

지구를 살릴 수 있는 토질암반층 도로포장 FS 신공법

류 흥 식 (주)케이씨씨, (주)거보산업 회장

1. 서론

우리가 살고 있는 현재의 세계는 고도의 물질 문명의 발달로 우주항공, 통신, 전자, 교통, 자동차, 토목, 건축, 기계, 생명공학등 거의 모든 분야가 눈부시게 찬란한 꽃을 피우고 있다. 이렇게 초스피드로 계속 발전을 거듭 한다면 과연 미래의 세계는 어떻게 변할까?

인간의 지혜와 능력이 어디까지 미칠 것인가 참으로 미래에 대한 기대와 우려가 교차되고 있다. 발전과 개발에 따른 후유증 또한 만만치 않다. 아니 너무 심각한 수준이다.

곳곳에 교통 혼잡과 사고는 교통체증으로 이어져 국가 예산과 맞먹는 사회적 손실 비용이 발생하고 녹지훼손, 환경파괴와 무관치 않는 지구 온난화 현상으로 인한 해수면 상승 빈번한 홍수와 가뭄, 오존층파괴, 적조 등으로 엄청난 인명과 재산이 피해를 입고 있다. 동남아를 휩쓴 쓰

나미 미동남부를 강타한 허리케인 카트리니와 같은 대형 천재지변까지 겹쳐 하나밖에 없는 지구는 21세기에 접어든지 채 5년도 안되었지만 지난 수세기 동안 일어난 재앙을 오히려 앞지르고 있다.

뿐만 아니라 언제 어떤 모습으로 우리 앞에 불어 닥칠지도 모르는 난리와 재해를 생각할 때 우리는 공포에 떨지 않을 수 없다. 늦었지만 이제라도 지구의 파멸을 막기 위해 범인류적 차원에서 무분별한 개발과 국부적인 이익만을 얻기 위해 진행되고 있는 각종 환경파괴행위를 중단하고 건설과 개발을 하더라도 친환경공법을 선택 하느냐 선택하지 않느냐가 아니라 어떤 친환경공법으로 건설을 해야 하는 문제를 놓고 고심해야 할 것이다.

도로건설은 자연파괴, 환경오염 교통체증과 밀접한 관계가 있다 만약 자연파괴와 환경오염을 최소한으로 줄일 수 있고 보수공사가 필요 없

는 반영구적인 내구성과 경제적인 도로 공법이 나온다면 이는 전 인류에게 돈으로 환산할 수 없는 엄청난 유익을 가져 올 것이다.

당사가 발명한 토질암반층 FS 신기술 도로포장공법이야말로 현재 지구가 안고 있는 고민거리의 상당부분을 해소 할 수 있는 대안이며 해결책이 될 수 있음을 제시하고자 한다.

II 도로건설은 100년 앞까지도 생각해야 한다

1. 교통체증 유발하는 도로개보수공사 신 공법으로 막을 수 있다.

2004년도 우리나라의 교통 혼잡비용 22조 1,000억원, 교통사고비용15조5,000억원, 교통체증에 따른 물류비 증가액 87조원, 사회적손실비용 합계124조6,000억원이며 이웃 일본은 576조원, 미국 1,237조원 전 세계는 지난 한 해 동

안 약 1경1,500조원으로 추산되는 사회적 손실 비용이 지출 되었다 모두 차 막혀서 사고 나서 길바닥에서 없어진 돈이다.

▶ 교통체증의 원인으로는

- 통행차량 대비 도로면적 협소
 - 교통사고
 - 신호, 주차 무질서, 주차공간미비
 - 도로개보수로 인한 차량 통행 제한 및 통제
- 이중에서 언급하고자 하는 부분은 도로개보수로 인한 차량통행 제한 및 통제이다.

같은 도로에서도 시간 즉 교통상황에 따라 지역마다 나라마다 교통체증의 원인과 정도는 다르다 하지만 하나같이 도로개보수 공사로 인해 통행차량이 제한과 통제를 받고 이로 인해 교통소통이 원활치 못함으로 교통체증을 유발하고 있다는 것이다.

2004년도 한국의 경우 포장도로 보수비

〈표 1〉 도로별 보수비 현황(2004년)

(단위 : 백만원)

구 분	계	고속도로	일반국도	특별/광역 시도	지방도	시 도	군 도
포장도로보수	384,426	38,677	87,771	135,632	27,400	58,811	36,135
위험도로보수	155,561	1,445	75,406	3,756	27,387	14,305	33,262
응급복구기타	193,433	28,897	132,988	11,586	8,958	6,785	4,219
합계	733,420	69,019	296,165	150,974	63,745	79,901	73,616

〈표 2〉 보수공사별 교통 체증율(2004년)

구 분	계	공사전 (%)	공사중 (%)	공사후 (%)
고속도로	100	2.2	58.3	39.5
일반국도	100	4.8	76.7	18.5
특별/광역시도	100	8.1	78.2	13.7
지방도	100	8.8	75.3	15.9
시 도	100	10.3	74.6	15.1
군 도	100	12.7	69.5	17.8

3,844억원, 위험도로 보수비 1,555억원, 응급복구 기타 1,934억원 계 7,334억원이 지출 되었다. 물론 이중 유지관리비 454억원이(6.2%) 포함 되었다.

그러나 93.8%인 6,879억원은 도로파손과 직접 관련된다. 반영구적인 공법으로 시공되었다면 예산 절약과 함께 이로 인한 교통체증은 거의 발생하지 않았을 것이다. 개보수할 만큼의 도로 상태는 차량소통에 어느 정도 지장을 초래한다. 그래서 도로개보수전 교통체증, 도로개보수 공사 중 교통체증, 도로개보수공사(양생기간)후 교통체증으로 구분할 수 있다.

위 표에서와 같이 고속국도에서는 도로 상태가 좋지 않을 경우 짧은 시간 내에 보수공사를 착수 하였고 시도, 군도는 방치시간이 고속도로, 일반국도에 비해 길었다. 고속국도는 콘크리트 슬래브 포장율이 높아 개보수 공사 후에도 양생으로 인해 교통 통제시간이 많았음을 알 수 있다. 조사과정에서 도로상태가 양호한 구간은 개보수로 인한 교통체증이 전혀 없었고 포항시, 안

산시 특히 공단 내외부 어떤 구간은 개보수 공사가 매우 잦았고 어떤 경우는 보수공사기간이 한 달을 넘었으며 공사기간 동안 많은 차량들이 다른 노선으로 우회 했음에도 불구하고 해당 공사 구간 주행속도는 평균 시속 6~8km로서 법정 주행속도의 6분의 1도 되지 않아 교통체증을 600%를 넘기는 구간도 있었다.

교통체증의 피해는 해당구간에만 그치는 것이 아니고 우회노선에 까지 영향을 끼쳐 그곳까지 교통체증을 유발하므로 피해의 정도가 확산되는 특성을 지니고 있었다. 특히 도로개보수가 잦은 구간은 덤프트럭, 트레일러등 중차량들의 통행량이 많았고 산업 활동과 물류비 증가와도 직접 맞물려 있어 손실비용을 정확히 계산 한다는 것이 어려운 일이며 조사내용 또한 다소 국지적 이었다. 그러나 앞으로 해당 연구원들이 많은 구간을 폭 넓게 조사함으로써 더욱 정확한 데이터가 나오리라 사료된다.

지난해 우리나라의 경우 교통체증으로 인한 물류비 증가액 87조원이며 이중 도로개보수 공

사가 교통체증의 16.7%를 차지하므로 이로 인한 물류비 증가액은 14조 5,290억이 된다. 도로개보수공사비 6,879억과 도로 신설비 8조634억을 합한 8조7,513억원의 1.66배에 해당되는 금액이다. 일본은 3조1,795억원의 개보수비와 67조 1,616억원의 물류비 증가액이 지출되고 미국은 6조8,282억원의 개보수비, 144조2,342억원의 물류비 증가액이 지출 되었으며 세계는 63조 4,800억원의 도로 개보수비와 1,469조9,160억원의 물류비 증가액이 도로 개보수공사로 인해서 교통체증을 유발 하였고 사회적 손실 비용으로 지출된 금액이다.

2. 환경파괴 도로신공법으로 얼마나 줄일 수 있나?

2003년도 국내 골재채취실적에 따르면 하천골재 19,935,000m³(15.58%), 바다골재 33,698,000m³(26.34%), 산림골재 64,798,000m³(50.66%), 육상골재 9,483,000m³(7.41%) 계 127,914,000m³(100%)이며 이중 도로건설에 무려 51,691,000m³를 사용한 것으로 나타났다. 전 세계는 2003년도 각종 건설공사로 7,738억 7,970m³의 골재를 채취 하였다 이를 얻기 위해 얼마나 많은 자연 훼손과 환경이 파괴 되었을 것인가. 도로구조는 표층과 표층하부(중간층, 기층, 보조기층, 차단층, 선택층)로 구분할 수 있다.

2003년도 국내 도로건설 공사중 표층시공에 11,691,000m³의 골재를 사용했고 표층하부구조에 39,475,000m³의 골재가 사용 되었다. 이중 신기술 공법으로 토사를 이용하여 표층하부층에

사용되는 골재전량을 줄일 수 있다.

이는 우리나라의 골재사용 총량의 30.88%가 되며 도로건설 골재량의 77.15%에 해당하는 량이다.

전 세계적으로는 연간 2,388억2,375만m³의 골재가 도로표층 하부층 시공에 사용되고 있다. 만약 신공법으로 도로공사를 하게 된다면 이는 이집트에 있는 세계 최대 크기의 피라미드 108,556개의 분량만큼 자연 파괴를 막을 수 있다는 계산이 나온다.

III. 개발 배경

1. 도로건설과 신기술의 필요성

국가건설 산업에 있어 도로건설이 차지하는 비율은 가히 절대적이라 말할 수 있을 뿐만 아니라 도로는 국가산업의 대동맥 역할을 담당하고 그 자체가 사회간접자본의 주체가 된다. 도로건설에 대한 기본적인 목표는 국토의 균형 있는 발전을 도모하고, 급증하는 교통수요에 대응할 수 있는 노선의 다양화 및 이용의 편리성을 극대화 할 수 있는 도로망을 구축하는 것이다. 아울러 주요도시와 대규모 공단, 항만, 공항들을 상호 연결하여 산업 경쟁력 제고와 국민 불편을 없애기 위한 교통 애로구간의 해소를 도모하고, 역할과 기능을 수행할 수 있는 간선 도로망을 구축하는 것이다. 도로망은 주요도시를 연결하는 고속국도 및 일반국도가 주축을 이루고, 각 도 내의 지역 생활권을 연결하는 지방도 및 시가지내 가도 등이 연계되어 국가 도로망을 형성하고 있다.

오늘날 세계는 경제성장과 함께 국민소득수준

의 향상으로 인한 급속한 차량증가는 도로투자의 방향전환을 요구하게 되었으며 급격히 증가되고 있는 교통량을 수용하고자 국도의 신설에 착수하여 대도시·대규모 공업지역 들을 상호 연결함으로써 물류체계를 개선하는데 역점을 두고 있는 실정이다.

한편, 도로 건설은 공사에 소요되는 물량과 투입되는 비용이 막대하고 공사의 대부분이 토공 및 노체가 차지하므로 도로 공사의 경제성은 노상이나 노반의 강도에 전적으로 의존한다고 보아도 결코 과언이 아니다. 그러므로 도로 건설에 있어 도로의 노상이나 노반 그리고 기층이 공사비 측면에서 경제적이어야 하고 동시에 도로 안전 구조상 요구되는 물리적, 역학적 성질을 만족시키는 재료나 공법으로 시공되어야 한다.

이와 같은 목적으로 노반이나 노상과 기층 또는 보조기층 등에 대해서 흙 자체의 입도 조정이나 자갈 또는 쇄석 등을 혼합하여 물리적, 역학적 성질을 향상시키는 방법이 있으며, 현장에서 발생하는 자연토사에 적절한 첨가제를 섞어 화학적인 반응을 이용하여 강도의 증진, 차수효과 개선을 시도하는 방법이 모색되고 있다. 따라서 세계 도처에 산재해 있는 화강암의 부식토인 화강 풍화토와 그 밖의 양질의 토사를 주재료로 하여 도로의 기층 및 보조기층을 조성할 수 있다면, 크고 작은 골재원 조성과 및 석산을 개발하여 골재를 생산할 필요가 없어진다. 세계적으로 산재해 되어 있는 막대한 자원인 화강토 및 일반 양질 토사를 도로표층의 하부구조(중간층, 기층, 보조기층, 선택층)의 재료로 효율적으로 사용할 수 있는 공법은 국가 이익에 기여하

는 바가 매우 클 것으로 판단된다. 특히, 건설 산업 수요의 절반이상을 공공기관 발주에 의존하고 있으므로 건설공사의 계획, 집행은 거시적인 차원에서 정책목표 달성에 기여될 수 있어야 하며, 그 성과는 바로 국민 이익에 직결된다. 따라서, 건설 산업에서 가장 중요한 비중을 차지하는 도로 건설의 신기술 개발은 무엇보다도 국가 산업경제에 직접적인 발전계기를 마련하는 역할을 할 것이다.

또한, 산업발전에 따른 도로 포장시공에 있어 고품질 및 내구성이 크고 경제적이며, 공사기간을 단축할 수 있는 공법의 개발이 요구되고 있는 상황이다. 이에 당 사에서는 토질암반층도로포장공법을 도로공사에 확대 적용하기 위하여 기존공법들의 단점을 보완하고 기능을 대폭 향상시키는 신기술을 검토하게 되었다. 특히, 건설 현장에서 취득이 용이한 현장토사를 공학적인 분류법에 따라 분류하여 적정량의 Cement, 유제 및 첨가제를 혼합하여 도로의 표층 하부구조(중간층, 기층, 보조기층, 선택층)시공에 접목하는 신기술을 개발하였다.

2. 기존 기술의 문제점

일반적인 도로포장에 사용되는 골재적층 포장공법은 포장 기층재인 쇄석을 생산하기 위하여 석산 등의 골재원 개발에 따른 자연 훼손, 쇄석 생산 및 운반에 따른 공기지연 특히 골재를 구하기가 어려운 지역에서는 도로건설을 포기해야 하는 등의 많은 문제점이 있다.

문제점을 해결하기 위하여 개발된 대표적인

Soil Cement 공법에는 석분, 시멘트 안정처리 기층 포장공법, GH 고화제 지반경화처리공법, 락크공법 등이 있으며, 각 공법의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 석분, 시멘트 안정처리 기층 포장공법

산업 부산물인 석분에 시멘트를 혼합, 안정 처리하여 도로포장의 기층으로 활용하는 공법으로 시공법은 노상 또는 배합 플랜트에서 혼합하여 덤프트럭으로 현장에 운반한 다음 아스팔트 피니셔로 포설하여 머캐덤 로울러, 타이어 로울러, 탠덤 로울러 순서로 다짐을 하고 양생을 시켜서 시공하는 공법이다. 본 공법은 산업 부산물을 재활용함으로써 자연환경보호 및 하절기에 발생하는 아스팔트 포장의 소성변형을 경감시킬 수 있는 장점이 있는 반면 석분생산에 따른 자연훼손과 석분을 구하기 힘든 지역에서는 시행할 수 없는 단점이 있다.

(2) 도로노반처리를 위한 GH 고화제 지반경화 처리공법

스테아르산염, 수산화나트륨, 실리카 및 트리폴리인산염의 혼합물을 토질안정제로 하는 GH 고화제를 연약지반 토질과 혼합하여 안정된 지반

으로 경화처리 하는 공법으로 현장에서 발생하는 토사를 사용하여 도로포장에 사용할 수 있다. 고화처리시 경화된 흙의 강도 증대에 따른 지지력 확보로 지반침하 및 침수 방지, 시공단가의 경감, 동결 등의 기상조건에 대한 저항성이 크며, 기존 공법 사용시 골재채취로 인한 환경파괴를 줄일 수 있어 환경친화적이라 할 수 있으나 공사비가 많이 들어 연약지반등 부분적 시공에는 활용할 수 있으나 대규모 공사에는 적합하지 않다.

(3) 락크(LAC)포장 공법

LAC 공법은 화강토에 시멘트와 Lignin - Rosin 혼합물을 적당량 첨가하여 Soil Cement 층을 조성하므로 지하수의 상승을 차단하여 차수 및 내수성을 증대시켜 동해를 줄이고 흙의 밀도를 높여 주어 지지층의 압축강도가 증가되며 탄력성의 증대로 포장의 내구성은 물론 차량주행시의 충격을 완하시켜주는 효과가 있으나 그러나 균열이 발생하기 쉽고 장기강도 발현이 되지 않는 단점이 있다. 이상과 같이 현재 사용되고 있는 공법들은 나름대로의 독창성과 경제성 등을 지니고 있으나 첨가제의 안전성, 내구성, 탄력성, 공사비, 시공성 등의 측면에서 다소나마 문제점이 많다.

3. 기존 안정처리공법과 신기술의 비교

〈표 3〉 기존공법과 신공법 비교(1)

구 분	기존(안정처리공법)기술	신기술(FS)공법
공법원리	<ul style="list-style-type: none"> - 석분이나 화강토에 시멘트, 스테아르 산염 실리카등 고화제를 혼합하여 기층, 보조 기층을 구분하여 Soil cement층을 시공 	<ul style="list-style-type: none"> - AASHTO 통일분류법으로 분류한 세계 도처에 산재된 12종류의 토사 (현장에서 얻을 수 있는 토질 선택)에 시멘트, 유제, 친환경성의 첨가제를 혼합하여 중간층, 기층, 보조기층, 차단층, 선택층(동상방지층)을 구분치 않고 일체형으로 토질암반층을 시공
설 비	<ul style="list-style-type: none"> - 노상혼합 방식 	<ul style="list-style-type: none"> - 자동화된 배합 플랜트방식
작 업 성	<ul style="list-style-type: none"> - 생석회, 나프탈렌등을 사용하므로 취급에 주의를 요하며 저장 및 방수등의 특별한 시설이 필요 - 함수비 관리가 어렵다. - 노상혼합방식으로 재료 혼합이 불량 - 화강토를 구하기가 힘든 지역에서는 시공이 불가능 하다. - 도로의 중간층, 차단층, 선택층(동상방지층)에는 자갈, 쇄석을 사용하고 기층, 보조기층을 구분하여 시공하므로 작업이 복잡하다. - 균열이 발생하기 쉽고 장기강도 발현이 적다 	<ul style="list-style-type: none"> - 친환경성인 재료를 사용 하므로 안전하며 특별한 시설이 필요없다. - 함수비 관리가 매우 쉽다. - 자동화 시스템으로 재료가 균일하게 배합 - 세계도처에 산재된 일반토사(12종류)를 사용할 수 있어 세계 어느곳에서도 시공이 가능 - 도로의 기층, 보조기층은 물론 중간층, 차단층, 선택층(동상방지층)까지도 토사를 사용하고 층을 구분치 않고 일체형으로 시공하므로 작업이 단순하다. - 균열이 거의 발생치 않고 장기강도 발현이 우수하다.

IV. 세계에서 가장 뛰어난 친환경성, 내구성, 경제성, 도로포장 신공법

발명특허 출원 (NO.10-2005-0080891)
 세계 130여개국 출원(NO.PCT/KR2005/002914)

1. 신공법의 특징

- 도로하부 전층(중간층, 기층, 보조기층, 차단층, 선택층)을 일체형으로 토사를 사용

하여 토질암반층을 시공하므로 골재가 필요치 않아 자연훼손 방지

- 휨강도, 전단강도, 압축강도, C.B.R은 기존 공법에 비해 2~4배이상 차수성과 동결방지성은 100배 효과 발현
- 한번의 시공으로 보수공사를 하지 않아도 됨으로 예산절감, 교통체증 해소 효과
- 조성된 토질암반층은 분쇄시 다시 자연토사로 환원되며 환경적으로 무해함

〈표 4〉 기존공법과 신공법 비교(2)

기 존 공 법		내 용	신 공 법	
아스팔트 포장	콘크리트 포장		아스팔트 포장	콘크리트 포장
-	-	휨 강 도 (단면계산)	4.16배	1.97배
-	-	전단강도 (단면계산)	2.07배	2.38배
기 층 : 30kg/cm ² 이상 보조기층 : 10kg/cm ² 이상	보조기층 : 20kg/cm ² 이상	1축 압축 28일 강도	토질암반층 : 45kg/cm ² 이상	토질암반층 : 45kg/cm ² 이상
기 층 : 80 보조기층 : 60	보조기층 : 80	C B R	토질암반층 : 100	토질암반층 : 100
기 층 : 19.4kg/cm ³ 보조기층 : 15.3kg/cm ³	보조기층 : 19.4kg/cm ³	압축강도	토질암반층 : 33.3kg/cm ²	토질암반층 : 33.3kg/cm ²
3.2×10 ⁻⁵	3.2×10 ⁻⁵	투수계수 (하부층)	3.2×10 ⁻⁷	3.2×10 ⁻⁷
0.6	0.6	동결팽창계수 (하부층)	0.006	0.006
-	-	초기공사비 절감율 (하부층)	- 15.3 %	- 5.9 %
-	-	공사기간 단축 (하부층)	- 25 ~ 35 %	- 25 ~ 35 %

2. 기존공법과 신기술 공법의 슬래브 응력도 (휨강도, 전단강도)

〈표5〉 기존공법과 신기술 공법의 슬래브 응력도 비교

※ 노상토의 설계 CBR 3, 고속국도 기준 (단, 동결심도는 고려치 않음)

		기존 공법	신기술 공법
아스팔트 포장 방법	단면도	<p>표층 5cm 아스콘 기층 22cm 보조기층 (알갱이의 오래해진 공지함) 40cm</p>	<p>표층 5cm 토질암반층 50cm</p>
	휨응력 $\sigma = \pm M/I \times y = 6M / bh^2$ (h=m)	<p>$\sigma \approx 82.3 \text{ M/b}$</p>	<p>$\sigma \approx 19.8 \text{ M/b}$</p>
	전단응력 $\tau = VQ / Ib = 1.5 \times V/bh$ (h=m)	<p>$\tau \approx 5.6 \text{ V/b}$</p>	<p>$\tau \approx 2.7 \text{ V/b}$</p>
콘크리트 포장 방법	단면도	<p>콘크리트 슬래브 30cm 린콘크리트 20cm CBR > 20 25cm</p>	<p>콘크리트 슬래브 30cm 토질암반층 40cm</p>
	휨응력 $\sigma = \pm M/I \times y = 6M / bh^2$ (h=m)	<p>$\sigma \approx 24 \text{ M/b}$</p>	<p>$\sigma \approx 12.2 \text{ M/b}$</p>
	전단응력 $\tau = VQ / Ib = 1.5 \times V/bh$ (h=m)	<p>$\tau \approx 5 \text{ V/b}$</p>	<p>$\tau \approx 2.1 \text{ V/b}$</p>

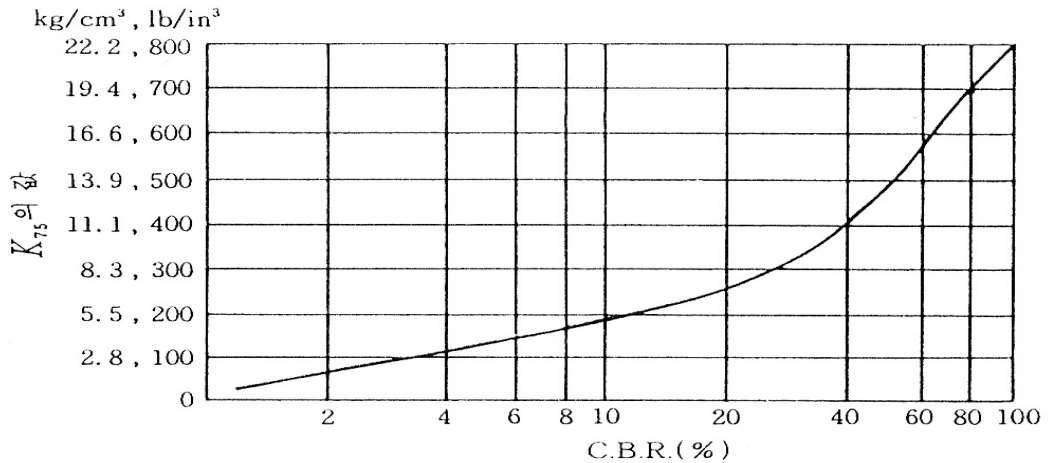
○ 휨응력은 슬래브 두께를 결정하는 도로의 가장 중요한 역학적 요소이며 신기술 공법은 기존 공법에 비해 아스팔트 포장 4.16배, 콘크리트 포장은 1.97배의 휨강도가 발현 됨.

○ 차단층, 동상방지층 또는 선택층을 고려한 단면에서는 휨응력의 격차는 더욱 벌어짐.

3. 평판재하시험결과표

〈표 6〉 평판재하시험 결과표

시험위치 : 중국 산둥성 문태시 공단 진입로		시험위치번호 : 2호			
평판크기 : 0.25m ²		하중증가량 : 1ton		측정일시 : 05 - 8 - 14	
시험자 : 중국위해검측유한공사					
하중단계별시간(t) 침하량(s) 지지력(tf/m ²)					
하중	재하중Q(tf)	침하폭량(m/m)	누적침하량(m/m)	재하시간	누적재하시간
	1ton	0.24	0.24	150	150
	2ton	0.32	0.56	150	300
	3ton	0.31	0.87	150	450
	4ton	0.31	1.18	150	600
	5ton	0.32	1.50	150	750
	6ton	0.33	1.83	180	930
	7ton	0.33	2.16	180	1110
	8ton	0.30	2.46	180	1290
	9ton	0.35	2.81	180	1470
10ton	0.38	3.19	180	1650	



〈그림 1〉 K₇₅와 C.B.R.와의 관계

위 그림에서 보는 바와 같이 평판재하시험결과 FS신기술 공법으로 시공 했을시 지지력 계수

가 23이상을 훨씬 상향하여 종래 기층, 보조기층에서 요구하는 CBR 80, 60을 모두 만족하며 기

존의 골재적층포장공법에서는 상상할수 없는 CBR 100을 기록하여 관계자들이 경탄을 금치 못하고 있다.

$$k = q / y$$

위 시험표에서 50kpa 일 때의 침하량이 1.50mm

$$\therefore k = \frac{5\text{kgf} / \text{cm}^2}{0.15\text{cm}} = 33.33\text{kgf} / \text{cm}^3$$

지지력 계수 : k 하 중 강 도 : q
침 하 량 : y 100kpa : 1kgf/cm²

4. 신기술공법에 적용 할 수 있는 토질별 검사표

〈표 7〉 신기술공법에 적용할 수 있는 토질별 검사표

분류	단위중량 t/m ³	현장 CBR	지반계수K kg/cm ²	일축압축 28일강도	토질암반층 시공후 CBR	본신기술공법 에서 사용여부	비 고
GW	2.00~2.24	60~80	8.3이상	62.5~67.2	100	사용가	토 중량의 10~20% 마사토 혼합
GP	1.76~2.08	25~60	8.3이상	64.7~69.6	100	사용가	토 중량의 10~20% 마사토 혼합
GM	d 2.08~2.32	40~80	8.3이상	63.2~68.8	100	사용가	
	u 1.92~2.24	20~40	5.5~8.3	61.3~67.4	100	사용가	
GC	1.92~2.24	20~40	5.5~8.3	66.9~70.1	100	사용가	
SW	1.76~2.08	20~40	5.5~8.3	54.4~62.1	100	사용가	
SP	1.60~1.92	10~25	5.5~8.3	52.8~60.6	100	사용가	
SM	d 1.92~2.16	20~40	5.5~8.3	48.3~53.8	100	사용가	
	u 1.68~2.08	10~20	5.5~8.3	42.1~45.0	100	사용가	
SC	1.63~2.03	10~20	5.5~8.3	49.5~55.8	100	사용가	
ML	1.60~2.00	5~15	2.8~5.5	30.2~37.6	95~100	사용가	
CL	1.69~2.00	5~15	2.8~5.5	28.8~33.3	90~95	사용가	
OL	1.44~1.68	4~8	2.8~5.5	12.1~21.5	50~58	사용불가	유기질은 장기강도가 떨어짐
MH	1.28~1.60	4~8	2.8~5.5	14.7~22.9	52~60	사용불가	
CH	1.44~1.68	3~5	1.4~2.3	12.4~18.0	50~55	사용불가	
OH	1.28~1.68	3~5	1.4~2.3	7.0~9.2	30~43	사용불가	유기질은 장기강도가 떨어짐
Pt	1.28~1.68	3~5	1.4~2.3	6.1~8.3	27~41	사용불가	유기질은 장기강도가 떨어짐

AASHTO 통일분류법으로 분류한 각 토군(도로 및 활주로용)

- * d 와 u 는 에테버그 한계에 의한. (예 : GMd 는 W_l ≤ 28, PI ≤ 6 인 경우. GMu 는 W_l > 28 인 경우)
- * W : 세립이 거의 없고 입도분포가 좋은 깨끗한 흙 P : 세립이 거의 없고 입도분포가 불량한 깨끗한 흙
- M : 세립분 12% 이상 함유, 실트질의 혼합토 C : 세립분 12% 이상 함유, 점토질의 혼합토
- : 유기질 흙 L : 액성한계가 50% 이하 H : 액성한계가 50% 이상
- * W_l : 액성한계 PI : 소성지수

분류	내	용
GW	입도분포가 좋은 자갈 또는 자갈모래 혼합토, 세립분은 약간 또는 결여	
GP	입도분포가 나쁜 자갈 또는 자갈모래 혼합토, 세립분은 약간 또는 결여	
GM	d 실트질의 자갈, 자갈모래 실트 혼합토	
	u 실트질의 자갈, 자갈모래 실트 혼합토	
GC	점토질의 자갈, 자갈모래 점토 혼합토	
SW	입도분포가 좋은 모래 또는 자갈 질의 모래, 세립분은 약간 또는 결여	
SP	입도분포가 나쁜 모래 또는 자갈 질의 모래, 세립분은 약간 또는 결여	
SM	d 실트질의 모래, 모래 실트 혼합토	
	u 실트질의 모래, 모래 실트 혼합토	
SC	점토질의 모래, 모래 점토 혼합토	
ML	무기질의 실트 및 극히 가는 모래, 석분, 소성이 작은 실트질 또는 점토질의 세사 또는 점토질실트	
CL	소성이 보통이하인 무기질 점토, 자갈질 점토, 모래질 점토, 실트질 점토, 소성이 낮은 점토	
OL	소성이 낮은 유기질 실트 및 실트질 점토	
MH	무기질의 실트, 운모질 또는 구조질의 세사질 또는 실트질 점토, 탄성이 큰 실트	
CH	소성이 큰 무기질 점토, 소성이 큰 점토	
OH	소성이 보통 이상인 유기질 점토, 유기질 실트	
Pt	이탄 및 그 외의 유기질이 극히 많은 흙	

V. 신기술 효과로 지구를 살린다.

1. 기술적 파급 효과

본 공법은 도로의 중간층, 기층 및 보조기층, 선택층을 현장에서 발생하는 자연토사에 시멘트, 아스팔트, 유제, FS첨가제를 혼합하여 시공하는 도로포장공법으로 다음과 같은 기술적 파급효과가 있다고 판단된다.

1) 국내의 도처에 산재된 토사를 사용하기 때문에 골재자원의 고갈현상을 막고 자연을 훼손해 가면서까지 산림, 바다, 하천을 개

발할 필요가 없게 되어 자연을 보호 할 수 있다.

- 2) 첨가제와 유제의 혼합으로 토립자의 밀도가 증대되고 뛰어난 차수효과로 인해 동해의 방지는 물론 강성과 탄력성 증대로 반영구적인 내구성의 도로건설이 가능하다.
- 3) 도로의 현장 또는 가까운 곳의 토사를 사용하므로 운반거리 단축에 따른 공기단축 및 공사의 생산성이 향상된다.
- 4) 주재료인 양질 토사에 대한 시공 전 실내, 현장시험을 통한 지반에 대한 자료가 널리 수집되어 토질공학적인 발전이 기대된다.

2. 경제적 파급 효과


본 신기술공법은 고가의 골재를 사용하지 않고 시멘트와 세계 도처에 산재되어 있는 저렴하고 쉽게 채취할 수 있는 현장발생 자연토사에 유제를 첨가하여 지지 기반을 조성하는 공법이다. 따라서, 날로 심각해져 가는 골재 난의 현실에서 산림이나 하천을 훼손하지 않고서도 공사목적을 달성할 수 있음으로, 막대한 예산절감 및 에너지 절약효과를 가져와 기존의 도로포장공법에 비해 상당히 저렴하고 효과적인 공법이라 사료된다.

세계의 산업발전과 지구환경 보존은 물론 특히 골재가 생산되지 않거나 구하기가 힘든 지역과 나라에서도 도로건설이 가능하게 되었다. 신기술을 적용하여 산정한 포장단면으로 기존 아스콘을 이용한 기층시공과 본 공법을 적용한 도로포장 시공시 경제성을 비교한 결과 신기술을 적용할 경우 기존 기술에 비하여 1a당 약 10.6%가 저렴한 것으로 나타났다. 따라서, 본 공법을 세계적으로 확대 보급 시공시 세계경제 활성화를 기대할 수 있으며, 다음과 같은 파급효과가 기대된다.

- 1) 반영구적 내구성으로 보수공사 불필요
 - 연간 한국:7,333억원 세계 63조4,800억을 절감
- 2) 교통체증 해소 효과로 인한 물류비 절감 효과
 - 연간 한국:14조5,290억원 세계 1,469조9,160억원 절감
- 3) 자연보호, 환경개선효과
 - 지구의 각종 자연재해 감소로 인류복지 사회건설 구현

VI. 결 론

현재 세계의 거의 모든 국가에서 도로건설에 국력을 쏟아 붓고 있다. 인프라 구축은 국가의 흥망성쇠를 좌우 한다고 해도 과언이 아니기 때문이다. 그러나 개설한지 얼마 안 되어 보수공사를 할 수 밖에 없는 비내구적 현실에 또 다른 예산이 집행되고 튼튼한 도로를 건설 한답시고 삼림과 강, 바다를 훼손한다. 환경파괴는 몇 배의 재앙이 되어 지구를 강타 한다. 이로 인해 전 인류가 고통 당할 수밖에 없다. 악순환의 연속이다. 곤경에 처한 현 상황에서 자연 훼손을 최소한 줄이면서 반영구적인 내구성의 도로신공법의 발명은 세계인들에게 크나큰 선물이 아닐 수 없다. 골재를 사용한 기존공법에 비해 휩강도가 아스팔트포장도로는 4.16배 콘크리트슬래브 포장도로에서 1.97배 이상이 발견되고 전단강도는 2배 이상이다 골재적층포장공법에서는 꿈도 꿀수 없는 CBR 100 이 나온다. 그렇다고 반드시 양질의 화강토만 사용되는 것이 아니고 세계만방에 산재된 일반토사 12종류가 본신기술공법에서는 이용 될 수 있다. 골재가 없어 도로건설을 포기하고 있던 많은 나라에서도 이제 안전하고 튼튼한 도로를 만들 수 있게 되었다. 초기공사비도 평균 10.6%가 저렴하고 공사기간도 25%~35% 단축 할 수 있다. 본 공법을 사용함으로써 절약 될 수 있는 도로개보수비 63조4,800억원과 물류비 증가액 1,469조9,160억원을 전 세계 복지사업비로 전용 한다면 굶어 죽어가는 지구촌의 내형제, 자매는 한사람도 없을 것이며 빈

부격차도 줄어 들것이며 세계산업발전과 인류 복지향상에 크게 기여 할 것이다. 

참고문헌

- 1) 건교부(2000), “도로 설계 편람”
- 2) 김환길(1999), “흙의 Cement 처리와 도로포장공사에의 적용”, 대한토목학회지 제11권 4호
- 3) 도덕현(1980), “화강암질 풍화토의 시멘트에 의한 안정처리에 관한 연구”, 한국농공학회 제22권 제호.
- 4) 도덕현(1979), “첨가제에 의한 Soil Cement의 성질개량”, 한국농공학회 도덕현, 이재현(1978) “도로기층 안정처리에 관한 시험연구(1)”, 대한토목학회 제26권 제2호, pp. 73~84.
- 5) 도로교통안전관리공단 (2001)교통통계정보
- 6) 교통연구원 조사 보고서 2004년
- 7) 건교부 도로보수 내역
- 8) 서울시립대학교 지반공학연구실(2001), “토질안정처리공법의 효과에 대한 연구 보고서” 송정건 (2000), “환경토양학”
- 9) 이송, 채점식, 이광열(2001), “나프탈린계 토질안정제로 처리된 흙의 공학적 특성”, 대한토목학회지 제21권 제5-C호, pp.577~586.
- 10) 전남대학교 고업기술연구소, “토질안정처리공법에 의한 도로기층 시공의 연구실험보고서”,1992. 한국건설기술연구원, “도로포장설계 입력변수의 산정기법에 관한 연구”, 1989
- 11) 한국도로공사, “도로설계 실무편람”,1997.
- 12) 한국도로공사, “건설공사 품질시험 편람”, 1998.
- 13) Abboud, M. M.(1973), “ Mechanical Properties of Cement-treated Soils in Relation to their Use in Embankment Construction ph.D. Dissertation”, University of California, Berkeley.
- 14) Alhashimik &Chaplin, T. K.(1973), “An Experimental Study of Deformation and Fracture of Soil-cement”, Geotechnique 23, No.4.
- 15) Catton, M. D.(1959), “Early Soil-Cement Research and Development”, journal of the Highway Division ASCE.
- 16) Ling, C. L. and Craig, H. B.(2000), “Effect of Wet-Dry Cycling on Swelling and Hydraulic Conductivity of GCLs”, journal of geotechnical and geoenvironment engineering. Vol.126, NO.1 pp.40~49.
- 17) United Nation(2002), “Convention on Road Traffic”