

서울시 중앙버스전용차로 포장방법 개선방안 연구

A Study on the Improvement of Pavement for Bus Rapid Transit System in Seoul

배윤신

2013-OR-12

서울시 중앙버스전용차로 포장방법 개선방안 연구

A Study on the Improvement of Pavement for Bus Rapid
Transit System in Seoul

연구진

연구책임	배운신	안전환경연구실 연구위원
연구원	안재모	안전환경연구실 연구원

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

요약 및 정책건의

1 연구의 개요

1.1 연구의 배경

- 최근 서울시 도로포장 파손현황을 분석해보면 버스하중으로 인한 도로 파손이 상당부분 차지하는(포트홀 개소 비율 18%, 포트홀 면적 비율 27%) 것으로 나타나 이에 대한 대책 마련이 시급

1.2 연구의 목적

- 이 연구의 목적은 서울시 중양버스전용차로 관리현황과 파손실태를 파악하여 도로파손의 원인을 분석하고 포장방법 개선방안을 도출하는 데 있음.

2 연구의 주요 내용

2.1 서울시 중양버스전용차로 시행 중 문제점

- 중양버스전용차로에 대형버스의 집중·반복통행(정류장 및 교차로구간 등 정차구간에 파손집중)과 포장면 균열부위에 장기 강우 시 빗물의 침투로 도로파손이 가속화
- 중양버스전용차로는 서울시 전체 포장도로 면적의 약 2.5%를 차지하고 있지만 포장의 파손비율은 상당히 높음(포트홀 개소 비율 18%, 포트홀 면적 비율 27%).

- 도로관리과 도로포장팀은 사업소별 전체 노선에 대한 보수 현황만 관리하고 교통운영과 중앙차로팀은 12개 도로축에 대한 보수율 현황을 관리하고 있어 관리체계가 이원화되어 있음.

2.2 중앙버스전용차로 도로파손 원인분석

- 버스전용차로 설계의 문제점
 - 1986년 버스전용차로 설계기준 개발 시 버스의 평균 하중은 약 11톤이었으나 현재 버스의 평균 하중은 14톤에서 19톤임.
 - 따라서 현재 버스하중을 고려할 때 과거 버스 하중을 설계기준에 적용하면 설계단면이 2.6배에서 9배까지 과소 적용
- 유지관리의 문제점
 - 강추위·폭설 등에 의한 수축팽창에 따른 파손율이 일반도로 아스팔트보다 높으며 포장 교체가 내구성이 가장 저하된 상태에서 이루어져 능동적 대처에 어려움.
 - 겨울철 혹한기(폭설) 아스콘 생산 중단 등으로 응급상황 대처가 어려움.
- 버스정류장에서의 물고임으로 인한 파손
 - 버스정류장 설치로 인한 도로 횡단면의 변화로 도로 기층 하부에 물이 침투해 배수불량에 따른 지반침하
- 중앙버스전용차로에서의 버스하중 중첩효과
 - 중앙버스전용차로 설치 전에는 도로 끝차선을 이용하여 버스하중이 분리되어 도로의 파손 빈도가 적었으나 중앙버스전용차로 설치 후에는 중앙차선으로 버스가 주행하여 버스하중이 중첩되는 현상이 발생하여 파손 빈도가 커졌음.
- 정류장에서 급가속/급정거로 인한 파손
 - 버스의 정차 및 출발 시 버스타이어와 아스팔트 사이의 전단력으로 인한 도로 파손

2.3 도로파손 위험도 등급구분

- 도로파손의 두 가지 영향인자(사용연수, 교통량)와 파손율과의 인과관계 설정
- 교통량은 출근시간에 12개 도로축에서 동일노선별 19개 구간으로 분류
- 위험도 등급은 영향계수에 따른 자연적 구분법(Jenks의 최적화방법) 사용

3 정책 제언

3.1 버스전용차로 포장상태 전수조사 실시

- 위험도 등급이 낮은 차로는 육안검토를 하며 등급이 높은 차로는 시험분석을 통한 재료적·구조적 개선이 필요

3.2 버스정류장 물고임 해결방안

- 포트홀 등 파손이 심한 버스정류장은 도로횡단면의 변경 또는 토목섬유를 활용한 포장배수 시행
- 포장하부 배수체계에 대한 전반적 검토 및 배수구 유지관리 필요
- 버스정류장에 투명 강화유리로 된 방지펜스를 설치하여 집중호우 시 고인 물이 튀는 것을 방지

3.3 버스하중을 고려한 도로설계 기준제정

- 버스하중과 교통량을 고려한 보다 강화된 포장시방 기준을 제시
- 초기 버스전용차로 설계기준에 버스하중 과소적용에 대한 보강 필요

3 4 **버스전용차로 도로파손 보수시스템 강화**

- 도로파손 보수 시스템 구축, 소규모 정비에 유지관리 업체 활용, 신속한 도로파손 신고체계 확립

3 5 **버스전용차로 도로파손의 이력관리 철저**

- 도로파손의 정확한 위치 및 교통량 입력
- 파손원인 분석 및 위험도 등급 활용
- 도로관리시스템(RMS)과의 연계

3 6 **중앙버스전용 차로 간격 확보**

- 차량 간격, 승객인원 및 속도 등에 따른 중첩효과에 대한 지속적 연구 필요

3 7 **버스정류장에서 급정거 및 급가속 억제**

- 버스 운전석 앞에 “급정거 및 급발진을 삼가 주세요”라는 경고 메시지를 부착하도록 권고

차례

I	서론	14
1	연구배경 및 목적	14
1 1	연구배경	14
1 2	연구목적	14
2	연구범위 및 내용	15
2 1	연구범위	15
2 2	연구내용	15
II	서울시 중앙버스전용차로 관리현황	18
1	서울시 중앙버스전용차로 현황	18
1 1	기 운영 현황	18
1 2	향후 계획	20
2	중앙버스전용차로 시행 중 문제점	21
2 1	서울시 버스전용차로 도로파손 영향분석	21
2 2	버스전용차로 보수이력 관리	22
III	서울시 중앙버스전용차로 파손실태 및 원인분석	28
1	중앙버스전용차로 파손실태	28
1 1	파손실태	28
1 2	파손특징 및 피해	30
2	중앙버스전용차로 도로파손 영향인자	31
2 1	사용연수와 교통량에 따른 영향	31
2 2	도로파손 영향계수	32

3	중앙버스전용차로 도로파손 원인분석	37
3 1	버스전용차로 설계의 문제점	37
3 2	버스전용차로 유지관리의 문제점	39
3 3	버스정류장에서 빗물고임으로 인한 파손	40
3 4	중앙버스전용차로에서의 버스하중 중첩효과	42
3 5	정류장에서 급가속·급정거로 인한 파손	44
IV	중앙버스전용차로 포장방법 개선방안	48
1	서울시 버스전용차로 설계 개선방안	48
1 1	서울시 버스전용차로 포장상태 전수조사	48
1 2	버스차량에 대한 포장시방기준 제정	48
2	유지관리 및 이력관리 개선방안	50
2 1	버스전용차로 도로파손 보수 시스템 강화	50
2 2	중앙차로팀 포장관리 업무를 도로포장 관리팀이 전담(PMS관리부서)	50
3	버스정류장 물고임으로 인한 도로파손	51
4	버스하중 중첩효과 개선	51
5	급가속·급정거로 인한 도로파손	52
V	결론 및 정책제안	56
1	결론	56
1 1	중앙버스전용차로 효과	56
1 2	중앙버스전용차로 파손 빈번	56
1 3	파손의 주된원인	56
2	정책제안	57
2 1	버스전용차로 포장상태 전수조사	57
2 2	버스정류장 물고임 해결방안	57

2 3	버스하중을 고려한 도로설계 기준제정	57
2 4	버스전용차로 유지관리 및 이력관리 개선	58
2 5	중앙버스차로 간격 확보	58
2 6	급정거 및 급발진 억제를 위한 방안	58
	참고문헌	60
	Abstract	62

표차례

표 2-1	중양버스전용차로 추진현황	19
표 2-2	중양버스전용차로 관리현황	20
표 2-3	중양버스전용차로 파손현황	21
표 2-4	중양버스전용차로 관리	22
표 2-5	연도별 도로파손 보수실적	22
표 2-6	연도별 노선별 도로파손 보수실적	24
표 2-7	중양차로 포장보수 현황 및 계획	24
표 3-1	도로파손의 정의 및 발생 메커니즘	28
표 3-2	보수이력에 의한 포장상태 등급	31
표 3-3	19개 구간에서의 영향계수(I)와 보수율	34
표 3-4	도로포장 예방유지관리조치의 수명에 대한 문헌정보	35
표 3-5	승용차와 버스의 등가단축하중 환산계수	39
표 3-6	현재 버스의 공차와 만차 시 중량비교	39
표 3-7	수분손상 또는 파손의 발생원인 및 영향 요소	42

그림차례

그림 2-1	서울시 중앙버스전용차로 노선 계획도	20
그림 2-2	2009년 1월 포트홀 발생 및 보수실적	21
그림 3-1	소성변형(서울시 양재동)	28
그림 3-2	피로균열(좌 : 삼양동, 우 : 군자동)	29
그림 3-3	포트홀(좌 : 역삼동, 우 : 양재동)	29
그림 3-4	중앙버스전용차로 파손실태	29
그림 3-5	버스정류장 부근 파손	30
그림 3-6	우기 시 버스정류장 부근 빗물 고임	30
그림 3-7	사용연수에 대한 상태등급	32
그림 3-8	교통량에 대한 상태등급	32
그림 3-9	사용연수와 교통량을 고려한 상태등급	32
그림 3-10	교통량 측정을 위한 19개 구간	33
그림 3-11	19개 구간에서의 영향계수(I)와 보수율의 상관관계	35
그림 3-12	기 운영 중인 12개 도로축에 대한 도로파손 위험도	36
그림 3-13	버스 대비 상대적 등가단축하중 환산계수비율	38
그림 3-14	중앙버스전용차로 버스정류장 설치 전 도로횡단면	40
그림 3-15	중앙버스전용차로 버스정류장 설치 후 도로횡단면	41
그림 3-16	도로에 하중이 작용할 경우 같은 압력을 연결한 곡선	43
그림 3-17	중앙버스전용차로 시행 전·후 버스의 차로 이용 형태	43
그림 3-18	버스전용차로에서의 버스하중 중첩효과	44
그림 3-19	버스정류장에서의 급가속·급정거로 인한 파손모식도	45
그림 3-20	버스정류장에서의 급가속·급정거로 인한 파손	45
그림 4-1	포장두께 확보 방안	49

그림 4-2	서울시 버스차량 포장선택 가이드라인(안)	49
그림 4-3	서울시 포장관리시스템(안)	50
그림 4-4	강북구청 사거리 배수구	51
그림 4-5	이격거리 확보에 따른 버스하중 중첩효과 개선	52
그림 4-6	급가속·급정거 캠페인(예)	52
그림 4-7	급가속·급정거로 인한 포장변형	53

I 서론

1 연구배경 및 목적

2 연구범위 및 내용

I 서론

1 연구배경 및 목적

1.1 연구배경

중앙버스전용차로 포장은 최근 버스 통행속도 증가, 차량 중량화와 기후 변화(국지성 집중호우, 아열대화) 등으로 중앙차로부의 파손 및 소성변형이 증가하여 유지비용이 과다해지고 안전사고 위험도 커지고 있다. 최근 서울시 도로포장 파손원인을 분석해보면 버스하중으로 인한 도로 파손(버스전용차로)이 압도적으로 많은 것으로 나타나 이에 대한 대책이 시급하다.

이에 따라 서울시 버스차량 포장현장 자료조사 및 영향 분석이 시급하고 중앙버스전용차로의 포장방법 개선을 통한 유지관리방안 마련과 설계 및 시공기준 제시 연구가 필요하다.

또한 이미 시공된 중앙버스전용차로 파손을 보수하는 방법 및 미연에 방지할 수 있는 대책이 요구되며 보수 후의 실제적인 유지관리 방안에 대한 연구도 필요하다.

1.2 연구목적

이 연구는 서울시 버스전용차로 포장현황 자료조사 및 내용검토, 버스전용차로 내 버스통행량 조사와 포장파손 영향분석, 중앙버스전용차로 도로포장 유지관리 방안 검토와 도로포장 설계 및 시공 현황 조사를 통하여 중앙버스전용차로의 포장방법 개선과 효율적 유지관리방안 마련을 목적으로 함

연구범위

이 연구는 버스하중이 도로포장 파손에 미치는 영향과 서울시 버스전용차로의 현재 파손상태 파악, 버스하중으로 인한 도로포장 파손 감소대책, 파손된 버스전용차로의 보수 및 유지관리방안, 중앙버스전용차로의 포장방법 개선방안 등 4단계로 진행되었다.

연구내용

이 연구의 주요 내용은 크게 ① 서울시 중앙버스전용차로 관리실태, ② 서울시 중앙버스전용차로 파손실태 및 원인분석, ③ 중앙버스전용차로 포장방법 개선방안의 3가지로 구성되어 있다.

서울시 중앙버스전용차로 관리실태에서는 ① 서울시 중앙버스전용차로 현황, ② 중앙버스전용차로 시행 중 문제점의 2가지 요소를 살펴보았다. 서울시 중앙버스전용차로 파손실태 및 원인분석에서는 ① 중앙버스전용차로 파손실태, ② 중앙버스전용차로 도로파손 영향인자, ③ 중앙버스전용차로 도로파손 원인을 파악하였다.

중앙버스전용차로 포장방법 개선방안에서는 ① 서울시 버스전용차로 설계 개선방안, ② 유지관리 및 이력관리 개선방안, ③ 버스정류장 물고임으로 인한 도로파손, ④ 중앙버스전용차로에서의 버스하중 중첩효과, ⑤ 정류장에서 급가속·급정거로 인한 도로파손을 기술하였다.

II 서울시 중앙버스전용차로 관리현황

- 1 서울시 중앙버스전용차로 현황
- 2 중앙버스전용차로 시행 중 문제점

II 서울시 중앙버스전용차로 관리현황

1 서울시 중앙버스전용차로 현황

1 1 기 운영 현황

2012년말 현재 중앙버스전용차로가 시행되고 있는 도로축 수는 12개이며 도로연장 길이는 115.3km이다.

1 1 1 2007년 이전 개통노선

천호대로, 도봉미아로, 수색성산로, 강남대로, 망우로, 경인마포로, 시흥한강로 등 7개 노선(67.9km)이 2007년 이전에 개통되었으며 초기 유색 아스콘에서 개질아스팔트로 전면교체되었다.

1 1 2 2008년~2009년 개통노선

송파대로, 통일로1단계, 공향로1, 동작신반포로, 노량진로, 양화신촌로 등 6개 노선(24.7km)이 2008~2009년에 개통되었으며, 주행로는 개질아스팔트, 정류소 및 교차로는 반강성포장으로 시공되었다.

※ 2008년부터 개질아스팔트로 전면시공(정류소, 교차로만 반강성포장)

1 1 3 2010년~2012년 개통노선

공향로, 통일로2단계, 왕산로, 천호대로BRT 등 4개 노선(22.7km)이 2010~2012년에 개질아스팔트로 시공하여 개통되었다.

※ 2010년초 강추위와 폭설로 반강성포장 파손이 심하여 2010년 이후에는 반강성포장 미채택

그간 경위

- 2004년 1월 : 교통대책회의서 중앙차로구간 유색포장 결정(시장 지시)
- 2004년 11월 : 칼라아스콘 파손분석 및 시방규정 강화(연구용역 시행)
- 2005년 3월 : 기준이 강화된 칼라아스콘 시험포장(미아삼거리 주변)
- 색상유지를 위해 홍석골재 사용(기존에는 산화철 칼라염료 첨가)
- 2005년 4월 : 반강성 적색포장 시험포장(도봉미아로 일부구간)
- 배수성 아스팔트포장에 칼라염료가 첨가된 시멘트밀크 주입(강성 확보)
- 2005년 9월 : 용융분사식 적색포장 시험시공(창경궁로)
- 일본에서 재료를 직수입해 시공
- 2007년 4월 : 중앙차로 포장관리 보고(도시기반시설본부)
- 도봉미아로 등 3개 노선은 개질아스팔트 개량 후 유색코팅
- 2007년 7월 : 중앙차로 포장 유지관리 보고(도시기반시설본부)
- 중앙차로구간의 파손된 포장은 개질아스팔트로 보수

표 2-1 중앙버스전용차로 추진현황

개통연월	도로축	구 간	연장(km)
2003. 7	천호·하정로	아차산역~신답역~신설동	7.6
2004. 7	도봉·미아로	의정부시계~미아삼거리~종로4가	15.8
	수색·성산로	고양시계~수색전철역~이대후문	6.8
	강남대로·삼일로	영동1교~신사역/퇴계로2가~종로2가	5.9
2005. 7	망우로	망우역~중랑교~청량리역	4.8
	경인로	오류IC~영등포역~여의도	6.8
2005.12	시흥·대방로	안양시계~구로디지털역~대방역	9.4
2006.12	한강로	한강대교~서울역남단	5.5
	마포로	마포대교~아현삼거리	5.3
2008. 1	송파대로	성남시계~잠실대교남단	5.6
2008.11	통일·의주로	고양시계~박석고개	2.4
2009. 4	공향로(1단계)	등촌중학교~양화교	2.5
2009. 5	노량진로	대방역~한강대교남단	2.8
2009. 6	신반포로	이수교차로~논현역	3.5
2009.11	동작대로	사당역~이수교차로	2.7

표 계속 중앙버스전용차로 추진현황

개통연월	도로측	구 간	연장(km)
2009.12	양화·신촌로	양화대교~이대역	5.2
2010. 8	공향로(2단계)	발산역~등촌중학교	2.3
	망우로 연장	구리시계~망우역	2.2
2010.12	통일·의주로(1단계)	박석고개~녹번역	3.3
2011.03	천호대로(BRT)	천호사거리~상일IC	5.1
2011.12	통일·의주로(2단계)	녹번역~서소문사거리	5.4
2011.12	왕산로	흥인지문~청량리	3.4

자료 : 서울시 도시기반시설본부 내부자료, 2013

표 2-2 중앙버스전용차로 관리현황

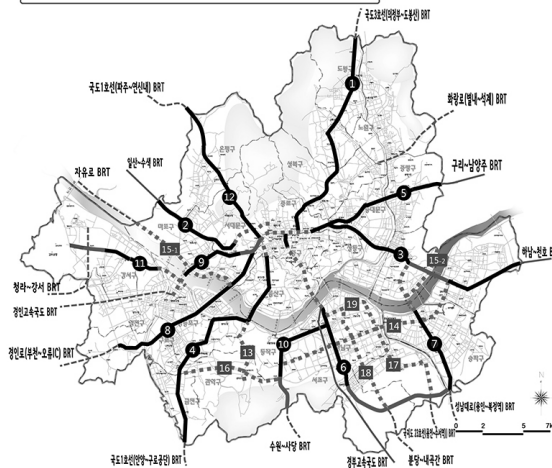
구분	기본 및 실시설계	시공	유지관리
담당부서	도시교통본부 (교통운영과)	도시기반시설본부 (토목부)	도시안전실 (도로관리사업소)

12

향후 계획

18개축 108km(기존노선 연장포함)

중앙버스전용차로 노선 계획도



법 레						
운 영 종		'12년		'13~'14년		'15년 이후 검토대상
연번	도로명명	중연장 (km)	운영종	'12	'13~ '14	'15 이후
1	도봉·미아로	223.3	15.8	15.8	19.2	88.8
2	수색·상산로	9.9	6.8			3.1
3	천호 대로	16.0	12.7		3.3	
4	시흥·완강로	17.7	17.7			
5	망우·왕산로	14.3	10.4			3.9
6	강남대로	21.3	5.9		9.7	5.7
7	송파·자양로	9.6	5.6			4.0
8	광안·마포로	16.2	12.1		1.2	2.9
9	양화·신촌로	7.5	5.2		1.6	1.3
10	동작·신남로	8.4	6.2		2.2	
11	공평로	10.3	4.8	1.0	1.8	2.7
12	통일·의주로	11.6	11.1			0.5
13	관악로	6.1				6.1
14	대계천·홍남로	14.7				14.7
15	강변북로	12.8				12.8
16	남부순환로	7.6				7.6
17	영동대로	10.9				10.9
18	연우로	9.3				9.3
19	도산대로	3.3				3.3

그림 2-1 서울시 중앙버스전용차로 노선 계획도

자료 : 서울시 도시기반시설본부 내부자료, 2013

서울시 버스전용차로 도로파손 영향분석

2004년 서울시 대중교통체계 개편작업과 함께 중앙버스전용차선 제도가 도입된 이래 버스전용차로에 중하중(버스 하중)이 집중되면서 포장파손(소성변형)이 발생하여 포장 수명에 큰 영향을 미치고 있다. 그림 2-2는 2009년 1월 포트홀 발생 및 보수실적을 보여준다. 버스전용차로의 포트홀 개소 비율(18%) 및 포트홀 건수 비율(27%)을 보면 버스전용차로의 비율이 상당히 높은 것을 확인할 수 있으며, 중하중(버스 하중)이 포장파손에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

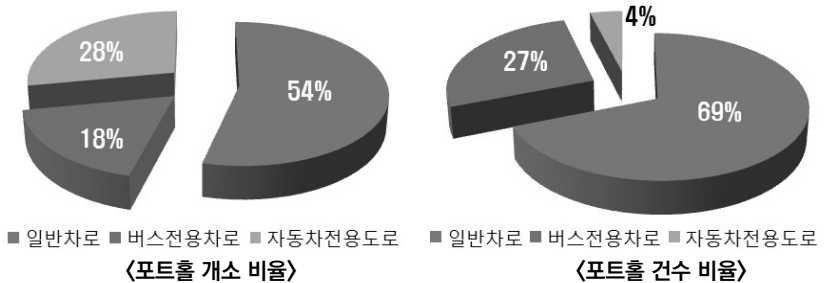


그림 2-2 2009년 1월 포트홀 발생 및 보수실적

자료 : 서울시정개발연구원, 2011

표 2-3 중앙버스전용차로 파손현황

구분	도로파손 현황
원인	중앙차로에 대형버스의 집중·반복통행으로 정류장 및 교차로구간 등 정차구간에 파손이 집중
	포장면 균열부위는 장기 강우 시 빗물의 침투로 파손 가속
비율	버스전용차로는 서울시 전체 포장도로 면적($2.93 \times 10^7 \text{m}^2$)의 약 2.5%($7.45 \times 10^5 \text{m}^2$)를 차지하고 있지만 포장의 파손비율은 상당히 높음

서울시 중앙버스전용차로 관리는 도시교통본부 중앙차로팀과 도시안전실 도로관리과 도로포장관리팀으로 이원화되어 있다.

표 2-4 중앙버스전용차로 관리

담당부서	주요업무
중앙차로팀	• 중앙버스전용차로 예산총괄 • 중앙버스전용차로 정류소 승차대 설치사업 및 유지관리 • 중앙버스전용차로 설치업무(토목) • 중앙버스전용차로 유지관리 및 민원처리 • 가로변 버스전용차로 업무 • 중앙버스전용차로 포장관리
도로포장관리팀	• 도로포장관리시스템 운영 조사 및 분석 • 아스팔트 포장도로 통계 관리 • 포장도로 설계기준 및 시방서, 지침개선에 관한 사항 • 포장도로 소규모 정비 및 긴급복구에 관한 업무 • 특별시·도 포장도로 지도 및 점검

도로관리과 도로포장팀 보수이력 현황관리

도로관리과 도로포장팀은 서울시 도로포장 보수이력 현황을 월별·연도별 소파정비 실적현황 및 사업소별 도로소파 보수실적 등으로 관리한다.

표 2-5 연도별 도로파손 보수실적

구분	계		동부		서부		남부		북부		성동		강서		공단	
	건수	면적 (㎡)	건수	면적 (㎡)	건수	면적 (㎡)	건수	면적 (㎡)	건수	면적 (㎡)	건수	면적 (㎡)	건수	면적 (㎡)	건수	면적 (㎡)
계 (2011년)	52,591	77,702	5,276	6,313	9,639	23,653	7,356	14,819	6,756	6,280	4,527	6,120	9,025	13,682	10,012	6,835
1월	2,149	1,306	337	273	238	219	208	40	285	130	143	100	436	435	502	109
2월	2,747	3,173	503	709	241	443	284	783	425	245	199	146	546	609	549	238
3월	4,048	5,408	471	560	542	1,012	378	824	762	716	406	430	778	1,121	711	745
4월	4,009	8,149	408	651	639	1,895	701	1,582	501	648	239	296	654	878	867	2,199
5월	4,788	9,225	428	630	758	1,914	595	2,449	761	643	444	813	791	1,130	1,011	1,646
6월	7,400	10,058	1,084	1,555	1,359	2,980	907	2,354	929	820	697	615	1,019	1,015	1,405	719
7월	16,623	16,791	1,212	1,381	3,160	4,289	2,438	4,064	2,010	1,857	1,363	1,537	3,166	2,797	3,274	866

표 계속 연도별 도로파손 보수실적

구분	계		동부		서부		남부		북부		성동		강서		공단	
	건수	면적 (㎡)	건수	면적 (㎡)	건수	면적 (㎡)	건수	면적 (㎡)	건수	면적 (㎡)	건수	면적 (㎡)	건수	면적 (㎡)	건수	면적 (㎡)
8월	4,400	5,906	143	101	1,365	3,307	1,271	1,961	455	224	161	117	140	52	865	144
9월	2,446	6,022	149	196	625	1,993	275	505	83	29	527	1,752	524	1,455	263	92
10월	1,378	6,614	141	78	259	3,597	112	112	235	757	112	187	368	1,865	151	18
11월	1,165	3,344	213	105	252	1,277	89	34	96	109	137	82	228	1,720	150	17
12월	1,438	1,706	187	74	201	727	98	111	214	102	99	45	375	605	264	42
계 (2012년)	41,313	63,989	5,547	3,089	6,923	15,517	6,096	17,524	5,819	5,540	2,841	2,132	6,511	19,019	7,576	1,168
1월	1,388	682	214	90	216	151	170	163	204	76	101	66	298	110	185	26
2월	1,591	1,372	265	124	195	467	316	179	172	79	98	57	335	436	210	30
3월	2,652	2,456	399	208	349	705	372	542	509	219	263	143	339	582	421	57
4월	3,742	6,650	460	308	683	1,988	447	2,174	675	712	224	124	739	1,268	514	76
5월	2,614	8,638	340	207	518	2,945	379	1,888	418	546	134	95	478	2,920	347	37
6월	1,872	8,170	346	214	293	2,036	361	2,086	244	544	79	65	247	3,187	302	38
7월	4,674	8,660	542	439	813	2,158	715	1,771	667	907	373	339	675	2,904	889	142
8월	7,293	10,474	741	661	1,225	1,819	1,647	4,954	798	776	467	448	998	1,488	1,417	328
9월	5,224	6,497	1,145	281	875	1,397	488	1,002	639	883	308	446	636	2,350	1,133	138
10월	1,543	5,107	342	194	217	786	133	974	274	314	95	93	260	2,725	222	21
11월	1,755	2,375	335	162	175	363	175	1,053	310	168	142	61	303	542	315	26
12월	6,965	2,908	418	201	1,364	702	893	738	909	316	557	195	1,203	507	1,621	249
계 (2013년)	43,451	49,895	4,246	4,829	7,431	11,531	5,560	13,308	6,660	3,711	4,230	3,128	7,180	11,967	8,144	1,421
1월	11,433	7,008	1,038	424	2,049	2,028	1,569	1,467	1,694	740	1,184	732	1,858	1,294	2,041	323
2월	14,354	11,199	1,256	472	2,525	2,484	1,747	3,726	2,223	1,062	1,717	898	2,460	2,046	2,426	511
3월	6,056	7,365	535	917	1,079	2,458	684	955	957	559	540	358	959	1,927	1,302	191
4월	6,976	15,545	741	1,479	1,167	3,023	973	6,002	1,022	524	468	835	1,136	3,428	1,469	254
5월	4,632	8,778	676	1,537	611	1,538	587	1,158	764	826	321	305	767	3,272	906	142

주 : 2013년도 보수실적은 5월까지 집계임

자료 : 서울시 내부자료, 2013

표 2-5에서 보는 바와 같이 도로포장팀은 사업소별 전체 노선에 대한 보수 현황만 관리하고 있다.

표 2-6 연도별 노선별 도로파손 보수실적

연도	사업소명	위 치	건수
2011	소계		52,591
	동부	천호대로외 37개 노선	5,276
	서부	가좌로외 68개 노선	9,639
	남부	가마산길외 43개 노선	7,356
	북부	4.19길외 70개 노선	6,756
	성동	왕십리길외 50개 노선	4,527
	강서	남부순환로외 47개 노선	9,025
	공단	강변북로외 13개 노선	10,012
2012	소계		41,313
	동부	천호대로외 37개 노선	5,547
	서부	가좌로외 68개 노선	6,923
	남부	가마산길외 43개 노선	6,096
	북부	4.19길외 70개 노선	5,819
	성동	왕십리길외 50개 노선	2,841
	강서	남부순환로외 47개 노선	6,511
	공단	강변북로외 13개 노선	7,576

자료 : 서울시 내부자료, 2013

2.2.2 교통운영과 중앙차로팀 보수이력 현황관리

교통운영과 중앙차로팀은 노선별 연장, 포장면적, 보수율, 포장보수 규모 등에 대한 데이터를 구축하고 있다. 효율적인 현황관리를 위해서는 파손원인, 위치, 교통량에 대한 정보가 필요하다.

표 2-7 중앙차로 포장보수 현황 및 계획

개통 연월	노 선 명	연장 (km)	포장면적 (a)	보수율 (%)	포장 보수규모(a)							'13 보수계획 (a)
					소계	'07	'08	'09	'10	'11	'12	
03. 7	천호·하정로	7.6	543	110.7	601	170	312				69	50
04. 7	도봉·미아로	15.8	1,129	96.6	1091	718			60	137	133	43
	수색·성산로	6.8	486	185.8	903	375	193	152	104	33	46	
	강남대로·삼일로	5.9	422	90.0	380	323				57		

표 계속 중앙차로 포장보수 현황 및 계획

개통 연월	노 선 명	연장 (km)	포장면적 (a)	보수율 (%)	포장 보수규모(a)							'13 보수계획 (a)
					소계	'07	'08	'09	'10	'11	'12	
05. 7	망우로	4.8	343	57.4	197	23			112		22	40
	경인로	6.8	486	86.0	418	186	99			80	35	18
05.12	시흥·대방로	9.4	672	111.0	746			530	176		26	14
06.12	한강로	5.5	393	63.4	249			72	123		25	29
	마포로	5.3	379	18.2	69			31			23	15
08. 1	송파대로	5.6	400	20.3	81					46	35	
08. 11	통일·의주로	2.4	171	0.0	0							
09. 4	공향로(1단계)	2.5	179	12.8	23						10	13
09. 5	노량진로	2.8	200	41.0	82						82	
09. 6	신반포로	3.5	250	10.4	26						26	
09. 11	동작대로	2.7	193	16.6	32							32
09. 12	양화·신촌로	5.2	371	23.2	86							86
10. 8	공향로(2단계)	2.3	165	0.0	0							
	망우로연장	2.2	157	0.0	0							
10. 12	통일로(1단계)	3.3	236	0.0	0							
11.3	천호대로(BRT)	5.1	364	0.0	0							
11.12	통일로(2단계)	5.4	385	0.0	0							
11.12	왕산로	3.4	242	5.8	14						4	10
12.12	공향로연장	1.0	72	0.0	0							
소계		115.3	8,238	60.7	4,998	1,795	604	785	575	353	536	350

자료 : 서울시 내부자료, 2013

III 서울시 중앙버스전용차로 파손실태 및 원인분석

- 1 중앙버스전용차로 파손실태
- 2 중앙버스전용차로 도로파손 영향인자
- 3 중앙버스전용차로 도로파손 원인분석

III 서울시 중앙버스전용차로 파손실태 및 원인분석

1 중앙버스전용차로 파손실태

1.1 파손실태

서울시 포장상태를 확인하기 위하여 서울시내 도로포장 현장조사를 실시하였다. 그림 3-1, 그림 3-2, 그림 3-3은 각각 소성변형, 피로균열, 포트홀을 보여주며, 표 3-1은 도로파손의 정의 및 메커니즘을 나타내고 있다.

표 3-1 도로파손의 정의 및 발생 메커니즘

구분	정의 및 발생 메커니즘
소성변형	소성변형은 지속적인 교통하중에 의해 바퀴가 접촉하는 양쪽 측면이 밀려 올라와 종방향으로 포장이 손상되는 현상을 의미한다. 소성변형은 크게 보조기층 및 노상에서 발생하는 소성변형(Consolidation)과 표층에서만 발생하는 소성변형(Rutting)으로 구분한다.
균열	반복 교통하중에 의해 아스팔트 콘크리트의 피로 파괴로 인하여 발생하는 일련의 상호 연결된 균열을 의미한다. 균열의 종류에는 크게 거북등균열, 종·횡방향 균열, 패칭, 시공 줄눈 등이 있다.
포트홀	포트홀은 아스팔트 포장의 공용 시에 포장 표면에 생기는 국부적인 작은 구멍으로, 시공 시 전압 부족, 혼합물의 품질 불량, 배수구조 불량 등의 이유로 발생한다.

자료 : 위성동, 2002



그림 3-1 소성변형 (서울시 양재동)



그림 3-2 피로균열(좌 : 삼양동, 우 : 군자동)



그림 3-3 포트홀(좌 : 역삼동, 우 : 양재동)

그림 3-4는 서울시 중앙버스전용차로 주요 파손실태를 보여준다.



마포로(소성변형)

통일·의주로(소성변형)



한강로(탈색)

수색·성산로(포트홀)

그림 3-4 중앙버스전용차로 파손실태

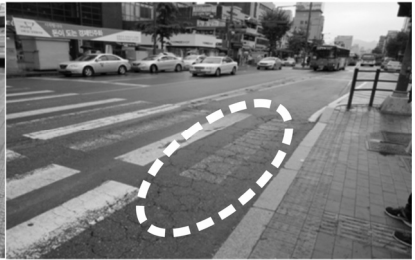
1 2 파손특징 및 피해

1 2 1 버스정류장 부근파손

버스전용차로는 버스정류장 부근에서 집중적인 도로파손이 발생한다. 이는 버스가 정차 후 출발하면서 주행차로보다 버스정류장 도로포장에 전단력을 가중시키기 때문으로 판단된다. 특히 좌측의 차측보다 승객이 승·하차하는 우측차측에서 파손이 심하다.



강북구청 사거리



수유역

그림 3-5 버스정류장 부근 파손

1 2 2 우기 시 빗물고임

우기 시 배수불량이 발생하면 버스정류장의 파손된 부분에 빗물이 고여 버스가 통과할 때 주·정차 정류장에서 기다리고 있는 시민들에게 빗물이 튀어 불편을 초래한다. 따라서 정류장 부근 파손원인 분석과 배수체계에 대한 총체적인 검토가 필요하다.



강북구청 사거리



수유역

그림 3-6 우기 시 버스정류장 부근 빗물 고임

사용연수와 교통량에 따른 영향

서울시 도로포장 대상의 대부분은 20~30년 이상 된 도로이며, 유지보수 시 파손 규모에 따라 소파보수, 평삭¹ 및 덧씌우기 등 유지공법을 시행하고 있다. 임영환(2003)의 연구에 따르면 덧씌우기 횟수가 증가함에 따라 차후 유지보수까지 포장의 소요수명이 점차 줄어드는 경향이 나타난다.

표 3-2는 덧씌우기 횟수와 사용연수에 따른 도로포장 상태등급을 보여준다. 덧씌우기 횟수가 일정한 경우 그림 3-7과 같이 사용연수에 따라 상태등급이 떨어지며 교통량에 대한 상태등급도 그림 3-8과 같이 교통량 증가에 따라 떨어진다.

표 3-2 보수이력에 의한 포장상태 등급

사용연수 횟수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1등급			2등급					3등급	
2	1등급	2등급			3등급					
3	1등급	2등급		3등급						
4	1등급	2등급	3등급							
5	1등급	2등급	3등급							
6	2등급		3등급							

자료 : 한국도로학회, 2005

1

평삭기를 이용해 포장 노면을 전체적으로 약간 깎아내는 방법

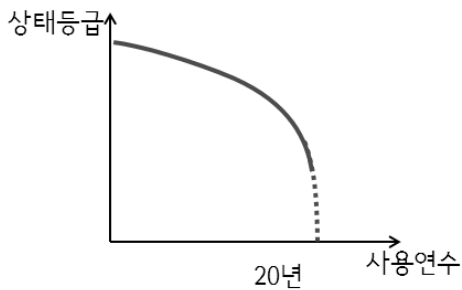


그림 3-7 사용연수에 대한 상태등급

2.2

도로파손 영향계수

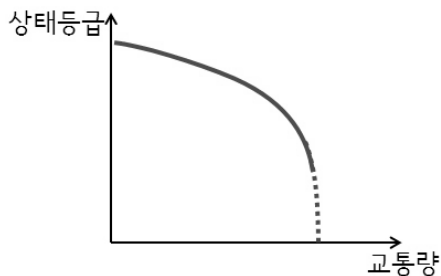


그림 3-8 교통량에 대한 상태등급

이 연구에서는 버스전용차로 상태등급에 미치는 영향계수(I)를 사용연수와 교통량의 함수로 다음과 같이 정의하였다.

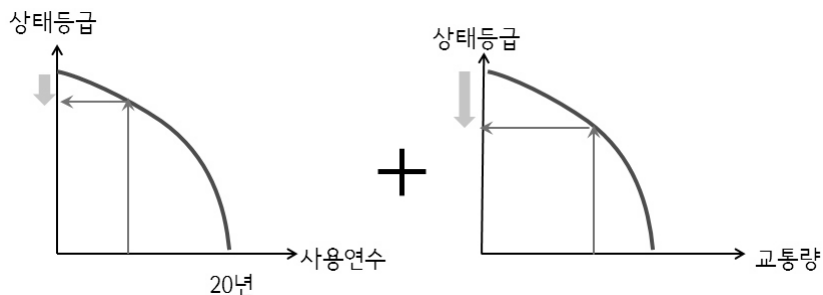


그림 3-9 사용연수와 교통량을 고려한 상태등급

$$\text{영향계수}(I) = f(\text{사용연수}, \text{교통량}) = \alpha \times \text{사용연수} + \beta \times \text{교통량}$$

여기서 가중치(α , β)는 동일하게 0.5로 부여하였으며 각각의 변수는 표준화하였다.

그림 3-10과 같이 출근시간(오전 9시부터 오전 10시까지)에 교통량 측정을 위하여 2012년 기준 운영 중인 12개 도로축에서 동일노선별 19개 구간을 선정하였다.

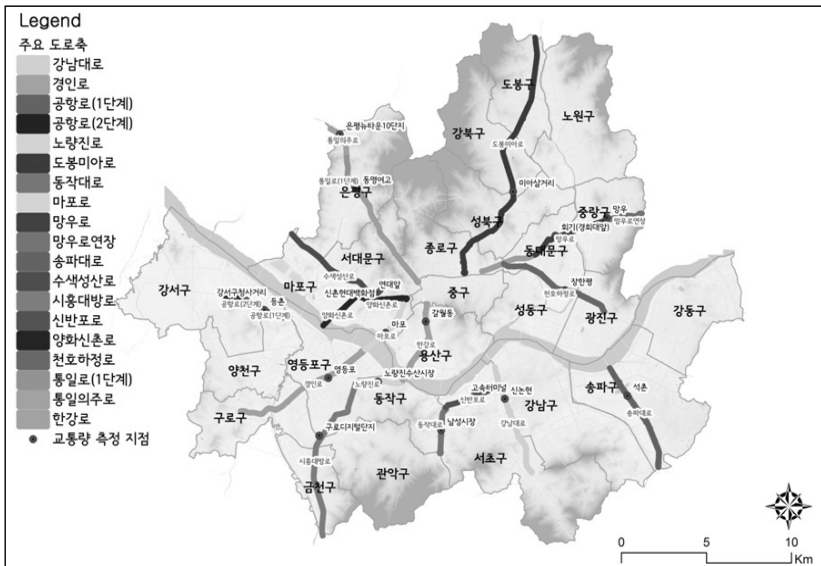


그림 3-10 교통량 측정을 위한 19개 구간

표 3-3은 19개 구간에서 영향계수(I)와 보수율(포장 보수규모/포장면적)의 관계를 보여주며 그림 3-11은 영향계수(I)와 보수율과의 관계를 그래프로 나타낸다. 그림 3-11에서 사용연수와 교통량을 고려한 영향계수가 증가함에 따라 보수율은 급증함을 알 수 있으며 이는 포장의 사용연수 및 교통량 증가에 따른 버스전용차로의 예방적 유지보수 중요성을 보여준다.

포장의 유지관리 요소별 내구연수에 대한 연구는 해외사례에서 찾아볼

수 있다. 표 3-4는 예방유지관리 차원에서 살펴본 미국 여러 주의 도로 포장 수명을 나타낸 것이며 서울시 도로포장의 예방적 유지보수 분석을 위해서는 여러 사례를 통해 적절한 유지관리 및 보수가 필요하다.

표 3-3 19개 구간에서의 영향계수(I)와 보수율

도로축명	사용연수	교통량	영향계수(I)	보수율(%)
통일로(1단계)	3	118	0.334	0
공항로(2단계)	3	119	0.335	0
통일·의주로	5	121	0.438	0
동작대로	4	161	0.451	16.58
공항로(1단계)	4	181	0.482	12.849
망우로연장	3	222	0.496	0
마포로	7	100	0.506	18.206
신반포로	4	211	0.529	10.4
노량진로	4	221	0.544	41
양화·신촌로	4	253	0.594	23.181
경인로	8	180	0.68	86.008
시흥·대방로	8	181	0.682	111.012
송파대로	5	290	0.702	20.25
천호·하정로	10	141	0.72	110.681
한강로	7	270	0.771	63.359
강남대로·삼일로	9	231	0.81	90.047
망우로	8	271	0.822	57.434
도봉·미아로	9	257	0.85	96.634
수색·성산로	9	321	0.95	185.802

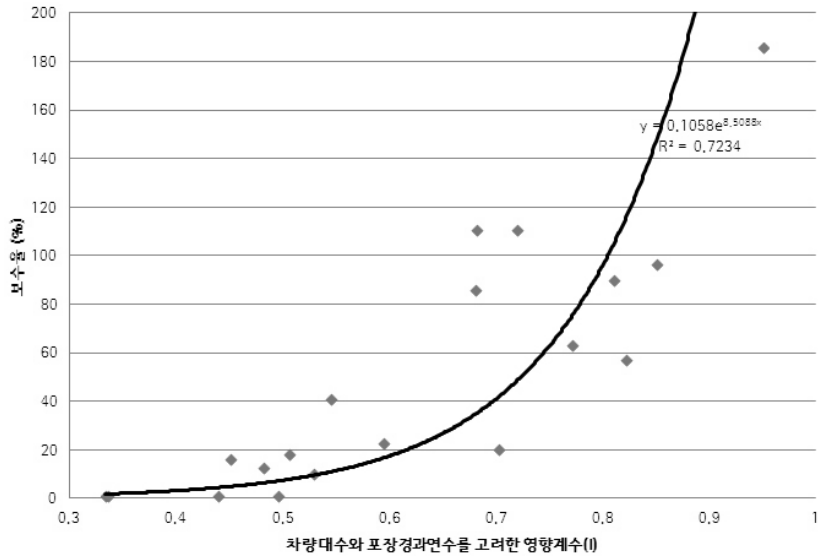


그림 3-11 19개 구간에서의 영향계수(I)와 보수율의 상관관계

표 3-4 도로포장 예방유지관리조치의 수명에 대한 문헌정보

관리주체	예방유지관리조치	공용수명	자료출처	평균수명	COV
Oregon DOT	칩핑/실링	양호한 도로조건 상태에서 3~6년	Parker (1993)	4.5년	0.248452
Indiana DOH	칩핑/실링	38~55개월 평균 48개월	Feidhan 등(1986)	4년	0.204124
Ontario MTC	아스콘 라우팅/실링	2~5년	Joseph (1992)	3.5년	0.319438
US Corps of Eng.	슬러리실링 표면처리 균열실링	3~6년 3~6년 3~5년	Brown (1988)	4.5년 4.5년 4년	0.248452 0.248452 0.204124
NY State DOT	콘크리트줄눈균열 필링 콘크리트줄눈균열 실링 아스콘 Rout & 균열 실링 아스콘균열 필링 박층 덧씌우기 표면처리	2년 8년 5년 2년 8년 3년(중앙값)	NY State DOT (1991) Hahn (1992)		
NCHRP	칩핑/실링 슬러리실링 마이크로표면처리 박층 덧씌우기	1~6년 1~6년 4~6년 6년 이상	Geoffroy (1996)	3.5년 3.5년 5년	0.49 0.49 0.16

표 계속 도로포장 예방유지관리조치의 수명에 대한 문헌정보

관리주체	예방유지관리조치	공용수명	자료출처	평균수명	COV
FHWA	마이크로표면처리	5~7년	Raza (1994) FHWA (1992)	6년	0.14
	슬러리실링	3~5년		4년	0.20
	마이크로표면처리	4~5년		4.5년	0.11
	칩핑/실링	4~7년		5.5년	0.20
	박층 덧씌우기	8~11년		9.5년	0.12
SHRP	All	조치들이 효율성을 입증하기에 충분한 기간에 검증되지 않음.	Smith 등(1993)		

자료 : 서울시, 2002, 도로시설물 안전관리 백서

도로포장 보수에 영향을 주는 영향계수(I)를 ArcGIS의 자연적 구분법 (Jenks의 최적화방법)에 의해 5등급(1등급~5등급, 도로파손위험도)으로 구분하였다.

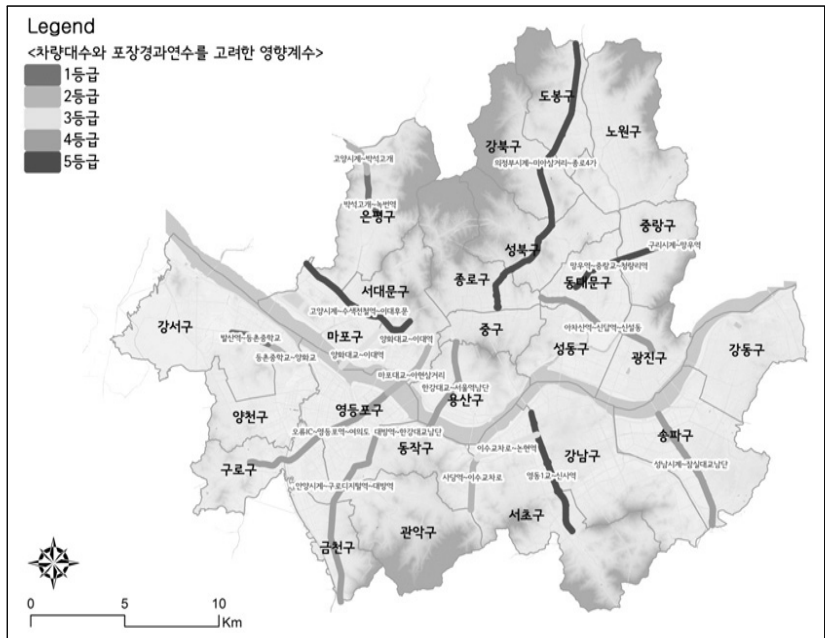


그림 3-12 기 운영 중인 12개 도로축에 대한 도로파손 위험도

3.1 버스전용차로 설계의 문제점

3.1.1 등가단축하중 환산계수

도로포장 디자인을 위한 교통량 산정은 등가단축하중(Equivalent Single Axle Load, ESAL)으로 정량화된다. 등가단축하중은 차축당 8.2톤의 하중이 가해질 때 포장구조체가 받는 손상량으로 정의되며 서로 다른 하중 크기의 상대적 손상량의 정량화는 등가단축하중 환산계수(Equivalent Single Axle Load Factor, ESALF)를 이용하여 아래와 같이 정의한다.

$$ESALF = \left(\frac{L_x}{18} \right)^4$$

여기서 L_x 는 포장구조체에 가해지는 하중이며 단위는 킬로파운드이다 (1킬로파운드는 약 0.45톤임).

예를 들어, 18킬로파운드의 차축이 두 개인 차량의 ESAL지수는 2가 되는 것이고 36킬로파운드의 차축이 두 개인 차량의 ESAL지수는 단순히 두 배가 되어 4가 되는 것이 아니라 위 식에 따라 32가 된다. 가령, 도로에 100대의 승용차가 매일 지나가는 경우와 1대의 트럭이 매일 지나가는 경우 1대의 트럭이 도로포장체에 더 큰 손상량을 줄 수 있다. 결국 승용차가 도로포장에 주는 손상의 수준은 미미하지만 트럭은 빈도가 적을 뿐 상당한 수준의 손상을 초래하며 서울시 버스차량은 빈도마저 매우 높기 때문에 도로포장에 심각한 손상을 초래할 수 있다.

즉, 교통량과 포장구조체가 받는 손상량은 선형관계이지만 하중과 포장구조체의 손상량은 선형관계가 아니다.

그림 3-13은 포장디자인에서 많이 활용되는, FHWA(2001)가 제시한 ESAL지수를 여러 차량에 적용하여 버스차량에 대한 상대적 수치로 표현하였다.



1.0



0.46



0.74



0.74



0.53



1.63



1.43



2.43

그림 3-13 버스 대비 대비 상대적 증가단축하중 환산계수비율

312

국토교통부 도로설계기준과 설계기준 적용상 문제점

국토교통부 도로설계기준에 의하면 가용성 포장의 경우 승용차와 버스의 증가단축하중 환산계수는 표 3-5와 같다. 버스는 승용차에 비하여 약 4,260배의 포장 손상을 유발할 수 있다.

표 3-5 승용차와 버스의 등가단축하중 환산계수

구분	전체평균		고속국도		일반도로	
	가용성	강성	가용성	강성	가용성	강성
승용차	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002
버스	0.852	0.839	1.403	1.041	0.762	0.746

과거 등가단축하중 환산계수 개발 시(1986년) 버스의 평균 하중은 11톤이었으나 현재 중앙버스전용차로를 이용하는 버스의 평균하중(만차기준)은 14톤, 최대하중(만차기준)은 19톤으로 등가단축하중 환산계수를 이용하여 계산하면 대략 2.6배에서 9.0배까지 설계단면이 과소 적용되었다.

표 3-6 현재 버스의 공차와 만차 시 중량비교

구분		공차	만차	비고
축하중 (kg)	총중량	14,705	19,605	최대승차인원 : 70명 평균체중 : 70kg/인
	전축중량	4,855	7,305	
	후축중량	9,850	12,300	

3.2 버스전용차로 유지관리의 문제점

3.2.1 유지관리 측면 검토결과

- 개통초기 유색포장의 시인성은 좋았으나 시간이 지나면서 탈색과 일부 매연과 누유 등에 의하여 포장색상이 변질되었다.
- 강추위와 강설 등에 의한 수축팽창에 따른 파손율이 일반도로 아스팔트에 비해 높은 것으로 나타났다.
- 반강성 포장은 겨울철 등 혹한기 파손부위에 대한 응급복구 대처능력이 일반도로 아스팔트에 비해 떨어진다.
- 중앙차로 포장 교체가 내구성이 가장 저하된 상태에서 이루어져 능동적인 대처에 어려움이 있다.

구분	중앙차로 전체	천호대로 (’03.7)	수색성산로 (’04.7)	시흥대방로 (’05.12)	도봉미아로 (’04.7)
교체율(%)	56	101	186	109	93

출처 : 서울시 내부자료, 2013

- 포장공사 시공사와의 하자 원인 논쟁으로 파손 발생 시 즉각대처가 미흡하다.
- 겨울철 혹한(폭설)기 응급상황 대처에 어려움(아스콘 생산 중단 등)이 있다.

3.3 버스정류장에서의 빗물고임으로 인한 파손

3.3.1 버스정류장에 의한 도로 횡단면의 변화

도로 노면수에는 도로 부지 내의 강우 및 강설에 의한 우수 및 도로인접지역에서 흘러 들어오는 우수와 융설수가 있으며 도로 노면우수는 지체 없이 집수정을 통하여 배제하며, 이때 이물질에 의한 막힘이 없어야 한다. 측구는 도로노면 위로 흐르는 우수를 배수하기 위하여 노면 양측에 위치하며 횡단경사는 노면배수를 원활히 하기 위하여 2% 이상으로 한다.

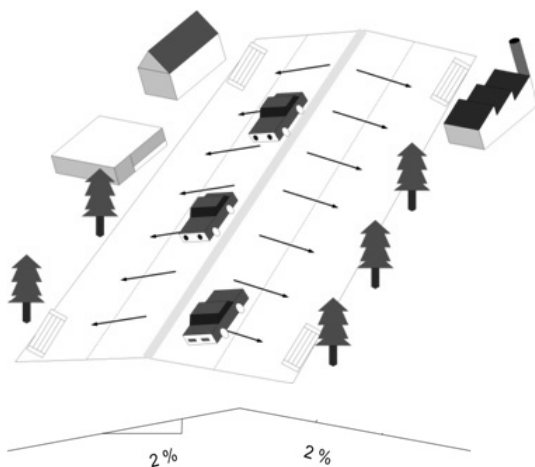


그림 3-14 중앙버스전용차로 버스정류장 설치 전 도로횡단면

중앙버스전용차로 설치에 따라 승객 승·하차를 위한 버스 정류장을 기존 도로 횡단면 위에 설치함에 따라 횡단경사에 따라 흐르는 노면수는 버스 정류장으로 인하여 원활히 배수되기 어렵다.

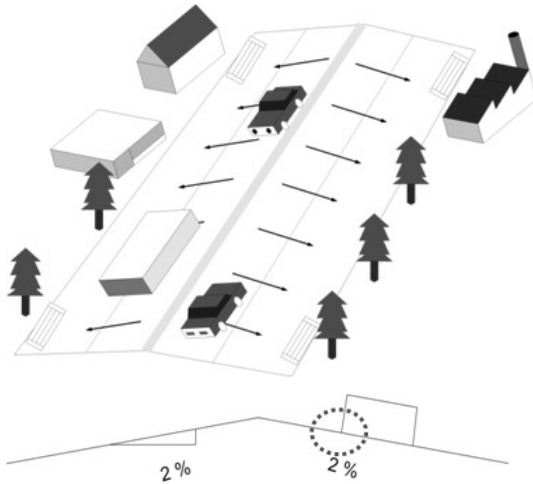


그림 3-15 중앙버스전용차로 버스정류장 설치 후 도로횡단면

3.3.2 도로배수 불량으로 인한 도로파손

그림 3-15에서 보는 바와 같이 버스 정류장에 배수시설이 설치되어 있지 않은 경우 빗물은 도로 기층 하부로 침투하여 지반침하를 유발시키고 이는 도로파손의 원인이 되기 때문에 횡단면의 변화에 대한 고려가 필요하다.

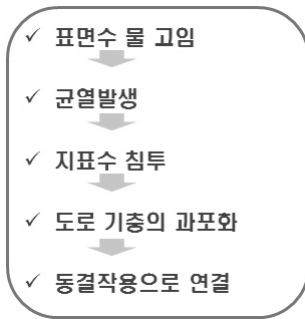
수분에 의한 포장파손(수분손상)은 물에 의해 아스팔트 도로포장의 내구성 및 강성이 감소하는 현상이다. 수분손상은 재료 및 시공 등의 영향 인자에 의해 진전되는 특성이 있으며, 아스팔트 또는 골재(석분, 굵은 골재, 잔골재) 사이의 부착 손실 때문에 발생한다. 이외에도 수분손상은 물이 아스팔트 혼합물로 침투하면서 매스틱(아스팔트와 채움재로 구성된 혼합물 상태)의 구조를 약화시키고, 여기에 반복적인 교통하중이 작용하면서 수분이 점차 민감해져 발생한다.

아스팔트 혼합물의 박리 현상 및 포트홀 파손에는 다양한 발생 원인과 영향 요소들이 있다. 표 3-7은 수분손상 또는 파손의 발생원인 및 영향 요소들을 정리한 것이다.

표 3-7 수분손상 또는 파손의 발생원인 및 영향 요소

발생원인	영향요소
공동현상(Cavity)	수분, 포화도, 온도(동결 응해)
포장 배수 불량(간극수압)	수분, 수압, 포화도, 교통하중
부적절한 다짐 시공	공극, 수분(상부 유입)
골재의 건조 불량	골재의 수분 함유량
방수 불량 및 표면 처리 보수	수분, 증기압(하부 유입)

자료 : 황성도, 2006



3 4 중앙버스전용차로에서의 버스하중 중첩효과

3 4 1 버스하중의 중첩효과로 인한 도로파손의 가속화

도로포장 표면에 하중이 작용하였을 때, 하중이 실리는 면과 평행인 면에 생기는 연직 방향의 증가응력 중에서 크기가 같은 점을 연결하여 얻어지는 공 모양의 곡면을 압력구근이라고 한다. 또한 표면에 여러 원인들에 의하여 생긴 하중이 작용할 때 “중첩의 원리”가 적용되어 전체 압력은 개별 요인에 의하여 생긴 압력들의 합으로 얻을 수 있다.

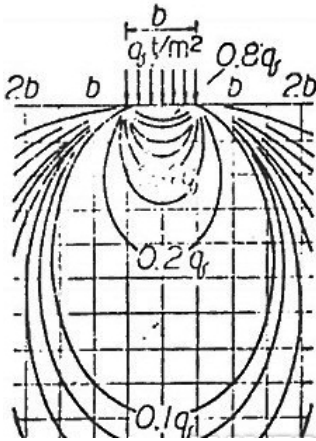


그림 3-16 도로에 하중이 작용할 경우 같은 압력을 연결한 곡선

342

버스하중의 중첩효과로 인한 도로파손의 가속화

버스전용차로 설치 이전에는 복수차로에 버스가 운행되어 버스하중이 차로별로 분산되었다. 도로의 양쪽 끝차선을 버스전용차로로 지정하여 우회전 차량, 버스의 정차 및 도로 가의 차량 정차로 인한 도로의 양쪽 끝 두 차로의 이용 등으로 버스하중이 분산되었다.



중앙버스전용차로 시행 전

중앙버스전용차로 시행 후

그림 3-17 중앙버스전용차로 시행 전·후 버스의 차로 이용 형태

그러나 버스전용차로 도입이후 도로 중앙으로 버스가 통행할 경우 버스 하중이 증첩되는 현상이 발생하고 중앙에 안전공간이 적을수록 하중 증첩으로 인한 도로파손은 가속화된다. 또한 교통량의 증가도 도로파손의 또 다른 원인이 될 수 있다. 버스전용차로는 버스의 소통을 원활하게 하고 속도를 증가시켜, 차량의 운행 횟수 증가와 승객들의 이용률 증가로 이어진다. 이용률 증가는 자연스럽게 버스의 하중 증가를 초래한다. 그림 3-18은 버스하중의 증첩효과로 인한 도로파손의 모식도이다.

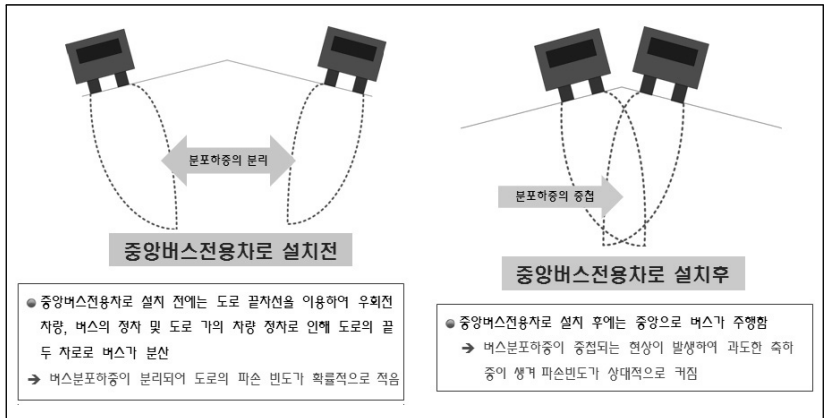


그림 3-18 버스전용차로에서의 버스하중 증첩효과

3.5 정류장에서 급가속·급정거로 인한 파손

3.5.1 승객 승하차 축 종방향 파손

아스팔트 포장층은 표층부의 재료가 역청재와 골재의 혼합물이고, 재료의 특성상 온도에 민감한 탄성과 점성의 혼합체이며, 경우에 따라서는 소성체로도 변형된다. 탄성이란 외력이 작용하면 변위가 일어나고, 외력을 제거하면 원 상태로 돌아가는 성질이며, 소성이란 항복점 이하의 외력에 대해서는 탄성거동을 하나 초과한 외력에 대해서는 점성유체와 같은 특성을 보여 외력을 제거하여도 변형이 잔류하게 되는 성질이다.

그림 3-19는 버스정류장에서의 급정거 및 급가속 시 타이어와 아스팔트 사이의 전단력 급증으로 아스팔트 항복점을 초과하여 주행방향으로의 파손 결과를 보여주는 모식도이다.

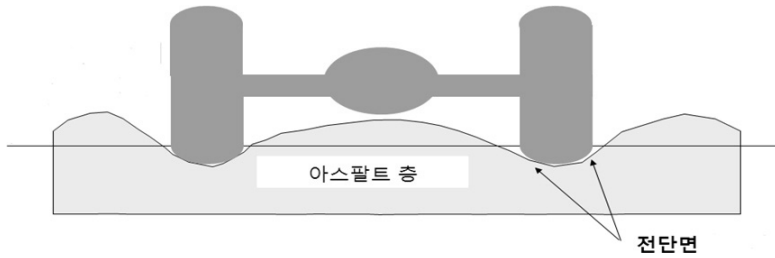


그림 3-19 버스정류장에서의 급가속·급정거로 인한 파손모식도



그림 3-20 버스정류장에서의 급가속·급정거로 인한 파손

IV 중앙버스전용차로 포장방법 개선방안

- 1 서울시 버스전용차로 설계 개선방안
- 2 유지관리 및 이력관리 개선방안
- 3 버스정류장 물고임으로 인한 도로파손
- 4 버스하중 중첩효과 개선
- 5 급가속·급정거로 인한 도로파손

IV 중앙버스전용차로 포장방법 개선방안

1 서울시 버스전용차로 설계 개선방안

1.1 서울시 버스전용차로 포장상태 전수조사

- 서울시 도로포장 대상의 대부분은 20~30년 이상 된 도로이며 버스전용차로는 중교통에 대한 고려없이 설계 및 시공된 도로를 활용함으로써 구조적 지지력(아스팔트 단면두께 부족)이 부족한 구간이 대부분이다
- 따라서 버스전용차로만이라도 구조적 지지력 조사 및 평가를 위한 “서울시 버스전용차로 전단면 전수조사”를 실시하여 순차적으로 도로의 포장상태를 조사하고 보강계획을 수립하여 보수공사를 시행할 필요가 있다.

1.2 버스차량에 대한 포장시방기준 제정

도시화 및 경제발전에 따른 서울시 교통량의 증가로 인하여 포장의 조기파손이 발생하고 있으며, 중앙버스전용차로 도입 이후 중차량(버스)에 의한 포장 조기파손이 발생하고 있어 이에 대한 개선이 필요하다.

중교통도로는 버스전용차로가 주로 대상이 된다. 버스전용차로는 당초 그러한 용도로 설계 및 시공되지 않은 도로를 버스전용차로로 활용함으로써 구조적 지지력(아스콘 단면두께 부족)이 부족한 구간이 대부분이다. 따라서 버스전용차로에 대한 구조적 지지력을 조사·평가하고 적정 포장두께를 설계한 다음 지지력 보강을 위한 포장두께를 확보하는 사업이 필요하다.



그림 4-1 포장두께 확보 방안

이를 위해서는 대표적인 버스전용차로에 대한 기존 포장두께 조사 및 FWD(Falling Weight Defelctometer)를 사용한 지지력 평가, 역학적-경험적 설계에 의한 잔존수명 예측, 포장두께 설계 등이 필요하고 이를 토대로 개발한 간편 설계방식을 나머지 버스전용차로에 적용해 단면 설계 지지력 보강여부를 결정한다.

또한 현재 서울시에는 경하중에 대한 시방서는 있으나 중하중에 대한 시방서는 없는 상황이므로 중하중에 대한 시방기준이 필요하다. 그림 4-2는 서울시 아스팔트 포장 선택 가이드라인(안)을 보여준다.

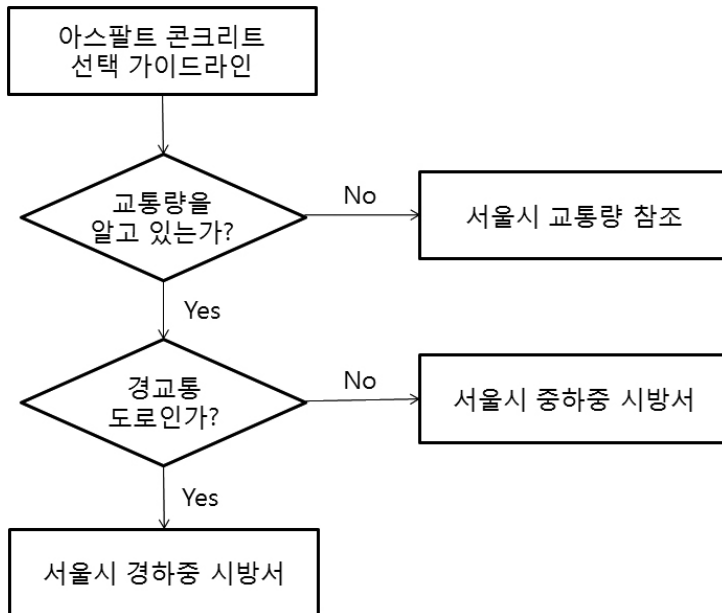


그림 4-2 서울시 버스차량 포장선택 가이드라인(안)

2 유지관리 및 이력관리 개선방안

2.1 버스전용차로 도로파손 보수 시스템 강화

- 포장보수 시스템 구축
 - 별도의 순찰조 편성운영으로 소파발견 즉시 작업조에 통보하여 보수 조치한다.
- 소규모 정비에 유지관리 업체 활용
 - 단기간 소파발생 급증으로 자체정비 능력 초과 시 유지관리 도급업체를 활용한다.
- 신속한 신고체계 확립
 - 서울지방경찰청, 다산콜센터(120) 등을 활용한다.

2.2 중앙차로팀 포장관리 업무를 도로포장 관리팀이 전담(PMS관리부서)

- 사업소는 포장보수 일지를 철저히 작성하여 도로포장 관리팀에 통보한다.
- 기존의 건수, 포장면적, 대로명 외에 파손된 정확한 위치/ 교통량/ 파손 원인/ 위험도 등급에 대한 추가 데이터 확보가 필요하다.

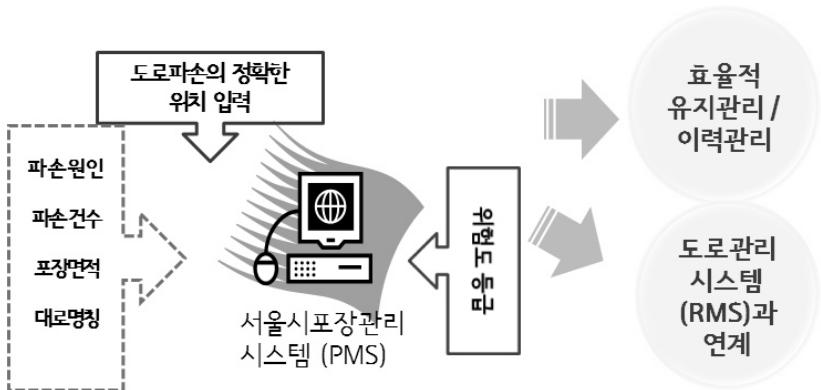


그림 4-3 서울시 포장관리시스템(안)

버스정류장 물고임으로 인한 도로파손

- 버스정류장에 배수시설 대체 방안
- 도로횡단면의 변경 또는 토목섬유를 활용한 포장배수를 시행한다.
- 특히, 포트홀 등 파손이 심한 버스정류장은 기층부로 물의 침투가 용이하다.
- ※ 서울시 버스정류장에 배수구가 설치되어 있는 곳은 1곳(강북구청 사거리)으로 배수시설 미비
- 배수구 설치 후 토사 등 이물질 제거 등의 유지관리가 필요하다.



강북구청 사거리

그림 4-4 강북구청 사거리 배수구

버스하중 중첩효과 개선

- 중앙선을 기준으로 버스차로 이격거리 확보
- 버스하중의 중첩효과로 인한 도로파손 가속화에 대한 개선이 필요하다.
- 차량 간격(승객인원) 및 속도 등에 따른 중첩효과에 대한 시뮬레이션을 실시하여 보강대책을 수립하고 일정한 버스차로 간격을 유지하도록 도로설계 지침을 보완한다.

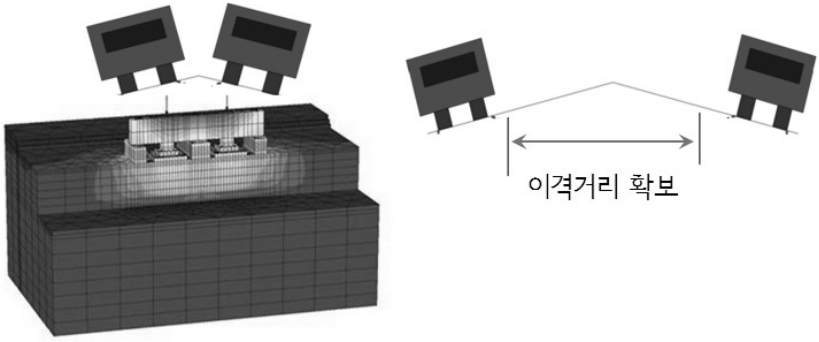


그림 4-5 이격거리 확보에 따른 버스하중 중첩효과 개선

5

급가속·급정거로 인한 도로파손

- 급가속·급정거 억제 캠페인
- 정류장 근처 급정거 및 급발진으로 인한 포장변형 양상검증과 정확한 대책방안을 위해서는 실험이 필요하다.
- 급가속 및 급정거로 인한 포장 손상이 검증될 경우 운전석 앞에 경고 메시지를 부착하도록 권고한다.



그림 4-6 급가속·급정거 캠페인(예)

- 급가속 및 급정거로 인한 포장변형(승하차 측 종방향에서의 파손실태)
- 보다 정확한 대책을 마련하기 위해서는 실내 또는 현장실험이 필요하다.
- 동시에 승차 혹은 하차에 따른 승객무게 불균형을 측정하고 이에 대한 적절한 구조적 대책을 강구한다.



그림 4-7 급가속·급정거로 인한 포장변형

V 결론 및 정책제안

- 1 결론
- 2 정책제안

V 결론 및 정책제안

1 결론

1.1 중앙버스전용차로 효과

- 2004년 7월부터 중앙버스전용차로의 도입으로 통행속도와 수송분담률은 크게 개선된 것으로 조사되었다.
- 도입 초기의 혼란 이후 시민들의 반응도 긍정적으로 바뀐 것으로 평가되었다.

1.2 중앙버스전용차로 파손 빈번

- 서울시 중앙버스전용차로 시행 중 여러 문제점이 발생하였다
- 도로파손, 컬러포장제 탈·변색 등 포장파손이 잦아 빈번한 보수작업이 시행되었다.
- 따라서, 이에 대한 근본 원인 규명을 위한 도로전수조사 등의 연구과제가 필요하다.

1.3 파손의 주된원인

- 서울시 버스전용차로 설계에 대한 연구부족
- 유지관리 및 이력관리에 대한 개선미흡
- 버스정류장에서의 물고임으로 인한 도로파손
- 정류장에서의 급가속·급정거로 인한 도로파손

2.1 버스전용차로 포장상태 전수조사

- 위험도 등급이 낮은 차로는 전문가를 통한 육안검토를 진행한다.
- 위험도 등급이 높은 차로는 현장의 샘플 채취를 통한 실내실험 또는 현장시험을 실시한다.
- 시험 데이터 분석을 통한 도로상태 분석이 완료되면 재료적 개선과 구조적 개선으로 구분한다.
- 재료적 개선 : 단기적 치유법인 포장체의 재료 개선만으로 보수 연한 연장(버스전용차로와 같이 한 개 차선에 국한된 국부적 파손에 효과적)
- 구조적 개선 : 교통량의 증가, 교통하중의 증가, 도로포장의 압력 증가 등을 면밀히 조사하여 현재 운용 중인 도로가 이러한 변화를 감당할 수 있는지에 대한 검토가 필요하며 여기에는 적절한 설계법 선정이 수반되어야 한다.

2.2 버스정류장 물고임 해결방안

- 도로배수 문제
- 포트홀 등 파손이 심한 버스정류장은 물의 침투가 용이하므로 도로횡단면의 변경 또는 토목섬유를 활용한 포장배수를 고려하여야 한다.
- 포장하부 배수체계에 대한 전반적 검토 및 배수구 유지관리가 필요하다.
- 집중호우 시 버스정류장에 고인 물이 시민들에게 튀어 불편을 초래할 수 있으므로 투명 강화유리로 된 방지펜스 설치에 대한 검토가 필요하다(안전 및 쾌적성 확보).

2.3 버스하중을 고려한 도로설계 기준제정

- 버스하중과 교통량을 고려한 포장시방 기준의 제시가 필요하다.

- 초기 버스전용차로 설계기준에 버스하중 과소적용에 대한 보강이 요구된다.

2.4 버스전용차로 유지관리 및 이력관리 개선

- 버스전용차로 도로파손 보수시스템을 강화한다.
 - 도로파손 보수시스템 구축
 - 소규모 정비에 유지관리 업체 활용
 - 신속한 도로파손 신고체계 확립
- 버스전용차로 도로파손의 철저한 이력관리가 필요하다
 - 도로파손의 정확한 위치 입력
 - 교통량 입력
 - 파손원인 분석 및 위험도 등급 활용
 - 도로관리시스템(RMS)과 연계

2.5 중앙버스차로 간격 확보

- 버스하중의 중첩효과로 인한 도로파손의 가속화 대책이 요구된다.
 - 차량 간격, 승객인원 및 속도 등에 따른 중첩효과에 대한 시뮬레이션 연구가 필요

2.6 급정거 및 급발진 억제를 위한 방안

- 급정거 및 급발진으로 인한 포장변형이 정류장 근처에서 빈번하게 발생한다.
 - 버스 운전석 앞에 “급정거 및 급발진을 삼가 주세요”라는 경고 메시지를 부착하도록 권고

참고문헌

참고문헌

배운신·신성일, 2011, 「서울시 통합 도로포장 관리정책 개발」, 서울시정개발연구원

서울특별시, 2002, 도로시설물 안전관리 백서

서울특별시, 2013, 서울시 중앙버스전용차로 노선 계획도

위성동, 2002, 「포장유지관리공학」, 엔지니어즈

한국도로학회, 2005, 서울시 포장도로 수주향상 방안 연구 용역

Federal Highway Administration(FHWA), 2001, Traffic Monitoring Guide, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Office of Highway, Washington, D. C.

Abstract

Abstract

A Study on the Improvement of Pavement for Bus Rapid Transit System in Seoul

Yoon-Shin Bae·Jaemo Yang

The purpose of this study is to investigate the pavement for bus lane and bus traffic. Improvement of pavement method and effective management are described through road damage effect analysis, maintenance examination of the pavement for bus rapid transit system, and investigation of design and construction of the pavement

The improvements of pavement for bus rapid transit system are described in Ch.2 through Ch.4. At first, the status of maintenance management of road for bus rapid transit system was investigated to check the status of road condition and the problems to perform bus rapid transit system. At second, the road damages and causing problems investigated by the road damage status, affected factors, and analysis for causing the damages. At third, pavement improvements are presented by designing improvement of road for bus rapid transit system, maintenance and data history management, road damaged caused by potholes filled with rain, overlap effect of bus load, and the road damages by quick stops or starts at bus stop.

The conclusions for the suggested policies are shown in Ch.5; The importance of pavement total inspection, the solutions to the potholes filled with water, design manual considering the bus load, repair system improvement of bus lane and data base management of road damage locations.

Table of Contents

Chp. 1	Introduction
Chp. 2	Status of Maintenance Management of Road for Bus Rapid Transit System
1	The Status of Road Condition in Seoul
2	Problems to Perform Bus Rapid Transit System in Seoul
Chp. 3	Road Damages and Causing Problems
1	Road Damage Status
2	Road Damage Affected Factors
3	Analysis for Causing the Damages
Chp. 4	Pavement Improvement Method in Seoul
1	Improvement of Road for Bus Rapid Transit System
2	Maintenance and Data History Management
3	Road damaged Caused by Potholes Filled with Rain
4	Overlap Effect of Bus Load
5	Road Damages by Quick Stops or Starts at Bus Stop
Chp. 5	Conclusions and Policy Suggestions
1	Conclusions
2	Suggestions

References

서울연 2013-OR-12

서울시 중앙버스전용차로 포장방법 개선방안 연구

발행인 이창현

발행일 2013년 6월 30일

발행처 서울연구원

137-071

서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57

전화 (02)2149-1234 팩스 (02)2149-1019

비매품 ISBN 978-89-8052-567-6 93530

본 출판물의 판권은 서울연구원에 속합니다.