미국, 노후 고속도로 재건설에 새로운 개념 도입

- LCCA 기법 활용, 新 포장 재료 및 공사 방법 시험, 30 ~ 40년 설계 수명 목표 -

미국이 세계 최강국으로 성장하는 데 있어서 절대적으로 공헌한 인프라는 방대하고 체계적으로 건설된 고속도로망일 것이다. 통계에 의하면 미국에는 현재 총연장 약 400만km의 포장 도로가 건설되어 있으며, 이 중 150만km에 달하는 고속화 도로망은 국가 총물동량의 90% 이상을 감당하고 있을 정도로 중요한 위치를 차지하고 있다. 포장 재료 측면에서 볼 때 이 고속도로의 약 80%가 아스팔트, 10%가 콘크리트, 나머지 10%가 혼합 재료 포장이다. 그러나 이 천문학적 길이의 고속도로마저도 폭증하는 차량을 감당하지 못해 점점 부족한 실정이다. 지난 20년 사이 차량 통행량은 약 75%나 증가한 반면 고속도로 증설은 겨우 4%에 그쳐, 동서부 대도시(LA나 뉴욕) 주변의 도시고속도로 정체 현상은 세계적으로 유명할 정도로 극심하다. 그러나 미국 고속도로가 현재 안고 있는 가장 심각한 것은 '노령화로 인한 재건설' 문제이다.

노후화 현상 심각

대부분 주요 고속도로들이 1950년대부터 1970년대 사이에 주로 '20년 설계 수명'으로 건설되었으나, 지금까지 원 설계 수명의 약 2배에 해당하는 30 40년 동안 '대규모 재건설' 없이 이용되었다. 그러나 1990년대 초반부터 이 노후화된 고속도로의 부작용, 즉 도로 이용자의 안전도 감소, 차량 훼손으로 인한 유지비 증가, 그리고 기하급수적으로 불어나는 유지보수비 등의 문제가 심각하게 대두되기 시작했다. 더구나 최근 수년 전부터 더 이상 방치했다가는 전체 도로망 운영에 지장을 줄 정도로 훼손이 심한 고속도로 구간들이 여기저기서 불거져 나오기 시작했다.

대규모 재건설 착수

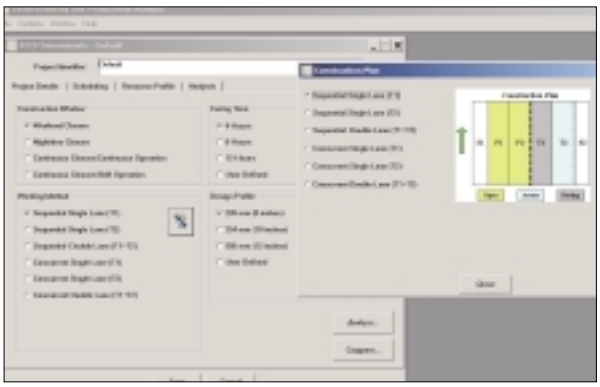
연방도로청(FHWA)과 각 주의 교통부(DOT)는 과거 도로 예산의 70 80%를 신규 및 확장에, 그리고 나머지 20 30%를 유지 · 보수 및 재건설에 할당해 오던 정책을 180도 선회하여 이제부터는 70 80%를 유지 · 보수 및 재건설에 투자하기로 정책을 대폭 수정하였다. 클린턴 행정부 때 '교통 인프라 개선'을 위해 1998년부터 2004년까지 연방 정부가 약 250조원(2,000억 달러)의 예산을 지원하는 TEA-21(Transportation Equity Act for 21'st Century) 법안을 제정하였고, 이 중 약 70조원 규모를 고속도로 재건설에 집중적으로 투자하기 시작했다. 연방도로청은 주 교통부들 및 미콘크리트포장협회(ACPA)와 아스팔트포장협회(NAPA)와 긴밀히 협조하여 향후 10 15년 동안 이루어질 대규모 고속도로 재건설 추진 방안 및 전략의 일환으로 금년 초, 연방도로청 내에 '교통 인프라 전담 사무소를 신설하여 교량 및 도로 인프라 재건설을 위한 일종의 자산 관리(Assets Management) 시스템을 가동하였다.

LCCA 기법 적극 도입

또한, 최근에 미국 CM 분야에서 유행하는 생애 주기 비용 분석(LCCA) 기법을 적극적으로 도입하여, 도로 포장 공사 방법에 따라서 달라지는 '직접 공사비'는 물론이고 재건설시 차선 통제로 인해 도로 이용자에게 끼치는 간접 비용인 '교통 체증 비용'과 재건설 후 미래에 발생하는

2년 전 부터 재건설을 시작한 LA 근교의 미국 동 · 서부 횡단 고속도로의 훼손 상태(일일 총 차량 통행량 약 24만대, 화물차 점유율 7%).

'유지 보수 비용' 등을 종합적으로 합산 분석하여 장기적인 안목에서 볼 때 가장 경제적인 방법을 채택하고 있다. 물론 미국은 연방제이기 때문에 FHWA와 AASHTO는 전체적인 가이드라인만 제공할 뿐, 현지 실정에 맞는 재건설 실천 방안은 각 주의 교통부가 세부적으로 개발하여 집행해 오고 있다. 도로 재건설 문제가 가장 시급한 캘리포니아주가 이 부분에 있어 프론티어 역할을 해오고 있다.



버클리대학의 교통연구소가 개발한 '고속도로 재건설 시공성 분석 전문가 시스템'.

캘리포니아가 선두 주자

캘리포니아 교통부(Caltrans)는 총 연장 8만km에 달하는 주 전체 고속도로망 중 우선 상태가 우려할 정도로 심각한 2,500km의 구간을 선별하여 1998년부터 2007년까지 13조원의 예산을 투입하여 대규모 재건설을 착수하였다. Caltrans는 재건설하는 고속도로의 포장 설계 및 공사 방법 등에 있어서 이전 것과는 근본적으로 다르게 접근하고 있다.

우선 이전의 20년 설계 수명 대신 30 40년의 설계 수명을 목표로 한 새로운 개념의 고속도로를 재건설하기 위해서 도로 시방서와 포장 재료 및 시공법을 새롭게 도입하는 도로 재건설 전략(LLPRS)을 수립하였다. 특히 고속도로 훼손의 주범으로 여겨지는 화물 트럭들의 물동량 및 하중 규모가 보통 2 3배 증가된 것도 차세대 도로 포장 설계에 큰 변수로 떠올랐다. 예를 들면, 고속도로를 활주하는 수많은 40피트 초대형 컨테이너 트럭의 경우 단 한번의 통과로 인해 무려 일반 승용차 약 9,000대 통과와 동일한 훼손을 도로에 미치는 점을 감안하여 이번에는 더욱 내구성 있는 고속도로를 건설하기로 했다.

30 ~ 40년 설계 수명을 목표로

Caltrans는 지난 1997년부터 2004년까지 버클리대학의 교통연구소에 약 400억원 규모의 대규모 도로 연구비를 투자하여 재건설되는 새 고속도로를 위한 설계 criteria 설정, 시방서 초안, 각종 재료 시험, 배합 설계, 시뮬레이터를 이용한 대규모 도로 시험, 재건설시 교통 영향 분석 등 각종 도로 연구들을 수행해오고 있다.

특히 텍사스주 등 다른 3개 주 교통부와 공동으로 연구비를 출자하여 버클리대학의 연구진으로 하여금 '고속도로 재건설 시공성 분석용 전문가 시스템'을 개발하였다. 이 시스템을 초기 공사 계획시부터 해석 도구로 사용하여 포장 재료별, 설계 단면별, 공사 시점별, 차선 통제방법별, 그리고 동원되는 각종 장비의 영향 등을 종합적으로 비교하여 최소한의 차선 통제로 최대한의 재건설 목표치를 달성할 수 있는 최적화된 방법론을 구하고자 하는 것이다.

새로운 포장 재료와 공사 방법 시험

최근에 완성된 Caltrans의 고속도로 재건설 전략의 핵심은 공사 기간 중의 차선 통제로 발생하는 교통 체증으로 인한 도로 이용자의 불편을 최소화하기 위해 재건설 공사 시점을 기본적으로 매주 주말 55시간(금요일 PM 10 : 00 월요일 AM 5 : 00) 내로 책정하였다. 초기에 그저 정책적인 발상에서 매주말 공사당 6km의 재건설 목표치를 설정했었으나, 버클리대학의 시공성 분석 연구를 통해 이것이 불가능한 수치임이 증명됨에 따라, 올초 이 목표치를 3km로 하향 조정하였다. 새로 개발된 4시간 이내 양생 시간의 특수 조강 콘크리트를 사용키로 한 점도 특이하다. 주말 55시간 내에 최하 3km 구간의 기존 도로를 걷어냄과 동시에 새로 포장을 하려면, 대규모 운반 장비들이 한꺼번에 동원(약 60여대의 24톤 트럭류들)되고도 충분치 않을 정도로 보기 힘들었던 특수 돌관 공사(fast-track)이다.

이에 새로 타설된 콘크리트가 최대한 신속하게 양생하고 소정의 강도를 내게 되어 월요일 아침 러시아워 이전에 고속도로를 예정대로 재개통시키기 위해, Caltrans는 재료비가 일반 포틀랜드 시멘트보다 무려 4`~5배 비싼 특수 조강 시멘트(FSHCC)를 사용해 오고 있다.

물량 측면에서 보았을 때 55시간 이내에 약 3000m^3의 기존 포장을 철거함과 동시에 동일 물량의 특수 조강 콘크리트를 생산/타설해야 하기 때문에 완벽한 '위기 대책'을 요구하고 있으며, 재건설 목표치 달성시 시공업자에게 많게는 약 6억원 정도의 포상금을 지급하기도 한 실례가 있다.

Caltrans는 이러한 새로운 포장 재료와 공사 방법 등을 약 2년 전 LA 근교의 20km에 달하는 콘크리트 고속도로 재건설 시험 구간에서 성공리에 마치고, 현재 Long Beach의 또 다른 고속도로(I-710)에서 아스팔트 시험 구간을 공사하고 있는 등 내년부터는 대규모 고속도로 재건설에 박차를 가하게 된다.

또한 캘리포니아의 경험을 참고로 하여 다른 주들도 최근 본격적인 고속도로 재건설 사업을 시작하고 있다. CJ

이을범
버클리대 CM 연구원 · 공학박사 · 기술사