



콘크리트포장 확장접속부의 시공 및 설계상의 문제점 분석

Construction and Design Related Issues in Road Widening for Concrete Pavement

양 성 철*

Yang, Sung Chul

Abstract

Through field surveys and evaluation on several widened concrete pavements, issues on construction and design related problems are broken down into three categories to be discussed; poor smoothness, influence of traffic vibration on concrete curing, and poor connection to the existing pavement. There are many places where about 100mm only of the marginal strip is removed and where defects such as widening and faulting are observed. Also cracks arise again from the patched areas due to stress concentration near the joint. Roughness on the widened concrete pavement was evaluated and there are some stations where the smoothness limit is over passed. For design consideration, shortage of the required force in the tie-bar is expected in case of road widening specially from 3 lanes to 4 lanes. Finally the average pull-out force of specimens made from the current practice was about 57% of the required force. New connecting methods were suggested in this study.

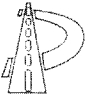
Keywords : widened concrete pavement, smoothness, tie-bar, widening, spalling

요 지

본 연구에서는 콘크리트포장 확장접속부의 추적조사를 통해 시공 및 설계상의 문제점을 확장구간의 평탄성 저하, 진동이 콘크리트에 미치는 영향, 접속부의 접속불량의 관점에서 분석하였다. 기존 측대 일부만 절단한 경우 접속부에 윤하중이 반복 집중되어 종종 과도한 벌어짐과 단차로 이어지는 것이 목격되었다. 또한 패칭된 부분에 균열이 재 발생되는 모습도 관찰하였다. 2004년 같은 시기에 신설 준공된 구간과 평탄성을 비교한 결과 확장 준공된 구간의 평탄성 값이 다소 높게 나타났다. 확장구간 설계 시 3차선·4차선으로 확장하는 경우 기존 구간에 설치된 타이바의 내력이 부족해지는 경우에 대해 설명하였다. 현행 타이바를 시공하는 방법에 의한 타이바의 정착강도가 소요강도의 57%에 불과하므로 대안을 제시하였다.

핵심용어: 콘크리트포장 확장, 평탄성, 타이바, 벌어짐, 스폐링

* 정회원 · 홍익대학교 건축공학부 부교수 · 공학박사



1. 서론

고속도로를 통행하는 교통량의 증가로 인해, 경부선, 호남선, 중부선, 영동선 등 거의 모든 기존 노선에 대해 지속적인 확장설계 및 시공이 이루어지고 있다. 이러한 확장공사는 신설 공사와는 달리 기존 노선의 통행과 관련하여 많은 제반 문제를 야기한다. 특히 확장부의 노상 등 하부층 다짐관리는 기존 구간과의 연계성을 충분히 고려하여야 하는 어려움이 있다. 그리고 콘크리트포장에서 편측 및 양측 확장을 위한 접속방법은 기존 노선의 결함 보수 및 덧씌우기, 타이바 접속 등을 고려하여야 한다. 그러나 현재까지는 콘크리트 포장의 확장기준이 명확하지 않기 때문에 확장공사에서 발생하는 문제점에 대해 제대로 대처하지 못하는 어려움이 있다(장명순 외, 1995; 정진훈 외, 2004).

외국에서도 콘크리트 포장의 확장기준이 자세히 제시된 것은 없다. 대부분의 확장공사는 현장 기술자의 경험에 의해 판단되어지고 있으며 문서나 시방서 기준으로 정립된 것은 거의 없다. 참고 될 만한 가이드라인으로는 미국의 AASHTO와 영국의 DMRB(Design Manual for Roads and Bridges)가 있다.

AASHTO에서는 기본적인 사항으로서 다음의 몇 가지 가이드라인을 제시한다(AASHTO, 1993). 첫째 확장된 신설포장과 콘크리트 덧씌우기 등으로 보강된 기존구간 포장의 설계수명이 동일해야 한다는 것이다. 둘째 가능하면 확장되는 구간의 포장제원을 기존포장과 동일하게 맞추는 것을 원칙으로 하되 줄눈간격은 보다 짧은 것을 선택토록 요구한다. 셋째 타이바는 기존구간에 그라우팅을 사용하여 완벽하게 정착시킴을 원칙으로 한다.

DMRB에서는 AASHTO보다도 다소 구체적으로 제시한다. 기존포장의 평가, 설계, 확장포장형식 및 재료, 시공 등으로 나눠서 설명하고 있다. 설계수명은 40년을 기준으로 한다. 먼저 기존포장의 상태에

대해 전수조사를 실시하며 항목으로는 평탄성과 미끄럼 저항성이 포함된다. 아울러 기존포장 하부에 대해서도 조사한다. 확장구간의 포장형식으로서 CRCP와 JCP의 접합 시 환경하중이 서로 다른 형식으로 인해 거동이 구속을 받기 때문에 타이바 설치 시 주의해야 함을 언급하고 있다. 또한 시공하기 전에 기존포장을 보수한 후 처리토록 요구하며, BCO(Bonded Concrete Overlay) 사용 시 50mm 이상을 적용토록 제시한다(DMRB, 2004).

한편 국내에서는 기존 콘크리트 포장구간에 대해 잔존수명이 적절히 평가되어지지 않은 채 확장설계가 수행되어 기존 포장상태의 불량으로 인한 평탄성 저하, 개통 후 잦은 보수 등 문제점이 발생된다. 이에 따라 향후 고속도로 확장 설계가 빈번해질 상황에 대비하여 기존 포장의 잔존수명을 일관성 있고 합리적인 절차에 따라 평가하여 확장설계 및 공사시행 시 기존포장을 적절하게 처리할 수 있는 기준을 마련해야 한다.

따라서 본 논문에서는 확장구간에 대해 접속부 처리방안을 조사한 후 추적조사를 실시하여 도출된 문제점을 분석하였다. 그리고 앞서 언급한 외국의 기준을 참조하여 확장 시 고려되어야 하는 기본사항 등 합리적인 확장부 처리대안을 제시하고자 한다.

2. 현행 확장구간의 접속부 처리방안

비교적 최근에 실시된 단순확장구간을 대상으로 접속부 설계 및 시공방법을 파악하였다. 고속도로 단순확장구간에서는 기존 측대부위를 절단하여 사용하는 방법과 일부분만 절단하여 측대부위를 활용하는 방법이 있다. 접속부의 처리방법으로서는 신·구 슬래브를 타이바로 연결하는 방안이 주도적으로 사용되고 있다. 타이바 설치간격은 1990년대에는 종종 500mm로 설계한 적이 있지만, 지금은 750mm를 보편적으로 사용하고 있다(정진훈 외, 2004).



2.1 영동고속도로

영동고속도로 신갈-안산 구간은 구간별 교통량 및 교통 특성, 주변여건, 교통소통, 기존포장 및 구조물 접속 문제점 등을 감안하여 기존노선을 원칙으로 하는 단순양측 확장으로 설계하여 1997~2001년 동안 건설하였다. 신갈-안산간 본선 확장부의 접속부 처리방안으로서 공사 중 교통처리 및 시공성, 타 포장 형식구간과의 연계성을 고려하여 기존 외측 측대 50mm만 절단하여 존치하는 방안이 채택되었다(영동고속도로 건설지, 2001). 표 1은 당시의 접속부 처리방안에 대한 대안비교를 통해 그 장·단점을 검토한 결과이다. 확장되는 세로줄눈부에는 천공작업 후 800mm 길이의 D16 타이바를 500mm 간격으로 설치하였다. 이는 부등침하에 따른 포장체 이완 및 파손 등 방지대책의 일환으로 중방향 줄눈부의 타이바의 설치간격을 750→500mm로 기준을 강화한 결과이다. 아울러 영동고속도로 호법-가남간 확장도로는 4→8차선으로 단순확장한 구간으로서 기존 외측 측대를 모두 절취한 구간과 외측 측대를 활용한 구간으로 2000~2003년에 확장하였다(정진훈 외, 2004).

2.2 서울외곽순환고속도로

서울외곽순환고속도로 판교-퇴계원구간은 1997~2002년에 대부분 4→8차선으로 확장되었다. 기존 선형을 이용하는 단순확장구간 중 양측확장을 원칙으로 하였으며 일부분 편측으로 확장된 구간이 있다. 단순확장구간의 접속부 처리방안으로서 기존구간의 측대부를 일부 절취한 구간과 전부 절취한 구간이 있다(정진훈 외, 2004).

2.3 경부고속도로

경부고속도로 부산-연양구간은 2001~2005년에 4→6,8차선으로 확장되었다. 부산-연양간 단순확장구간의 접속부 처리방안으로서 기존구간의 측대부의 일부 파손에 따른 접합부의 결함을 방지할 수 있을 것으로 판단하여 그림 1(a)와 같이 기존 측대부위를 절단하는 안을 선정하였다. 그러나 최종 시행단계에서는 그림 1(b)와 같이 기존 측대부위를 100mm 절취하는 방안을 채택하여 시공하였다. 확장되는 세로

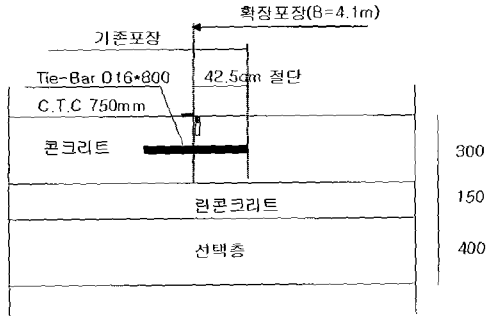
표 1. 영동선 신갈-안산구간 접속부 처리방안 비교(영동고속도로 건설지, 2001)

구 분	제1안	제2안
확장부 포장공법	<ul style="list-style-type: none"> · 기존 외측 측대 존치 · 신·구 접속부에 타이바 설치 	<ul style="list-style-type: none"> · 기존 외측 측대 제거 · 신·구 접속부에 타이바 설치
접속부 처리도		
장·단점	<ul style="list-style-type: none"> · 시공성 다소 양호 · 공사 중 교통처리 다소 양호 · 타이바 설치를 위한 천공작업 양호 · 차륜접지부에 위치하여 줄눈부 취약 	<ul style="list-style-type: none"> · 접속부가 마킹에 일치하므로 주행양호 · 시공성 불량 · 공사 중 교통처리 불량(측대절단) · 타이바 설치를 위한 천공작업이 불량
채 택	○	



줄눈부에는 천공작업 후 800mm 길이의 D16 타이바를 750mm 간격으로 설치하였다(연양-부산간 실시설계보고서, 1998).

기존포장 접속부의 슬래브는 기존포장 슬래브 두께와 별도 포장하는 방안과 기존포장 제거 후 전구간 재포장하는 방안 및 기존포장 슬래브 두께와 동일하게 적용하는 방안을 검토하였다. 기존포장을 최대한 활용하고 공사 중 교통처리 등을 감안하여 기존포장 슬래브 두께와 별도로 포장하는 방안을 선정하였다(연양-부산간 실시설계보고서, 1998). 그림 2는 부산-연양구간에 설계된 기존포장 접속부의 단면도이다.



(a) 접속부 처리방안



(b) 측대부의 100mm 절취

그림 1. 경부고속도로 부산-연양간 포장접속부 처리방안

3. 확장 접속부 추적조사

콘크리트포장 확장 접속부의 상태 파악을 위해 최근에 확장된 고속도로 구간에 대해 추적조사를 실시하였다. 영동고속도로, 서울외곽순환고속도로, 경부고속도로 부산-연양구간과 신갈 비상활주로구간 등을 대상으로 하였다.

3.1 영동고속도로

2004년도에 영동고속도로 신갈-안산구간의 노면 주행에 의한 육안조사 결과 확장 접합부의 스폴링이 심한 구간이 관측되었다. 동시에 줄눈부가 벌어지며 단차가 생긴 구간이 신갈 분기점에서 안산 방면으로 약 2k 지점에 500여m 정도에 걸쳐 생성되었다. 차선 마킹으로부터 375mm의 기존포장의 외측 측대 구간이 세로방향 줄눈부가 되어 이곳에 중차량에 의한 운하중이 반복하여 집중되므로 줄눈부를 보수하여도 다시 쉽게 떨어져 나갈 것으로 판단된다.

영동고속도로의 호법-가남구간 15km에 대해 추적조사를 실시한 결과 그림 3과 같이 기존측대를 절단한 구간(그림 3a)에 비해 기존측대를 절단만 절단하고 나머지를 활용한 구간(그림 3b)에서의 스폴링, 벌어짐 및 단차 등이 보다 많이 관측되었다(정진훈 외, 2004).

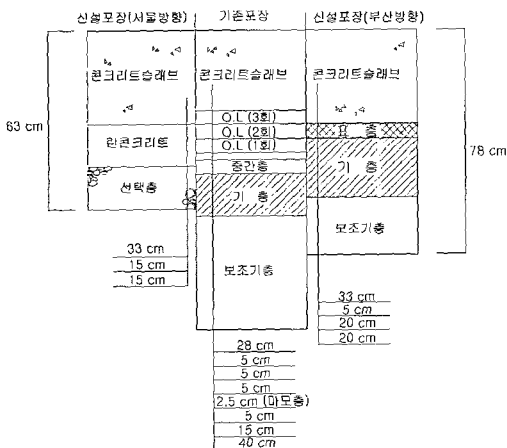
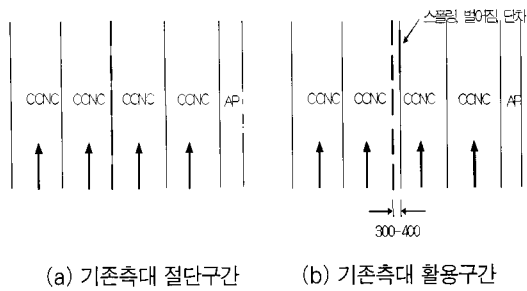
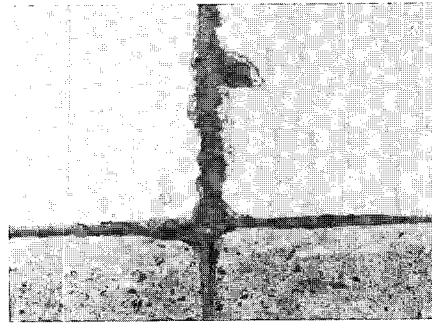


그림 2. 기존포장 두께와 별도 포장된 부산-연양 확장구간 선정안

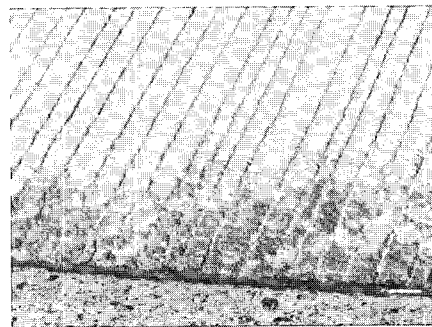


(a) 기존측대 절단구간 (b) 기존측대 활용구간

그림 3. 확장 접합부의 줄눈부 파손



(a) 횡방향 스폐링



(b) 스케일링

그림 4. 확장신설구간의 표면 결함

3.2 서울외곽순환고속도로

2004년 판교-퇴계원구간의 주행에 의한 육안조사 결과 퇴계원방향으로 15k 지점 부근의 확장부 접속부에서 과도하게 벌어진 것을 관측하였다. 확장 접속부의 상태는 영동고속도로 호법-가남구간과 유사하다.

3.3 경부고속도로 부산-언양 구간

2003년 12월 12, 13일 양일에 걸쳐 시공된 부산-언양 구간은 본 연구와 연계하여 확장구간의 거동을 계측하는 시험구간이었다. 그림 4는 2004년 4월 3일에 촬영한 사진으로서 그림 4(a)에서 14년이 경과된 기존 콘크리트포장의 횡방향 줄눈부에 비해 4개월이 채 안된 확장된 포장 줄눈부의 스폐링이 더 심하게 발생되었음을 보여준다. 그림 4(b)는 접속부위에서 스케일링의 모습을 보여준다(정진훈 외, 2004).

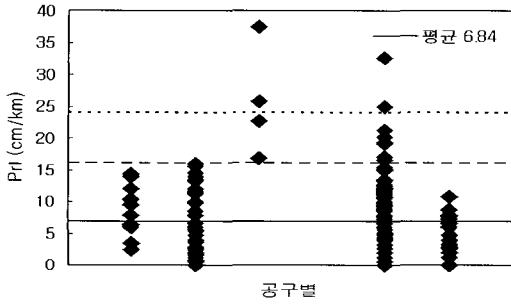
2004년도 중순까지 준공된 부산-언양구간(확장구간) 및 경주-동대구구간(신설구간)의 공구별 평탄성 자료를 수집하여 그림 5(a), 5(b)에 도식화하였다. 평탄성은 7.6m CP(California Profile meter) 장비를 사용하여 측정한 결과이다. 먼저, 신설구간은 151 구간에 대해 조사하였는데 평균 평탄성 값이 PrI(Profile Index)=2.46cm/km이었고 모든 구간에 대해 PrI=10cm/km 이하로 품질관리가 됨을 알 수

있다. 반면 확장구간은 238 구간에 대해 조사하였는데, 평균 평탄성 값이 PrI=6.84cm/km로서 신설구간보다 평탄성 값이 다분히 높게 나타났다. 무엇보다 주목할 점은 12 구간에서 평탄성 값이 관리기준인 PrI=16cm/km보다 크다는 것이다. 이는 단순확장구간 포장시공 시 기존구간의 결함에 대해 표면처리를 제대로 시행하지 못하기 때문이다. 즉, 뒤의 그림 8에서 보여주듯이 확장구간의 콘크리트 포설시 한쪽의 센서스케선이 평탄치 못한 기존포장부를 가이드하기 때문이다(정진훈 외, 2004).

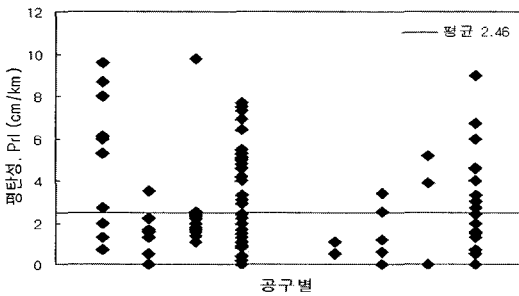
2004년도에 준공된 부산-언양간 0-4k(하행)를 대상으로 기존구간과 확장구간에 대해 ARAN장비를 사용하여 IRI(International Roughness Index)를 측정하였다. 현재 한국도로공사에서 IRI에 의한 관리기준은 3.5m/km 이다. 그림 5(c)는 이 구간에서의 IRI 평탄성 값을 보여준다. 기존구간의 평탄성이 관리기준을 넘어서는 구간이 일부 있음을 보여준다.



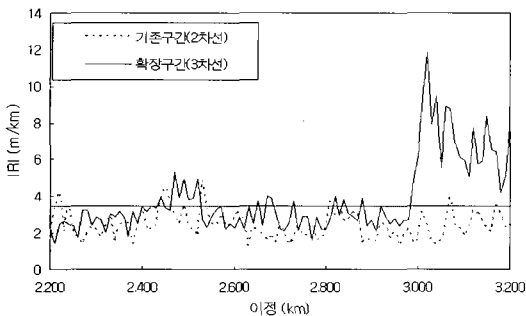
기존구간의 평균 IRI값은 3.62m/km 이었다. 확장된 구간에서도 일부 관리기준을 넘어서는 구간이 있었으며 평균 IRI값은 2.69m/km 이었다. 이점 3.0k를 넘어선 구간은 램프구간 및 일부 교통우회구간이었다.



(a) 확장구간의 PrI



(b) 신설구간의 PrI



(c) 확장구간의 IRI

그림 5. 확장구간 및 신설구간의 평탄성 조사자료 비교

3.4 기타 구간

2004년 경부고속도로의 신갈 비상활주로의 주행

에 의한 육안조사 결과 그림 6과 같이 줄눈부에서의 스폐링, 벌어진, 단차 등이 관측되었다. 신갈 비상활주로 구간은 CRCP로 되어 있으며 줄눈부의 결함이 심해서 상당부분 팻칭 보수한 구간이 많다. 이곳은 줄눈부와 차선눈금이 일치하지 않아 줄눈부의 벌어진, 단차 및 스폐링이 발생되며 팻칭 보수된 구간에서 결함이 다시 발생될 가능성이 많다(정진훈 외, 2004).

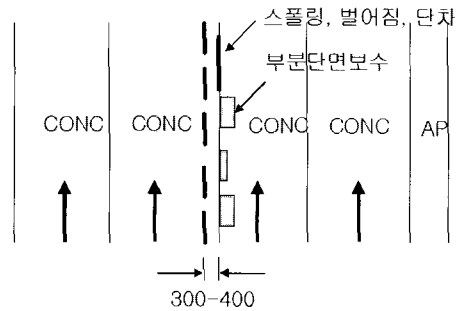


그림 6. 신갈 비상활주로로 접합부 결함

경부고속도로 하행 199.5k 지점 근처(김천 부근)는 현재 선형개량중인 공사구간인데, 그림 7에서 보는 바와 같이 기존의 콘크리트포장의 1, 2차로 종방향 줄눈부의 벌어진이 약 30mm 정도 관측되었다. 이는 선형개량중인 바로 인접한 구간의 공사로 인해 포장체가 완료되었을 가능성도 있지만, 다른 한편으로는 기존에 시공된 1, 2차로 사이의 타이바가 제대로 기능을 발휘하지 못하고 있을 가능성도 배제할 수 없다(정진훈 외, 2004).

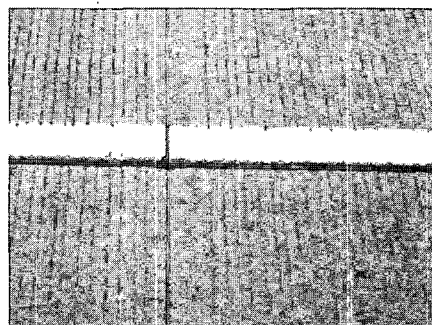


그림 7. 종방향 줄눈부의 과도한 벌어진



이외에도 확장부가 아닌 구간에서도 종방향 줄눈부의 과도한 벌어짐 및 단차 등을 많이 발견할 수 있다. 이는 대개의 경우 2차로가 동시에 포설되는 기존 구간에서도 타이바의 역할이 제대로 기능하지 못하고 있음을 보여주고 있다. 따라서 확장구간에서는 포장체가 이완치 못하도록 타이바를 완벽히 정착시켜야 한다.

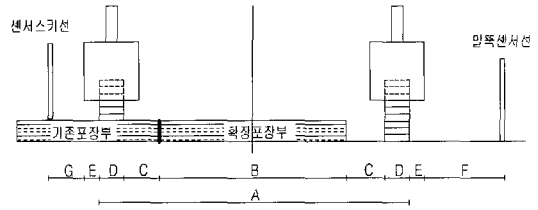


그림 8. 콘크리트 포장 장비작업도

표 2. 콘크리트 포장 장비 제원 (SP-500의 예)

구분	폭 (m)						
	A	B	C	D	E	F	G
최소	4.95	3.00	0.25	0.30	0.10	1.00	0.30
최대	11.25	7.50	0.35	0.30	0.10	1.50	1.50

4. 확장구간의 시공 및 설계 문제점 분석

앞의 추적조사에서 살펴 본 바와 같이 확장구간에서 발생하는 평탄성 저하, 스폴링, 스케일링, 단차, 벌어짐 등의 문제점은 현행 확장구간의 접속부 처리 방법이나 시공 방법과 관련이 깊다. 다음은 확장구간의 시공 및 설계상의 문제점으로서 확장구간의 평탄성 저하, 진동이 콘크리트 양생에 미치는 영향, 접합부의 접속 불량 등으로 구분하여 분석하였다.

4.1 확장구간의 평탄성 저하

4.1.1 기존 포장 구간의 평탄성 불량

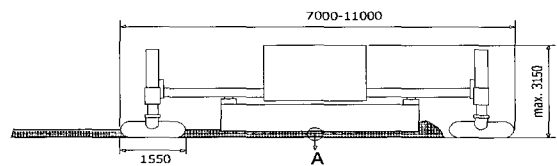
현재 기존 종단을 이용한 콘크리트포장 확장공사 시, 평탄성이 특히 불량하다고 생각되어지는 측대부분을 일정부분 절단하여 신·구콘크리트를 연결하고 있다. 그러나 기존 도로의 평탄성이 좋지 않은 경우에는 측대 부분을 절단한다고 해도 확장구간에 신설로 포설되는 콘크리트포장의 평탄성에는 도움이 되지 않는다. 현재까지는 포장의 확장공사 시 기존 구간의 균열, 스폴링, 단차 등 평탄성을 저하시키는 포장상태를 체계적으로 조사하고 있지 않은 실정이다.

4.1.2 작업공간의 협소

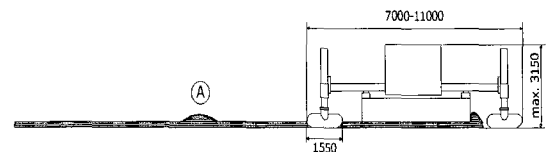
확장공사구간에서는 안전 작업 폭의 확보가 곤란한 실정이다. 따라서 기계시공 후 최종적으로 인력에 의한 표면 마무리 작업 시, 여유 공간이 확보되지 못해 마무리 작업이 다소 소홀히 다루어지고 있다(그림 8 및 표 2 참조).

4.1.3 콘크리트 공급의 지연으로 인한 평탄성 품질관리 불량

콘크리트 공급 차량이 일정한 사이클로 콘크리트를 공급해야 하는데도 불구하고 현장여건상 지연되고 있다. 이는 확장구간의 작업 및 운반로 확보가 어렵기 때문에 콘크리트 공급의 지연 시 그림 9와 같이 포설된 콘크리트가 경화되어 지연된 콘크리트를 새롭게 다짐하게 될 때, 다짐압력 차이에 의해 배בל림 현상이 일어난다. 이로 인해 확장구간의 평탄성이 저하되기도 한다. 이러한 현상은 페이버 운전자 등 도로포설 현장의 콘크리트 시공 관계자에 의해 지적되는 사항이다.

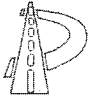


(a) A지점의 콘크리트 공급 지연



(b) A지점의 평탄성 저하

그림 9. 콘크리트 공급의 지연으로 인한 포장의 국부적인 평탄성 저하



4.1.4 콘크리트포장 시공시기로 인한 품질확보 어려움

일반적으로 토공 및 교량 구조물 작업 등 시기의 우선확보 및 선행공정의 지체로 인해 포장공정이 지연되고 있는 실정이다. 이러한 이유로 개통 기일에 따른 포장공정의 일정이 촉박하여 대개 연말 즈음에 포장공정에 돌입하여 온전한 품질관리를 확보하기 어렵다.

4.2 진동이 콘크리트 양생에 미치는 영향

2차선 도로 포장 시 1차선을 개방할 경우에 가해지는 교통 하중에 의한 진동은 콘크리트의 초기양생 시 콘크리트의 성능에 악영향을 미칠 수 있다. 이로 인해 최근 들어 현장에서 작업진동에 의한 영향이 중요하게 인식되고 있다. 그러나 이와 관련된 기존의 연구결과를 종합해보면 포장 확장부에 부가되는 진동속도는 기타 구조물에 부가되는 진동속도보다 상당히 작을 것으로 추정된다. 또한 타설 후 24시간 내에 가해지는 진동은 콘크리트 양생에 거의 영향을 미치지 않는다고 알려졌다(권영웅 외, 1990; 임종석 외, 1990; 장희석 외, 2001).

그림 10은 부산-연양구간의 확장공사 전의 폭원과 확장 중인 콘크리트 포설 시의 작업폭원을 도식화하였다(정진훈 외, 2004). 그림 10(b)의 경우 포장 장

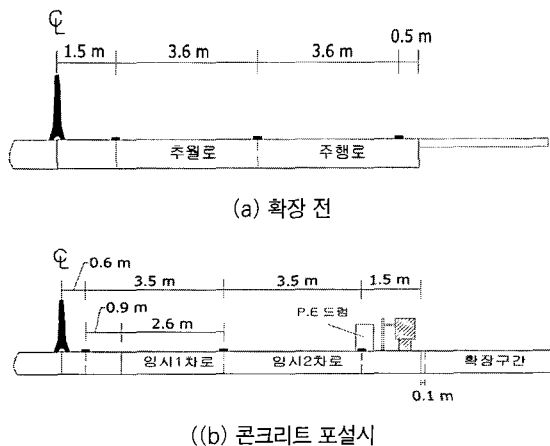


그림 10. 확장전의 폭원과 확장 중 콘크리트 포설시의 작업폭원

비의 최소 여유 폭과 지름이 450~500mm인 P·E 드럼의 폭을 감안하면 임시 주행2차로와 신설 포장되는 확장구간과는 최소 1.5m 정도가 확보된다. 이는 그림 11에 나타난 바와 같이 미국 텍사스 주의 경우 (1.3-1.4m)와 유사함을 알 수 있다(Trevino et al., 2000).

그러나 대개의 경우 안전관리를 위해 P·E 드럼을 콘크리트 포설 익일에 확장 접합부로 옮겨서 교통소통을 원활히 하고 있는 실정이다. 따라서 앞의 추적 조사에서 보여준 바와 같이(그림 4) 조기에 횡방향으로 스펀링 및 표면결함 등이 발생할 여지가 있다.

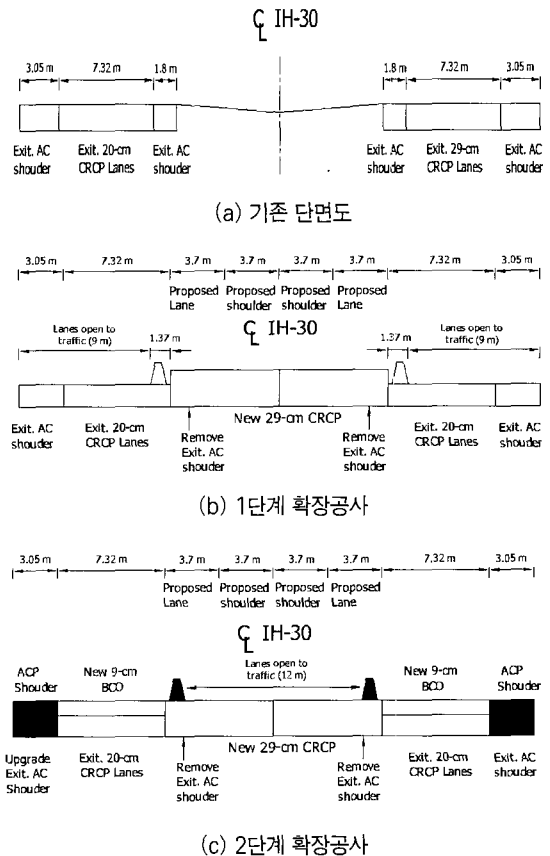


그림 11. 미국 IH-30 고속도로의 단계별 확장공사

4.3 접합부의 접속 불량

확장 접합부의 접속 불량의 요인으로는 시공상의

문제점과 설계상의 문제점이 있다. 현재 현장에서 확장 접합부에 타이바를 설치하는 시공방법을 관찰한 결과 구 슬래브의 일부만을 절단한 후 신·구슬래브를 접속하는 경우 차량하중이 신·구접합부에 주로 재하됨에 따른 하중전달이 취약하다는 것이다. 설계상의 문제점으로는 기존의 일방향 3차로를 4차로로 확장하는 경우에 타이바 내력이 부족한 경우가 발생될 수 있다.

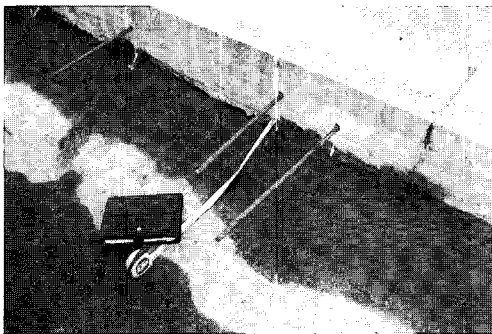
4.3.1 시공상의 문제점

현재까지 시공된 대부분의 단순확장구간 접속방법은 측대폭(500mm)을 100mm 절단하여 사용하고 있다. 이러한 방법은 측대 절단량을 줄이므로 비용을 절감시킬 수 있으나 기존 측대폭 400mm를 확장되는 구간의 차로 내에 그대로 포함하여 설계/시공하기에 차량하중이 취약부를 통과하게 된다. 특히 이 부분은 유지관리측면에서 매우 불리하다고 할 수 있다. 따라서 기존측대를 일부 활용하는 경우 포장구간의 여유

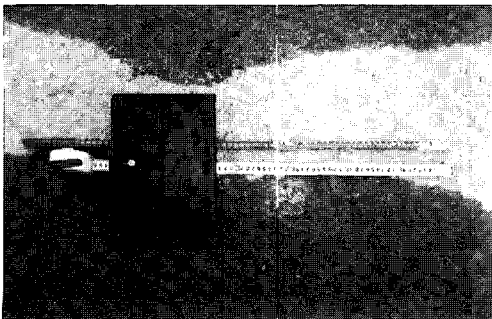
폭을 감안하여 전부 또는 일부를 기존차선에 안배하는 방안이 필요하다(장명순 외, 1995).

두 번째 문제점을 현장 추적조사에서 쉽게 발견할 수 있었다. 즉, 기존 콘크리트포장의 측면을 천공 후 타이바로 체결하는 경우 에폭시나 주입재를 제대로 충전하지 못하고 있는 실정이다. 그림 12는 타이바의 접속 불량을 보여주고 있다. 그림 12(a)는 설치 완료된 모습으로 익일 후 손으로 살짝 뺄 모습이다. 그림 12(b)는 타이바를 완전히 뽑아서 촬영한 모습인데, 충전재가 덩성하게 살짝만 묻어있는 모습을 보여주고 있다. 그림 12에서 보는 바와 같이 비록 충전재의 주입이 되었다고 고무마개 등의 스토퍼가 없어서 주입된 충전재가 밑으로 흘러내린 결과이다(정진훈 외, 2004; 황인규 외, 2006).

현재 시공되는 방법에 의해 에폭시를 충전하는 경우 뒤에 소개되는 표 3에 정리된 바와 같이 소요강도의 57%에 불과하다. 이런 경우 타이바의 간격은 약 400mm 이내로 설치하여야 하며, 6m 포장 슬래브 1개당 타이바 15개가 소요된다(황인규 외, 2006).



(a) 타이바의 설치모습



(b) 기 설치된 타이바를 뽑은 모습

그림 12. 타이바의 충전 불량

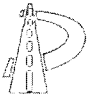
4.3.2 설계상의 문제점

설계 당시 향후 확장을 고려하지 않은 구간에 확장공사를 실시하는 경우 기존 구간에 설치된 타이바의 내력이 부족해지는 경우가 있으므로 이에 대한 적절한 대안이 마련되어야 한다. 아래에서는 이와 같은 현상이 발생하는 예와 거동에 대하여 기술하고자 한다.

(1) 타이바 설계개념

콘크리트 슬래브는 온도변화와 건조수축으로 인해 부피가 시시각각 변화하게 된다. 그림 13에서 보는 바와 같이 콘크리트의 부피가 줄어들게 되면 콘크리트와 지반 사이의 마찰력으로 인해 콘크리트 슬래브에 인장력이 발생하게 된다. 이 인장력은 콘크리트에 균열을 발생시키거나, 줄눈을 벌어지게 하는 작용을 하게 되는데, 이때 줄눈이 벌어지는 현상을 방지하기 위하여 타이바를 설치하게 된다.

타이바의 설계는 콘크리트의 부피변화로 인해 발



생할 수 있는 최대 인장력을 구하여 이에 저항할 수 있도록 단면적과 간격, 매입 깊이를 결정한다(Yoder and Witzczak, 1975; Hwang, 1993). 그림 13은 콘크리트 슬래브와 지반사이의 작용하는 마찰력의 분포 및 타이바에 작용하는 인장력을 개념적으로 보여준다.

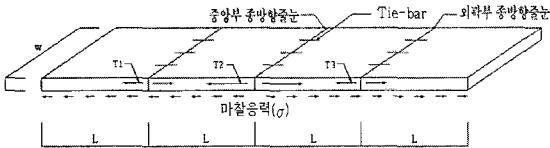


그림 13. 콘크리트 슬래브와 지반사이의 마찰력 및 타이바에 작용하는 인장력

콘크리트 단위용적중량을 γ_c , 슬래브의 두께를 h , 콘크리트와 지반사이의 마찰계수를 f 라 하면 마찰 응력 σ 는

$$\sigma = \gamma_c \times h \times f \quad (\text{식 1})$$

이 되고 외곽부 종방향 줄눈에 작용하는 인장력 $T1$ 은

$$T1 = \sigma \times L \times W = \gamma_c \times h \times f \times L \times W \quad (\text{식 2})$$

이 되고 중앙부 종방향 줄눈에 작용하는 인장력 $T2$ 는

$$T2 = \sigma \times 2L \times W = \gamma_c \times h \times f \times 2L \times W \quad (\text{식 3})$$

이 된다. 타이바는 이와 같이 종방향 줄눈에 작용하는 인장력 $T1, T2$ 에 저항할 수 있도록 설계되어야 한다.

(2) 확장 시 기존 타이바의 내력이 부족해지는 경우 현재 신설되고 있는 2, 3차로 포장의 경우 타이바는 일반적으로 HD16 철근을 750mm 간격으로 사용하고 있는데, 이러한 포장에 확장공사를 실시하게 되면 기존포장에 설치된 타이바의 내력이 부족해지는 경우가 발생하게 된다. 2차로를 확장하여 3차로를 만드는 경우에는 두개의 종방향 줄눈 모두 한개 차로에서 발생하는 인장력(그림 13의 $T1$ 또는 $T3$)만 부담하면 되기 때문에 문제가 되지 않는다. 그러나 3차

로를 확장하여 4차로를 만드는 경우에는 3개의 줄눈 중 중앙부 줄눈이 2개 차로에서 발생하는 인장력(그림 13의 $T2$)을 부담해야 하기 때문에 타이바의 내력이 부족해진다. 타이바의 내력이 부족하면 하중 전달에 문제가 생길 뿐만 아니라 사용성 및 내구성에 문제가 발생하게 된다. 따라서 향후 확장이 예상되는 신설포장의 경우에는 이점을 고려하여 타이바 설계에 반영해야 될 것으로 판단된다.

5. 확장부 포장 접속방안

확장구간에서 빈번히 발생하는 확장구간의 평탄성 저하 및 진동이 콘크리트 양생에 미치는 영향은 시공 과정의 문제점으로서 관리를 강화하면 대부분 해결될 수 있다. 그러나 기존포장의 평탄성 불량에 확장에 미치는 영향은 외국의 기준을 검토하여 우리 확장 기준을 재정립할 필요가 있다. 타이바의 내력이 부족한 경우에는 현장품질관리를 강화하거나 본 논문에서 제안하는 방법에 따라 설치하면 내력이 충분히 확보될 것으로 기대된다.

5.1 확장 시 고려되는 기본사항

AASHTO와 DMRB기준 등 외국의 기준에서 주시할 것은 확장된 신설포장과 콘크리트 덧씌우기 등으로 보강된 기존포장의 설계 수명이 동일해야 한다는 원칙이다. 타이바는 기존구간에 그라우팅을 사용하여 완벽하게 앵커를 시킨다. 그리고 기존포장상태에 대해 전수조사를 실시하며 평가항목으로 평탄성과 미끄럼저항성이 포함된다. 또한 기존포장 하부의 지반상태에 대해서 공내재하시험 등을 통해 조사하여 단면설계 시 고려한다.

5.2 타이바 설치 시 품질관리 및 대안

현재 타이바 설치 시 예폭시가 흘러나와 발생하는

문제점을 해결하는 대안으로서 황인규 등은 AASHTO에서 제시하는 타이바 설치방법(그림 14)을 사용할 것을 제안하였다(황인규 외, 2006). 즉, 부착력을 증진시키기 위해, 천공된 구멍 안을 공기압으로 불어내어 청소해야 하며, 충분한 량의 에폭시 충전재를 자동 주입기로 주입하되 그림과 같이 마개를 사용하는 방법을 제시하고 있다. 표 3에서는 주입기+마개를 이용하는 방법으로 실험을 수행한 결과 소요강도보다 187% 이상의 정착강도를 확보할 수 있음을 보여 주었다(황인규 외, 2006).

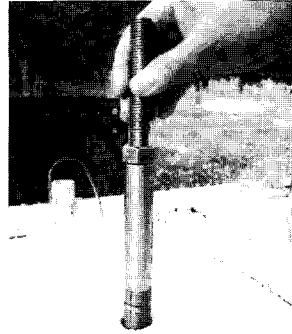


그림 15. SL 앵커의 삽입모습(황인규 외, 2006)

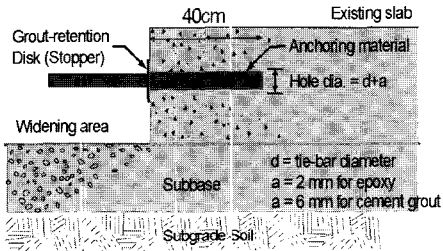


그림 14. AASHTO에서 제시하는 타이바 설치 개념도

표 3. 타이바의 정착강도 실험 결과 (황인규 외, 2006)

구 분	정착강도 (kgf)	소요 정착강도에 대한 상대비 (%)
소요 정착강도	4556	100
현 설치방법	2580	57
주입기+마개 이용방법 (AASHTO 방법)	8510	187
SL앵커볼트 이용방법	8400	184

타이바의 정착에 대한 또 다른 대안으로 SL앵커볼트를 사용할 수 있는데, 이는 충전재를 이용하는 방법에 비해 시공성이 우수하고, 특별한 품질관리 없이 충분한 정착강도를 확보할 수 있으며, 공기단축 효과가 있는 방법이다. 그림 15는 SL앵커볼트를 사용하여 실험하는 모습을 보여준다. SL 앵커볼트의 작용 원리 및 실험결과는 저자의 이전 논문에 수록되어 있다(황인규 외, 2006).

6. 결론

콘크리트포장 확장구간의 현장조사와 시공 및 설계상에서 발생하는 문제점을 분석하여 다음과 같이 정리하였다.

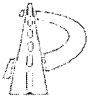
(1) 확장접속부 추적조사 결과 기존 측대 일부만 절단하면 윤하중이 줄눈부에 집중되어 벌어짐, 단차, 균열(팻칭된 부위에 재발생)이 보다 많이 관측되었다.

(2) 7.6m CP 및 ARAN 장비를 이용하여 비슷한 시기에 신설 준공된 노선과 확장 준공된 노선의 평탄성을 측정한 결과 확장구간의 평탄성 값이 신설구간의 평탄성 값보다 다분히 높게 나타났다. 이는 단순 확장구간의 포장시공 시 기존구간의 결함을 제대로 처리하지 못하였기 때문이다.

(3) 확장구간의 시공 및 설계상의 문제점으로서 확장구간의 평탄성 저하, 진동이 콘크리트 양생에 미치는 영향 및 접속부의 접속 불량 등이 있다.

(4) 확장구간의 평탄성 불량 요인으로는 기존 포장구간의 평탄성 불량, 작업공간의 협소, 콘크리트 공급의 지연에 의한 평탄성 품질관리 불량 및 콘크리트 포장시공시 지연으로 인한 품질확보 어려움 등을 들 수 있다.

(5) 3차선→4차선으로의 확장 시 기존 설계 당시 향후 확장을 고려하지 않은 경우 기존 구간에 설치된



타이바의 내력이 부족해지는 경우가 발생된다.

(6) 현재 시공하는 방법으로는 타이바의 정착강도가 소요강도의 57%에 불과하므로 주입기와 마개를 이용한 AASHTO의 시공방법을 사용할 수 있다. 품질관리가 의심스러울 경우에는 특수 고안된 앵커볼트를 사용하면 된다.

감사의 글

이 논문은 2004학년도 홍익대학교 교내연구비에 의하여 지원되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 권영용 외, "진동가력시간에 따른 재진동 콘크리트의 강도에 관한 연구", 인천대공업개발연구, 1990.
2. 언양-부산간 확장공사실시설계 일반보고서-제3공구: 내송-구서, 한국도로공사, 1998.
3. 영동고속도로(신갈-안산간) 건설지, 한국도로공사, 2001.
4. 임종석 외, "진동이 주변구조물 및 콘크리트 경화에 미치는 영향", 대한주택공사 주택연구소, 1990.
5. 장명순 외, "고속도로 확장에 관한 설계기준 작성 연구", 한국도로공사, 1995. 12.
6. 장희석, 김명식, 김종수, 한중기, "초기양생중에 수평 연속진동을 받은 콘크리트의 강도특성," 콘크리트학회지 제13권 5호, 2001, pp. 423-429.

7. 정진훈 외, "콘크리트포장 확장 시 연결부 지지력 평가 및 접속방안 개발", 한국도로공사 연구보고서, 2004.
8. 황인규, 양성철, 정진훈, 유태석, "콘크리트포장 확장부 타이바 설치방법의 개발", 한국도로학회논문집 제 8권 1호, 2006, pp. 33-43.
9. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, AASHTO, 1993, pp. II-82~83.
10. Design Manual for Roads and Bridges, Vol. 7 Pavement Design and Maintenance, Sec. 2 Pavement Design and Construction, England, 2004.
11. E. J. Yoder, M. W. Witzczak, "Principles of Pavement Design," 2nd Edition, Wiley-Interscience, 1975.
12. M. Trevino, B.F. McCullough, T. Krauss, "Full-scale Bonded Concrete Overlay on IH-30 in Ft. Worth, Texas," Research Report 9-572-1, CTR, The University of Texas, 2000.
13. Yang H. Huang, "Pavement Analysis and Design," Prentice Hall, 1993.

접 수 일: 2006. 7. 27
 심 사 일: 2006. 8. 21
 심사완료일: 2006. 11. 9