

대구지하철 굴착암에 대한 재활용 평가

Evaluation on Reuse of Excavated Rocks from Construction Field of Taegu Subway

차완용(경북대)*, 이상호(경북대), 김영수(경북대), 방인호(경북대)
Cha, Wan Yong · Lee, Sang Ho · Kim, Young Su · Bang, In Ho

Abstract

The distinguished geological characteristic of Taegu area is consist of anisotropic shale or sedimentary rock. Therefore if rocks are used for construction, it would've some difficulties of reuse showing the aspect of resource engineering.

We made physical and mechanic properties for rock discrimination and then whether it had utilization worth or not. So we studied the engineering propriety through the aggregate tests based on rock's in laboratory. The last passed aggregate were D, E and B1 at KS and the rest couldn't use the place where weather phenomenon is caprice. This is for base-line data of aggregate development research before the porpriety investigation for aggreahte of excavated rock in Taegu area.

I. 서론

지금까지 대구 지방 및 여러 지역에서 지하철 공사 및 대규모 토목공사가 진행되어 가고 있는 가운데 많은 토사와 암석의 처리문제로 어려움을 겪고 있는 것이 사실이다. 이런 폐암석의 처리를 위한 사토장의 확보도 어렵고 비용 및 환경적 측면에서도 많은 난관에 부딪치고 있는 현실이다.

또한 이러한 대규모 공사의 증가로 소요골재의 수급에 많은 어려움이 있으며, 이중 콘크리트용 골재수요가 큰 반년 공급이 대단히 부족한 현실이다. 따라서 폐기되어야 할 자원을 재활용한다면 부족한 골재의 대체 효과 및 환경문제를 적절하게 해결할 수 있다. 이에 앞서 폐골재를 골재로서 활용하기 위해서는 먼저 콘크리트용 골재 및 아스팔트골재로서의 타당성여부를 검토해야 할 것이며 골재품질에 적합한 골재를 규명, 공급하는 문제가 우선되어야 할 것이다. 현재 국내 골재 생산업체는 각기 다른 품질의 쇄석과 쇄사 생산이 이루어지고 있는 현실이며 아직까지 완벽한 골재의 역학적 성질을 지역별로 규명해놓고 있지 않은 현실이다.

따라서 본 연구는 대구주변(지하철포함) 암석을 대상으로 XRF와 XRD를 통해서 나온 골재들의 화학성분 및 암석 조성입자를 파악한 자료로서 각종 물리, 역학적 특성실험을 실시하여 골재로서의 사용 여부와 차후 골재개발을 위한 기초자료제공을 목적으로 한다.

II. 시료 및 시험방법

본 연구에서 사용한 퇴적암 R1, R2는 대구 북구 산격동, R3는 침산동, R4는 지하철 2-7공구, C는 산격동, D, E, B1, B2, B3는 지하철2-15공구에서 각각 8ton트럭 2대씩 채취하였다. 암석의 공학적 특성에 관한 시험에 사용한 시료는 블록상태의 원석을 NX사이즈의 원형코어로 성형하여 사용하였고 암석의 파쇄는 파쇄기(Jaw Crusher)를 사용하여 원석을 골재최대치수 50mm가 되도록 파쇄하였다. 골재시험시에는 25mm, 19mm, 13mm, 10mm로 하였다. 시험의 종류는 굵은 골재의 비중 및 흡수를 시험(KS F 2503)을 통해서 실시하였고 골재의 내구성 시험을 위해 무수 황산나트륨을 이용한 골재의 안정성 시험(KS F 2507)과 로스엔젤레스 시험기를 이용한 굵은 골재 마모시험(KS F 2508)을 하였다. 25mm골재의 단위용적 중량 및 공극률 시험방법(KS F 2505)시험과 골재의 풍화도를 알기 위한 Slaking Test(ISRM 지침)를 실시하였다.

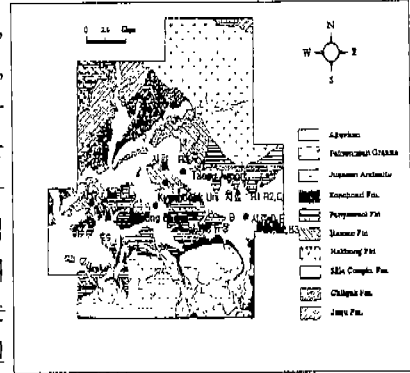


Fig. 1. 시료 채취 위치도(대구지역)

III. 본론

1. 시험 결과 및 고찰

표 1. 암석 및 파쇄 즉시 골재 시험결과

암석 시험							
종류	원산지(대구)	P파 속도(km/sec)	일축압축강도(kg/cm ²)	포아송비	탄성계수	Slaking 시험2회(%)	시료판정
R1	북구 산격동	4.878	577.73	0.168	2.387	98.59	이탈
R2	산격동	3.664	333.60	0.126	2.47	99.15	알코즈 사암
R3	침산동	5.495	224.53	0.114	1.06	99.33	열기성 응회질 사암
R4	지하철2-7공구	4.950	1072.23	0.222	2.275	96.97	알코즈 사암
C	산격동	3.883	369.64	0.097	2.23	99.50	이질사암
D	지하철2-15공구	4.306	815.53	0.240	2.994	99.47	규장암
E	지하철2-15공구	5.357	1540.50	0.287	6.395	99.55	감람식 현무암
B1	지하철2-15공구	5.711	1672.59	0.269	6.997	99.82	흑색세일
B2	지하철2-15공구	4.162	308.46	0.091	1.603	98.97	이회암
B3	지하철2-15공구	5.926	1643.89	0.338	6.5	99.71	이회암

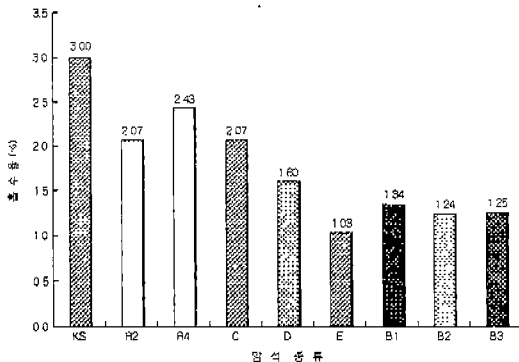


Fig. 2. 각 시료별 흡수율

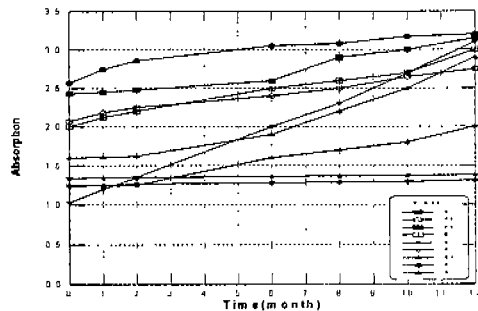


Fig. 3. 시간경과별 흡수율

2. 비중 흡수량

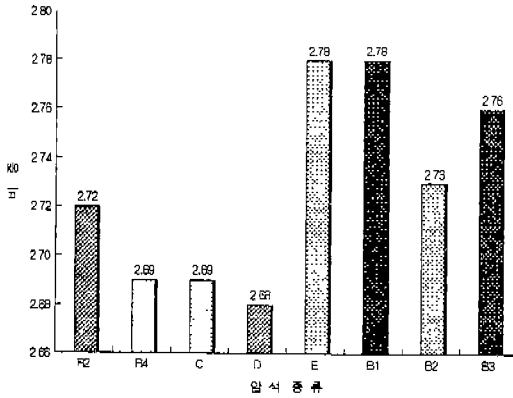


Fig. 4. 각 시료별 겉보기 비중

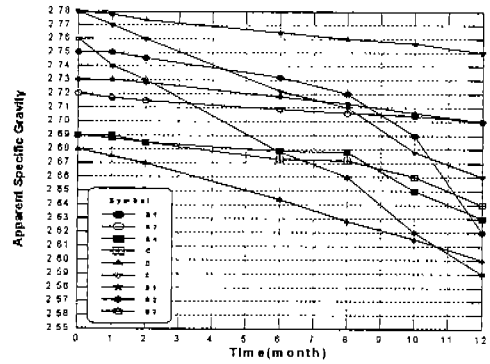


Fig. 5. 시간경과별 골재의 겉보기비중

각 시료별로 흡수율시험을 실시한 결과 모든 시료가 KS규정(3.0%이하)에 적합한 결과를 보였다. 각각의 시료에 대한 겉비중값은 2.69~2.78로 나타났다. 이것은 KS규정(2.5이상)을 모두 통과하는 값이었다. 석재의 흡수율은 풍화, 파괴, 내구성에 큰 관계가 있다. 또 흡수된 양은 석재 분자간의 공극에 침입하므로 그 공극률을 알 수 있다. 흡수율이 크다는 것은 다공성이라는 것을 나타내며, 대체로 동해나 풍화를 받기 쉽다는 것을 의미한다. 여기에서는 다른 암석보다도 R4, R3, C 와 같이 연암에 가까울수록 흡수율은 커진다. 하지만 E, 와 B군의 경암에 속하는 암석은 아주 낮은 것을 볼 수 있다.

흡수율이 적은 시료는 내부조직에 공극이 적고, 조직구조가 치밀하여 큰 비중을 나타내며, 양질의 골재를 생산한다. 녹니석과 견운모는 흡수율 증가의 원인을 제공한다.

3. 안정성 시험

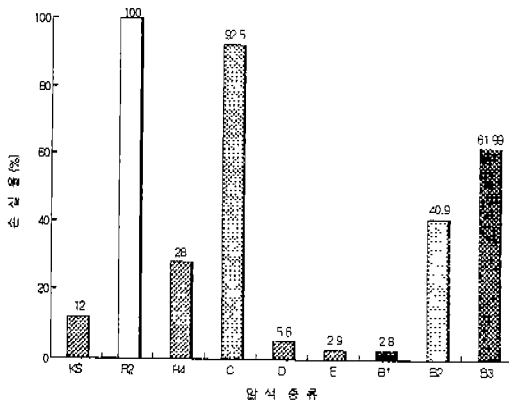


Fig. 6. 각 시료별 안정성 시험

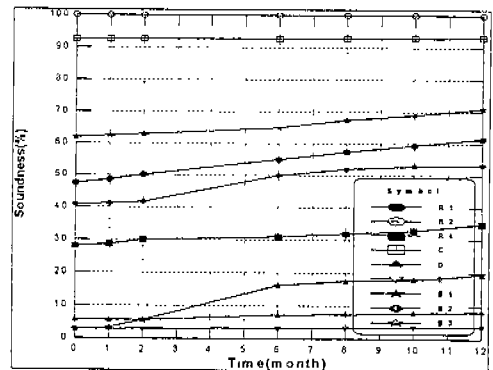


Fig. 7. 골재의 시간경과별 안정성시험

각 시료별로 안정성시험을 실시한 결과 KS규정(12%이하)에 적합한 시료는 D시료(5.6%)와 E시료(2.9%), B1시료(2.8%)등이며 다른 시료들은 적합치 않는 것으로 판단된다. B3시료는 일축압축강도와 탄성파속도시험에서 강도가 우수한 경암으로 판정되었지만 골재의 품질시험인 안정성 시험에서 매우 취약한 것으로 측정되었다. 그 이유는 B3가 염기성 용회질 사암이기 때문이며 이 암은 다공성이며 풍화에 약하기 때문이다. D, E, B1은 광물구성비 중 Albite의 함량이 많은 것으로 판명되었고 화학 성분비에서 Al_2O_3 의 함량이 다른 암석과 비교해서 상당히 많은 함량을 보여 주고 있다. 고로 이 두가지 광물과 화학성분이 암석의 강도에 상당한 영향을 주고 있다는 것을 알 수 있었다. 즉 안정성 시험의 원리인 황산나트륨이 결정화 될 때의 암석 입자 안에서 결정압을 발생시킨다. 여기에 제시된 Albite와 Al_2O_3 가 높은 온도에서 고결된 것이라서 암석입자 사이에서의 결합력을 높여주는 역할을 하는 것이다.

합격된 D, E, B1은 기상작용이 작용하는 건물의 외벽이나 도로의 기층재로써 사용가능하며 그 외의 암석은 기상작용이 받지 않는 장소 즉 건축물의 내부 또는 타일, 테라코타 등으로 보호된 표면 등에서는 사용이 가능하다.

4. 로스엔젤레스 시험기를 이용한 굵은 골재의 마모 시험

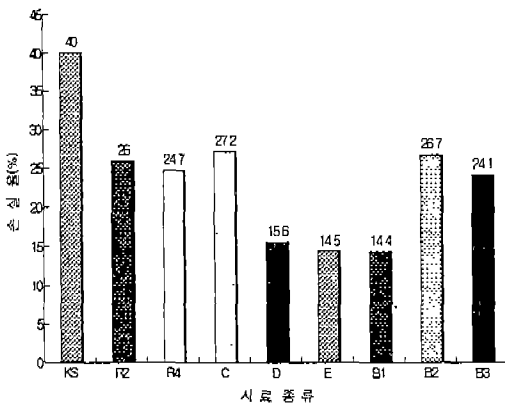


Fig. 8. 각 시료별 마모도 시험

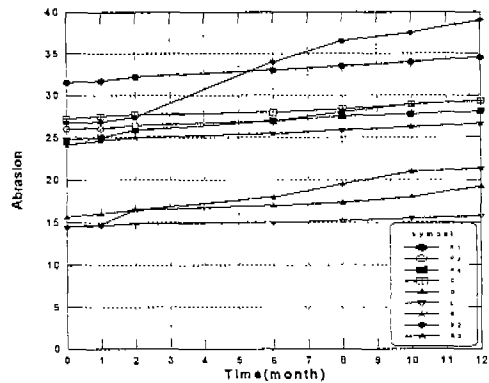


Fig. 9. 시간경과별 골재의 마모율

각 시료별로 LA마모시험을 실시한 결과 모든 시료가 KS규정 콘크리트용 손실율(40%)에 적합한 결과를 보였다. 주로 손실율이 14.4~26.7%로 측정되었다. 하지만 R2, B2가 표준(콘크리트 포장용)의 기준(25%이하)에서는 불합격되었으므로 사용을 피해야 한다. 위의 안정성 시험에서 나온 DATA를 보면 알 수 있듯이 마모도 시험에서도 D, E, B1은 상당히 큰 값을 나타내고 있다. 쇄석 골재는 천연골재와는 달리 그 구성 광물상들이 지표환경에 노출된 지 얼마 되지 않아 물리·화학적 풍화작용에 약한 불안정한 상태로 존재하는 경우가 많고, 대구지역에서 생성되는 규장암과 감람석 현무암은 풍화가 상대적으로 적고, 그 이유는 일차광물의 안정도 표를 보면 풍화도가 가장 낮은 것은 감람석이고 이 감람석은 마그마에 의한 초기 광물로 1000°C 이상의 고열에서 형성되기 때문이다. 나머지 세일 계통은 암석의 풍화진행이 커다. 즉, 풍화된 암석의 내부에는 풍화에 약한 광물이 용출 됨으로서 기공을 많이 함유하게 되어 비중이 저하되고, 이로 인하여 흡수율이 증가되어 마모감량과 안정성에 의한 손실량 또한 증가하는 것을 알 수 있다.

5. Slaking Test

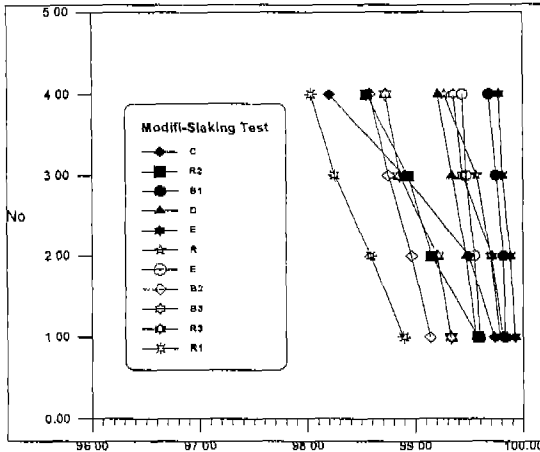


Fig 10. 각 시료별 4회 Slaking test

E, R2, R3시료는 손실지수가 양호하게 나타났다. Slaking 시험의 결정적인 작용을 하는 풍화작용은 화학적 풍화작용이 아닌 기계적 풍화 작용으로서 암석의 공극률 및 흡수율과 상당히 관련이 깊다. 이 실험 data에서도 R1, R4, B2에서 다른 data와 비교해볼 때 상당히 낮은 값을 나타내고 변화도 심하게 나타난다. 그 이유는 이들 암석이 다른 암석들 보다 높은 흡수율을 가지며 이것은 바로 공극률이 상대적으로 크다는 것을 나타낸다. 공극률이 크면 암석의 흡수, 팽창에 영향을 받아서 팽윤 현상이 커져서 입자들이 분쇄되어서 나간다는 것을 뜻하기 때문이다.

안정성시험결과와 Slaking시험결과와 비교해 보면 Slaking지수(4회기준)가 98%대에 있는 R2(98.5%), C(98.21%), B2(98.58 %) 시료들이 안정성시험에 취약한 것으로 나타났다. 이들 시료들은 구성광물에 공통적으로 점토광물을 많이 포함하고 있으며, R4시료는 풍화도가 많이 진행된 상태가 원인으로 파악된다. 그리고 이들 시료들은 불연속면(주로 층리)이 매우 발달된 상태로 안정성시험결과에 많은 영향을 준 것으로 사료된다. 그러므로 골재로서 활용에 있어 층리가 발달된 시료와 점토광물이 많이 포함된 시료는 골재로서 적합하지 않는 것으로 판단된다.

6. 골재의 단위용적중량 및 공극률 시험방법

골재의 단위 용적중량이란 1m³의 골재중량을 말하는 것으로서 골재의 단위 용적 중량은 실적물의 산정, 소규모 현장의 골재계량 등에 이용되고 골재의 비중, 입도, 모양, 함수량, 계량용기의 형태 및 크기와 용기에 다져 넣는 방법 등에 따라서 상당히 달라진다. 위의 data를 보면 알 수 있듯이 단위 용적 중량은 비중이 클수록 높게 나오며 골재의 모양이 양호할수록 높게 나오는 것으로 판명되었다.

표 2 각 시료의 단위 용적 중량 및 공극률, 실적률

실험 종류	암석 종류	B1	B2	B3	C	D	E	R2	R4
M(kg/m ³)		1425.85	1424.22	1385.10	1359.48	1392.24	1405.31	1433.02	1364.86
Mssp(kg/m ³)		1444.81	1441.41	1398.36	1378.95	1414.52	1419.78	1462.68	1398.03
공극률(%)		48.61	48.76	49.53	47.50	47.95	49.35	47.21	49.83
실적률(%)		51.39	51.24	50.47	52.50	52.05	50.65	52.79	50.17

IV. 결론

1. 일축압축강도와 탄성파속도시험에서 강도가 우수한 경암으로 판정되었지만 골재의 품질시험인 안정성 시험에서 매우 취약한 것으로 측정되었다. 그러므로 암석판정에 의한 양질의 암석이 골재로서의 적합하다고 볼 수는 없으며 골재로 사용하기 위해서는 추가로 골재시험이 필수적이라 판단된다.
2. Slaking 지수와 안정성 시험 결과에서 Slaking 지수(4회)에 98%정도로 측정되는 시료들은 안정성시험에서도 손실율이 크게 측정되었다. 이 시료들은 충리와 점토광물이 많이 포함된 시료들이며 골재로서 재활용성 검토에 중요한 요소로 판단된다.
3. 포아손비가 높을수록 일축압축강도는 크고, P파 속도 또한 높고, Slaking Test에서도 강하며, 마모감량도 낮으며, 비중도 높게 나타난다.
4. 시간경과별 각 시험치들은 E가 시간 경과에 따라 흡수율이 많이 높아졌고 안정성 또한 높은 변화를 보여서 6개월 방치된 상태에서는 KS규격을 벗어났다. 다른 시료들은 이미 예상했던 것처럼 풍화진행에 따라 약해지는 결과를 얻었다.
5. 본 연구에서 8종류의 시료에서 도로의 보조기층재료 및 건설재료로 사용이 가능한 것은 D, E, B1시료로 판정되었으며 대구지역 건설현장에서 발생하는 암석들을 효과적인 재활용을 위해 시료들의 콘크리트 공시체 강도에 관한 연구 및 혼합골재에 대한 좀더 심도 깊게 연구할 필요성이 있다고 판단된다.

참고 문헌

1. 윤지선, 1991, 암석·암반의 조사와 시험, (사단법인)일본 토질 공학회편
2. 한국 산업규격(KSF)
3. 건설부, 기술지침서 21·22, 1986, 콘크리트용의 골재·콘크리트의 혼화재료
4. 허정오, 1987, 골재의 품질이 콘크리트의 역학적 특성에 미치는 영향에 관한 연구, 청주대학교 대학원