

드림파크로 아스팔트 포장 파손형태에 따른 원인분석 사례연구

A Case Study for Distress Forms and Their Root Cause Analysis on Dreampark Asphalt Concrete Road

김영민* · 김기현** · 양성린*** · 황성도**** · 김용주*****

Kim, Yeong Min · Kim, Ki Hyun · Yang, Sung Lin · Hwang, Sung Do · Kim, Yong Joo

1. 서 론

수도권매립지의 진출입로인 드림파크로가 만들어진 배경은 1988년 환경관리공단과 동아건설의 ‘공유수면 매립권 계약’ 과 환경부, 서울시, 인천시, 경기도(김포시)가 ‘김포매립지 건설 및 운영 사업에 관한 협정’ 등을 통해 환경부와 3개 시·도는 1989년 9월 7일부터 1매립장 기반시설 조성 공사를 시작했고, 1992년부터 쓰레기 매립을 시작했다. 이러한 매립지 운송 도로 역할을 위해 ‘수도권 매립지 도로’가 1994년 완공되었으며 현재 ‘드림파크로’ 로 도로명이 바뀐 상태이다. 드림파크로는 김포시계인 수송도로 삼거리에서 인천광역시 내의 수도권 쓰레기매립장까지 이어진 도로로 장기사거리, 하오계입구, 국립검역소입구, 독정사거리, 왕길고가차도를 경유하는 총 13.6km의 도로연장이며 아스팔트 콘크리트 포장으로 시공되어져 있다. 특히 드림파크로는 수도권의 생활쓰레기 및 산업폐기물을 수송하는 중차량이 주로 통행하는 도로로서, 소성변형 및 균열 등 다양한 조기 파손이 반복되어 잦은 포장 보수가 이루어지고 있으며 이로 인한 도로 예산낭비 및 민원 등의 문제점이 야기되고 있다. 본 연구에서는 통해 드림파크로의 근본적인 도로 포장 파손원인을 파악하고 이에 대한 해결책을 제시하였다.

2. 드림파크로 구간별 파손 형태

드림파크로는 많은 교통량과 잦은 중차량의 통행으로 다양한 아스팔트 콘크리트 포장의 파손형태를 보이고 있다. 특히 최근 3년간 기후 변화 등 환경적인 영향으로 인해 도로 파손 개소가 증가하는 경향을 보이고 있다.

표 1. 연도별(최근 3년) 기후 변화 및 드림파크로 소규모 파손 현황

구 분	2008년	2009년	2010년
동절기강설량 (12~2 : 3개월)	26.8cm	11.6cm	42.7cm
동절기평균기온 (12~1 : 2개월)	0.5℃	0.4℃	-1.6℃
도로파손현황	4,692 개소(년간)	5,300개소(년간)	12,710개소(8개월간)

(인천시 종합건설본부 현황 자료)

드림파크로의 포장 파손 형태는 주로 소성변형과 차량 하중에 의한 균열, 아스팔트의 노화에 의한 거북등

* 정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 전임연구원 · 공학박사과정 · 031-910-0148(E-mail:choozang@kict.re.kr)
 ** 정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 전임연구원 · 공학박사수료 · 031-910-0434(E-mail:kihyun@kict.re.kr)
 *** 정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 전임연구원 · 공학석사 · 031-910-0615(E-mail:siyang@kict.re.kr)
 **** 정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 연구위원 · 공학박사 · 031-910-0180(E-mail:sdhwang@kict.re.kr)
 ***** 정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 수석연구원 · 공학박사 · 031-910-0248(E-mail:yongjook@kict.re.kr)



균열, 잦은 소파보수 지점에 재발생되는 포트홀, 박리 등 매우 다양한 포장 파손 형태를 보이고 있다. 드림파크로 포장 파손 형태별로 구분하면 다음과 같다.

2.1 변형

소성변형은 아스팔트 포장 파손 형태 중 변형에 해당되며 차량이 지속적으로 주행 및 정지하는 교차로 지점인 장기 사거리에 두드러지게 나타났다. 또한 일부 오르막 구간에서도 소성변형이 발생된 것을 확인할 수 있다. 특히 장기 사거리의 경우에는 소성변형에 의한 아스팔트 콘크리트 포장이 용기된 부분을 절삭했음에도 불구하고 소성변형과 밀립(쇼빙)이 지속적으로 발생되고 있다. 장기사거리 구간 교차로에는 현재 표층 하부에 소성변형 저감을 위한 토목섬유가 시공되어 있으나 중차량과 일부 적합하지 않은 아스팔트 혼합물로 인해 소성변형은 여전히 진전되고 있다.

표 2. 드림파크로 파손형태 및 주요원인(1)

위 치	파손형태	주요 파손발생 원인
선주교~장기사거리 구간	소성변형	<ul style="list-style-type: none"> 부적합한 아스팔트 혼합물 과적 중차량 등
	밀립현상(쇼빙, shoving)	<ul style="list-style-type: none"> 부적합한 아스팔트 혼합물 유지보수 시공 시 다짐 부족
장기 사거리 구간	소성변형	<ul style="list-style-type: none"> 부적합한 아스팔트 혼합물 정지 반복되는 교차로 상습정체 구간 및 과적 중차량 등
	밀립현상(쇼빙, shoving)	<ul style="list-style-type: none"> 부적합한 아스팔트 혼합물 정지 반복되는 교차로
회림납시터 구간	소성변형	<ul style="list-style-type: none"> 부적합한 아스팔트 혼합물 오르막 차로로 인한 중차량의 지속 주행 과적 중차량
	밀립현상(쇼빙, shoving)	<ul style="list-style-type: none"> 부적합한 아스팔트 혼합물 과적 중차량

2.2 균열

드림파크로 포장에 발생된 파손형태 중 균열은 주로 피로균열 형태가 가장 두드러지며 일부 차량 진행방향인 종방향 균열 형태도 볼 수 있다. 피로균열의 발생은 반복적인 교통 하중에 직접적인 관련이 있으며 특히 중차량의 통행이 빈번할 경우 피로균열은 급속히 진전될 수 있다.

피로균열이 발생된 지점은 보수시기를 놓칠 경우 수분 침투에 의한 아스팔트 혼합물 간의 접착력 저하에 따른 포트홀 발생으로 이어진다. 따라서 피로균열에 의한 즉각적인 보수가 더 큰 포장 파손을 막을 수 있다. 피로 균열의 경우 김포 시계에서부터 선주교 전 구간과 회림납시터 구간 등이 파손 상태가 심각한 것으로 판단된다. 또한 덧씌우기 및 소파보수 시 발생한 종방향 균열이 현재에는 탈리나 포트홀과 같은 재료의 분리 형태를 보이지 않더라도 늘 취약한 구간임은 틀림없다. 드림파크로에서 발생된 종방향 균열은 대부분 교통하중과 배수 불량에 기인한 것으로 사료된다.

표 3. 드림파크로 파손형태 및 주요원인(2)

위 치	파손형태	주요 파손발생 원인
김포시계~선주교 뒤 방호벽 구간 ※ 연장 3km	피로균열	<ul style="list-style-type: none"> 교통 하중 및 아스팔트 노화(Aging) 배수 불량 불안정한 지지력
	종방향균열	<ul style="list-style-type: none"> 시공 불량 교통하중(휠 패스 균열) 배수 불량
회림납시터 구간	피로균열	<ul style="list-style-type: none"> 교통 하중 및 아스팔트 노화(Aging) 불안정한 지지력 유지보수 불량

2.3 분리

드림파크로 나타난 대부분의 분리는 포트홀의 형태를 띤다. 일부 라벨링에 의한 탈리현상이 촉진된 경우도 있지만, 포장 재료 사의의 부착력 저하 혹은 포장 층 사이에 수분 침투로 인해 박리에 기인한 포트홀의 발생 빈도가 더 높다. 특히 문제가 되는 구간은 소파 보수 혹은 일부 덧씌우기 구간에서 발생한 포트홀이다. 포장체에 수분의 침투가 원인이 되기도 하지만 근본적으로 보수 시 부적합한 아스팔트 혼합물의 사용, 시공 시 층 간 또는 이음부에 대한 부적절한 부착시공, 부적정한 다짐 등 시공 품질관리에 문제점을 보이고 있다. 이는 반복적인 보수에도 문제가 해결되지 않는 악순환에 반복을 초래할 수 있다.

피로균열이 진전되어 발생한 포트홀에 대한 일부 미보수 상태의 구간이 있었으며 포트홀 발생 구간 혹은 소파 보수 구간에 다시 포트홀이 발생하는 경우가 다수 보였다.

표 4. 드림파크로 파손형태 및 주요원인(3)

위치	파손형태	주요 파손발생 원인
김포시계~장기사거리 구간	포트홀	<ul style="list-style-type: none"> 유지보수(시공) 불량 부적절한 포장 배수(박리현상) 공동현상 피로균열
	라벨링	<ul style="list-style-type: none"> 시공 불량 (겨울철의 박층(薄層) 시공 등) 부적절 아스팔트 혼합물 사용
장기사거리~왕길고가차도 구간	포트홀	<ul style="list-style-type: none"> 부적절한 포장 배수(박리현상) 유지보수 불량

3. 현장 코어 및 현장시굴 조사

현재 아스팔트 포장층의 상태 평가를 하기 위해서 포장 파손 상태 별로 총 5개 구간을 선정하여 현장 코어 및 현장 시굴 조사를 수행하였으며 그림 1은 드림파크로에서 현장 코어 및 현장시굴 조사를 한 구간을 나타내고 있다. 여기서 붉은색 굵은 사각형은 현장시굴 조사를 한 구간이며 붉은색 굵은 원형은 코어채취를 한 구간을 나타낸다.

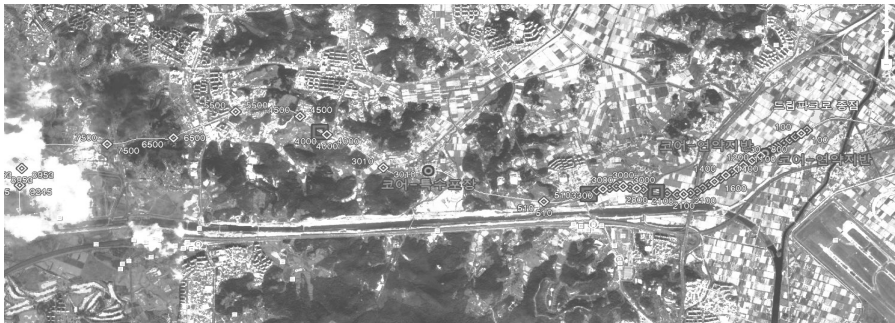


그림 1. 드림파크로 현장 코어 채취 및 현장시굴조사 구간

현장 코어는 총 3개 구간에서 채취하였으며 각각의 아스팔트 포장층의 물성을 측정하기 위해 파손된 구간보다는 양호한 구간에서 코어를 채취하였다. 실내 물성 시험을 수행하기 위해 각 구간에서 6개씩 코어를 채취하였으며 진행 방향의 오른쪽 휠패스 구간에서 수행하였다. 또한 중간층 및 기층의 파손 발생 여부(차량하중에 의한 변형 발생 여부)를 판단하기 위하여 소성변형이 발생한 구간에서 휠패스(wheel path), 중앙(crown), 엣지(edge)부분에서 총 4개의 코어를 채취하여 육안조사를 수행하였다. 표 5는 코어채취 구간과 코어 개수를 정리한 것이다.

표 5. 코어채취 방법 및 개수 산정

구 분	연약지반구간 (2.4km)	특수포장구간 (1.6km)	교차로구간 (0.5km)
코어 개수	6개	6개	4개
코어 채취 방법	진행방향 (휠패스)	진행방향 (휠패스)	횡방향 (휠패스 2개, 중앙, 엣지)

4. 실내시험 및 결과

4.1 현장 코어 기본 물성 시험

각 구간에서 채취한 아스팔트 현장 코어를 이용하여 혼합물의 품질을 평가하기 위하여 골재의 입도, 아스팔트 함량, 각 층에 따른 두께 시험 등을 수행하였다.

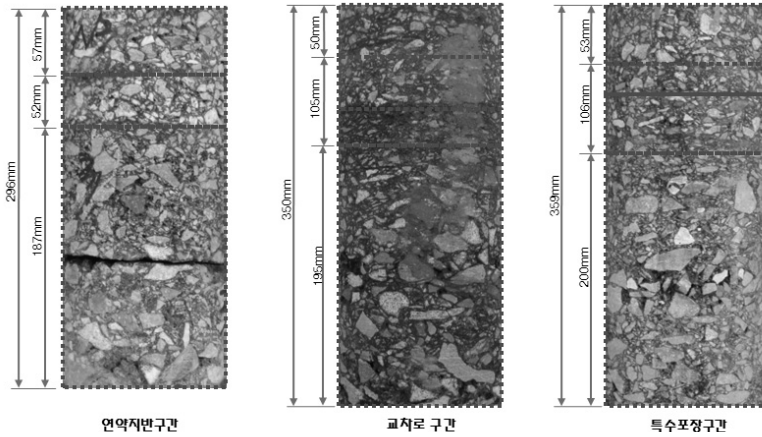


그림 2. 현장 코어 두께 측정결과

표 6은 현장에서 채취한 코어를 표층, 기층으로 절단할 후 각 코어에 대한 체적특성을 평가할 결과이다. 표에서와 같이 두 구간의 표층과 기층의 공극률은 일반국도의 기준에 만족하는 것으로 나타났으며 골재간극률(VMA) 또한 모두 만족하는 것으로 나타났다. 공극률과 골재간극률은 아스팔트 배합설계 시 최적 아스팔트 함량을 결정하는데 매우 중요한 인자로 사용되며 특히 골재간극률은 최적 아스팔트 함량 설계가 적절한지를 판단하는 기준이 되기도 한다.

표 6. 현장 코어 체적 특성

구분	두께 (mm)	중량(g)			체적	밀도(g/cm ³)		공극율 (%)	VMA (%)
		공기중	수중	SSD		실측	이론		
연약지반구간 (표층)	52.9	2213.4	1279.5	2226.4	946.9	2.336	2.499	6.51	17.95
연약지반구간 (기층)	80.1	3168.1	1811.9	3208.3	1396.5	2.267	2.487	8.87	16.63
특수포장구간 (표층)	48.4	2074.7	1216.5	2079.2	862.7	2.399	2.499	3.99	15.73
특수포장구간 (기층)	153.3	6320.2	3617.9	6404.2	2786.3	2.263	2.478	8.67	16.42

표 7은 채취한 현장 코어의 아스팔트 함량을 측정된 결과를 나타낸다. 표에서와 같이 연약지반구간 및 특수포장구간의 표층 아스팔트 함량이 6.28%, 6.64%로 일반국도에 비해 높은 아스팔트 함량을 나타냈다. 일반적으로 아스팔트 함량이 설계함량보다 많이 함유된 경우 소성변형 저항성 감소될 뿐만 아니라 여름철 아스팔트가 포장의 표면으로 흘러나오는 플러싱(flushing) 현상도 함께 발생되어 포장의 미끄럼 저항 감소 등 안전성 문제가 발생되기도 한다. 따라서 아스팔트 포장 시공 시 생산 및 시공 품질관리가 매우 중요하며 이에 따라 감독자가 엄격하게 관리/감독을 수행해야 할 것으로 판단된다.

표 7. 현장 코어 아스팔트 함량 측정 결과

구분	시험전		시험후	아스팔트 함량 (%)	보정값 (%)	실제 아스팔트 함량 (%)
	시료무게 (g)	시료+몰드 (g)	시료+몰드 (g)			
연약지반구간 (표층)	2106	5188	5041	6.98	0.7	6.28
연약지반구간 (기층)	3495.5	6588.5	6394.5	5.55	0.7	4.85
특수포장구간 (표층)	2324	5413.5	5243	7.34	0.7	6.64
특수포장구간 (기층)	3451.5	6532	6325	6.00	0.7	5.30

그림 3, 4는 현장 코어의 표층과 기층의 추출 후 합성 골재 입도를 나타내며 일반국도에서 가장 많이 사용하는 WC-3과 BB-2 입도를 기준으로 입도의 건전성을 평가하였다. 연약지반의 표층의 경우, 굵은 골재의 입도가 기준입도를 벗어나는 것으로 나타났다. 이는 소성변형 저항성을 증대시키는 굵은 골재의 함량이 낮은 것으로 특히, 19mm와 13mm 굵은 골재의 함유량이 전체 골재 중 약 2~3%로 매우 적게 함유되어 있었다.

반면 기층의 경우에는 일반국도에 사용되는 기준입도를 만족하는 것으로 나타났으며 공용연수가 15년이 지났음에도 건전한 것으로 나타났다. 다만 그림 2에서와 같이 기층의 중간부분(하부로부터 100mm)이 분리되는 현상이 나타나 방안제시시 이 부분에 대한 대책도 함께 마련되어야 할 것으로 판단된다.

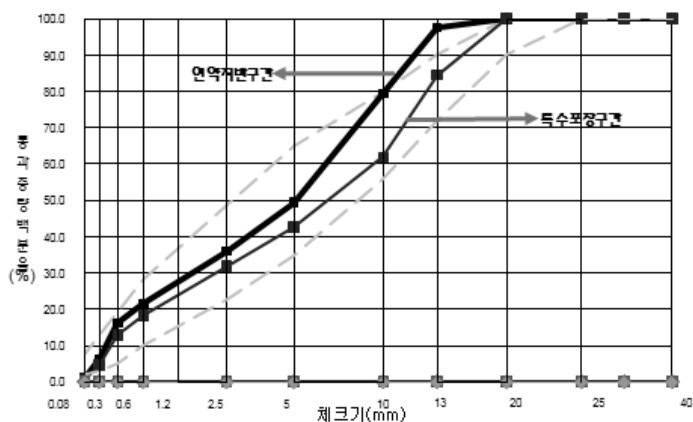


그림 3. 아스팔트 표층 골재 합성 입도

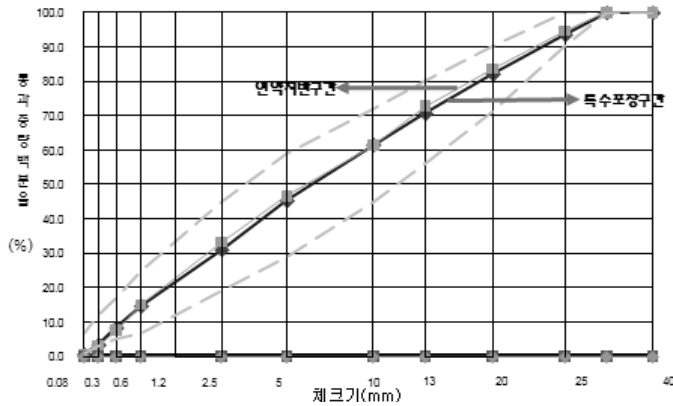


그림 4. 아스팔트 기층 골재 함성 입도

5. 결론

포장 파손 형태별 발생원인 분석에서는 소성변형과 균열이 가장 문제시 되었으며 특히 장기사거리 구간에서 소성변형은 교통하중과 보수 시 부적합한 아스팔트 혼합물 사용이 주요원인인 것으로 판단된다. 채취된 코어에 대한 실내 체적 특성 시험 결과, 포장층의 체적특성은 모두 일반국도에 적용되는 기준 값을 만족하는 것으로 파악되었다.

아스팔트 함량 및 골재 입도 시험 결과, 표층 구간의 아스팔트 함량 과다와 함께 굵은 골재의 부재로 인하여 소성변형 발생 가능성이 커질 것으로 판단된다. 반면 기층 구간은 아직까지 건전한 것으로 나타났다.

포장의 균열 파손은 노면에서 아래로의 Top-down 균열의 형상을 나타내고 있다.

기층부분의 건전성을 평가한 결과, 기층 윗부분(표층+덧씌우기)에서 모든 변형 및 파손이 발생되었으며 기층의 변형은 없는 것으로 파악되었다. 다만 수분에 의한 손상이 우려되는 부분을 제거하기 위해 보수 시 기층 일부 윗면까지 절삭하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

포장 파손이 심각한 구간에서도 표층의 유동은 매우 큰 것으로 나타났으나 기층의 변형 및 파손은 발생되지 않았다.

감사의 글

본 연구는 인천광역시 종합건설본부의 「드림파크로 도로파손원인평가 및 포장설계 방안연구」의 수행결과에 일부로써, 연구지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. NAPA(National Asphalt Pavement Association), (1996), "Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction," Second Edition, Chapter6. Equipment and Construction.
2. 김남호 외, (2006), "내구성 증진을 위한 아스팔트포장기술," 한국도로학회
3. 이광호, 옥창권(1998), "아스팔트 혼합물의 내유동성 증진방안 연구", 한국도로공사 연구보고서
4. 한국건설기술연구원(2009), 도로포장관리시스템 최종 연구보고서, 국토해양부
5. 한국건설기술연구원(2007), 한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구-아스팔트 포장 재료 생산 및 시공 품질관리 정립 연구,건설교통부
6. 건설교통부(1999), 도로포장유지보수실무편람
7. 한국건설기술연구원(2005), 건설핵심기술연구개발사업 "도로포장 장수명화를 위한 설계 시공기술 고도화 (아스팔트 포장의 포트홀 방지를 위한 재료 및 시공기술 개발)", 건설교통부