



현장발생 이암계 퇴적암의 보조기층 적용성 평가

Evaluation of Usability for Sub-base of Muddy Stone produced on Site

김진철*
Kim, Jin Cheol

Abstract

Rock produced in situ has been used as the road construction materials in consideration of economies. However, because sedimentary rock is rapidly weathered, it is hard to decide appropriateness of quality specifications. This study aims at evaluation of usability for sub-base of muddy stone produced in situ. Test results show that the abrasion ratio is fitted for specifications, but weight loss in 37.5~16mm after Los Angeles abrasion test shows 47% in muddy stone in comparison with 20~30% in gneiss and sandstone. The soundness of aggregate shows higher value in muddy stone than in gneiss and sandstone. The weight loss from accelerated weathering test due to freezing and drying show 58% in muddy stone in comparison with 3.8~21% gneiss and sandstone.

Keywords : muddy stone, sub-base, soundness, accelerated weathering test

요 지

도로공사과정에서 발생하는 현장 발생암은 경제성을 고려하여 도로용 재료로 활용되고 있으나 풍화속도가 빠른 퇴적암 골재의 경우 품질기준 적합성 여부를 판단하기 곤란한 경우가 많이 있다. 본 연구는 현장에서 발생된 이암계 퇴적암을 보조기층용 재료로 활용하였을 때 문제점을 고찰한 것이다. 그 결과 마모율은 품질기준을 만족하였으나, 37.5~16mm 입도 범위에서 중량감소율은 편마암 및 사암의 경우 20~30%이었으나 이암계 퇴적암은 47%로 매우 높은 값을 나타내었다. 골재의 안정성 시험결과에서는 편마암 및 사암에 비하여 이암계 혼합석이 매우 높게 나타났으며, 동결 및 건조에 의한 축진 풍화시험에 의한 중량감소율에서도 편마암 및 사암계 혼합석 3.8~21%에 대하여 이암계 혼합석은 58%를 나타내어 빠른 풍화특성을 나타내었다.

핵심용어 : 이암, 보조기층, 안정성, 축진 내후성 시험

* 정회원 · 도로교통기술원 재료환경연구그룹 책임연구원



1. 서론

도로의 신설 및 확장공사 과정에서는 도로의 선형, 종단경사에 따라 원지반의 절토(깎기), 터널 공정 등에서 다량의 토사 및 현장암이 발생된다. 이렇게 발생하는 토사 및 현장암은 성상, 품질 등에 따라 노체, 노상 등의 성토재료, 보조기층, 동상방지층과 같은 도로포장재료 및 콘크리트용 쇄석골재로 최대한 활용하여 사토비용을 절감하므로서 경제적인 도로건설이 이루어지도록 설계 및 시공하고 있다.

도로건설공사에서 일반적으로 발생하는 현장암, 유용토는 발생상태 및 경도에 따라 발파암, 리핑암 및 토사로 구분된다. 이중 리핑암은 리퍼에 의한 작업난이도로 구분되며, 특히 이암, 점판암과 같은 퇴적암의 경우 암의 물성실험에 따라 경암으로 판정되지만(도로설계요령, 2002) 이들 암을 파쇄하여 골재로 생산된 후 현장 야적 및 시공과정에서 온도, 공기, 수분, 직사일광 등의 영향으로 인하여 풍화가 급속히 진행된다.

콘크리트용 골재는 밀도, 흡수율 등 여러 가지 물성에 대한 기준이 엄격하게 관리되고 있어 관련 시방서 및 한국산업규격에 적합한 경우 문제없이 사용되고 있다. 그러나 도로포장용 재료에 대한 품질관리 기준을 규정하고 있는 도로공사 표준시방서에는 마모율, 수정 CBR, 모래당량 등과 같은 최소한의 품질 기준을 명시하고 있어 이암, 점판암 등 풍화속도가 빠른 퇴적암 골재의 경우 품질기준 적합성 여부를 판단하기 곤란한 경우가 많이 있다.

본 연구는 고속도로 확장 구간에서 발생된 이암계 현장 발생암을 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. 보조기층재료의 품질기준 및 평가

2.1 품질기준

보조기층은 아스팔트 콘크리트 포장에 작용하는 교통하중을 분산시켜 노상이 안전하도록 전달하는 중요한 부분이며, 콘크리트 포장에서는 상부 콘크리트 슬래브를 지지하고, 균열부에서 팽음을 방지하는 부분이다. 이러한 구조적 기능 외에 보조기층은 기층속으로 세립 노상토 침입 방지, 동결작용에 따른 손상효과 극소화, 포장층 내 또는 하부층에 자유수 고임방지, 시공장비를 위한 작업로 제공 등의 역할을 수행한다.(도로공사 표준시방서, 2003)

표 1은 국내·외 보조기층 품질관리 기준을 정리한 것이다. 우리나라 도로공사 표준시방서 및 고속도로 공사 전문시방서에서 규정하고 있는 품질관리기준은 입도, 액성한계, 마모율, 소성지수, 모래당량 및 수정 CBR이며, 콘크리트 슬래브 하부에 쇄석 보조기층이 시공되는 경우 수정 CBR 80% 이상인 재료를 사용하도록 별도 규정하고 있다. 또한 포설된 보조기층의 지지력을 평판재하시험에 의하여 확인하는 경우 아스팔트 포장은 침하량 0.25cm에서 지지력계수(K_{30}) 30kgf/cm²/cm 이상이며, 시멘트 콘크리트 포장은 침하량 0.125cm에서 지지력계수(K_{30}) 20kgf/cm²/cm 이상으로 관리하도록 하고 있다.(고속도로공사 표준시방서, 2005)

미국은 지역이 넓어 다양한 온도환경이 존재하므로 각 주마다 보조기층 재료의 품질기준을 다르게 규정하고 있다. 다짐특성을 평가하는 소성지수가 버지니아 주의 경우 우리나라와 동일한 6% 이하이지만 남부 캐롤라이나 주의 경우 12%, 일리노이 주의 경우 29%로 현장다짐특성을 중요하게 생각하고 있다. 액성한계의 경우 버지니아 주, 남부 캐롤라이나 주에서 각각 25 및 30% 이하를 규정하고 있으며, 오하이오 주, 일리노이 주에서는 특별한 규정값이 없다.(조규태 등, 2000)

골재의 동결융해 저항성을 간접적으로 평가하는



안정성에 대하여 우리나라 지방서에서는 보조기층 재료의 경우 품질기준으로 채택하고 있지 않으나 버지니아 주, 일리노이 주에서는 각각 30 및 25% 이하로 규정하고 있다.(조규태 등, 2000)

표 1. 보조기층 재료의 품질기준 비교

구 분	도로공사 표 준 시 방 서	미 국			
		버지니아주	오하이오주	일리노이주	남 부 캐롤라이나주
액성한계(%)	25 이하	25 이하	-	-	30 이하
마모감량(%)	50 이하	-	-	40 이하	-
소성지수(%)	6 이하	6 이하	5이하	2~9	12이하
모래당량(%)	25 이상	-	-	-	-
수정CBR(%)	30 이상	-	-	-	-
안정성(%)	-	30 이하	-	25 이하	-

2.2. 품질평가

표 2는 본 연구에 사용된 보조기층 재료의 물성시험결과를 정리한 것이다. 일반적으로 도로현장에서 많이 사용하는 편마암계 혼합석은 액성한계 및 소성지수가 N.P. (non-plastic)를 나타내었으며, 보조기층 재료의 품질기준을 충분히 만족하고 있음을 알 수 있다. 사암계 혼합석도 수정 CBR 88이었으며, 품질기준상 특이점은 없이 보조기층 재료의 품질기준을 만족하였다. 이암계 혼합석은 소성지수 8.9%로서 품질기준 6%를 약간 상회하였으나, 소성지수 12% 이하 재료의 경우 보조기층의 다짐 및 지지력에 큰 영향이 없음을 밝힌 조규태 등의 연구에 따르면 보조기층에 사용해도 문제없을 것으로 판단할 수 있다. 또한 액성한계 21.1%, 수정 CBR 42%는 기준재료로 사용한 편마암계 혼합석에 비하여 낮은 값을 나타내고 있으나 품질기준을 상회하는 값임을 알 수 있다.

그림 1은 각 보조기층 재료의 입도시험결과를 정리한 것으로 편마암계 및 사암계 혼합석은 기준입도를 만족하고 있으나 이암계 혼합석의 경우 5 및 2mm 통과율이 기준입도보다 약간 낮은 값을 나타내었다.

이상의 보조기층 재료별 품질시험결과 이암계 혼

합석의 소성지수가 약간 높은 값을 나타내었지만 시험포설을 통하여 포설높이 및 장비조합으로 지방서에서 제시하고 있는 소요 지지력을 확보한다면 사용상 큰 문제없을 것으로 판단할 수 있다.

표 2. 보조기층 재료의 품질시험결과

구 분	편마암계 혼 합 석	이암계 혼합석	사암계 혼합석
액성한계(%)	N.P.	21.1	N.P.
마모감량(%)	32.8	13.4	17.9
소성지수(%)	N.P.	8.9	N.P.
모래당량(%)	84.1	50.0	53.0
수정CBR(%)	88.0	42.0	88.0

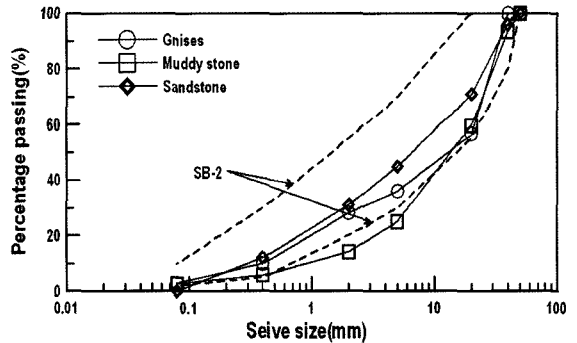


그림 1. 보조기층 재료의 입도시험결과

3. 실험결과 및 고찰

3.1 다짐특성

보조기층 재료의 다짐시험결과를 정리한 것이 그림 2이다. 최적함수비 및 최대건조밀도는 편마암계 혼합석 6.48% 및 2.186g/cm³, 이암계 혼합석 7.96% 및 2.130g/cm³, 사암계 혼합석 6.1% 및 2.166g/cm³으로 나타났다. 보조기층 재료별 최적함수비 및 최대 건조밀도 차이는 크지 않으나 이암계 혼합석의 경우 편마암 및 사암계 혼합석에 비하여 최



적함수비는 높고 최대건조밀도는 낮은 경향을 나타내었으며, 이러한 결과는 이암계 혼합석의 흡수율이 높고 비중이 낮은 결과로 판단된다.

보조기층 재료의 품질시험 및 다짐특성 시험결과 이암계 혼합석의 품질이 다른 재료에 비하여 낮게 나타났으나 소요 품질기준에 만족하므로 사용 제한할 수 없음을 알 수 있다.

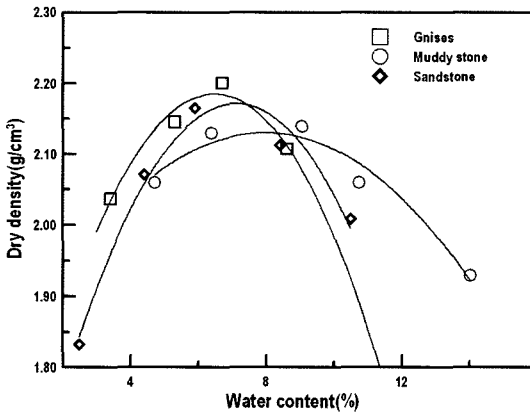


그림 2. 보조기층재료의 다짐곡선

골재의 강경도를 평가하는 방법은 아직 확립되어 있지 않으나 골재의 마모율, 파쇄율 시험결과로부터 간접적으로 평가할 수 있다. 이 경우 골재의 강도뿐만 아니라 입형에 의한 영향도 크게 나타나고 있다. 그림 3은 다짐에너지에 의한 골재의 파쇄정도를 알아보기 위하여 각 재료의 다짐시험 전·후 입도별 통과율의 차이를 정리한 것이다. 전체 입도를 대상으로 하였기 때문에 큰 입도의 골재가 파쇄되어 작은 입도로 변화하였을 때 지속적인 다짐에너지로 재파쇄가 일어나므로 개별 입도별 중량감소율은 알 수 없으나 골재의 강경도 및 파쇄정도에 대한 전체적인 경향을 알 수 있다.

40mm 골재의 다짐 전·후 통과율 변화는 편마암계 및 사암계 혼합석의 경우 0 및 2%로 미미한 반면 이암계 혼합석은 7.5%의 높은 값을 나타내었다. 20mm 통과율 변화에서도 편마암계 및 사암계 혼합석이 약 10% 정도를 나타낸 반면 이암계 혼합석은 22.5%로 약 2배의 통과율 변화를 나타내었으며, 5

및 2mm 통과율 변화도 이암계 혼합석의 통과율 변화가 편마암계 및 사암계 혼합석의 경우에 비하여 약 2배 이상을 나타내었으며, 0.4mm 이하 입도에서는 골재 종류에 관계없이 유사한 통과율 변화를 나타내었다.

이러한 결과로 부터 이암계 혼합석의 강경도가 다른 골재에 비하여 크게 낮은 것으로 판단할 수 있으며, 실제 시공과정에서는 진동 로울러 다짐시 골재파쇄로 인하여 골재 입도가 크게 변화될 것으로 예상할 수 있다.

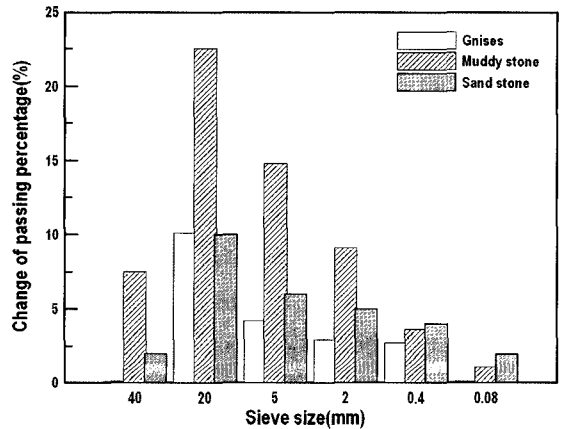


그림 3. 다짐에 의한 골재의 입도별 통과율 변화

3.2 마모시험

마모시험은 KS F 2508에 규정된 입도 A(37.5~9.5mm)에 따라 각 크기별 재료를 선별하였으며, 500회 회전후 1.7mm 체를 통과한 시료의 중량백분율로부터 마모율을 계산하였다. 표 3과 같이 편마암, 이암 및 사암계 혼합석 마모율은 각각 32.8, 1354 및 17.9%로서 편마암계 혼합석의 마모율이 가장 큰 결과를 나타내었으나 보조기층용 재료의 품질기준으로 규정된 50% 이하로서 사용상 문제가 없음을 알 수 있다.

이암 및 사암계 혼합석의 마모율이 예상과 달리 낮은 원인을 분석하기 위하여 마모시험후 골재의 각 입도군별 중량감소율을 표 3과 같이 고찰하였다. 마모



시험은 전체 입도를 대상으로 실시된다. 시험중 골재는 각 입경보다 큰 골재가 파쇄된 후 작은 입경으로 재파쇄되므로 26.5mm 이하 중량감소율은 정확한 값이라 할 수 없으나 전체적인 경향으로 판단할 때 골재의 강경도를 간접적으로 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

37.5~26.5mm 입도군의 마모에 의한 중량감소율은 편마암계 19.5%, 사암계 30.0%이었으나 이암계 혼합석은 47.3%로서 매우 높은 중량감소율을 나타내었다. 또한 26.5mm 이하 입도에서도 편마암계 및 사암계 혼합석의 중량감소율은 30~50%인 반면 이암계 혼합석은 40~70%를 나타내 이암계 혼합석의 강경도가 크게 떨어지는 것을 알 수 있다.

이러한 결과는 로스엔젤레스 마모시험방법이 시험 후 1.7mm 이하 통과율만을 대상으로 마모율을 계산하기 때문에 이암계 혼합석과 같이 강경도가 낮은 골재의 특성을 제대로 반영하지 못하며, 저급골재가 품질기준을 만족하는 결과를 나타내 보조기층재료의 품질평가에 큰 혼란을 가중시킬 것으로 판단된다.

3.3 안정성시험

전술한 바와 같이 국내 도로공사 표준시방서 및 고속도로공사 전문시방서에서는 보조기층 재료의 안정성 기준을 규정하고 있지 않으나 도로의 구조상 보조

기층은 동상깊이에 시공되며, 흡수율이 큰 다공성 골재의 경우 흡수된 수분의 동결 및 융해작용에 의하여 파쇄가 발생할 수 있다. 이러한 문제로 인하여 미국의 버지니아 주, 일리노이 주의 경우 보조기층 재료에 대한 안정성 기준을 규정하고 있다.

안정성시험은 골재의 동결 저항성을 간접적으로 평가하는 지표이다. 시험방법은 골재를 포화 Na₂SO₄ 수용액에 반복 침지 및 건조시키면서 골재 공극에 침투한 Na₂SO₄의 결정성장압으로 균열 및 파쇄를 발생시켜 각 입도별 중량손실을 측정한다. 시험결과는 각 입도군별 중량감소율의 합으로 표현되며, 콘크리트용 골재의 경우 시방서에서 굵은골재 12%, 잔골재 10% 이하로 규정하고 있다.

본 연구에서 대상으로 한 보조기층 재료의 안정성 시험결과 편마암계 혼합석 8.58%, 사암계 혼합석 31.5%이었으나, 이암계 혼합석은 73.2%로서 일반적으로 시공되는 혼합석에 비하여 매우 크게 나타나 흡수된 수분에 의한 동결저항성이 매우 취약한 것으로 나타났다.

그림 4는 골재의 안정성 시험결과를 입도별로 정리한 것이다. 편마암계 혼합석은 25~20mm 입도에서 3.6%를 나타내었으나 다른 입도에서는 매우 적은 중량감소율을 나타내었다. 사암계 혼합석은 40~25mm 입도의 중량감소율이 13.4%, 15~10mm에서 6.8%, 나머지 입도에서는 2.5~5.2%이었다.

표 3. 마모율 시험결과

입도구분 (mm)	시험전 중량 (g)	편마암계 혼합석		이암계 혼합석		사암계 혼합석	
		시험후 중량 (g)	중량감소율 (%)	시험후 중량 (g)	중량감소율 (%)	시험후 중량 (g)	중량감소율 (%)
37.5~26.5	1250	277	22.9	964	77.8	569.5	54.4
26.5~19	1250	369	37.4	783	70.5	543.2	56.5
19~16	1250	329	50.6	618	73.7	382.6	69.4
16~9.5	1250	746	27.6	905	40.3	1167.9	6.6
9.5~1.7	-	1639		1060		1443.9	
마모율 (1.7 이하)	-	1640	32.8	670	13.5	892.9	17.9

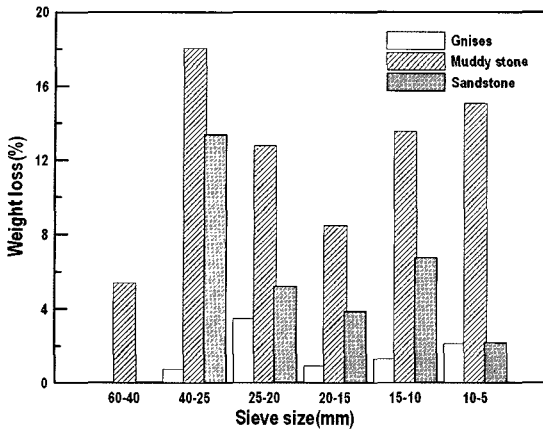


그림 4. 안정성 시험에 의한 입도별 중량감소율

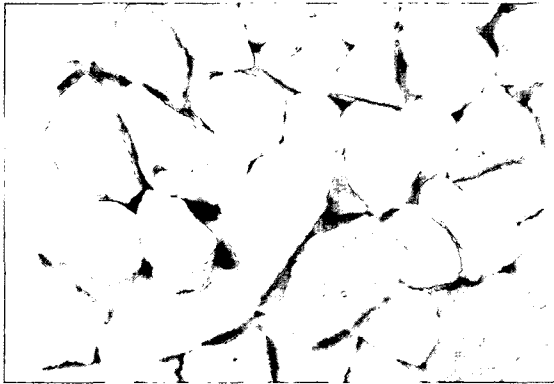


그림 5. 편마암계 혼합석의 안정성 시험결과

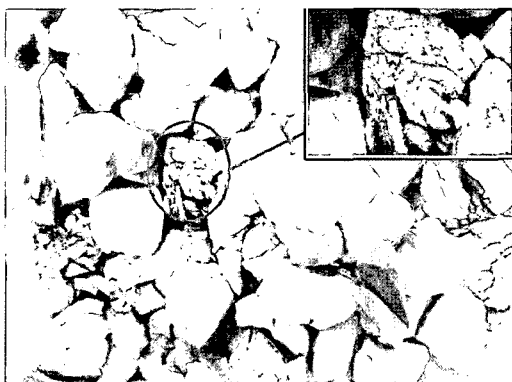


그림 6. 이암계 혼합석의 안정성 시험결과

이암계 혼합석의 경우 50~40 및 20~15mm 입도에서 중량감소율 10% 미만을 나타내었으나 나머지 입도는 8~18%로서 매우 높은 값을 나타내었다.

그림 5 및 6은 편마암계 혼합석 및 이암계 혼합석에 대하여 안정성 시험 4사이클 경과시점에서 골재 상태를 확인한 것이다. 편마암계 혼합석의 경우 건전한 반면 이암계 혼합석의 경우 Na_2SO_4 의 결정성장 압에 의해 퇴적층을 따라서 벽개(劈開)하면서 골재에 균열 및 파쇄가 발생한 것을 볼 수 있다.

골재의 동결저항성을 직접평가하기 위해서 AASHTO T 103에서는 골재에 직접 동결 및 용해작용에 의한 안정성 평가방법을 규정하고 있으며, 완전 침지법, 5% 에탄올 및 물에서 부분 침지법 등 3가지 방법을 제안하고 있으나 품질기준은 제시하고 있지 않다. 또한 본 연구에서 사용한 이암과 같은 퇴적암은 골재 생산후 야적중 온도변화, 우수, 직사일광 등의 영향으로 풍화가 빠르게 진행되기 때문에 본 시험방법의 적용은 단순한 동결저항성 평가 외에도 촉진 풍화특성을 평가할 수 있는 시험방법으로 판단되었다.

시험방법은 AASHTO T 103에서 규정하고 있는 완전침지법을 사용하였으며, 온도 -20°C 동결, 지속시간 24시간 및 100°C 건조, 지속시간 24시간으로 하였으며, 결과분석은 안정성 시험결과와 동일하게 분석하였다. 표 4는 동결 및 건조에 의한 촉진풍화시험결과를 정리한 것이다. 8사이클이 진행된 시점에서 중량감소율은 편마암계 3.75%, 사암계 21.0%에 비하여 이암계 혼합석의 경우 57.7%로 매우 높게 나타나 동결 및 건조에 의한 촉진 풍화에 매우 민감한 결과를 나타내었다.

그림 7 및 8은 8사이클이 경과한 시점에서 25~20mm 입도 군의 골재상태를 나타낸 것으로 편마암계 혼합석은 건전한 상태인 반면 이암계 혼합석의 경우 동결 및 건조 사이클에 의한 균열 및 파쇄가 발생하여 입도가 크게 변화되었음을 알 수 있다.

이상의 시험결과로부터 이암계 혼합석은 도로공사 표준시방서에서 보조기층용 재료의 품질기준을 만족하였으나 골재 생산 및 야적 중에 풍화가 빠르게 진행되어 균열 및 파쇄가 일어나므로 포장층에 사용하는 것은 적절하지 못한 것을 알 수 있다. 또한 풍화가 빠르게 진행될 것으로 예상되는 현장 발생암의 경우



표 4. 동결 및 건조에 의한 축진풍화 시험 결과

구분	크기 군 (mm)	입도시험 중량 (g)	입도 백분율 (%)	시험전 중량 (g)	시험후 중량 (g)	각군의 손실중량 백분율(%)	손실중량 백분율 (%)
편마암계 혼합석	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	-			
이암계 혼합석	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	-			
사암계 혼합석	40~25	1,385	33.6	4165.1	4,721.9	48.7	12.1
	25~20	6,648	16.2	2061.3			
	20~15	3,594	8.7	1451.8	1,864.4	48.6	6.3
	15~10	9,444	22.9	1062.0			
	10~4	7,622	18.6	434.1			
	총 합	28,694	100	-			



그림 7. 편마암계 혼합석의 축진풍화시험결과

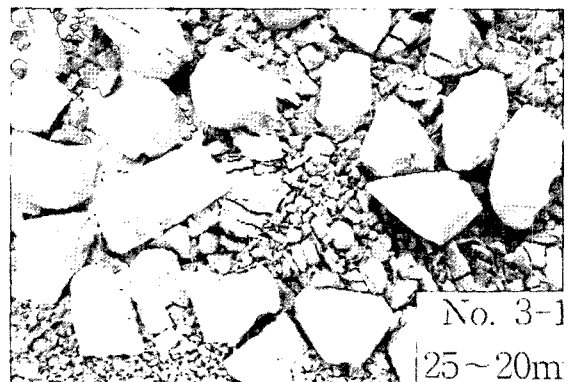
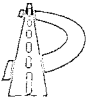


그림 8. 이암계 혼합석의 축진풍화시험결과

에는 비록 도로공사 표준시방서의 품질기준을 만족한다 할지라도 풍화에 의한 품질저하가 발생할 수 있으므로 이에 대한 적절한 시험과 조치가 필요하다.

향후 포장층 재료의 특성평가를 위한 축진 풍화시험 방법에 대한 연구 및 시방규정에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.



3. 결론

- (1) 다짐특성을 고찰한 결과 퇴적암 골재의 경우 흡수율이 높은 관계로 다짐곡선이 넓게 분포하는 특성을 나타내었으며, 각 입도별 다짐 전·후 입도변화는 이암계 혼합석이 편마암계 및 사암계 혼합석에 비하여 약 2배 정도를 나타내어 이암계 혼합석의 강경도가 매우 낮은 것을 알 수 있다.
- (2) 마모율 시험결과 본 연구 범위내에서 3종류 골재 모두 보조기층 재료의 품질기준을 만족하는 것으로 나타났다. 그러나 37.5~16mm 입도범위의 마모에 의한 중량감소율은 편마암 및 사암계 혼합석이 낮은 반면 이암계 혼합석은 평균 74%로 높게 나타나 골재의 강경도가 매우 낮은 것을 알 수 있다.
- (3) 포화황산나트륨 수용액에 의한 골재의 안정성 시험결과 편마암계 및 사암계 혼합석은 각각 9 및 31%를 나타내었으나 이암계 혼합석은 73%로서 안정성이 매우 낮은 결과를 나타내었다. 또한 동결 및 건조 반복에 의한 중량감소율은 8사이클 진행단계에서 편마암계 3.8%, 사암계 21%인 반면 이암계 혼합석은 58%를 나타내어 풍화에 의한 골재의 균열 및 파쇄가 크게 발생하는 것으로 나타났다.
- (4) 본 연구에서 사용한 이암계 혼합석은 골재 제조단계에서 보조기층 재료의 품질기준은 만족하지만 골재 생산 및 현장야적중 우수, 공기접

촉, 동결 및 건조 등의 반복과정으로 풍화작용이 빠르게 진행될 것으로 판단되므로 포장층에 사용하는 것은 적절하지 못한 것으로 판단된다. 향후 보조기층 재료 특성평가를 위한 촉진 풍화시험방법에 대한 연구 및 시방규정의 보완이 필요함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 건설교통부(2003), 도로공사 표준시방서, 2003
2. 김진철, 조규성, 조남훈(2004), 현장발생 퇴적암의 보조기층 적용성 평가, 한국도로학회 학술발표회 논문집, pp. 193198
3. 이경하 등(1998), PI변화에 따른 보조기층 및 동상방지층 재료의 특성 연구, 한국도로공사 도로연구소
4. 조규태, 남영국, 이석근(2003), 도로포장 입상재료의 PI값 변화에 따른 실내시험 특성 연구, 대한토목학회 논문집, Vol.23, No.2D, pp. 191200
5. 한국도로공사(2001), 도로설계요령-토공 및 배수-
6. 한국도로공사(2003), 고속도로공사 전문시방서-토목편
7. AASHTO T 103(2000), *Standard Method of Test for Soundness of Aggregates by Freezing and Thawing*
8. KS F 2507(1997), 골재의 안정성 시험 방법, 국립기술품질원
9. KS F 2508(1997), 로스앤젤레스 시험기에 의한 굵은 골재의 마모 시험 방법, 국립기술품질원

〈집수 : 2005. 8. 8〉