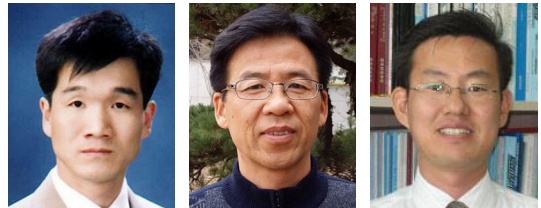


평창 동계 올림픽 대비 도로개량 사업

- 아스팔트 플랜트의 시설, 골재 및 아스팔트 -



이재수 | 한국도로공사 도로개량사업단 단장

이익배 | 한국도로공사 도로개량사업단 품질환경팀장

이경하 | 한국도로공사 도로개량사업단 포장자문

1. 개요

중부선, 영동선의 도로개량 사업은 평창올림픽의 성공적인 추진을 지원하며, 노후 안전시설 조기 개선으로 안전성을 제고하기 위한 사업이다. 본 기사에서는 지난 호에 이어서 아스팔트 플랜트의 시설, 골재 및 아스팔트에 대하여 기술하고자 한다.

2. 아스팔트 플랜트 시설 조사

도로개량 사업에서는 중부선과 영동선의 집중보수를 위하여 아스팔트혼합물의 생산을 희망하는 아스콘 업체를 대상으로 플랜트 시설을 조사하였다. 조사는 도로개량 사업을 시작하기 전인 2015년 10월부터 12월까지 조사를 하였으며, 조사 대상업체는 참여 희망 플랜트 26개소가 대상이며, 수도권 지역 14개소와 강원지역 12개소를 대상으로 하였다.

2.1 아스팔트 플랜트 시설 조사

아스팔트 플랜트 시설은 골재저장소와 아스팔트 저장탱크, 채움재 및 더스트 사일로, 콜드 빈, 핫 빈 등에 대하여 시설기준을 만족하는지 조사하였다. 판정은 우수, 보통, 미흡으로 판정하였으며, 이에 대한 기준은 다음과 같이 정하였다.

2.1.1 골재 저장소

골재 저장소 체적은 6일 이상 생산량을 저장할 수 있어야 한다. 골재 저장소는 지붕시설이 설치되며 별도의 배수시설이 설치되어야 한다. 골재 저장은 칸막이 시설로 골재를 충분히 분리할 수 있어야 한다. 골재저장소 바닥은 콘크리트 또는 아스팔트 포장이고, 배수가 원활하여야 한다.

2.1.2 아스팔트 저장탱크

아스팔트 저장탱크 수량은 2개 이상이어야 하며,



(a) 골재 저장소



(b) 잔골재 저장소 지붕 설치

그림 1. 골재 저장소

최소 50,000 l 이상 1개, 100,000 l 이상 1개를 보유하여야 한다. 교정필증과 종류별 제조사별 식별표지 설치와 간접가열 방식이어야 하며, 보온장치가 설치되고 누유가 없어야 한다.

2.1.3 채움재 및 더스트 사일로

채움재 및 회수더스트 저장 사일로는 식별표지가 설치되고, 풍화방지를 위한 투입구가 밀폐되어야 하며, 시료 채취 및 점검구가 설치되어야 한다.



(a) 투입구 밀폐



(b) 제조사별 식별표지

그림 3. 더스트 사일로



(a) 아스팔트 탱크 전경



(b) 제조사별 식별표지

그림 2. 아스팔트 탱크

2.1.4 골재 콜드빈 및 피더와 컨베이어 벨트

콜드빈 수량은 4개 이상이어야 하고, 콜드빈 및 콜드피더와 컨베이어 벨트에 지붕이 설치되어야 한다. 콜드빈 게이트는 개폐 높이 조절이 가능하고, 골재 유출 시 VS 모터의 RPM은 흔들림이 없어야 한다(최대 ±50rpm).



(a) 콜드 빈 지붕 설치



(b) 오버플로우 골재 저장 빈

그림 5. 핫 빈



(b) 콜드피더 및 컨베이어 지붕 설치

그림 4. 콜드 빈

2.1.5 핫빈, 오버플로우 골재 저장빈, SMA용 섬유 투입장치

핫빈 수량은 4개 이상이어야 하고, 핫스크린은 3.5mm, 6mm 스크린이 설치되고, 핫스크린은 막혀 있지 않아야 하며, 예비스크린은 종류별로 보유하여야 한다. 핫빈에서 시료채취가 가능하여야 하며, 오버플로우 골재 저장빈은 3m³ 이상이어야 한다. SMA용 섬유 투입장치와 계량조가 설치되어야 한다.



(a) 핫 빈과 온도계 교정필증



(a) 계량장치 교정필증



(b) 온도계 교정필증

그림 6. 계량장치 및 온도계 교정필증

2.1.6 계량장치 및 온도계

계량장치와 온도계는 년 1회 이상 하중검사를 실시하고, 교정필증을 부착하여야 한다.

2.1.7 조종실

아스팔트 혼합물 배출구 부근에 적외선 온도계가

부착되어야 하며, 적외선 온도계는 작동 가능하고 1년 이내에 실시된 교정성적서를 보유하여야 한다. 콜드빈 호퍼의 저장상태와 골재 유출상태는 모니터로 확인되어야 한다.



(a) 적외선 온도계



(b) 조종실 모니터

그림 7. 조종실

2.1.8 품질관리 인력

품질관리 인력은 2인 이상이어야 하며, 품질관리 교육은 품질관리(포장분야) 관련교육 이수자가 1인 이상이어야 한다. 생산분야는 관련분야 교육 이수자가 1인 이상이어야 한다.

2.1.9 품질시험 장비

SMA시험에 필요한 특수한 장비를 보유하여야 한다.

- ① 아스팔트 함량 시험기 1대(연소방식)
- ② 아스팔트 혼합물 믹서(용기 벽과 바닥에 붙어 있는 아스팔트 혼합물 교반 가능)



(a) 시험실 전경



(b) 아스팔트 혼합물 믹서

그림 8. 품질시험 장비

2.2 아스팔트 플랜트 시설 조사결과

아스팔트 플랜트의 시설조사를 각 항목별로 우수, 보통, 미흡을 평가하고, 이를 통계 분석하여 그림 9에 나타냈다. 그림 9에서 골재 저장소의 체적이 미흡한 것으로 나타났고, 시험장비가 일부 미흡한 것으로 나타났다.

표 1에서 골재 저장시설이 6일 생산량을 만족하는 비율은 전체 평균이 35%로 부족한 편인 것으로 나타났다.

표 1. 지역별 플랜트 기준 만족 개소수

구 분	시설 기준	수도권 (14개소)	원주, 횡성 (5개소)	평창, 강릉 (7개소)	계
골재 저장소	6일 생산량	7	2	0	9
아스팔트 탱크	2개 이상	11	5	6	22
콜드 빈	5개 이상	13	4	6	23
핫 빈	4개 이상	14	5	7	26
특수 시험장비	-	11	2	0	13
섬유 투입장치	-	14	3	3	20

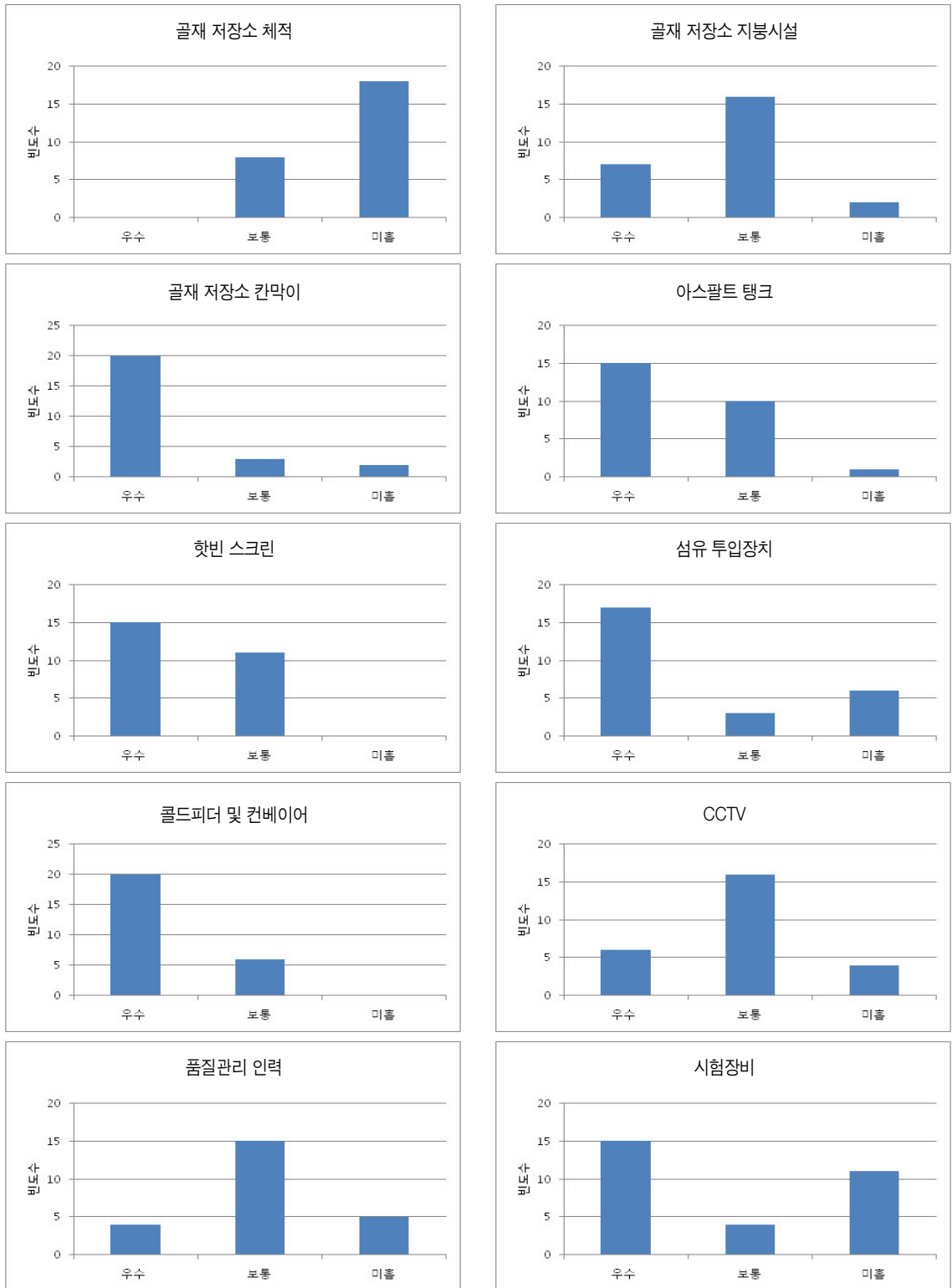


그림 9. 플랜트 시설조사 결과

타났다. 표 1에서 강원지역은 수도권지역에 비하여 시설기준 만족율이 많이 낮으며 평창, 강릉이 특히 낮은 것으로 나타나서 강원지역의 시설 보완이 필요하여 개선토록 하였다.

3. 골재 및 아스팔트의 특성

3.1 아스팔트 및 바리 특성

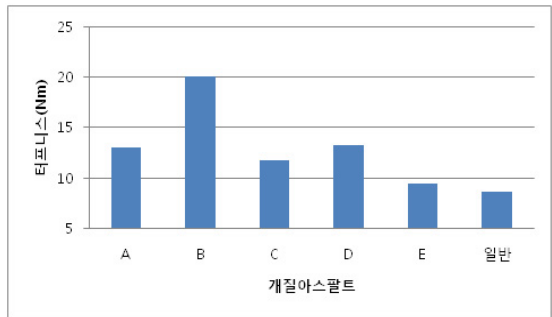
현재 국내에서 적용되고 있는 개질아스팔트는 대략 5종으로 분류된다. 이 5종의 개질아스팔트에 대하여 공용성 등급의 기준에 맞는지 확인하기 위하여 표 2와 같이 고속도로에 적용중인 개질아스팔트의 공용성 등급 시험을 실시하였다. 표 2에서 공용성 등급은 PG 76-22를 만족하는 것으로 나타났다.

표 2. 개질아스팔트의 공용성등급 시험결과

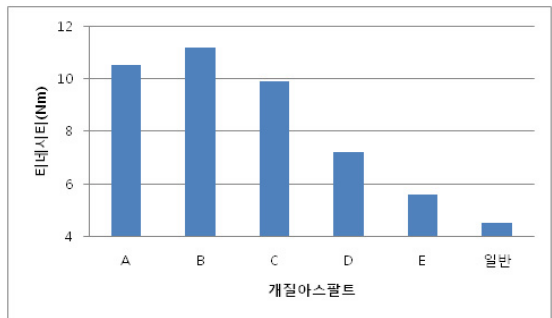
시험항목	단위	기준	개질아스팔트				
			A	B	C	D	E
공용성등급			PG76-22	PG76-22	PG76-22	PG76-22	PG76-22
$G^*/\sin\delta$ at 76°C(Original)	kPa	≥1.0	1.43	1.65	1.69	1.36	2.96
$G^*/\sin\delta$ at 76°C(after RTFO)	kPa	≥2.2	2.42	2.89	2.77	2.39	2.48
$G^*/\sin\delta$ at 31°C(after PAV)	kPa	≤5,000	1,300	2,260	1,660	1,860	2,010
Stiffness at -12°C	MPa	≤300	150	156	141	167	168
m-value at -12°C	-	≥0.3	0.32	0.33	0.32	0.32	0.33

일본에서는 개질아스팔트의 규격을 I, II, III, H 형으로 구분하고 있으며, 시험규격으로는 기존의 침입도 규격과 아울러 터프니스 및 티네시티 시험을 실시하고 있다. 터프니스 및 티네시티 시험¹⁾은 아스팔트의 파악력 및 점결력을 평가하는 시험이다. 그림 10은 터프니스 및 티네시티 시험결과로서 개질아스팔트의 종류에 따라 많은 차이가 있음을 보여주고 있다. 모든 개질아스팔트가 일반아스팔트에 비해 터

프니스 및 티네시티가 높은 것으로 나타났고, B 개질아스팔트는 터프니스 및 티네시티가 매우 우수한 것으로 나타났다.



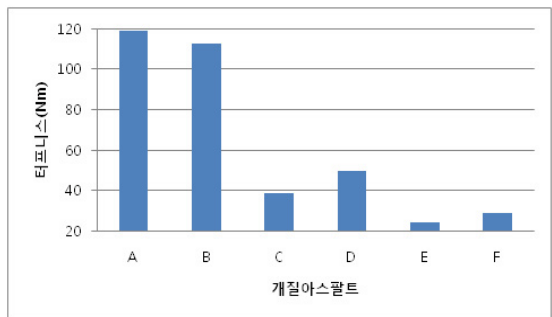
(a) 터프니스



(b) 티네시티

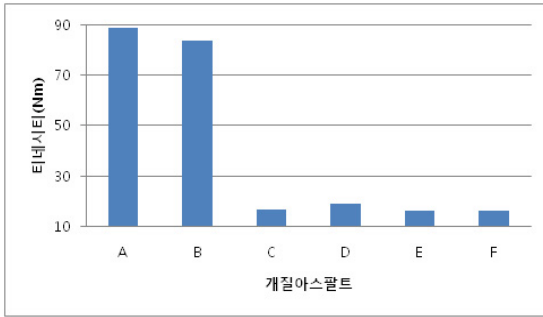
그림 10. 아스팔트의 터프니스 및 티네시티 시험결과

배수성 포장용 개질아스팔트의 경우에는 터프니스 및 티네시티가 매우 중요한데, 그림 11에서 개질아스팔트 A와 B가 배수성 포장용 개질아스팔트로서 매우 우수한 것으로 평가되었다. 공용성등급 시험과



(a) 터프니스

1) KS F 2488 개질아스팔트의 파악력 및 점결력 시험방법



(b) 티네시티

그림 11. 배수성 포장용 개질아스팔트의 터프니스 및 티네시티 시험결과

아울러 터프니스 및 티네시티는 개질아스팔트의 특성을 변별력있게 나타내는 중요한 지표인 것으로 판단되었다.

골재의 아스팔트 피복 상태를 평가하기 위하여 그림 12와 같이 동적 수침 시험을 수행하였으며, 일반 아스팔트에 비하여 개질아스팔트가 피복율이 우수한 것으로 나타났다.



(a) 동적 수침시험



(b) 일반

(c) 박리방지제 투입

그림 12. 동적 수침 시험 후 골재의 피복 상태

표 3에서는 골재와 아스팔트 중에서 어떠한 인자가 피복율에 영향을 크게 미치는지 분석하기 위하여 3개의 아스팔트와 3개의 골재에 대하여 동적 수침 시험을 실시하였다.

표 3. 동적 수침 시험 결과

골재 구분	피복율 (%)		
	일반	개질 A	개질 B
골재 A	73	73	83
골재 B	63	75	68
골재 C	17	47	47

표 4의 분산분석 결과에서 p값은 골재가 0.011로 아스팔트의 0.184보다 작은 것으로 나타났고, F값은 골재는 기각치를 만족하는 반면에 아스팔트는 기각치에 미달되는 것으로 나타났다. 따라서 동적 수침 시험에 의한 피복율은 골재에 의한 영향이 아스팔트에 의한 영향보다 큰 것으로 나타났다.

표 4. 분산분석 결과

구분	제곱합	자유도	제곱평균	F값	P값	F기각치
골재	2609	2	1304	16.4	0.011	6.9
아스팔트	422	2	211	2.7	0.184	6.9

3.2 골재의 특성

도로개량 사업에서는 현재 22개의 아스팔트 플랜트가 참여하고 있으며, 이 중에서 SMA 골재만을 대상으로 골재의 특성을 살펴보고자 한다. 표 5는 지금까지 아스팔트 혼합물의 배합설계가 완료되어 본 생산을 진행중인 플랜트를 대상으로 단입도 골재의 특성을 파악하였다. 표 5에서 13mm 골재의 10mm 통과율은 평균적으로 15.2%, 10mm 골재의 5mm 통과율은 평균적으로 8.5%, 6mm 골재의 5mm 통과율은 평균적으로 67.0%로 나타났다.

도로개량사업에서 가장 많이 사용하고 있는 10mm 골재의 표준밀도는 2.699, 흡수율은 0.77,

표 5. 단입도 골재의 특성

구분	통과율 (%)						표준 밀도 (g/cm ³)	흡수율 (%)	편장석 (%)	안정성 (%)	마모율 (%)
	13 mm	10 mm	5 mm	2.5 mm	0.6 mm	0.08 mm					
13mm	92.9	15.2	1.0	-	-	-	2.703	0.69	5.7	2.7	19.8
10mm	100	90.9	8.5	1.7	1.4	-	2.699	0.77	6.3	2.8	20.8
6mm	-	100	93.1	67.0	33.1	7.1	2.657	1.08	-	1.1	-

편장석 함유율은 6.3%, 안정성은 2.8%, 골재 마모율은 20.8%로 나타났다. 골재의 표준밀도는 13mm로 갈수록 밀도가 크며, 흡수율은 6mm로 갈수록 흡수율이 높았다. 편장석과 마모율은 13mm가 10mm보다 낮은 것으로 나타났다.

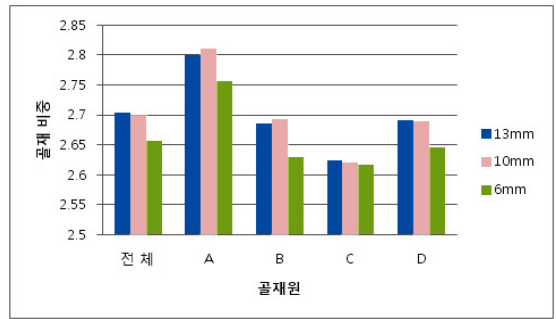
표 6은 골재원별 통과중량 백분율을 통계 분석한 것으로 13mm와 10mm 골재, 6mm 골재 모두 A 골재원이 변동계수가 가장 커서 골재변동이 큰 것으로 나타났다. 골재입도의 적정성은 10mm 골재의 경우 4.75mm 통과율이 대략 12% 이하가 적정하나, C 골재의 경우에는 다소 높아서 세립화 경향을 나타냈다. 6mm 골재의 경우 2.5mm 통과율이 대략 57~66% 이하가 적정하나, B, C, D 골재가 2.5mm 통과율이 70%를 넘어서 세립화 경향을 나타냈다.

표 6. 골재원별 통과중량 백분율

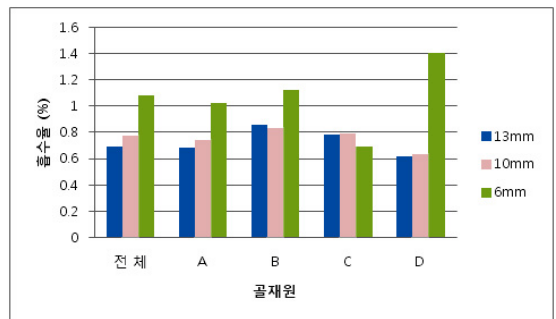
골재 구분	체크기 (mm)	통계 구분	통과중량 백분율 (%)				
			전체	A	B	C	D
13 mm	10	평균	15.2	15.6	13.5	20.0	6.3
		표준편차	5.6	4.5	-	2.4	-
		변동계수	0.37	0.29	-	0.12	-
10 mm	4.75	평균	8.5	4.9	11.3	14.5	2.8
		표준편차	5.3	1.7	3.3	3.7	1.4
		변동계수	0.63	0.35	0.29	0.26	0.50
6 mm	2.5	평균	67.0	62.9	70.8	70.0	71.7
		표준편차	6.5	4.3	2.7	3.1	1.6
		변동계수	0.10	0.07	0.04	0.04	0.02

그림 13은 골재원별 비중 및 흡수율을 분석한 결과로서 골재비중은 그림 13에서 A골재가 비중이 특히

크며, C골재가 비중이 가장 낮은 것으로 나타났다. 흡수율은 6mm 잔골재가 조골재에 비하여 흡수율이 높은 것으로 나타났으며, 6mm 골재 중에서는 D골재의 흡수율이 가장 크고 C골재가 가장 낮은 것으로 나타났다.



(a) 골재 비중



(b) 흡수율

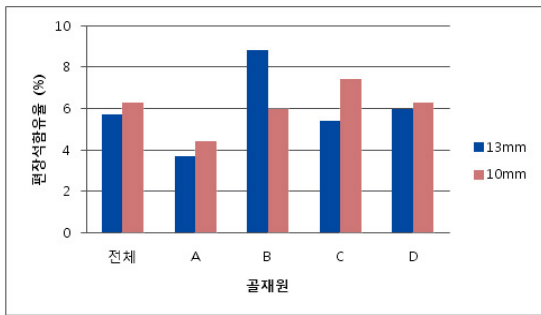
그림 13. 골재원별 골재 종류별 비중 및 흡수율

표 7은 변동계수 범위를 나타낸 것으로 13mm와 10mm 골재는 골재입도의 변동이 큰 것으로 나타났으며, 6mm 골재는 비중 및 흡수율의 변동이 큰 것으로 나타났다.

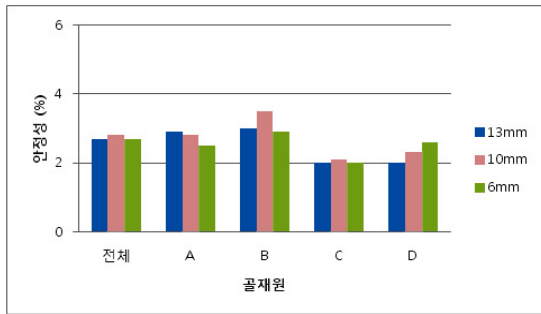
표 7. 변동계수 범위

구분	변동계수 범위		
	골재입도	비중	흡수율
13mm	0.12~0.19	0.002~0.003	0.08~0.10
10mm	0.26~0.50	0.002~0.006	0.03~0.10
6mm	0.02~0.07	0.003~0.034	0.06~0.75

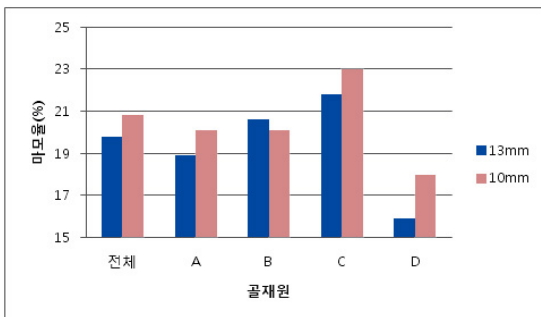
그림 14는 골재원별 골재의 특성을 나타낸 것이다. 편장석 함유율은 1등급 골재의 기준이 10% 이하이며, A 골재가 가장 낮아서 A골재가 편장석이 매우 양호한 것으로 나타났다. 안정성은 기준이 12% 이하이며 C 골재가 가장 낮은 것으로 나타났고, 대부분의 골재가 비슷하게 양호한 수준으로 나타났다. 마모율은 기준이 30% 이하이고 도로개량사업단에서는 골재를 엄격하게 관리하기 위하여 마모율의 관리 기준을 25% 이하로 하도록 하였다. 마모율은 D골재가 가장 낮아서 양



(a) 편장석 함유율



(b) 안정성



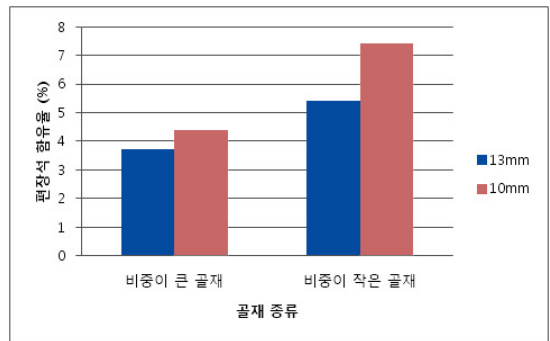
(c) 마모율

그림 14. 골재원별 골재 특성

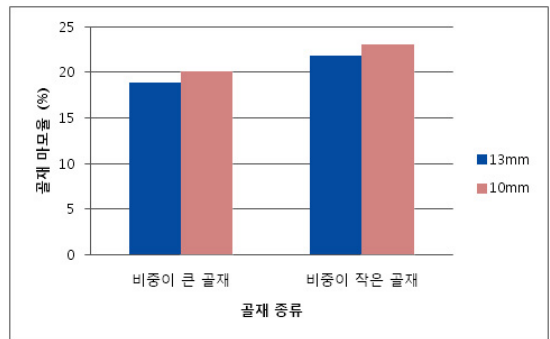
호한 것으로 나타났고, C골재가 가장 높아서 타 골재에 비하여 골재의 마모율이 큰 것으로 나타났다.

골재의 비중에 따른 골재의 특성을 분석하기 위하여 비중이 가장 큰 골재와 비중이 가장 작은 골재를 그림 15에서 비교하였다. 편장석은 골재 파쇄방법과 크러셔의 종류에 따라 차이가 있지만 여기서는 일반적인 통계적 결과를 분석하였다.

그림 15에서 비중이 큰 골재가 비중이 작은 골재에 비하여 10mm와 13mm 골재 모두 편장석이 양호한 것으로 나타났고, 마모율 역시 10mm와 13mm 골재 모두 마모율이 낮아서 골재 강도가 큰 것으로 나타났다.



(a) 편장석 함유율



(b) 골재 마모율

그림 15. 골재비중의 종류에 따른 편장석 함유율과 마모율

4. 맺음말

영동선 및 중부선의 도로개량사업은 22개의 아스

팔트 플랜트가 참여하는 대규모 아스팔트 포장 개량사업인 만큼 참여하는 아스팔트 플랜트가 많은 관계로 품질관리에 어려운 점이 많았다. 도로개량 사업의 아스팔트 포장에서 대부분을 차지하는 SMA는 매우 높은 수준의 품질관리를 요구한다. 일부 지역의 아스팔트 플랜트는 SMA 생산경험이 없는 플랜트가 많아서 플랜트 시설부터 아스팔트 혼합물 배합설계와 생산 시 품질관리에 이르기까지

세심한 품질관리가 필요하였고, 문제점 발생 시 지속적으로 원인을 분석하여 문제점을 보완 또는 개선하였다.

한국도로공사 도로개량사업단에서는 2017년 12월 준공을 목표로 고객불편을 최소화하며, 최상의 품질, 평탄성 확보를 위한 국민 행복가치를 실현하고, 고품격 리모델링 완수 및 평창올림픽의 성공적인 지원을 위하여 최선의 노력을 다할 것을 다짐한다.

회원가입안내

본 학회는 건설교통부장관의 설립허가(1999. 5. 29)를 받은 사단법인 한국도로학회입니다. 본 학회는 다음 사업내용으로 건설한 학회운영을 하고 있습니다. 여러분의 기술적 자질향상을 위해서 널리 회원을 모집하오니, 본 사업취지에 찬동하시는 개인이나 단체는 입회하시어 본 학회의 발전에 협조하여 주시기 바랍니다.

사업내용

- 도로공학에 관한 국내외 기술교류와 공동연구
- 도로공학에 관한 조사연구와 성과의 보급
- 도로공학에 관한 저널, 평가 및 교육
- 도로공학에 관한 시방과 기준의 연구
- 학회지·논문집 및 도서의 간행
- 학술발표회, 세미나의 개최
- 현장견학, 시찰 등의 실시
- 기타 학회의 목적에 필요한 사업

회원의 구분

- 정 회 원 : 도로 및 포장공학과 관련된 학문의 학식 또는 경험이 있는 자
- 학생회원 : 도로 및 포장공학과 관련이 있는 학과의 대학, 전문대학에 재학중인 학생
- 특별회원 : 본 학회의 목적사업에 찬동하는 단체
- 참여회원 : 학회 회장을 역임한 자
- 명예회원 : 대의원회에서 추대한 자

회 비

- 입 회 비 : 20,000원(정회원, 종신회원에 한함)
- 연 회 비 : ① 정 회 원 : 30,000원 / (종신회비 400,000원)
- ② 학생회원 : 15,000원(대학 및 전문대학생에 한함)
- ③ 특별회원 : 특급 : 100만원 이상, 1급 : 50만원 이상
- 2급 : 30만원 이상, 도서관회원 : 10만원

입회신청

회원이 되고자 하는 개인이나 단체는 학회 홈페이지에서 회원가입 및 입·연회비를 납부하시기 바라며, 자세한 사항은 학회사무국에 문의하시기 바랍니다.

회비납부

(가입회원명으로 입금) 한국씨티은행 : 102-53510-243 (사)한국도로학회

사무국 : 우)06349 서울시 강남구 밤고개로 1길 10 수서현대벤처빌 617호

전화 : 02-3727-1992~3 전송 : 02-3272-1994

E-mail : ksre1999@hanmail.net <http://www.ksre.or.kr>

사단법인 **한국도로학회**