

효과적인 도로공사 노면표시(차선) 제거방법에 관한 연구

Effectiveness Study of Various Pavement Marking Removal Methods



편 재 호¹⁾

Pyeon, Jae Ho



정 우 영^{2)*}

Jung, Woo Young

1. 연구배경 및 방법

노면표시(Pavement Markings)는 가장 흔히 사용되는 도로교통 통제(control)도구이다. 하지만 노면표시는 도로의 일상적인 wear and tear로 인한 한계적인 수명을 가지고 있으며, 따라서 수명이 다하면 궁극적으로 제거되어야 하고 또 새로운 노면표시로 대체되어야 한다. 특히, 도로 건설공사 중에 작업구간의 교통 흐름을 유지하기 위해서는 다양한 경로 변경이 요구되며, 이에 따라 도색된 차선을 수시로 변경하여야 한다. 이를 위해서는 기존의 차선표시를 제거하고 임시로 새로운 차선을 표시하거나, 임시로 표시한 차선을 다시 제거하고 설치하는 작업이 수반된다. 이때 차선 표시 제거를 위해 흔히 쓰여지고 있는 Oxygen Burning이나 Grinding과 같

은 방법을 사용할 경우, 도로 포장 면에 흠집을 내기 쉬우며, 차선 표시가 깨끗하게 제거되지 않아 운전자에 혼란을 줄 수 있는 가능성이 많다. 또한 주요 도로의 차선을 통제하고 공사를 수행하여야 하는 경우에 포장 도색제거를 신속하고 효과적으로 처리해야 하는 데, 기존의 기계적인 차선 제거 방법은 이러한 긴급공사에 만족스럽지 못한 한계가 있으며, 경제성도 떨어지는 단점이 있다. 따라서 이와 같은 문제점을 보완하고 보다 더 효과적으로 작업구간에서의 차선표시 제거작업을 신속하게 수행하기 위한 새로운 방법에 관한 연구의 필요성이 미국 플로리다 교통국에 의해서 제기되었고, 이에 관련된 연구가 진행되었다.

본 연구에서는 운전자의 안전과 도로공사의 효율성을 높이기 위하여 미국 여러 주에서 쓰이고 있는 효과적인 차선표시 제거방법과 각 제거방법의 문제점들에 관한 설문조사를 진행하였으며, 그 결과를 요약하였다. 그리고 기존의 차선

1) 미국 San Jose State Univ. 토목공학과 조교수

2) 강릉원주대학교 토목공학과 부교수

* E-mail : woojung@gwnu.ac.kr

표시를 제거하기 위한 방법들의 대안으로 플로리다 교통국의 연구프로젝트로 수행한 도색된 차선 표시의 모든 흔적을 신속하고 완전하게 제거할 수 있는 보다 개선된 방법을 요약하였다. 본 연구에서 제시하고 있는 대안은 포장면의 표시를 기계적인 방법으로 제거하려는 노력 대신에 차선 표시를 덮을 수 있는 방법으로 개량된 샌드 실 코팅(modified sand seal coating)을 적용하는 방법을 제안하고 있다. 제안된 방법의 성능과 적합성을 평가하기 위하여 고속도로 작업구간에 적용하여 실험을 실시하였다. 본 연구에서는 개량된 샌드 실 코팅방법에 대한 간단한 설명과 실험 후 분석결과를 설명하고자 한다.

2. 문헌조사

2.1 노면표시 제거

국내의 경우 고속도로공사 전문시방서(한국도로공사, 2005) 제11장의 노면표시 시공 부분을 보면 노면표시 제거와 관련하여 기준을 제시하고 있으며, 이를 요약해보면 포장면의 노면표시는 깨끗하고 완전하게 제거하되, 포장면의 손상이 없도록 하여야 한다는 내용이다. 이는 MUTCD (Manual on Uniform Traffic Control Devices) 메뉴얼에 규정되어 있는 미국의 기준과도 같다. 이와 관련하여 시방기준이 어떠한 특정한 시공 방법을 제시하는 것은 아니며, 기준만을 제시함으로써 제거를 위한 시공방법은 시공자의 선택의 몫이라 할 수 있다. 이와 관련 기존의 일반적인 노면표시 제거 방법들(화학적 방법, Blasting, Grinding)에 대한 Ellis et. al.(1999)의 연구 결과를 살펴보면, 대부분의 방법들이 노면에 어느 정도의 손상을 발생시키거나, 노면이 젖은 상태에서 야간 운전자들에게 차선을 잘못 인식시키는 등 사고의 원인 제공을 할 수 있음을 보여

주었다. 그리고 다양한 제거방법 별로 나타날 수 있는 문제점들이 Table 1에 요약되어있다.

이 밖에 지금까지 노면표시 제거를 위한 다양한 방법들이 시도가 되고 있다. 예를 들어, 레이저에 의한 노면표시 제거 방법에 관한 연구(Pew and Thome, 2000)를 통하여 고출력 레이저 시스템이 노면표시에 효과적이라는 것과 페인트의 종류가 제거 작업의 효율성에 영향을 미친다는 결과를 내놓았다. 그러나 실제 현장 적용을 위해서는 연구가 더 필요하다는 점을 피력하였으며, 상업적인 측면에서 실제 적용을 위해서는 경제성에 대한 평가 또한 이루어져야 할 필요가 있다. 이와 같이 노면 표시 제거는 여전히 도로 건설 현장의 당면 과제라 할 수 있으며, 이를 효과적으로 제거할 방법과 절차를 찾는 노력이 계속 될 필요가 있다. 기존의 방법들과 같이 노면의 표시를 벗겨내는 방법을 적용할 때 표면을 구성하는 재료의 손실 없이 표시를 제거하기란 쉽지가 않다. 따라서 페인트 재료를 사용하지 않으면서 노면 표시를 덮는 방법을 고려해 본다면, 하나의 좋은 대안이 될 수 있을 것으로 기대된다.

Table 1 제거방법별 문제점

제거방법	문제점
Chemical Methods	Causes chemical damage to the pavement
Grinding	Creates scars
Water Blasting	Removes aggregates
Hot Compressed-Air Burning	Creates scars and damages the pavement
Excess-Oxygen Burning	Causes scars bonded by obliterated paint and beads
Hydroblasting	Results in scars, scouring and polishing surface aggregate
Sandblasting	Damages the pavement
Motor Grader	Tremendous damage to the pavement
Black Paint	Wears off fairly quickly

2.2 마찰실험

포장 면 미끄럼 저항은 가장 중요한 안전요건 중에 하나이며, 이를 측정하기 위해서는 마찰 실험을 실시하여 미끄럼 저항이 최소 기준 이상이 되는 지를 볼 필요가 있다. NCHRP Report 37(Kummer and Meyer, 1967)에 따르면 다양한 속도에 따른 최소 interim skid number(SN)를 제시하고 있으며, 주요 지방 고속국도에 대한 최소 기준으로 SN 37을 제시하고 있다. 이는 ASTM Method E-274에 따라 40 mph (65km/h) 속도에서 스키드 트레일러를 가지고 측정된 값을 기준으로 한다. Halstead(1993)가 설문 조사를 통해 발표한 적정한 스키드 넘버에 대한 가이드라인을 살펴보면, 미국의 경우 대부분의 주에서 권장하는 고속국도(제한속도 40 mph 이상)에 대한 SN의 범위는 30-40으로 제시하고 있다. 마찰실험을 위한 방법은 다양한 유형들이 존재하나, 미국의 경우 한 설문조사 결과(Dahir and Gramling, 1990) ASTM 기준에 부합하는 실험 방법들 중에서 K.J. Law Locked-Wheel Skid Trailer를 이용한 포장 면 마찰실험이 가장 보편적인 것으로 나타났다.

3. 차선표시 제거방법 설문조사

설문조사 결과 미국 25개주에서 12개의 다양한 차선표시 제거방법들이 아스팔트와 콘크리트 포장에 사용된 Epoxy, Inlaid MMA, Tape, Paint, Thermoplastic과 같은 차선표시재료를 제거하는데 사용되고 있었다.

Table 2에서 나타난 바와 같이 Grinding방법은 가장 많은 주에서 보편적으로 쓰이고 있었으며, Water Blasting, Black Out Line Removal Tape, Heat Torching, Sand Blasting, Asphalt Pavement Overlay, Shot Blasting, 그리고 기

타 방법들(Black Thermoplastic/Paint, Flail Milling, Lift off, Strip Seals, Torch & Scraper) 순서로 빈번하게 사용되고 있었다.

하지만 제거방법의 만족도 순위를 보면 Water Blasting 방법이 가장 높게 나타났으며, 일반적으로 많이 사용되고 있는 Black Line Removal Tape 방법은 시공이 용이하지만 만족도는 그다지 높지 않은 편이다.

차선표시 제거방법 별로 나타난 문제점에 관한 설문조사에서는 비교적 높은 만족도를 보였던 Grinding 방법이 문제점 또한 많은 것으로 나타났다 (Fig. 1 참조). 그 이유를 살펴보면, 이 방법은 차선표시를 깨끗이 지울 수 있어 만족도는 높지만, 그 과정에서 도로포장 표면에 자국을 남기고 손상을 가져오는 등 많은 문제점이 있기 때문이다. 제일 만족도가 높았던 Water Blasting은 고가의 장비를 사용함으로 비용이 많이 들며,

Table 2 차선표시 제거방법 주별 사용 빈도수

Pavement Marking Removal Methods	사용빈도수 순위	만족도 순위
Grinding	1	2
Water Blasting	2	1
Black Line Removal Tape	3*	5*
Heat Torch	3*	3
Sand Blasting	5	4
Asphalt Pavement Overlay	6	5*
Shot Blasting	7	7

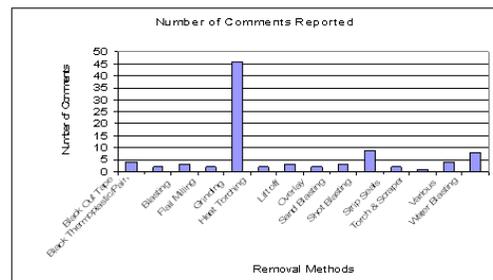


Fig. 1 차선표시 제거방법의 문제점에 관한 언급 빈도수

Table 3 차선표시 제거방법 별로 나타난 문제점

제거방법	문제점
Black Out Tape	- Color does not always match existing roadway, still can see location of markings, can come loose. - In high traffic areas, performance and maintenance problems
Grinding	- Damage to existing pavement leaving the appearance of a line - Deep scars to pavement - Scaring of pavement and residual amount of reflectivity - Surface deterioration
Heat Torching	- Over Heating - Time consuming
Overlay	- Cost is too much just to remove markings
Sand Blasting	- Leaves trace lines - Sandblasting leaves permanent scars that accelerate the deterioration of the pavement surface
Shot Blasting	- Leaves trail of changed surface - Shot remaining in removed line, then gets rusted when shot gets wet - Surface damage
Water Blasting	- Expensive - Removal of surface aggregates - Scaring of pavement and residual amount of reflectivity

높은 수압에 의한 포장표면 골재의 분리와 장비 사용자의 숙련정도에 따른 차선표시제거 결과가 달라지는 경우가 있으며, 표면에 남은 자국과 페인트가 빛에 반사되어 차선으로 보일 수 있다는 문제점들이 있다. 이외에도 여러 문제점들이 Table 3에 요약되어있다.

4. 실 코팅 방법

4.1 실 코팅 적용

SR-22 현장은 시방에 따라 핸드 스프레이를 이용하여 세 개 제조사의 실 코팅 재료를 Fig. 2 와 같이 포설 하였다. SR-23 현장의 경우는 고무 스킨즈를 이용하여 Fig. 3과 같이 포설하였다. 건조 시간은 날씨 조건에 따라 차이가 나는데, 일반적으로 일회포설 후 표면의 건조 상태를 관찰하고 만질 수 있을 정도가 되면 다시 포설을 한다. 실 코팅 포설 절차는 제조사들 별로 유사하다.

SR-22 현장은 적은 면적의 아스팔트 포틀랜



Fig. 2 이중 코팅 적용 작업



Fig. 3 이중 코팅 포설 결과



Fig. 4 Locked-Wheel Skied Tester에 의한 마찰실험

드 포장 활주로의 제한된 지역으로 마찰 실험 속도는 최고20mph까지만 가능하였다. 그러나 SR-23 현장에서는 마찰 변화를 관측하기 위해 다양한 속도의 마찰실험을 수행하였다. 마찰 실험은 Fig. 4와 같이 Locked-Wheel Skid Tester를 사용하였으며, 각 조건별로 3회 실시하였다.

4.2 실 코팅 실험결과 및 분석

4.2.1 SR-22 현장 실험결과

SR-22 현장의 포장과 차선 표시에 Locked-Wheel마찰 실험을 수행한 결과는 Table 4에서 보는바와 같으며, 실험기의 속도는 매번 20mph였다. T-test통계검증을 통하여 각 제조사 재료별 평균 SN를 비교한 결과 Neyra's 재료가 0.01% 레벨(99% 신뢰구간)에서 마찰력이 약간 높은 것으로 나왔으나, 제조사의 재료에 따른 마찰의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 실험을 통해 측정된 평균 SN은 NCHRP 보고서 37에 제시되어 있는 20mph속도에서 최소한의 권장 수치인 40 interim SN를 초과하는 것으로 나타났다. 또한 실 코팅 전·후의 Locked-Wheel 마찰 실험 결과들을 비교검토하기 위한 T-test 결과 0.01레벨(99% 신뢰구간)에서 실 코팅 전·후에 따라 통계적으로 유의한 마찰력 차이가 있는 것으로 나타났다. 결론적으로 SR-22 현장

Table 4 Locked-Wheel 마찰실험 결과

Locked-Wheel Test		평균 SN	
		포장 면	노면 표시
실 코팅 적용 전		77	60
실 코팅 적용 후	Seal Master	43	34
	GEM Seal	43	38
	Neyra	45	39
평균		40	69

Table 5 Locked-Wheel 마찰실험 결과

실험 속도	평균 SN	
	실 코팅 적용 전	실 코팅 적용 후
20 MPH	66	44
30 MPH	58	38
40 MPH	52	36
50 MPH	46	33
60 MPH	41	33

의 실험 결과 실 코팅 후에 미끄럼 저항의 감소가 발생하는 것을 의미한다.

4.2.2 SR-23 현장 실험결과

SR-23 현장에서 실시한 마찰 실험 결과(평균값만 제시함)는 Table 5와 같으며, 마찰 실험은 20, 30, 40, 50 및 60mph의 속도로 이루어졌다. 실 코팅 전·후의 마찰 실험 결과 값들을 비교해 보기 위한 T-test를 실시한 결과, 0.01레벨(99% 신뢰구간)에서 실 코팅 전·후에 따라 통계적으로 유의한 마찰력 차이가 있음을 보였다. 결론적으로 SR-23 현장에서도 실 코팅 적용 후 미끄럼 저항의 감소가 있었다는 통계적으로 유의한 결과를 얻었다. 40mph의 실험 속도에서 측정된 평균 SN은 실 코팅 후 16 정도 값이 떨어졌다. 그러나 40mph에서 SN 36은 미국의 대부분의 주에서 요구되는 최소 마찰 기준 범위 내에는 들어감을 알 수가 있다.



Fig. 5 차선 아스팔트 포설 작업



Fig. 7 샌드 실 코팅 적용 후 시험구간 포장면



Fig. 6 모래 포설 작업

4.3 개량 샌드 실 코팅 적용

개량 샌드 실 코팅 포설 및 마찰실험 도로 공사 중에 차선 표시를 덮기 위한 한 방법으로 개량된 샌드 실 코팅의 시공성과 성능을 실험하기 위하여 SR-26 현장에서 현장적용을 실시하였다. 실 코팅을 위해 RS-1을 170도까지 가열하고, 0.12gal/SY 비율로 포설하였다. 또한 모래(masonry silica sand)는 0.08cf/SY 비율로 포설하였으며, 포설된 모래는 RS-1보다 175 SY를 더 커버했다. 샌드 실 코트의 포설과정은 Fig. 5 및 Fig. 6에서 보는 바와 같으며, 샌드실 코트 포설 후 시험구간 포장 면은 Fig. 7과 같다. 샌드 실을 포설하는 전체 공중은 약 30분 정도로, 완성된 샌드 실 코팅은 페인트 차선 표시를 완전

히 커버하는 것으로 나타났다.

포설 후 대략 일 주일 후에 실시된 마찰 실험 결과에 따르면, SR-26 현장 동쪽 경계면에서 얻어진 실험결과 40mph 속도에서 평균 SN가 44.3이었으며, 같은 속도에서 서쪽 경계면에서 측정된 평균 SN은 43.4였다. 양쪽 면 모두 미국의 대부분의 주에서 요구하는 최소 마찰 기준을 만족시켰으며, 결론적으로 실 코팅 마찰 값이 수용 가능함을 보여주었다.

4.4 개량 샌드 실 코팅 실험결과 및 분석

마찰 실험 결과 처리된 표면의 마찰 값은 수용 가능한 범위에 있음을 보여주었다. 동쪽 및 서쪽 면의 샌드 실 코트 적용 전·후의 마찰 실험 결과를 비교 분석하기 위한 T-test 결과에 따르면, 0.01% 레벨(99% 신뢰구간)에서 샌드 실 코팅 적용 전·후의 통계적으로 유의한 마찰력 차이가 없는 것으로 나타났다. 결론적으로 SR-26 현장 실험에서 샌드 실 코트 적용 후 통계적으로 유의한 미끄럼저항의 감소는 없었다는 것을 알 수가 있었다.

샌드 실 커버링은 시공자에게 매우 편리한 방법이다. 시공을 위한 장비는 시공사 프로젝트 장비의 일부로 별도의 장비를 필요로 하지 않으며,



Fig. 8 SR-26 현장 샌드 실 코팅 상태

아스팔트 재료도 현장에서 쉽게 조달할 수 있는 것으로 볼 수 있다. 단지 포설 재료 중에서 모래만을 근처배치 플랜트에서 가져왔는데, 이 방법을 일상적으로 적용해야 한다는 것을 가정하면 현장 내에 비치하는 것도 어렵지 않다는 시공사의 설명이 있었다.

또한 교통 개방 하에서 샌드 실을 관찰함으로써 샌드 실의 내구성에 대한 측정이 이루어졌다. 샌드실 코팅 포설 후 30일 정도를 교통에 개방한 후 관찰이 이루어 졌으며, 샌드 실 코팅은 어떠한 표식도 보이지 않는 좋은 상태를 유지하고 있는 것이 관찰되었다. Fig. 8은 대략 30일 동안의 교통 개방 후 관찰된 샌드 실 코팅의 상태를 보여준다.

5. 맺음말

본 연구에서는 운전자의 안전과 도로공사의 효율성을 높이기 위하여 미국25개주에서 쓰이고 있는 효과적인 차선표시 제거방법과 각 제거방법의 문제점들에 관한 설문조사를 진행하였으며, 설문조사 결과 Grinding, Water Blasting, Black Out Line Removal Tape 방법들이 가장 많은 주에서 보편적으로 쓰이고 있었다. 가장 효과적인 제거방법으로는 Water Blasting 방법이 가장

높은 만족도를 보였으며, 일반적으로 많이 사용되고 있는 Black Line Removal Tape 방법은 시공이 용이하지만 만족도는 그다지 높지 않은 편으로 나타났다. 차선표시 제거방법의 문제점에 관한 설문조사에서 Water Blasting 방법은 고비용, 포장표면 골재의 분리, 표면에 남은 자국과 페인트가 빛에 반사되어 차선으로 보일 수 있다는 문제점들이 지적되었고, Grinding 방법은 차선표시를 깨끗이 지울 수 있어 만족도는 높지만, 그 과정에서 도로포장 표면에 자국을 남기고 손상을 가져오는 등 많은 문제점이 제기되었다.

그리고 기존의 차선 표식을 제거하기 위한 방법들의 대안으로 포장면의 표식을 기계적인 방법으로 제거하려는 노력 대신에 차선 표식을 덮을 수 있는 방법으로 샌드 실 코팅(sand seal coating)과 개량된 샌드 실 코팅(modified sand seal coating)을 적용하는 방법의 성능과 적합성을 평가하기 위하여 고속도로 작업구간에 적용하여 실험을 실시하였다. 이 방법은 임시로 노면 표식을 덮어 차선 등을 제거할 경우에 매우 실용적이고 성공적인 방법임이 입증되었다. 따라서 본고에서는 연구결과 임시로 노면 표식을 제거하기 위한 대안으로 개량된 샌드 실 커버링 방법을 활용할 것을 제안한다.

이는 시공이 용이하며 포설 후 마찰력 감소가 없고, 또한 내구성도 좋아 신속히 차선을 제거하고 다시 그리기를 반복해야 하는 도로 건설현장 작업구간에서 활용하기에 여러 가지 장점을 갖는다. 이 방법을 효과적으로 활용하기 위해서는 계약에 이에 관한 시방서가 첨부되어야 할 것이며, 이 공종을 커버할 수 있는 내역 항목도 개발되어야 할 필요가 있다. 그리고 이 방법을 교통 통제계획에 포함하여 운용한다면, 실질적으로 기술적인 해결책으로써 뿐만이 아니라, 기존 방법들에 비해 (본 연구정보에는 제시하지 않았으나) 경제적인 절감 효과도 뛰어나기 때문에 그

만큼 큰 의미를 가질 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 한국도로공사, 고속도로공사 전문시방서(Highway Construction Guide Specification) 토목편, (사)한국도로교통협회, 2005, pp.11-3.
2. Dahir, S. and Gramling, W., "Wet-Pavement Safety Program", Transportation Research Board, 1990.
3. Ellis, R., Pyeon, J., Lee, S. and Kim, B., "Evaluation of Seal Coating Treatments to Manage Temporary Pavement Paint Markings during Highway Construction", KSCE Journal of Civil Engineering (Indexed in SCI-E), vol. 14, No. 4, July 2010, pp.461-471, ISSN 1226-7988.
4. Ellis, R., Ruth B. and Carola, P., "Development of Improved Procedures for the Removal of Pavement Markings during FDOT Construction Projects", Final Report, FDOT, 1999.
5. Kummer H. and Meyer W., "Tentative Skid-Resistance Requirements for Main Rural Highways", NCHRP Report 37, Highway Research Board, 1967.
6. Niessner, C. "Traffic Stripe Removal", Report, FHWA-TS-79-227, Office of Research and Development, Federal Highway Administration, Washington D.C., 1979.
7. Pew, H. and Thome, J., "Laser Removal of Paint on Pavement", TRB/NCHRP-16, Final Report, FHWA, DOT, and AASHTO, 2000.
8. "Manual on Uniform Traffic Control Devices for Street and Highways", Section 6F.71, 2003 Edition, Federal Highway Administration. 2003.

담당 편집위원: 정우영
(강릉원주대학교 토목공학과 부교수)
woojung@gwnu.ac.kr