

현장발생 퇴적암의 보조기층 적용성 평가

Usability for Sub-Base of Sedimentary Rock produced on-site

김진철*, 조규성**, 조남훈***

Kim, Jin-Cheol, Cho, Gyou-sung, Cho, Nam-Hoon

1. 서론

도로건설 현장에서는 도로의 신설 및 확장공사와 관련하여 많은 현장 발생암이 발생되고 있다. 특히 터널 현장의 경우 굴착에 의해 발생하는 현장 유용암을 파쇄하여 보조기층, 동상방지층, 콘크리트용 골재로 활용하고 있다. 콘크리트용 골재의 경우 비중, 흡수율 등 여러 가지 물성에 대한 기준이 엄격하게 관리되고 있어 관련 시방서 및 한국산업규격에 적합한 경우 문제없이 사용되고 있으나 보조기층 및 동상방지층의 품질관리 기준은 마모율, 수정 CBR 등과 같은 최소한의 품질기준을 명시하고 있어 퇴적암과 같이 풍화속도가 빠른 골재의 경우 적합성 여부를 판단하기 곤란한 경우가 많이 있다.

본 연구는 고속도로 확장 구간에서 발생된 현장 유용암을 파쇄하여 보조기층 재료로 활용하기 위하여 관련 품질기준을 만족여부를 조사한 결과 적합한 판정을 받았으나 현장 야적중 우수, 직사일광, 온도변화 등에 의한 풍화가 빠르게 진행되어 사용성에 문제가 발생된 사례로부터 관련 품질관리기준 및 사용성 평가결과를 정리한 것이다.

2. 시험결과 및 고찰

2.1 물성평가

도로공사 표준시방서 및 고속도로 공사 전문시방서에서는 규정하고 있는 보조기층 재료의 품질관리기준은 입도, 액성한계, 마모율, 소성지수, 모래당량 및 수정CBR이며, 각 항목별 품질관리 기준을 제시하고 있다. 또한 포설된 보조기층의 지지력을 평판재하시험에 의하여 확인하는 경우 아스팔트 포장은 침하량 0.25cm에서 지지력계수(K30) 30kgf/cm²/cm 이상이며, 시멘트 콘크리트 포장은 침하량 0.125cm에서 지지력계수(K30) 20kgf/cm²/cm 이상으로 관리하도록 하고 있다.¹⁾

표 1은 도로용 보조기층의 입도시험결과를 정리한 것이다. 혼합석의 경우 보조기층재료의 품질기준을 만족하고 있으나 퇴적암 골재는 시료의 제조 및 채취시기에 따라서 입도기준을 크게 벗어나는 경우도 있으며, 동일 파쇄 시스템을 사용하였음에도 입도편차가 크게 발생하는 것은 퇴적암의 풍화속도가 빠르기 때문에 발생하는 것으로 판단된다.

표 2는 보조기층 재료의 품질기준에 대하여 물성시험결과를 정리한 것이다. 혼합석은 전체적으로 보조기층 품질기준을 만족하고 있으며, 퇴적암 골재는 소성지수가 8.9%로서 품질기준보다 약간 높았으나 전체적으로 보조기층 품질기준을 만족하고 있음을 알 수 있다.

또한 보조기층 품질기준으로는 흡수율이 정해져 있지 않으나 표 2와 같이 혼합석의 경우 일반 천연골재와 유사하게 1% 정도이었으나 퇴적암골재의 경우 약 3% 정도를 나타내었다.

* 정회원 · 도로교통기술원 책임연구원 · 공학박사 · 031-371-3351(E-mail:jckim@freeway.co.kr)

** 정회원 · 도로교통기술원 도로시험부 과장 · 031-371-3241(E-mail:seung@freeway.co.kr)

***정회원 · 한국도로공사 영남건설사업소 품질관리부장 · 052-254-6301(E-mail:)

2.2 다짐시험결과

퇴적암 및 혼합석의 다짐시험결과를 정리한 것이 그림 1이다. 이 그림에서 최적함수비 및 최대건조밀도는 퇴적암의 경우 각각 7.96% 및 2.130ton/m³이었으며, 혼합석은 각각 6.48% 및 2.186ton/m³으로 나타났다. 퇴적암의 경우 최적함수비는 높고 최대건조밀도는 낮은 경향을 나타내었으며, 골재의 흡수율이 높은 관계로 다짐곡선이 넓게 분포하는 특성을 나타내었다.²⁾

표 1. 보조기층재의 입도시험결과

호칭치수 (mm)	공칭 입경에 대한 체 통과중량 백분율 (%)						
	50	40	20	5	2	0.4	0.08
SB-2	100	80~100	55~100	30~70	20~55	5~30	2~10
혼합석	100	100	56.5	36.1	28.1	10.0	2.9
퇴적암 골재	100	98.4	76.1	33.4	19.3	6.6	0.4
	100	93.4	59.7	25.0	14.2	5.8	2.6
	100	85.1	50.1	15.2	8.4	2.9	1.0
	100	83.4	49.1	26.0	17.0	5.3	1.5

표 2. 보조기층 재료의 품질기준 및 시험결과

구분	시험방법	기준	혼합석	퇴적암
액성한계 (%)	KS F 2303	25 이하	N.P.	21.1
마모감량 (%)	KS F 2508	50 이하	20.6	32.8
소성지수 (%)	KS F 2304	6 이하	N.P.	8.9
모래당량 (%)	KS F 2340	25 이상	84.1	50
수정CBR (%)	KS F 2320	30 이상	88.0	42
흡수율	KS F 2504	-	1.0	3.0

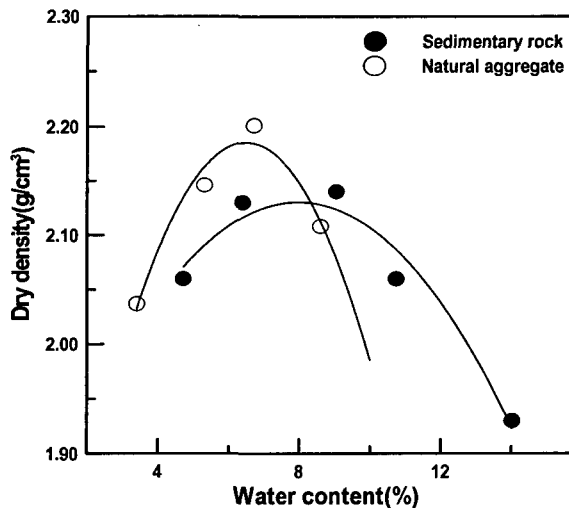


그림 1. 보조기층재료 다짐시험결과



그림 2는 다짐시험 전·후 보조기층 재료의 입도시험결과를 나타낸 것이다. 이 그림에서 퇴적암골재의 경우 다짐에너지에 의하여 골재가 파쇄되어 40mm 약 10%, 20mm 약 20%, 5mm 10~15% 변화하였으나, 혼합석의 경우 20mm 약 10%, 5mm 이하 약 2~4% 정도 변화되어 다짐 전·후 입도변화가 크지 않음을 알 수 있다.

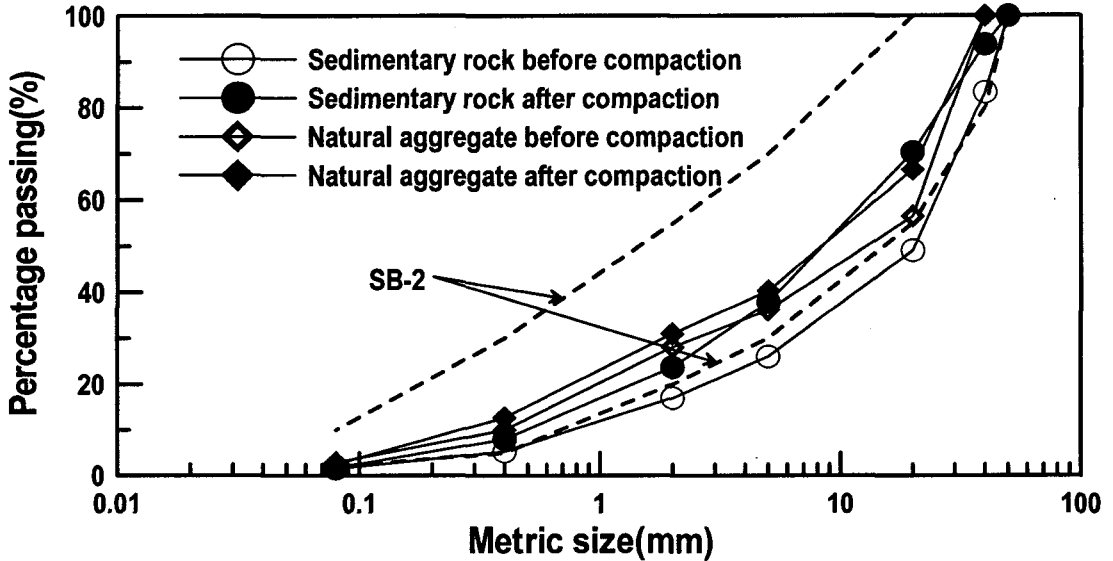


그림 2. 다짐 전·후 보조기층재료의 입도변화

2.3 마모시험결과

마모시험은 KS F 2508에 규정된 입도 A 규정에 따라 각 크기별 재료를 선별하였다.³⁾ 골재의 마모율시험은 각 입도로 구분된 골재를 모두 로스앤젤레스 마모시험기에 넣고 마모시킨 후 1.7mm 체를 통과한 중량에 대한 백분율로 표시하고 있으며, 표 3과 같이 혼합석 및 퇴적암골재의 마모율은 각각 13.4 및 32.8%로서 보조기층 품질기준을 만족하고 있다.

표 3. 마모율 시험결과

입도구분 (mm)	시험전 중량 (g)	퇴적암골재			혼합석		
		시험후 중량 (g)	중량감소율 (%)	마모율 (%)	시험후 중량 (g)	중량감소율 (%)	마모율 (%)
37.5~26.5	1250	277	77.8	32.8	964	22.9	13.4
26.5~19	1250	369	70.5		783	37.4	
19~16	1250	329	73.7		618	50.6	
16~9.5	1250	746	40.3		905	27.6	
9.5~1.7	-	1639			1060		
1.7 이하	-	1640			670		



그러나 마모율 측정결과를 골재의 크기군별로 정리하면 중량감소율의 현저한 차이를 알 수 있다. 전체 입도에 대하여 마모시험을 실시하였으므로 각 크기 군별 중량감소율은 정확한 값을 나타내고 있지 않으나 혼합석과 퇴적암 골재의 크기군별 중량감소율은 37.5~16mm에서 각각 36.9 및 약 74%로 나타나 퇴적암의 중량감소율이 혼합석의 약 2배 정도를 나타내었다.

이러한 결과는 로스엔젤레스 마모시험방법이 퇴적암 골재의 특성을 제대로 반영하지 못하므로써 흡수율이 크고 강경도가 낮은 골재도 관련품질기준을 충분히 만족하는 결과로 나타나며, 골재 품질의 양부를 판단하는데 많은 혼란이 가중될 것으로 판단된다.

2.4 안정성시험결과

보조기층 재료에서는 골재의 안정성을 별도로 규정하고 있지 않으나 퇴적암골재의 경우 풍화작용이 빠르게 일어나기 때문에 콘크리트용 골재의 동결융해 저항성을 간접적으로 평가하는 KS F 2507에 의한 Na₂SO₄ 포화수용액에 의한 안정성을 평가하였다.⁴⁾

본 시험방법은 골재중에 침투한 Na₂SO₄ 포화수용액이 건조과정에서 발생시키는 결정 성장압에 의해 골재가 파쇄되는 특성을 이용하여 골재의 동결융해 저항성을 간접적으로 평가하는 방법이다. 표 4는 골재의 안정성 시험결과를 정리한 것으로 혼합석의 경우 8.58%의 중량손실이 발생한 반면, 퇴적암 골재의 경우 73.2%의 중량감소율이 발생하였다. 또한 4사이클이 경과한 시점에서 골재상태를 확인한 결과 그림 3과 같이 퇴적암골재의 경우 Na₂SO₄의 결정성장압에 의해 골재에 균열 및 파쇄가 발생한 반면 혼합석은 건전한 것을 알 수 있다.

표 4. Na₂SO₄에 의한 굵은골재 안정성 시험결과

구분	크기 군 (mm)	입도 시험 중량(g)	입 도 백분율 (%)	시험전 중 량 (g)	시험후 중 량 (g)	각군의 손실중량 백분율(%)	손실중량 백분율 (%)
퇴적암골재	50~40	2221	10.32	3108	1478	52.45	5.41
	40~30	4079	18.94	3024	1068	64.68	12.25
	30~25	1926	8.95	1514	536	64.60	5.78
	25~20	3516	16.33	1007	220	78.15	12.76
	20~15	2141	9.94	765	115	84.97	8.45
	15~10	3682	17.10	507	106	79.09	13.53
	10~4	3966	18.42	311	57	81.67	15.04
	총 합	21531	100.00	-	-	-	73.22
혼합석	50~40	0	0.00	-	-	-	-
	40~30	341	1.52	-	-	-	-
	30~25	3063	13.66	1504	1430	4.92	0.67
	25~20	10207	45.52	1025	943	8.00	3.64
	20~15	1916	8.54	752	672	10.64	0.91
	15~10	3252	14.50	510	465	8.82	1.28
	10~4	3646	16.26	305	266	12.79	2.08
	총 합	22425	100.00	-	-	-	8.58

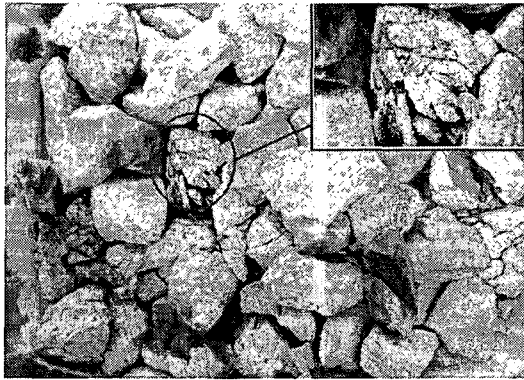


그림 3. 퇴적암골재의 안정성 시험결과

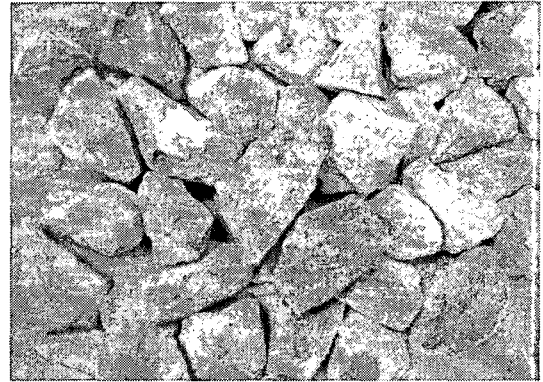


그림 4. 혼합석의 안정성 시험결과

2.5 축진풍화시험

보조기층은 동결깊이에 시공되고 우수의 침입 등에 의하여 동결의 영향을 받을 수 있다. 본 연구에서는 퇴적암골재의 풍화도를 평가하기 위하여 동결 및 건조에 의한 축진풍화시험을 실시하였다. 시험방법은 온도 -20℃ 동결, 지속시간 24시간 및 100℃ 건조, 지속시간 24시간으로 하였으며, 결과분석은 KS F 2507과 동일 방법으로 분석하였다. 표 5는 동결 및 건조에 의한 축진풍화시험결과를 정리한 것이다. 8싸이클이 진행된 시점에서 중량감소율은 퇴적암골재가 57.7%, 혼합석은 3.75%를 나타내어 퇴적암의 경우 동결 및 건조에 의한 축진 풍화에 매우 민감한 결과를 나타내었다.

그림 5 및 6은 8 싸이클이 경과한 시점에서 25~20mm 입도 군의 골재상태를 나타낸 것으로 퇴적암골재의 경우 동결 및 건조싸이클에 의한 파쇄가 발생한 반면 혼합석은 건전한 상태임을 알 수 있다.

표 5. 동결 및 건조에 의한 축진풍화시험결과

구분	크기 군 (mm)	입도 시험 중량(g)	입 도 백분율 (%)	시험전 중 량 (g)	시험후 중 량 (g)	각군의 손실중량 백분율(%)	손실중량 백분율 (%)
No. 3-1	40~25	8,048	33.3	1,000	648.0	56.8	30.6
	25~20	4,960	20.5	500			
	20~15	2,571	10.6	670	376.7	62.3	18.4
	15~10	4,581	19.0	330			
	10~4	4,000	16.6	300			
	총 합	27,140	100.0	-			
No. 3-3	40~25	3,404	15.2	1,000	1479.4	1.4	0.85
	25~20	10,207	45.5	500			
	20~15	1,916	8.5	670	939.0	6.1	1.40
	15~10	3,252	14.5	330			
	10~4	3,646	16.3	300			
	총 합	22,425	100.0	-			

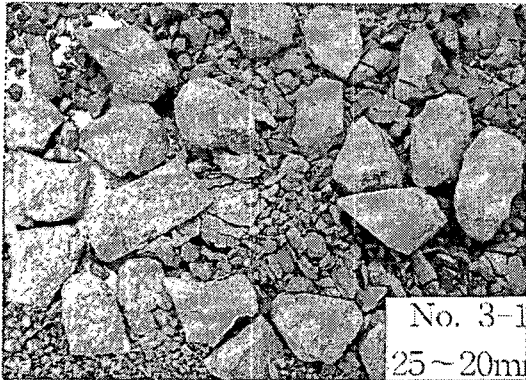


그림 5. 퇴적암의 촉진풍화시험결과

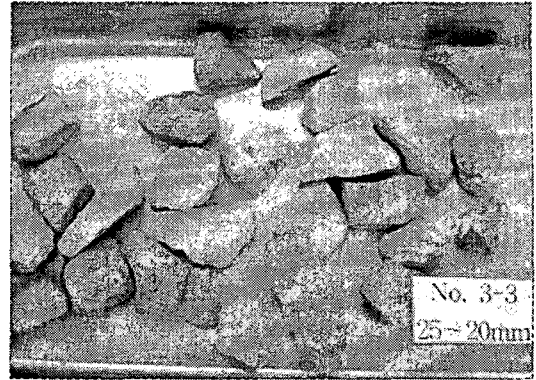


그림 6. 혼합석의 촉진풍화시험결과

3. 결론

- (1) 다짐특성을 고찰한 결과 퇴적암 골재의 경우 흡수율이 높은 관계로 다짐곡선이 넓게 분포하는 특성을 나타내었으며, 다짐전·후 입도는 퇴적암 골재의 경우 40mm 약 10%, 20mm 약 20%, 5mm 10~15% 증가하였으나 혼합석은 20mm 약 10%, 5mm 이하 약 2~4% 정도 증가하여 다짐 전·후 입도 변화가 크지 않음을 알 수 있다.
- (2) 마모시험결과 혼합석 및 퇴적암 골재 모두 품질규정을 만족함을 알 수 있다. 그러나 입도 군별로 나누어 고찰해보면 37.5~16mm 입도 범위에서 퇴적암 골재의 마모에 의한 중량감소율이 약 74%를 나타내어 혼합석 37%의 2배 정도 큰 값을 나타내었다.
- (3) Na_2SO_4 에 의한 골재의 안정성 시험을 실시한 결과 혼합석의 중량감소율은 9% 정도로서 매우 낮은 반면 퇴적암골재는 73%의 중량감소율을 나타내었다. 또한 동결 및 건조에 의한 촉진 풍화시험에 의한 중량감소율은 8사이클 진행단계에서 혼합석 3.8%에 비하여 퇴적암골재의 경우 47%를 나타내어 풍화작용에 의한 골재의 균열 및 파쇄가 크게 발생하는 것으로 나타났다.
- (4) 본 연구에서 사용한 퇴적암 골재는 보조기층 재료의 품질기준은 만족하지만 골재 생산후 대기중에서 우수, 공기접촉, 동결 및 건조 등의 반복과정으로 풍화작용이 빠르게 진행되는 것을 알 수 있으며, 보조기층재료로 활용시에는 공용기간 중에 풍화작용에 의해 지지력을 상실할 수 있으므로 포장층에 사용하는 것은 적절하지 못한 것으로 판단된다. 또한 향후 퇴적암 골재에 대한 촉진 풍화시험방법에 대한 연구 및 시방규정의 보완이 필요함을 알 수 있었다.

참고문헌

- (1) 한국도로공사, 고속도로공사 전문시방서-토목편, 2000.
- (2) 한국도로공사 도로교통기술원 연구보고서, "폐콘크리트의 용도별 재활용방안 중간보고서", 2003
- (3) KS F 2508, "로스앤셀레스 시험기에 의한 굵은 골재의 마모 시험 방법"
- (4) KS F 2507, "골재의 안정성 시험 방법"