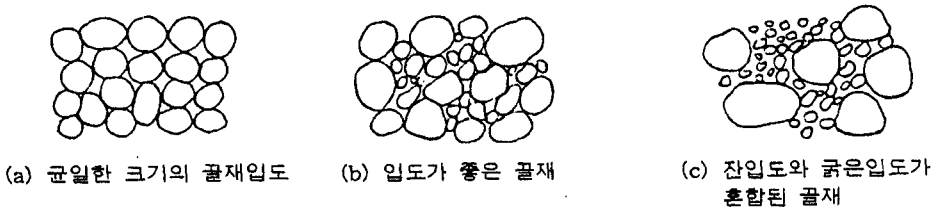


그림 2.5-3 골재의 입도분포

1) 입도곡선(grading curve)

입도곡선이란 세로축에 체번호, 가로축에 통과중량백분율 또는 잔류중량백분율로 표시하여 체가름 시험결과를 나타낸 것이다. 입도곡선은 시험한 골재의 입도가 표준범위내에 있는지를 검토하는데 이용된다. 그림 2.5-4는 입도의 표준과 입도곡선의 한 예이다.

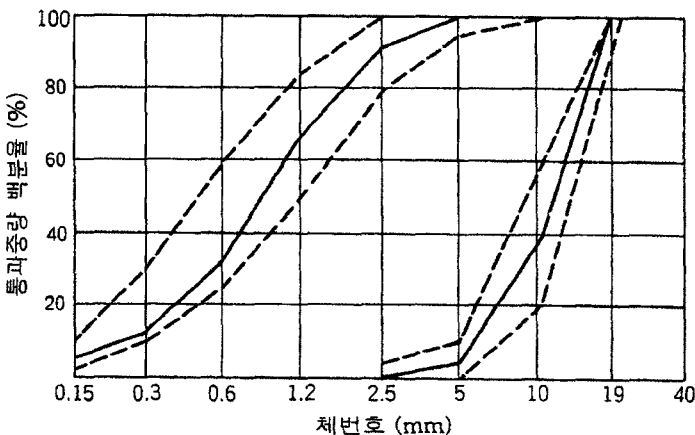


그림 2.5-4 골재 입도곡선의 예

그리고 표 2.5-5와 표 2.5-6은 각각 잔골재의 표준입도와 댐 콘크리트용 잔골재의 표준입도를 나타낸 것이다. 입도의 표준은 그 범위의 입도를 갖는 골재를 사용할 경우 소요의 콘크리트를 경제적으로 제조할 수 있다는 것을 나타낸 것이지 이 범위를 벗어난 골재의 사용을 금지하는 것은 아니다. 한편, 굵은골재의 표준입도, 포장 및 댐콘크리트의 표준입도를 각각 표 2.5-7 ~ 표 2.5-9에 나타내었다.

표 2.5-5 잔골재의 표준입도 (KS F 2502, 2506, 콘크리트 시방서)

체의 호칭	체를 통과한 것의 중량백분율(%)
10mm	100
5mm(No.4)	95~100
2.5mm(No.8)	80~100
1.2mm(No.16)	50~85
0.6mm(No.30)	25~60
0.3mm(No.50)	10~30
0.15mm(No.100)	2~10

표 2.5-6 댐 콘크리트용 잔골재의 표준입도 (KS F 2502)

체의 호칭(mm)	입경별 중량백분율(%)
10~5(No.4)	0~8
5~2.5(No.8)	5~20
2.5~1.2(No.16)	10~25
1.2~0.6(No.30)	10~30
0.6~0.3(No.50)	15~30
0.3~0.15(No.100)	12~20
0.15 이하	2~15

표 2.5-7 무근 및 철근 콘크리트용 굵은골재의 입도의 분포(KS F 2502, 2506)

골재 번호	체의호칭 골재의 크기(mm)	각 체를 통과하는 것의 중량백분율(%)												
		100	90	80	65	50	40	25	20	13	10	5	2.5	1.2
1	90~40	100	90~ 100		25~ 60		0~ 15		0~5					
2	65~40			100	90~ 100	35~ 70	0~ 15		0~5					
3	50~25				100	90~ 100	35~ 100	0~ 15		0~5				
357	50~5				100	95~ 100		35~ 70		10~ 30		0~5		
4	40~20					100	90~ 100	20~ 55	0~ 15		0~5			
467	40~5					100	95~ 100		35~ 70		10~ 30	0~5		
57	25~5						100	95~ 100		25~ 60		10~ 30	0~5	
67	20~5							100	90~ 100		20~ 55	0~ 10	0~5	
7	15~5								100	90~ 100	40~ 70	0~ 15	0~5	
8	10~2.5									100	85~ 100	10~ 80	0~ 10	0~5

표 2.5-8 포장 콘크리트용 굵은골재의 표준입도 (KS F 2502, 2506)

체의호칭 골재의크기	각 체를 통과하는 것의 중량백분율(%)								
	50	40	30	25	20	13	10	5	2.5
40~5mm	100	95~10 0	-	-	35~70	-	10~30	0~5	-
30~5mm	-	100	95~100	-	40~75	-	10~30	0~10	0~5
25~5mm	-	100	-	-	-	25~60	-	0~10	0~5
20~5mm	-	-	-	95~100	-	-	20~55	0~10	0~5
15~5mm	-	-	-	100	90~100	90~100	40~70	0~15	0~5

표 2.5-9 댐 콘크리트용 굵은골재의 표준입도 (KS F 2502)

굵은골재의 최대치수(mm)	체의크기(mm)	입경별 중량백분율 (%)					
	150~80	120~80	80~40	40~19	19~10	10~5	
150	35~20	-	32~20	30~20	20~12	15~8	
120	-	25~10	35~20	35~20	25~15	15~10	
80	-	-	40~20	40~20	25~15	15~10	
40	-	-	55~40	55~40	35~30	25~15	

2) 조립률(finess modulus, FM)

골재의 입도를 수량적으로 나타내는 한 방법으로서 조립률이 있다. 조립률은 75mm, 40mm, 20mm, 10mm, 5mm, 2.5mm, 1.2mm, 0.6mm, 0.3mm, 0.15mm의 10개의 체를 1조로 체가름시험을 하였을 때, 각 체에 남아 있는 양의 전체 시료에 대한 중량백분율의 합계를 100으로 나눈 값으로 정의한다. 골재의 평균입경이 클수록 조립률은 커진다. 1개의 입도곡선에는 하나의 조립률이 존재하지만, 하나의 조립률에는 무수한 입도곡선이 있다. 따라서 조립률은 입도를 완전히 표시하는 지수는 아니다. 그러나 조립률은 입도의 변동형태의 판단이나 콘크리트의 배합설계 등에는 편리하게 사용할 수 있다. 일반적으로 잔골재의 조립률은 2.3~3.1 사이가 좋으며, 조립률이 이 범위를 벗어난 잔골재를 사용할 경우 입도조정 후 사용하는 것이 좋다.

3) 굵은 골재의 최대치수

굵은골재의 최대치수란 중량으로 90% 이상 통과시키는 체 중에서 최소치수의 체눈의 공칭치수로 나타낸 굵은골재의 크기를 말한다. 굵은골재의 최대치수가 클수록 단위수량 및 단위시멘트량이 일반적으로 감소하게 되어 소요 품질의 콘크리트를 경제적으로 제조 할 수 있다.

그림 2.5-5는 물/시멘트 비와 슬럼프가 일정한 콘크리트를 만드는데 필요한 재료의 양이 굵은골재의 최대치수에 따라 어느 정도 변화하는지를 나타내고 있다.

또한, 다음의 그림 2.5-6은 최대치수와 단위수량과의 관계를, 그림 2.5-7은 단위시멘트량과의 관계를 나타낸 것이다.

매스 콘크리트(mass concrete)와 같은 저강도 범위에서는 골재치수의 영향이 작지만, 압축강도 400kgf/cm² 정도의 고강도에서는 골재의 최대치수를 크게 할수록 시멘트량이 증대되며, 또한 사용면에서는 최대치수가 클수록 비빔과 취급이 곤란하고 재료분리가 일어나기 쉽다. 그래서 적당한 최대치수는 구조물의 종류, 철근간격, 시공기계 등을 고려하여 사정이 허락하는 한 큰 치수로 하는 것이 좋다(표 2.5-10 참조)

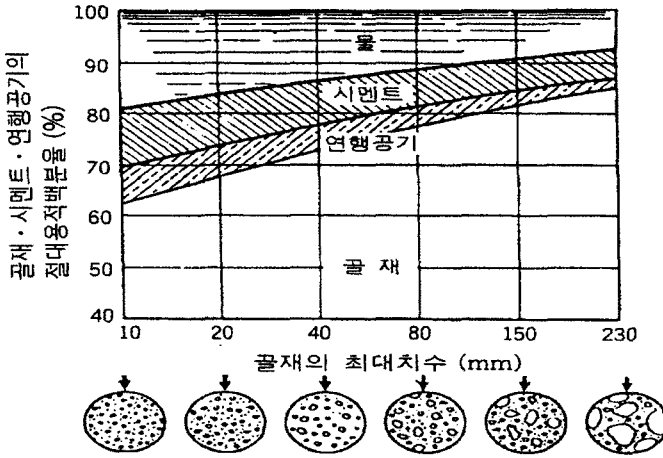


그림 2.5-5 콘크리트 재료의 절대용적 비

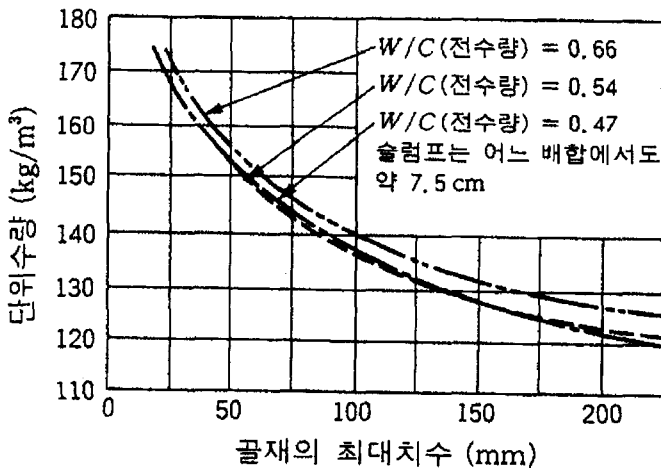


그림 2.5-6 골재의 최대치수와 단위수량과의 관계

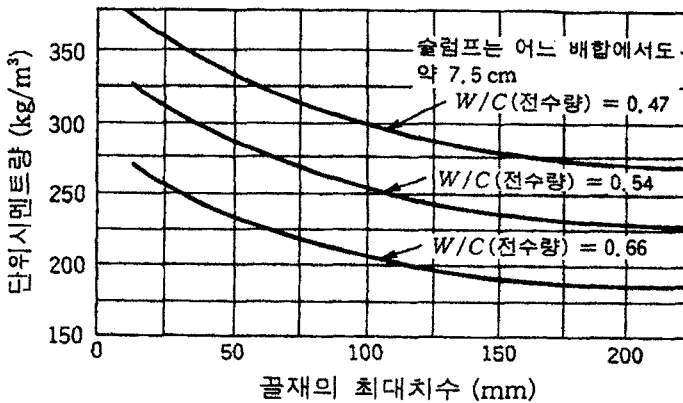


그림 2.5-7 골재의 최대치수와 단위시멘트량과의 관계

표 2.5-10 종류별 굵은골재 최대치수

구 조 물 의 종 류		최대치수(mm)
무 근 콘크리트	단면이 큰 콘크리트(큰 기초, 큰 교각 등)	80~100
	보통 단면이 큰 콘크리트(기초, 교각, 두꺼운 벽 등)	50~80
철 근 콘크리트	두꺼운 관	40~50
	판, 보벽, 기둥	25
	확대기초	40
	지하벽, 케이슨	50
포 장 콘 크 리 트		50 이하
멤 콘 크 리 트		80~150

마. 강도

보통콘크리트용 골재 또는 석재용 암석의 압축강도는 일반적으로 콘크리트의 압축강도 보다는 높다. 그러나 골재알 그 자체의 압축강도시험은 하기 어렵기 때문에 암석의 파괴강도나 겉보기 골재의 파식 또는 콘크리트 중의 골재의 성질등에 의해 간접적으로 알 수 있다. 콘크리트의 압축강도 시험 후에 콘크리트 내 골재가 많이 파괴된 경우에는 골재의 강도가 그 콘크리트의 배합공칭강도보다 작다고 보며 이와 같은 골재는 당연히 저장도의 콘크리트 제조에만 사용할 수 있다.

콘크리트의 강도에 대한 골재의 영향으로서는 골재의 기계적 성질뿐만 아니라 흡수성이나 투수 특성 등의 영향도 받는다. 일반적으로 골재의 강도나 탄성계수는 그 조성, 표면성상, 구조에 의해 정해진다. 즉 구성 자체가 강도가 약한 성분으로 되어 있거나, 알갱이가 강하더라도 골재의 배열이나 표면의 성상이 나쁘면 강도는 작아진다. 양질의 골재 압축강도의 약 2000kg/cm²에 이르는 것도 있으나, 대부분 골재의 압축강도 범위는 800kg/cm² 이상으로 알려져 있다. 콘크리트 내부에서 개개의 골재알의 접촉점에서는 공칭의 압축응력에 비하여 상당히 큰 응력이 발생하고 있기 때문에 골재의 소요 강도는 콘크리트의 강도에 비하여 상당히 크다.

바. 탄성계수

석재는 완전한 탄성체도 아니고 등방성도 아니지만, 현무암과 경질사암 등에서는 단시간의 하중에 대해서는 일정 응력까지 응력-변형을 관계는 보통 Hooke의 법칙을 따른다. 탄성계수는 일반적으로 압축강도가 높은 곳에서 크지만, 이것도 석목과 층의 영향을 받고 건조상태에 따라서도 다르다. 강도나 탄성계수는 보통이거나 작은 골재가 콘크리트의 내구성 측면에서 바람직하다. 골재가 다소 연성을 지닐 경우 수화나 온도변화에 따라 생기는 콘크리트의 용적변화는 시멘트풀에 발생하는 응력을 다소 흡수하지만 강하고 단단한 골재는 돌레의 시멘트풀과 골재 사이의 경계면에 큰 균열을 발생시킬 소지가 크다. 그러나 골재에서 강도와 탄성계수는 반드시 비례하는 것은 아니다. 예로서 어떤 화강암의 탄성계수는 4.6×10⁵kg/cm²이고, 반려암이나 섬록암은 9.0×10⁵kg/cm²이지만 이들 암석의 강도는 어느 것이나 1480~1730kg/cm² 정도이다. 또 어떤 암석은 탄성계수가 16.8×10⁵kg/cm²

으로 극히 큰 값을 가진 것도 있다. 골재나 석재로 사용되는 암석의 강도와 탄성계수는 표 2.5-11과 같다.

표 2.5-11 골재 또는 석재로 사용되는 암석의 역학적 특성치

성질 암석명	압축강도 (kg×cmf)	휨강도 (kg×cmf)	인장강도 (kg×cmf)	탄성계수 (×105kg×cmf)	프아송비
화강암	631~3040	90~200	24~94	4.30~6.10	0.17~0.25
안산암	565~2340	67~179	29~100	2.38~4.04	-
현무암	467~2720	-	40~80	9.69	-
응회암	86~372	23~60	8.8~35	2.39~3.09	-
사암	266~2380	54~94	25~29	1.72~2.09	0.09~0.33
점판암	425~1640	502~795	255	8.78~10.71	-
대리석	940~2320	32~306	37~107	2.85~8.40	0.22~0.35

사. 기타 시험

골재 또는 석재로 암석을 사용하기 위해서는 적당한 강도 이외에 마모저항성, 경도, 인성, 결합력 등이 필요하다. 암석을 포장 등에 사용하고 있을 때는 마모저항성이 큰 암석이 바람직하다. 마모저항성에는 데발 시험기(Deval abrasion test) 또는 로스앤젤레스 시험기(Los Angeles abrasion test)가 사용된다. 암석의 경도로서는 마모에 대한 저항성이 사용된다. 이 시험에는 보통 Dorry식 또는 Amsler식의 경도시험기를 이용한다. Dorry식은 일정한 속도(28rpm)로 회전하는 주철제 원판상에 공시체(지름2.5cm, 길이 약10cm)를 일정한 하중을 가해서 원판과 공시체 사이의 마찰에 의해서 생긴 마모를 측정하여 경도를 표시한다.

암석의 탄성시험은 충격에 대한 저항성으로서 Page의 충격시험기가 사용된다. 이 시험기는 질량 2kg의 낙하추를 2.5×2.5cm의 원주형 공시체상에 낙하시켜서 충격을 가한다. 낙하추의 높이는 최초 1cm의 높이에서 낙하를 개시하고 1회에 그 낙하높이를 1cm씩 증가시켜 공시체에 균열이 발생한 때의 높이(cm)를 수로 표시해서 인성값으로 한다.

암석의 분말은 물과 혼합하면 조립재를 상호간에 결합시키는 힘이 생성되는데, 이 힘을 결합력이라 한다. 석분의 결합력 시험에는 지름 5mm단위로 파쇄한 시료500g과 물90cc를 섞고ban-mill에 넣어서 석분의 혼합물을 만들고, 이것으로 2.5×2.5cm의 원주형 공시체를 성형해서 공기중에 20시간 방치 후, 온도 100℃의 건조로에서 4시간 건조시킨 후 20분간 냉각한다. 이렇게 한 공시체를 결합력 시험용인 Page의 충격시험기에 의해 파괴까지의 타격수를 구해서 결합력을 표시한다. 이것의 시험값의 예를 표 2.5-12에 나타내었다.

표 2.5-12 골재 및 석재용 암석의 각종 기계적 성질

성질 석재류	마모감량(%)	마모계수	마모경도	인성	결합력
흑운모화강암	2.0~3.9	20.0~10.3	18.5~19.0	9~10	12(7)~32
화강섬록암	1.7~2.4	23.5~16.7	18.4~18.6	12~24	12~16
석영반암	1.4~2.9	28.6~14.0	18.6~19.6	18~27	14~217
석영안산암	3.2~5.8	12.5~6.9	15.2~18.8	10~22	11~340(498)
휘석안산암	1.5~4.1	26.6~9.8	17.2~19.2	17~51	6~659(1245)
석회암	3.5~8.8	11.4~4.5	14.1~16.9	4~12	18~60
경질사암	1.1~1.7	36.4~23.5	18.0~19.4	25~47	15~49

아. 부착 특성

골재와 시멘트풀과의 부착은, 콘크리트의 강도 특히 휨강도에 큰 영향을 미친다. 부착은 골재표면의 거칠기에 의한 골재와 시멘트풀과의 맞물림에 의한 것이다. 부순돌과 같이 표면의 거친 것은 부착성이 좋다. 일반적으로 골재알이 시멘트풀의 침투를 허용하지 않는 매끈한 표면조직을 갖는 것은 부착이 좋지 않다. 또한 부착은 골재의 광물학적, 화학적 조성, 골재표면의 정전기적 상태 등과 관련해서 골재의 물리적, 화학적 성질에 따라 영향을 받는다. 예로서 석회암이나 석영질의 골재에는 화학적인 부착이 있고, 연마된 표면에서도 표면장력에 의한 부착이 있다.

일반적으로 골재의 부착성이 좋으면 파괴된 콘크리트의 공시체에서는 부착이 이루어져 빠져나온 골재 외에 골재 자체가 파단된 골재알이 다소 있어야 한다. 그러나 파단된 골재알이 너무 많으면 골재의 강도가 약하다는 것을 의미하므로, 이와 같은 골재는 콘크리트 골재로서는 적절하지 못하다. 콘크리트의 부착강도는 표면성상 뿐만 아니라 시멘트 풀의 강도와도 영향이 있기 때문에 부착강도는 콘크리트의 재령과 더불어 증가하고, 부착강도와 시멘트 풀의 강도와는 비는 재령의 증가에 따라 증가하는 경향을 나타낸다. 특히 고강도 콘크리트에서 부착강도는 콘크리트 강도에 큰 영향을 준다.

자. 내구성

건설용 암석의 내구성은 암석의 조직, 조암광물의 조직에 따라, 또 그 사용장소의 풍토, 기후, 폭로상태(爆路狀態)에 따라 다르다. 내구성을 확인하기 위해서는 퇴색(褐色)시험, 팽창계수의 측정, 동결융해시험, 내산, 내알칼리, 내화시험 등 여러 가지 시험을 행하고 종합적으로 판단한다. 건조물의 암석이 퇴색 또는 분해에 의해 최초의 처리를 필요로 할 때까지 연(年)은 Julien에 의하면 표 2.5-13에 따른다.

표 2.5-13 건설용 암석의 내구성

암석명	내구년	암석명	내구년
사암조립	5 ~ 15	백운모	30 ~ 50
세립	20 ~ 50	대리석	60 ~ 100
경질	100 ~ 200	화강암	75 ~ 200
석회암	20 ~ 40	석영암	75 ~ 200

차. 모양과 표면성상(Shape and Texture)

콘크리트 골재는 그 외견상 특징, 특히 골재알의 모양과 표면성상이 중요하다. 골재의 둥글기(roundness)는 골재알의 변이나 각부의 상대적인 예민성, 혹은 모난 정도를 표시한다. 둥글기는 모암의 강도와 지금까지 받아온 마모작용의 정도에 크게 지배된다. 부순돌(쇄석)의 경우에는, 모암의 성질, 파쇄기의 종류, 파쇄비 즉 파쇄기에 들어가는 재료의 크기와 최종 크기와의 비에 의해 결정된다. BS 812 code에 따른 골재의 성상 분류는 표 2.5-14와 같다.

표 2.5-14 BS 812 code에 따른 골재의 성상 분류

Group	표면성상	특징	예
1	매끈한 (Glassy)	패각상파면	흑요석, 유리질슬래그
2	반반한 (smooth)	박판상 혹은 가는 입자를 가진 암석의 파면	자갈, 차트 (Chert), 점판암, 대리석, 어떤종류의 유문암
3	입상의 (Granular)	다소 균일한 둥근 파면	사암, 유암
4	거치른 (Rough)	잘 보이지 않는 결정을 가진 가는 혹은 중정도 입자의 암석의 파면	현무암, 규장석, 반암, 석회암
5	결정상의 (Crystalline)	잘보이는 결정	화강암, 반려암, 편마암
6	벌집모양의 (Honey Combed)	잘보이는 공극이나 구멍	벽돌, 경석, 작은 슬래그, 크린커, 팽창 점토

어느 크기의 골재 알이 그릇에 채워지는 정도는 그 형상에 의존하며, 골재의 모난 정도 (angularity of aggregate)는 어떤 정해진 방법으로 채워진 Sample의 공극비로서 추정된다. BS 812에서는 정해진 방법으로 채워진 골재에 대하여 골재가 차지하는 용적의 용기용적에 대한 백분율을 뺀 값을 모난 계수라 정의하고 있다.

모난 계수에 쓰이는 67이라는 수는, 아주 둥근 골재가 완전하게 채워졌을 때의 고체가 차지하는 용적의 백분율로서, 모난 계수는 둥근 골재의 공극보다 몇 % 공극이 많은가를 나타내는 값이 된다. 값이 크면 클수록 골재가 모나 있음을 의미한다. 실제의 골재에서는 이값은 0~11 범위에 있다

굵은 골재의 모양을 나타내는 다른 방법으로는, 골재알의 표면적과 체적과의 구상계수 (sphericity)가 있다. 구상계수는 모암의 층리와 관계가 있고, 골재알의 치수를 인공적으로 감소시키는 경우에는 파쇄기의 모양에 따라서도 영향을 받는다.

이 구상계수가 큰 골재알은 콘크리트의 작업성이 저하되므로 문제가 있다. 박편의 골재나 편평한 골재는 이 분류에 속한다. 편평도가 큰 골재를 사용한 콘크리트는 골재의 편평한 면이 어떤 일정한 방향으로 향하기 때문에 그 하부에 물막이나 공극이 생겨서 콘크리트의 내구성을 저하시키는 원인이 된다.

골재의 모양(형)과 표면성상은 콘크리트 강도에 큰 영향을 미칠 수 있다. 골재의 모양이나 거칠기의 영향은 압축강도보다는 휨강도에 대해 크고, 고강도 콘크리트에서는 이 영향이 더 크다. 표 2.5-15에 이에 관한 Kaplan의 데이터가 있으나 이 시험에서는 고려하지 못한 요소도 있기 때문에 절대적인 실험치는 아니다.

표 2.5-15 콘크리트 물성에 영향을 미치는 골재의 성질 중요도

콘크리트의 성질	골재 성질의 상대적 영향 (%)		
	형상	표면성상	탄성계수
휨강도	31	26	43
압축강도	22	44	34

콘크리트의 강도발현에서 골재의 모양이나 표면성상은 다양하게 변할 수 있다. 즉 콘크리트를 배합하는 각 재료 요소들의 사용 정도에 따라 골재의 표면성상과 거칠기가 때로는 유리하게, 때로는 불리하게 작용할 수 있으므로 일정하게 골재의 형상으로 그 적합성 유무를 판단하기는 어렵다. 그러나 골재가 박편형이거나 긴 형상을 가진 것은 콘크리트의 역학적인 성능에 불리한 것은 분명한 것으로 알려져 있다.

카. 열적 특성

1) 콘크리트와 골재의 열적 특성

콘크리트 물성 중 중요한 골재의 열적 물성에는 열팽창계수, 비열, 열전도의 3종류가 있다. 뒤의 2개의 성질은 매스콘크리트나 단열이 요구되는 콘크리트에서는 문제가 되지만 일반적인 구조물에서는 문제되지 않는다.

골재의 열팽창계수는 이 골재로 만든 콘크리트의 열팽창계수에 영향을 미친다. 골재의 열팽창계수가 높을수록 콘크리트의 열팽창계수가 높지만, 콘크리트의 열팽창계수는 골재 이외에도 여러 가지 첨가제의 영향을 받는다.

골재와 시멘트풀과의 열팽창계수가 너무 다르면, 온도가 크게 변함에 따라 골재와 시멘트풀의 계면에서 미끄럼 현상이 생겨서 콘크리트 내부에 미세균열을 발생시킬 수 있다. 골재와 시멘트풀과의 팽창계수가 $5.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 이상이면 외부 열적작용이나 동결융해작용 등의 영향을 받아 콘크리트의 내구성이 저하하는 경우가 발생하게 된다.

잔골재, 굵은골재의 열팽창계수는 Verbeck 및 Hass가 고안한 팽창계에 의해 측정할 수 있다. 열팽창계수는 모양에 따라 다르나 보통의 암석에서 $0.9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 16 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 이고, 대부분의 골재에서 $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 13 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 사이에 있다. 표 2.5-16은 암석의 종류별 열팽창 계수를 나타낸 것이다.

한편, 수화된 포틀랜드시멘트풀에서는 이 계수는 보통 $11 \times 10^{-6} \sim 16 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 사이지만 어떤 것은 $20.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 의 것도 있고, 계수는 함수량의 정도에 따라 다르다. 여기서 보는 바와 같이 계수의 차이가 커지는 것은 팽창계수가 아주 낮은 골재의 경우로서 일부 화강암, 석회석, 대리석 등이 이에 속한다. 아주 고온이 예측되는 콘크리트의 경우 골재의 열적 성질을 알고 있어야 한다. 예로서 석영은 573°C 에서 조직의 상태가 급변하여 대략 0.85% 정도 팽창된다. 따라서 고온에 접하는 콘크리트의 경우 이와 같은 골재를 사용할 경우 콘크리트에 균열과 박리가 일어날 수 있다. 즉, 내화콘크리트에는 석영골재를 사용해서는 안된다.

표 2.5-16 암석 종류별 열팽창계수

암석의 종류	열팽창계수($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
화강암	1.8 ~ 11.9
섬록암, 안산암	4.1 ~ 10.3
반려암, 현무암, 휘록암	3.6 ~ 9.7
사암	4.3 ~ 13.9
백운석	6.7 ~ 8.6
석회석	0.9 ~ 12.2
차트	7.4 ~ 13.1
대리석	1.1 ~ 16.0

2) 석재의 내화성

화재시의 온도는 석조, 벽돌구조, 철근 콘크리트 구조 등 비교적 밀폐된 경우에는 1200~1300℃ 이상이 된다. 이러한 고온에서 석재는 조암광물의 팽창계수가 서로 다르기 때문에 파괴된다. 화재시 소화를 위해 물을 살포하기 때문에 가열면의 급랭이 파괴의 직접적인 원인으로 되는 경우가 많다. 내화시험은 보통 25~75mm 직육면체형 시험편을 1200℃ 정도까지 가열하고, 이것을 공기 중이나 수중에 급랭시켜 붕괴의 정도를 판단한다.

석재는 일반적으로 500℃ 정도까지는 거의 파괴되지 않지만, 이 온도를 초과하면 급격히 파괴되는 경우가 있다. 아래의 그림 2.5-8은 각종 석재의 온도의 영향을 표시 한 것이다.

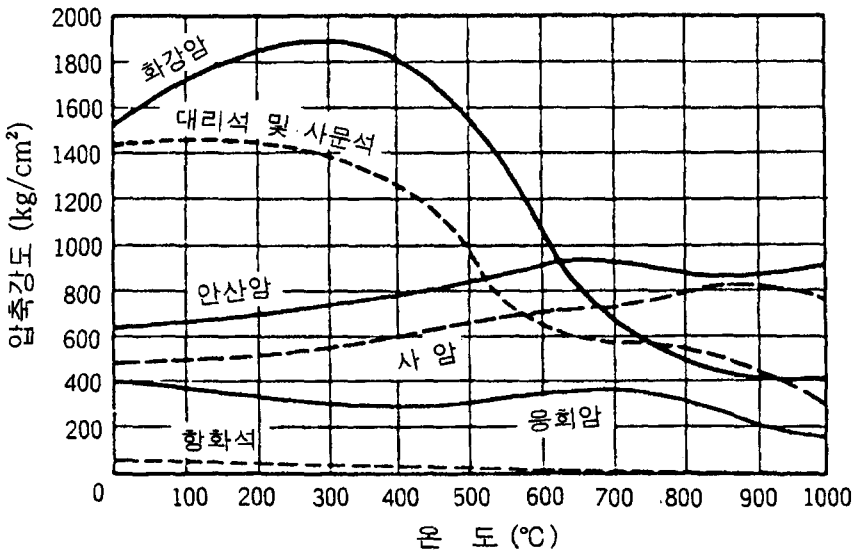


그림 2.5-8 석재의 강도와 내화성

타. 골재에 함유된 유해물

골재에 함유되어 있는 유해물(deterious substance)로는 먼지, 점토덩어리(clay lump), 실트(silt), 운모질물질, 이물질, 부식토 등의 유기물 및 화학염류 등으로서 콘크리트의 강도, 내구성, 안정성을 해치는 물질이다. 콘크리트 표준시방서에서는 잔골재와 굵은골재의 유해물 함유량의 한도를 각각 표 2.5-17과 표 2.5-18에서와 같이 규정하고 있다.

1) 점토, 실트, 운모질 등의 미세물질

이러한 물질이 많으면 단위수량이 증가하고 콘크리트 표면에 얇은 층을 만들며, 골재표면에 부착되어 있을 때는 골재와 시멘트 페이스트와의 부착이 나빠진다. 그러나 미세한 실트, 점토가 균등하게 분포되어 있고 골재표면에 부착되어 있지 않은 경우에 시멘트량이 상대적으로 적은 배합의

경우 콘크리트의 강도, 방수성은 증가하기도 한다.

표 2.5-17 잔골재의 유해물함유량의 한도 (중량백분율)

종 류	최 대 치
점토 덩어리	1.01)
0.08mm체 통과량	
콘크리트의 표면이 마모작용을 받는 경우	3.02)
기타의 경우	5.02)
석탄, 갈탄 등으로 비중 2.0의 액체에 뜨는 것	
콘크리트의 외관이 중요한 경우	0.53)
기타의 경우	1.03)
염화물 (염화물이온량)	0.024)

- 1) 잔골재는 망체 1.2 mm에 걸리는 것을 시료로 한다.
- 2) 부순모래 및 고로슬래그 잔골재의 경우, 0.08mm체를 통과하는 재료가 점토나 조개껍질이 아닌 돌가루인 경우에는 그 최대치를 각각 5%와 7%로 하여도 좋다.
- 3) 고로슬래그 잔골재에는 적용하지 않는다.
- 4) 잔골재의 절대건조중량에 대한 백분율이며, 염화나트륨으로 환산하면 약 0.04%에 상당한다.

표 2.5-18 굵은골재의 유해물 함유량의 한도(중량백분율)

종 류	최 대 치
점토덩어리	0.251)
연한 석편	5.02)
0.08mm체 통과량	1.03)
석탄, 갈탄 등으로 비중 2.0의 액체에 뜨는 것	
콘크리트의 외관이 중요한 경우	0.54)
기타의 경우	1.04)

- 1) 점토덩어리와 연한 석편의 합이 5%를 넘으면 안된다.
- 2) 교통이 심한 슬래브 또는 표면의 경도(硬度)가 특히 요구되는 경우에 적용한다.
- 3) 부순돌의 경우, 0.08mm체를 통과하는 재료가 돌가루인 경우에는 최대치를 1.5%로 해도 좋다. 다만, 고로슬래그 굵은골재의 경우에는 최대치를 5.0%로 해도 좋다.
- 4) 고로슬래그 굵은골재에는 적용하지 않는다.

2) 석탄, 갈탄 등의 미세물질

석탄, 갈탄 중의 황성분은 물, 공기와 반응하여 황산을 만들며, 다시 황산과 석회분이 반응하여 팽창성 물질을 만든다. 갈탄은 후민산(humic acid)을 다량으로 함유하고 있어 시멘트풀의 경화를 현저히 저하시킨다.

3) 황철광, 황화철광

황철광은 물과 접하여 황산을 발생시키고, 시멘트 중의 알루미늄산화물 (C3A), 수산화칼슘 [Ca(OH)2]과 반응하여 팽창성 결정을 만들며, pop-out 및 균열의 원인이 된다.

4) 연한 석편(soft fragment)

연한 석편은 콘크리트 강도를 저하시키며, 일반적으로 온도, 습도의 변화와 동결융해작용에 의하여 큰 체적변화를 일으켜 콘크리트의 균열, 박리, 붕괴 등의 손상을 주는 경우가 있다.

5) 유기불순물(organic impurities)

부식토, 이탄 등의 유기물은 후민산을 함유하고 있는데, 이것이 시멘트 속의 석회와 화합하여 석회후민산 비누를 생성하여 시멘트 수화반응을 저해하며, 심한 경우 경화가 일어나지 않는다. 잔골재 중의 유기불순물의 유해량 판정에는 KS F 2510의 비색시험법(比色試驗法)에 의하여 모래를 수산화나트륨 3% 용액 속에 넣어서 24시간 방치한 후, 그 용액의 색깔과 표준색을 비교하여 후민산의 함유량을 판별한다. 표 2.5-19는 유기불순물의 함유량 판정표준을 나타내고 있다.

표 2.5-19 유기불순물의 함유량 판정표준

색 갈	적 부	1: 3으로 혼합한 모르타의 7일 및 28일 압축강도의 저하율
무색 또는 담황색	양호한 콘크리트에 사용가능 사용가능	0
농 황 색	콘크리트 강도가 작게 될 때	10~20%
적 황 색	사용가능	15~30%
담 적 갈 색	사용불가	25~50%
암 적 갈 색	사용불가	50~100%

6) 염분(바다모래)

바다모래(海砂) 등과 같은 염화물을 함유하고 있는 모래를 철근 콘크리트용으로 사용하면 철근을 부식시킬 위험이 있다. 바다모래(sea-shoresand)란 일반적으로 NaCl로 환산한 염분이 0.01~0.03%정도 포함된 바다모래를 말하며, 채취장소에 따라 해저사(海底砂), 해변사(海邊砂), 사구사(砂丘砂)로 구분한다. 염분함유량은 해안에서의 거리, 채취위치, 입도 등에 따라 상당히 다르다. 이러한 모래를 사용할 때에는 염분함유량, 취약한 조개껍질의 혼입량, 입도 등에 주의해야 한다.

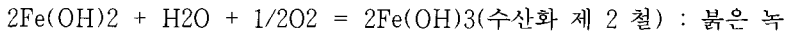
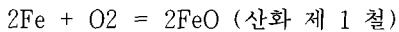
가) 염분함유량

해사의 염분함유량(NaCl로 환산한 모래의 절건중량에 대한 중량백분율)은 일반적으로 「사구사 < 해변사 < 해저사」의 순서로 많이 함유하고 있다. 사구사의 염분함유량은 해안으로부터 300m 정도 떨어지면 0.01 % 정도로 대단히 작다. 해변사는 염분함유량이 해안으로부터 육지쪽으로 떨어

질수록 작아진다. 해저사는 해수를 표면수로 함유하며, 특히 염분이 제거되지 않으면 해저사의 염분함유량은 표면수에 거의 비례한다. 해수의 염분은 NaCl로 환산해서 약 3%이므로 해저에서 육지로 채취한 해사의 표면수가 10%라고 하면 염분함유량은 약 0.3%가 된다. 표면수가 6% 정도 될 때까지 물세척을 한다면 염분함유량을 0.2%까지 감소시킬 수 있다.

나) 바다모래의 사용

무근 콘크리트에 바다모래를 사용 할 경우에는 염분함유량의 허용한도를 고려할 필요가 없다. 그러나 철근콘크리트에 바다모래를 사용한 경우 NaCl, MgCl2가 콘크리트 속의 물에 녹아 Cl-를 생기게 하여 녹을 발생시키며 철의 녹 발생기구는 다음과 같다.



철근의 녹 발생에 관한 염분의 허용한도는 염분농도로 약 0.04% 정도이다. 콘크리트 표준시방서에서 바다모래는 콘크리트의 품질에 나쁜 영향을 미치지 않는 품질의 것이어야 하고, 바다모래에 포함된 염화물 함유량의 한도(중량백분율)는 0.02%로 제한하고 있다. KS F 4009(레디믹스트 콘크리트)에서는 콘크리트 배출지점에서 콘크리트 중에 함유된 염화물이온(Cl-)량은 0.30kg/m³ 이하로 해야 한다. 다만 구입자의 승인을 얻은 경우에는 0.6kg/m³ 이하로 할 수 있다.

허용한도를 넘는 바다모래는 물세척, 장기간의 야적, 다른 모래와의 혼합 등에 의해 허용한도 이하로 해서 사용하는 등, 염화물 함유량의 정도에 따라 적당한 조치를 취해야 한다. 바다모래에 함유된 염화물의 대부분(약 90%)은 NaCl의 형태로 존재한다. 그래서 사용한 골재가 알칼리 골재반응을 일으킬 우려가 있을 경우에는 염분의 Na+의 공급을 방지하기 위해 바다모래의 사용을 엄격히 제한할 필요가 있다. 한편, 바다모래에 조개껍질이 섞여 있을 경우 10mm 이하의 트롬벨(trommel)을 통과시켜서 사용하는 것이 바람직하며, 커다란 조개껍질이 섞이지 않는다면 강도에 큰 영향을 미치지 않으나 오토클레이브 양생(autoclaved curing)시에는 부적당하며, 특히 화재를 당했을 때는 조개껍질 등의 혼입은 해롭다고 알려져 있다.

7) 알칼리 골재반응

포틀랜드 시멘트 중의 알칼리금속 성분인 Na2O와 K2O가 골재 중의 미정질, 은미정질의 실리카(SiO2) 성분 또는 돌로마이트(dolomite)와의 화학반응에 의해서 생성된 물질이 과도하게 팽창하면 콘크리트에 균열, 박리, 휨파괴가 생기는 현상을 알칼리 골재반응(alkali-aggregate reaction, AAR)이라 한다. 보통 알칼리 반응성 골재는 크게 알칼리-실리카 반응과 알칼리-탄산염암(岩) 반응을 일으키는 암석으로 분류된다. 알칼리-실리카 반응은 1940년 미국의 Stanton에 의해서 발견된 것이다. 콘크리트에서 알칼리-실리카 반응을 일으키는 암석의 종류로는 오팔(opal), 트리디마이트(tridymite), 크리스토티바라이트(cristobalite), 화산유리(volcanic glass), 옥수(chalcedony)와 일부 중

류의 돌로마이트질 암석이 있다.

한편, 반응성 골재의 판정시험법으로는 ASTM C 289(화학법), ASTM C 295(암석학적 분석법) 및 ASTM C 227(모르타르 바법)이 있다. 또한 포졸란의 사용법에서는 미리 대상으로 되는 반응성 골재와 조합시켜서 그 유효성을 확인해 두는 것이 중요하다.

표 2.5-20은 김성옥(2001)에 의해 분류된 쇄석골재의 샘플링 암석명이다. 이 자료는 저자가 국내에서 생산되는 쇄석골재의 암석학적 분포를 조사한 것으로서 굵은골재 시료 샘플을 대한지질도(한국동력자원연구소 1981년 발행)에 근거하여 지역이 다양하게 분포되도록 전국 572군데의 쇄석골재 생산 석산 중 제주도를 제외한 63곳의 시료골재를 채취하여 광물학적 분석을 한 것이다. 조사에 따르면 국내에서 사용하고 있는 쇄석골재의 대부분이 화강암(granite), 화강섬록암(granodiorite) 등의 화강암 계열이었다.

이들을 대상으로 화학법, 암석학적분석 및 모르타르 바법에 따른 알칼리-골재 반응을 시험분석한 결과 화학법 시험에서 강화지역의 1개소와 경남지역의 1개소에서 채취한 쇄석골재가 잠재적 반응성이 있는 것으로 판단되었으나 이어 수행한 모르타르 바법에 따르면 알칼리-골재반응으로 추정될 수 있는 정도의 팽창반응이 없었으므로 잠정적으로 국내 쇄석골재에서는 알칼리-골재 반응이 극히 드문 것으로 결론을 내린 바 있다.

파. 한국산업규격에 따른 골재시험의 종류

한국 산업규격에서 정의하는 골재시험의 종류시험의 종류는 아래와 같다.

- KS F 2502 : 골재의 체가름 시험방법
- KS F 2504 : 잔골재의 비중 및 흡수율 시험방법
- KS F 2503 : 굵은골재의 비중 및 흡수율 시험방법
- KS F 2529 : 구조용 경량잔골재의 비중 및 흡수율 시험방법
- KS F 2533 : 구조용 경량굵은골재의 비중 및 흡수율 시험방법
- KS F 2505 : 골재의 단위중량 시험방법
- KS F 2509 : 잔골재의 표면수 측정방법
- KS F 2511 : 골재에 포함된 No. 200체 통과량 시험방법
- KS F 2512 : 골재중에 함유되는 점토 덩어리량의 시험방법
- KS F 2508 : 로스엔젤레스 시험기에 의한 굵은골재의 마모시험방법
- KS F 2510 : 잔골재의 유기불순물 시험방법
- KS F 2515 : 골재중의 염화물 함유량 시험방법
- KS F 2520 : 테발시험기에 의한 굵은골재의 마모시험방법
- KS F 2507 : 골재의 안정성 시험방법
- KS F 2513 : 골재에 포함된 경량편 시험방법
- KS F 2531 : 경량굵은골재의 부립률 시험방법
- KS F 2516 : 굵기 정도에 의한 굵은골재의 연석량 시험방법

표 2.5-20 국내 쇄석골재의 샘플링 암석명(김성욱, 2001)

지역	일련번호	암석명	지역	일련번호	암석명
서울 · 경기	SK-1	화강섬록암	충남	CS-1	화강암
	SK-2	화강섬록암		CS-2	흑운모편암
	SK-3	섬장암		CS-3	산성맥암
	SK-4	염기성맥암		CS-4	화강섬록암
	SK-5	화강섬록암		CS-5	흑운모편암
	SK-6	석영섬록암		CS-6	화강섬록암
	SK-7	화강섬록암		CS-7	화강섬록암
	SK-8	화강섬록암		CS-8	산성맥암
강원	KW-1	탄산염맥암		CS-9	세일
	KW-2	탄산염맥암		CS-10a	흑운모화강암
	KW-3	화강섬록암		CS-10b	사암
	KW-4	석영문조섬록암		CS-11	화강섬록암
	KW-5	탄산염맥암		CS-12	산성맥암
	KW-6	화강암		CS-13	석영화강암
충북	CN-1	산성맥암	전라	JL-1	석영화강암
	CN-2	화강섬록암		JL-2	화강암
	CN-3	편마암		JL-3	산성맥암
	CN-4	섬장암		JL-4a	섬록암
	CN-5	섬장암		JL-4b	석영섬록암
	CN-6	화강섬록암		JL-5	석영섬록암
	CN-7	화강섬록암		JL-6	산성맥암
	CN-8	화강암			
	CN-9	산성맥암			
경북	KN-1	화강암	경남	KS-1	석영섬록암
	KN-2	흑운모화강암		KS-2	염기성맥암
	KN-3	화강섬록암		KS-3	화강섬록암
	KN-4	화강암		KS-4	석영섬록암
	KN-5	화강섬록암		KS-5	석영섬록암
	KN-6	석영-화강섬록암		KS-6	석영화강암
	KN-7	섬장암		KS-7	석영화강섬록암
	KN-8	화강암		KS-8a	화강섬록암
	KN-9	화강섬록암		KS-8b	화강암
	KN-10	섬록암		KS-9	화강섬록암
			KS-10	석영섬록암	

2. 국내 암석 골재

콘크리트에 쓰이는 골재의 크기는 수십cm로부터 천분의 수cm까지 다양하며 사용되는 굵은골재의 최대치수도 여러 종류가 있다. 보통 골재는 여러 종의 입경을 지니고 있으며 이와 같이 골재의 크기가 분포된 정도를 입도라 부른다. 저품질의 콘크리트를 만드는 경우, 골재 입경이 작은 것부터 큰 것까지 여러 가지의 것을 그대로 채취하여 쓰는 경우도 있으나 대부분의 경우 콘크리트를 만드는 경우에는 골재는 적어도 보통 모래라 불리는 5mm(호칭치수) 미만의 세골재와 5mm 이상의 굵은골재를 사용하는 것이 일반적이다.

모든 골재는 큰 모암의 일부로서, 이 모암이 기상작용이나 마모 등의 자연의 작용 혹은 인위적으로 파쇄에 따라 알갱이로 변화된 것이다. 따라서 화학적 조성, 비중, 경도, 흡수율, 물리적 안정성, 내부공극구조, 색상 등은 모암의 성질에 완전히 지배된다.

골재의 분류를 암석학적인 입장에서 볼 때, 천연골재나 쇄석골재에 불구하고 공통의 특성을 갖는 몇 개의 그룹으로 분류된다. 대체로 콘크리트용 골재로 사용되는 것은 BS 812의 분류에 따르면 표 2.5-21과 같고 여기에 나오는 명칭은 콘크리트용 골재로 사용되는 분류 또는 관용적으로 사용되는 분류이므로 엄밀한 암석분류학적인 분류와 반드시 일치하지는 않는다.

또한 각각의 분류상의 암석은 비록 유사한 계열로 분류되지만 각각의 암석은 첨가되는 광물의 종류에 따라 매우 상이한 물리적 특성을 나타내기 때문에 일반화된 특성으로 각 계열별 특징을 표현하는 것은 어렵다.

국내에서 활용되고 있는 암석 골재의 종류는 대체로 다음과 같다.

- ① 화성암류(화강암, 화강섬록암, 석록암, 반려암, 섬장암, 현무암 및 응회암류)
- ② 변성암류(변성퇴적암류, 화강암질암류 포함)
- ③ 퇴적암류(대리석류, 사암류)

가. 화성암류

1) 심성암

가) 화강암

유색광물이 적고 석영, 정장석을 많이 함유하고 있기 때문에 백색에서 연분홍색을 띤다. 상호 직교하는 절리(빙상절리)가 발달한다.

나) 섬록암

유색광물을 다소 함유하여 화강암보다 다소 어두운 색을 띤다. 비중은 화강암보다 크고 치밀하나 가는 절리가 발달한 경우도 있다.

표 2.5-21 BS 812 Code에 따른 암석의 종류에 따른 천연 골재의 분류

○ 현무암(Basalt) Group
안산암(Andesite), 현무암(Basalt), 혈분본암(Basic Porphyrites), 휘록암(Diabese), 조립현무암(Dolerites of all kinds including theralite and teschenite), 변섬록암(Epidiorite), 램프로화이어(Iamprophyre), 석영조립현무암(Quartz-dolerite), 스피라이트(Spilitite)
○ 화강암(Granite) Group
편마암(Gneiss), 화강암(Granite), 화강섬록암(Grano-diorite), 백문암(Granulite), 페그마타이(Pegmatite), 결정섬록암(Quartz-diorits), 정장석(Syenite)
○ 석회암(Limestone) Group
백운석(Dolomite), 석회석(Limestone), 대리석(Marble)
○ 편암(Schist) Group
천매암(Phyllite), 편암(Schist), 점편암(Slatek)
○ 부싯돌(Flint) Group
차트(Chert), 부싯돌(Flint)
○ 조립사암(Gritstone) Group
알코스(Arkose), 회색현무암(Grewacke), 그릿(Gri-It), 사암(Sandstone), 응회암(Tuff)
○ 반암(Porphyry) Group
소화강암(Aplite), 석영안산암(Dacite), 규장암(Fel-site), 그레노파이어(Granophyre), 레토파이어(Ker-latophyre), 미소화강암(Microgramte), 반암(Porphyry), 결반암(Quartz-porphyry), 라이오라이트(Rhyolite), 조면암(Trachyte)
○ 반려암(Gabbro) Group
섬록암(Basic diorite), 편마암(Basic gneiss), 반려암(Gabbro), 각섬암(Hornblende-rock), 노라이트(Norite), 감람석(Peridotite), 픽라이트(Picrite)
○ 혼른펠스(Hornfels) Group
대리석이외의 모든 변성암
○ 석영(Quartzite) Group
가니스터(Ganister), 규질사암(Quartzitic sandstone), 재결정질규암(Re-crystallized Quartzite)

다) 반력암

유색광물을 많이 함유하여 흑색을 띤. 비중이 심성암중 가장 크고 치밀하다.

2) 반심성암

가) 석영반암

유색광물이 적어 백색을 띤. 결정이 가는 석영의 함유량이 많기 때문에 풍화 영향이 적고 골재로서 양호하다.

나) 반암

약간 가는 질리가 발달한 경우가 많고 골재로서의 암질은 양질이나 큰괴를 얻기 어렵고 약간 편평한 소괴로 되는 경향이 있다.

다) 휘록암

유색광물을 많이 함유하여 흑색, 암녹색, 암회색을 띤다.

3) 화산암

가) 유문암

백색에서 담회색을 띤. 암질분포의 변화가 크다(생성시 화산재 혼입 또는 화산재층이 있는 경우).

나) 안산암

유색광물 함유비율은 현무암과 유문암의 중간이며 암회색을 띤. 암질과 암층의변화가 극심하여 원석 조사 시 주의가 필요하다.

다) 현무암

유색광물을 다량 함유하여 흑색을 띤. 암질은 견고하고 인성이 좋아 골재로서 양질인 암석이다.

나. 퇴적암류

1) 풍화생성물

가) 역암

신생대 이전의 것은 고결도가 강하여 골재로서 적당하다.

나) 사암

신생대 이전의 것이 골재로서 적당하다.

다) 이암

박리성이 있어 골재로서는 부적합하다.

2) 화산분출물

가) 집괴암

흡수율이 높고 연질이므로 골재로서는 부적합하다.

나) 응회암

느슨한 다공질로서 점토광물을 함유하는 경우가 많아 골재로서는 적합하지가 않고 경량 콘크리트용 골재에 사용이 가능하다.

3) 유기적 화학적 침점물

가) 석회암

견고하고 파쇄가 용이하여 골재로서는 적합하다.

나) 쳐트

매우 견고하고 치밀함. 층상 쳐트는 층리면에 편평하게 떨어지기 쉽고 암석 조각이 뽀족해지기 쉬워 골재로서의 이용은 적다.

다. 변성암류

1) Honfels

견고, 치밀하고 흡수율이 낮지만 파쇄가 용이하지 않은 경향이 있고 생성시 열량차이에 따른 암질의 차이가 있다.

2) 편마암

조직은 줄무늬상을 가지나 외관은 심성암과 유사하다.

3) 편암

편리는 절정이 일정한 방향으로 배열되어 있기 때문에 생기는 것으로 편리면을 따라 박리되기 쉬운 경향이 커 골재로서는 부적합하다.

2.5.3 석재

1. 석재시험

석재 시험시 시험편의 치수는 압축강도 시험용은 50mm입방체로 KS F2510(석재의 압축강도 시험 방법)에 따르고, 흡수량 시험용은 50~80mm입방체로 하고 시험방법은 KS F2518(석재의 흡수량 및 비중 시험방법)에 따른다.

구조체에 사용하는 석재는 압축강도가 50kg/cm²이상, 흡수율 30%이하의 것으로 한다. 다만, 동해(東害)·풍해(風害)가 생길 우려가 없을 때, 또는 특수 방수처리를 한 것은 예외로 한다.

석재는 갈라짐이나 떨어짐 및 흠집 등의 결함이 없고 가공 마무리 한 치수에 부족이 생길 우려가 없는 것으로 한다.

2. 석재매장량 추정 방법

가. 매장량

일반적으로 시추코아 감정시 신선한 암상이나 풍화 초기암상 구간으로 분류된 암석 중에서, 비록 암상은 변질되지 않아 신선할지라도 열극 발달이 심화되어 규격이하로 채석하기에 적합하지 않은 열극대로 분류되는 구간을 제외한, 명실공히 석재대상 암석 내에 해당되는 구간의 총 합만을 해당공의 시추심도로 나눈 백분율(%)을 석재대상 개발암체의 부존을 개념으로 규정짓는다.

나. 가채 매장량

석재자원의 매장량 산출기준을 정의하고 있는 한국공업규격 KS E 2003의 3절 5항에서는 “가채 매장량”을 다음과 같이 규정, 제시하고 있다.

즉, 가채 매장량이란, “확정 및 추정 매장량에서 기술적, 경제적으로 채서가능한 매장량 즉 가채율을 적용하여 산출한 매장량으로 한다. 다만, 가채율은 지질조건 및 암상분포에 따라 조정하되 확정 매장량의 70%, 추정 매장량의 40%를 초과할 수 없다. 라고 정의하고 있다.

따라서 가채매장량을 산출 제시하기 위해서는 확정 매장량이나 추정 매장량 산출이 선행되어야만 하고 이에 가채율이 적용되어야 가능한 것이다.

따라서 석재자원측면에서 개발대상 암체의 확정 내지는 추정 매장량을 산출하기 위해서는 탐사 자료로부터 규격석 채석대상 석재암석의 부존을 산정이 선행되어야 가능한 것이다.

총매장량은 지질암석적으로 석재대상암석의 매장이 인정되는 구역의 매장량이며 추정매장량은 분포선 추정면, 채석단면 시추공을 2개면 이상으로 형성된 체적의 양을 말한다.

확정매장량은 노두의 분포선, 채석단면, 시추공 등의 3개면 이상이 확인된 체적의 양을 말하는 데, 분포선 10M이내에서 상호 연결되어야 하고, 채석단면 도는 시추 공의 간격은 30M이내이다. 시추공의 확인심도는 채석기준면 하부 20M까지 가능하다.

확정면은 분포선, 채석단면 또는 시추공으로 구별된 면이며, 그 단위면적 한계는 10,000M²이내

이다.

상교하는 확정면 내부의 15M 까지 두께의 최적은 확정매장량으로 계산한다.

다양한 암종의 석재자원 부존특성에 대한 예비조사 방법은 매장량 산출 항목에 의한다. 1/1000 또는 1/2000축적의 지형 실측도에 다음사항이 기재되어야 한다.

- ① 지질분포 및 노두 확정면
- ② 토석 채취허가 또는 대상면적 및 구역
- ③ 조사루트 및 시료채취지점
- ④ 시추공의 위치 또는 기 채석적
- ⑤ 채석 확정면 및 시추확장면
- ⑥ 매장량 산출단면(세로 단면도 및 가로 단면도)
- ⑦ 기타 참고 자료

3. 석재의 분류

암석은 암석의 조직, 화학적 성질 등과 사용처, 물리적 성질 등에 따라 다양한 방법으로 분류 할 수 있으며 각 관련 분야별로 기준을 정하여 암석을 분류한다. 석재용 암석은 암석학적 분류에 따르나 석재용으로 사용되는 암석이 매우 많지 않으므로 편의상 암종별이나 강도, 풍화 정도 등을 기초로 분류·사용한다.

KS규격에서 분류한 내용은 외국의 규격을 참고로 제정되었기 때문에 국내 여건과는 다소 차이가 있다. KS규격에서는 석재용 암석을 ① 암석의 종류 ② 형상 ③ 물리적 성질로 분류한다.

암석의 종류에는 화강암류, 안산암류, 사암류, 점판암류, 응회암류, 대리석 및 사문암류가 있으나 국내에서 실제로 이용되는 암석은 화강암류, 사암류, 점판암류, 현무암류, 대리석 및 사문암류 등이다. 형상에 의해 각석, 판석, 견치석, 사괴석으로 분류하고 있고 물리적 성질인 압축강도, 흡수율, 겉보기 비중에 따라 경암, 준경암, 연암으로 분류하고 있으나, 물리적 성질에 의한 분류는 대부분의 암석이 경암에 속한다. 일반적으로 경질 또는 연질석으로 분류되는 석재의 종류는 다음과 같다.

- ① 경질석(硬質石) 또는 화강암 : 화강암, 섬록암, 섬장암, 경암석, 반려암, 편암, 편마암
- ② 연질석(軟質石) 또는 대리석 : 대리석, 석회석, 사문석, 줄대리석(Onyx), 석회화, 연질대리석

가. 석재자원의 암형별 지질시대별 분류

석재자원은 암석 성인적면에서 화성암류와 화성심성암류, 변성암류, 퇴적암류로 구분 가능하며 또한 지질시대별로도 구분이 가능하다.

다음의 표 2.5-22는 국내에서 사용되는 석재의 종류를 종합한 것이다.

표 2.5-22 국내에서 사용되는 석재의 종류

구 분	소구분	종 류	
암 상	화강암	화강암류	대보화강암
			불국사 화강암
			석영반암, 장식반암
			규장암(목문석)
			화강반암(강화 애석)
	화성암	섬록암류	섬록암, 화강섬록암, 석영섬록암, 몬조니암
			반상화강섬록암
			반려암, 섬장암, 각섬암
	화산암	화산암류	안산암
			유문암, 관입유문암
			현무암
	퇴적암	사암류	흑색 사암(오석), 세일(청석)
		석회암, 석회질각력암류	
	변성암	편마암류	슬레이트, 편암, 편마암, 안구상편마암, 반상화강암질편마암
대리암류		백운암질대리암	
입도 및 조직	입 도	세립질, 중립질, 조립질, 반상질	
	조 직	비정질, 결정질, 각력질 : 대리석에만 해당	
색 상	무색계열	백색, 회백색, 회색, 암회색, 흑색	
	유색계열	담홍색, 홍색, 녹회색, 암녹회색	
		기타 : 대리석에 해당	

자 료 : 김선억, 1991. 한국석산분포의 표기 내용 및 한국자원연구소, 1993. 한국석재도감

다음의 표 2.5-23는 국내의 지질 시대별 지층분포 현황을 종합한 것이다.

표 2.5-23 국내 시대별 지질분포 현황

지질시대	구분	구성암·층	분포면적 (km ²)	면적소계/백분율
선캠브리아기	화성암 및 화성심성암류	경기편마암복합체	5983.69	9,560.72/9.68
		소백산편마암복합체	2878.75	
		지리산편마암복합체 (화강암질편마암류)	698.28	
시대미상		반심성암류	101.6	1,695.43/1.72
		중·염기성심성암	590.47	
		시대미상화강암	1,003.50	
쥬라기		대보화강암	14,212.75	/14.39
		편상화강암	2,540.83	16,753.58/16.96
백악기	"	마산암류	427.51	/0.43
		반암기타	2,477.51	/2.51
		불국사화강암	7,114.37	/7.2
		중·염기성심성암	130.72	/0.13
		산-중성화산암류	7,109.55	17,259.66/17.48
제3·4기	"	제3기화산암류	173.52	8,826.86/8.94
		제4기화산암류	8,186.11	
		현무암		
		조면암, 조면안산암	114.12	
		조면암질 응회암		
포노라이트(신더콘)	7.27(345.84)			
선캠브리아기	퇴적암 및 변성퇴적암류	지리산편마암복합체	1,696.74	/1.71
		원남층군	1,363.18	1.38
		평해층군	45.51	0.05
		소백산편마암복합체	4,162.99	4.22
		단산층군	2,225	2.25
		경기편마암복합체	2,995.52	8.1
시대미상		의암층군	530.99	17,489.41/17.71
		육천누층군 여량층군	2,448.53	2,448.53/2.48
Cam.-Ordo.		조선누층군	2,807.73	2,807.73/2.84
Cardo.-Tria		평안누층군	938.21	938.21/0.95
쥬라기		대동누층군	502.01	502.01/0.5
백악기		진안층군, 능주층군	14,151.65	14,151.65/14.33
		경상누층군		
제3·4기		신안동층등	6,320.90	6,323.90/6.4

1) 화성암류와 화성섬성암류

전 국토의 절반이 넘는 지역에 화성암류와 화성섬성암류는 분포하며 다른 석재류에 비하여 많은 수의 석산과 석제품이 개발되고 있다.

가) 선캠브리아기 석재

선캠브리아기의 화성섬성암류의 분포면적(비율)은 9,560km²(9.68%)로서 석재자원 분포면적상 큰 비중을 차지한다. 이 암류의 석재로는 문경 북동부인 동로면의 입상변정 화강암질 편마암류 (granoblastic granitic gneiss)이다. 이 암류는 소백산 복합체에 해당하며, 비교적 균질한 입도와 암질을 이루며, 변정 크기는 2~4 cm에 이른다. 이러한 거정질 변정은 사장석과 알칼리장석이 정방형, 장방형 또는 안구상을 이룬 것으로 전체적으로 엽리구조를 이룬다. 일명 목화석이라는 상품명으로 불리우며 회백색을 띠는 수려한 외관을 가져 대형 건축물 등에 이용될 수 있다.

나) 시대미상암류 석재

이 암류의 분포면적은 1,695km²(1.72%)로서 여기에는 반섬성암류, 중·염기성암, 화강암이 포함된다. 이 중에서 후자는 1,003km²의 분포면적을 이루어 이들의 절반이상인 59.2 %를 차지한다. 이를 대상으로 하는 석산은 경기 강화 그리고 경북 금능, 상주와 영주 등이다. 이 중에서 상주의 석재는 소백산 편마암 복합체인 화강암질과 미그마타이트질 그리고 호상편마암을 관입한 소규모의 암주로 발달한다. 이 석재는 세립질에 가까운 중립질의 회백색암으로서 건축석과 공예재로 이용된다. 그 밖에 경남 함양의 반려암, 경북 산청의 섬장암, 전남 보성의 섬록암 등이 해당한다.

다) 쥐라기 화강암류 석재

이 암류의 분포면적은 16,713km²(16.96%)이며 이 중 엽리상화강암은 2,540km²(2.57%)이고 대보화강암이 14,212km²(14.39%)로서 후자가 국내에서 가장 중요한 석재자원 대상암체이다.

이 시대의 석재 산지로는 경기도의 포천, 가평, 양주, 여주 및 강화, 충북 음성, 경북 칠곡, 경남 함양, 전북 익산, 김제 및 남원 그리고 강원도 원주 등이 있다. 이 중 포천, 가평과 여주 일대는 서울에서 북동쪽으로 연장된 대규모 암체로 회백색계열의 건축재로 널리 이용된다. 이 중 강화와 원주의 석재는 주로 세립질로서 공예재로 이용된다.

라) 백악기 화강암류 석재

백악기 화성암류에는 불국사화강암, 마산암류, 반암, 중성, 염기성섬성암, 산성-중성화산암등이 산출되며 석재로서는 불국사화강암과 마산암류가 대표된다. 이들의 분포면적은 7,541km²(7.63%)이고 국내에서는 쥐라기 다음으로 중요하다.

경북 문경, 전북 용담, 충북 괴산과 제원, 충남의 천안과 온양, 경북 문경, 그리고 경남 거창과 남해 등에서 이 백악기 암체를 대상으로 화강암 석산이 가행중이다. 이 중 용담과 문경의 석제품은 중-조립질로서 담홍색을 띠는 것이 특징이다. 그리고 섬록암 석재는 경북 영천, 충남 아산, 전남 여천에서, 각섬암은 전남 강진, 전북 장수등지에서 산출되며 건축재 내지 공예재로 이용된다.

이 백악기 암류중 화산암류는 $7,109\text{km}^2$ (7.20%)의 분포면적을 가지나 석재개발은 활발치 못한 편이다. 이 암류를 대상으로 한 석산으로는 경북 청송과 영덕의 유문암류, 경남 삼랑진의 래피리질 용결 응회암, 전남 해남의 응회암등이 있으며 주로 공예재로 이용된다.

마) 현무암류 석재

현무암류는 $8,186\text{km}^2$ (8.29%)의 분포면적을 가져 백악기 화강암류보다 다소 더 넓게 분포되어 새로운 석재개발이 기대되나 제주도와 휴전선 부근의 거의 대부분 산출되는 분포의 특성상 여러 개발제약으로 인해 다른 석재에 비해 원석의 확보에 어려움이 따른다.

이 석재는 회색-암회색을 띄며 비교적 치밀한 것과 다공질인 것으로 구분되며 토목재, 건축재 또는 공예품으로 이용된다. 주요 산출지는 추가령 구조대인 철원일대와 제주도이다.

2.5.4 해설

1. 국내 석재 이용

고급 원석의 부족 및 고급제품의 선호경향에 따라 국내에서는 1990년 이후 수출 감소 추세를 보이며 1999년 기준 5800억원 정도 생산된다.

원자재 확보차원에서 골재 자원을 계속 조사하고 부족한 골재를 효율적으로 개발할 필요가 있다.

우리나라에 부존 되어 있는 석재 자원은 20여종의 다종다양한 석종이 전 국토에 골고루 분포한다. 이들 건축 석재 및 석공예품으로 많이 활용되는 회백색 및 담홍색 계열의 화강암류가 전체의 85%를 점유하고 있으며, 포천, 익산, 거창, 제천, 고흥 등에 주로 분포한다.

석재 자원의 부존 지역은 전 국토의 25%, 전 산림 면적의 43%에 분포되어 있으며 채석 허가 면적 기준 가채 매장량은 2.3억m³(약6.2억톤)으로 이중 석제품 제조용 원석이 약 3억톤, 석산 골재용 원석이 3.2억톤으로 현 생산 수준으로는 300년 이상 생산이 가능하다.

2. 국내 자연골재 현황

국내의 자연골재는 유라기 화강암류가 포천지역 일대에 그리고 백악기 화강암류 골재가 문경일원에 분포하며 자연골재 산출의 주류를 이루고 있다. 계절적으로는 3~6월에 약 50%의 수요가 편중되고 있으며, 채취허가에 장기간(최소 2년)이 소요되어 단기적인 수요 대처가 곤란한 점 등 골재는 수요에 대한 탄력성이 매우 낮다. 골재는 유한한 천연자원으로서 하천골재원의 고갈로 산림골재 등 대체 골재자원 개발이 필요하다.

하천골재의 사용량은 1988년의 54.2%에서 1997년에는 28.8%로 감소하였으며, 반면에 산림골재는 1988년의 26.5%에서 1997년에는 37.2%로 그 사용량이 급증하고 있는 추세이다. 1994년부터 1997년까지의 자연골재 수요량은 연평균 7% 증가되었으나, 1997년 IMF 여파로 인해 1998년은 약 11%로 대폭 감소하는 추세를 보였다. 또한, 허가 공급실적을 기준으로 한 골재생산량은 1994~1997 사이에 연평균 9%로 증가하였으나, 1997년 대비 1998년은 11.9%로 감소하였다.

골재수요 중 산림골재는 1994년 점유율이 38.5%에서 1998년 55.7%로 증대되었으며, 하천골재의 급감에 따라 산림골재 및 바다골재의 점유율은 계속 증가될 것으로 예상되고 있다. 산림골재의 경우 1994~1997년 사이에 허가 공급실적은 연평균 17.6%로 증가되었으며, 1997년 대비 1998년은 IMF의 영향에도 불구하고 1.5%로 소폭 증가하는 추세를 보이고 있다.

【참고문헌】

- 권영웅, 골재요소와 횡구속의 영향을 고려한 콘크리트의 역학적 특성에 관한 연구, 1988
- 김성욱, 건설용 골재로서 암석의 공학적 요건, 대한 지질공학회 외, 2001 응용지질 workshop
- 김주용, 산업암석자원의 국내 부존량 평가 및 전망, 대한 지질공학회 외, 2001 응용지질 workshop
- 민건홍, 바다골재 활용의 국내현황과 문제점, 대한 지질공학회 외, 2001 응용지질 workshop
- 박길천, 석재용 화강암류의 판별기준에 관한 연구, 서울대학교 대학원, 석사학위 논문, 1996
- 박태순, 미 육군 공병단 선회다짐 시험기를 이용한 재생 골재의 성능 특성 평가 연구(도로의 기층 및 보조기층 재료를 중심으로), 대한 지질공학회 외, 2001 응용지질 workshop
- 배수호, 콘크리트용 골재의 수급현황 및 개발전망, 대한 지질공학회 외, 2001 응용지질 workshop
- 윤석만, 수초,골재 하수처리 모형을 통한 자정력 분석, 1998
- 윤현수, 국내 석재자원의 용어 및 암석학적 특성 연구, 대한 지질공학회 외, 2001 응용지질 workshop
- 윤현수 외, 연구석재자원 조사 및 산업화 연구, 한국지질자원연구원, 1998
- 정운영, 화강 석재의 피로 변형 거동에 관하여, 강원대학교, 석사학위 논문, 1996
- 정지곤, 콘크리트용 골재의 화학적 안정성 시험에 관한 규정(ASTM C227, C289, C295)의 검토, 대한 지질공학회 외, 2001 응용지질 workshop
- 현전기, 이한영, 석재 자원 산업화 기술 연구, 한국지질자원연구원, 1996