

# 콘크리트포장의 박층 콘크리트 덧씌우기공법

## Thin Bonded Concrete Overlay for Concrete Pavement Rehabilitation

윤경구\*      이형준\*      엄주용\*      서영찬\*\*  
Yun, Kyong Ku   Lee, Hyung Joon   Eum, Joo Yong   Suh, Young Chan

---

### Abstract

This research focused on the development of concrete overlay and field test, which was conducted at 88 Highway 105k, 2 lanes of 290 m. The field application test consists of 6 cm and 10 cm bonded concrete overlay and 25 cm unbonded concrete overlay, using the slag cement for opening lanes for traffic early. The overlay were placed in a day. The whole period of traffic closing was 8 days and it was reopened to traffic after concrete overlay has cured for 3 days. 5 cracks were founded when the field test section was investigated after 1 month, but all these may not make significant problems to overlay because these initiated and grewed at the same line of repair section. The rideability and skid resistance become much better like in the new pavement after overlay. The structural capacity against deflection was much increased, which were verified by FWD(Falling Weight Deflectometer). The field test section is being used in a good condition and the results of field application and pavement performance analysis are encouraging. This rehabilitation methods may be adopted in Korea after a more field performance verifications.

---

### 1. 서론

콘크리트 포장의 20년 내구 연한이 가까워짐에 따라 고속도로의 많은 구간에서 유지, 보수, 재건설을 필요로 하고 있으며, 매년 전단면 보수, 줄눈보수, 줄눈 및 균열 보수 등으로 사용되는 유지 관리비와 보수비가 급증하는 추세이다.

선진국에서는 콘크리트 포장 덧씌우기 공법이 이미 실용화되어 사용되고 있지만 국내에서는 아직 연구된 사례조차 없는 실정이다. 콘크리트 덧씌우기는 사용연한이 길고, 중차량의 통행이 많은 곳에 적합

---

\* 정회원, 도로연구소 책임연구원

\*\* 한양대학교 교통공학과 조교수

하며, 소성변형의 발생이 없고, 유지보수 빈도를 현저히 줄일 수 있는 장점 등이 있는 것으로 연구 보고되고 있다. 그러나, 콘크리트 덧씌우기의 단점으로는 장기간의 교통 차단을 들 수 있다. 따라서, 장기간의 공용성을 제공하면서 신속한 교통개방이 가능한 콘크리트 포장 덧씌우기 공법개발이 필요하다.

본 연구에서는 콘크리트 접착식 박층덧씌우기 공법의 실용화를 위해서 문헌조사, 재료개발, 시험시공, 추적조사 등을 행했다. 이를 위해 먼저, 시험시공구간을 선정하고 사전상태조사를 하여 시공두께 및 방법 등을 결정한 후, 시험시공을 통해 사용장비, 표면준비작업, 사용재료, 시공방법, 계측사항, 기후조건 등의 영향을 분석했다. 시험시공 전후의 계측 및 추적조사를 통해서 접착식 박층덧씌우기의 국내적용성 및 사용성을 검증한다.

## 2 콘크리트 덧씌우기 종류

### 2.1 접착식 콘크리트 박층덧씌우기 (Thin Bonded Concrete Overlay)

접착식 콘크리트 박층덧씌우기 공법은 기존의 콘크리트 포장과 새로 시공된 포장층이 일체가 되어 거동하도록 설계되고 시공된다. 신·구 콘크리트포장체가 일체가 되어서 거동하기 때문에 덧씌우기층은 보통 얇다. 접착력을 증진시키기 위해서 기존의 콘크리트 표면을 절삭하고 콘크리트 부스러기, 먼지, 기름 등을 완전히 제거한 후 콘크리트 덧씌우기 포설을 해야 하고, 때로는 그라우트를 살포하여 접착력을 증진 시킨다. 얇은 콘크리트 덧씌우기 층이 기존 콘크리트 슬래브와 일체(monolithic)가 되도록 시공하므로 구조적인 보강을 꾀할 수 있으며 표면결합이나 평탄성 등의 문제를 해결하기 위해 사용될 수 있다<sup>(1)</sup>.

### 2.2 비접착식 콘크리트 덧씌우기 (Unbonded Concrete Overlay)

비접착식 콘크리트 덧씌우기는 기존의 콘크리트와 새로운 덧씌우기 사이에 분리층을 시공하여 신·구 콘크리트 포장체가 서로 다르게 거동케 하는 것이다. 비접착식 콘크리트 덧씌우기는 기존의 노후된 슬래브와 덧씌우기 층을 분리층으로 완전히 분리시켜 기존 슬래브에 있던 결합이 덧씌우기에 영향을 주는 것을 완전히 차단한다. 분리층은 기존의 콘크리트포장 표면에 비닐이나 아스팔트 층을 2~3cm로 포설하여 기존 포장의 반사균열이 덧씌우기 층에 발생하는 것을 방지할 수 있다<sup>(2)</sup>.

### 2.3 부분접착식 콘크리트 덧씌우기 (Partially Bonded Concrete Overlay)

부분접착식 콘크리트 덧씌우기는 기존의 노후된 슬래브 위에 분리층을 따로 두지 않고 과도한 기름이나 먼지만을 제거한 후 덧씌우기를 하는 방법으로 신·구 콘크리트간 접착이 부분적으로만 보장되는 경우이다. 부분접착식의 경우 접착된 부분에서는 기존포장의 결합이 덧씌움층으로 그대로 전달되는 경우가 많고 접착이 안된 부분에서는 덧씌우기 두께가 얇은 경우 조기에 반사균열 등의 결합이 발생할 수도 있다<sup>(1)</sup>.

### 2.4 섬유보강 콘크리트 덧씌우기 (Fiber-Reinforced Concrete Overlay)

섬유보강 콘크리트는 휨강도, 인장강도, 충격강도, 인성을 높여주고 건조수축을 줄여준다는 측면에서 가치가 있는 재료이다. 콘크리트 덧씌우기에 사용되는 섬유는 대부분 강섬유, 합성섬유등이고 유리섬유도 최근 성공적으로 이용된 사례가 있다. 섬유보강의 경우 재료에 따른 시공비 상승요인은 두께를

줄임으로써 상쇄시킬 수 있다. 대부분의 도로용 섬유보강 콘크리트는 두께가 얇은 접착식덧씌우기가 많이 사용되었고 두께가 두꺼운 공방포장의 경우 비접착식의 용도가 많다<sup>14)</sup>.

### 3. 조강슬래그 시멘트 콘크리트

#### 3.1 조강슬래그 시멘트

본 연구에 사용된 슬래그는 포항제철소에서 생산되는 水碎슬래그로 슬래그 미분말 3수준을 실험용 소형 roller mill(UBE LM3.6)을 이용하여 생산하였고, Blaine은 각각 4000, 6000 및 8000cm<sup>2</sup>/g 수준으로 분쇄하였다. 조강슬래그시멘트는 고분말도 슬래그를 主材로 하여 만들었으며, 입도분포 및 물리적 특성을 비교한 결과는 표 1 및 표 2 와 같다.

표 1 시멘트 종류별 입도분포 비교

	입 도 분 포 (μm)								MS
	1	2	4	8	16	32	48	64	
조강슬래그시멘트	8.7	14.0	25.4	53.6	75.0	89.0	97.6	99.5	7.3
보통포틀랜드시멘트	5.1	6.9	11.0	28.6	47.5	76.3	94.3	97.1	16.8
조강포틀랜드시멘트	7.5	12.4	19.1	36.8	56.9	83.1	97.6	98.8	12.4

\* MS : Median Size

표 2 시멘트 종류별 물리성능 비교

	분말도 cm <sup>2</sup> /g	Flow (%)	응결		압축강도 kg/cm <sup>2</sup>			수화열 Kcal/g/°C	
			초결 m	종결 h:m	3일	7일	28일	7일	28일
조강슬래그시멘트	6100	89.9	260	7:10	236	368	536	83.5	89.2
보통포틀랜드시멘트	3210	93.9	260	7:00	152	249	406	97.5	103
조강포틀랜드시멘트	4300	89.1	230	6:40	243	355	466	98.9	106

표 2 로부터 조강슬래그시멘트의 유동성은 보통슬래그시멘트보다는 떨어지지만 보통포틀랜드시멘트와 동등수준이고 응결은 조강포틀랜드시멘트보다는 지연되지만 보통포틀랜드시멘트와 동등수준이다. 3~7일 초기강도는 조강포틀랜드시멘트와 비슷하지만 28일 이상 장기강도는 조강포틀랜드시멘트보다도 우수하다.

#### 3.2 현장배합 콘크리트 특성

##### 3.2.1 적용배합

본 시험시공에 레미콘을 공급한 동아건설 레미콘 뱃치플랜트에서 시험생산을 실시하여 배합을 조정하였다. 시험생산에 사용된 배합은 실험실 시방배합을 적용하였으며, 현장의 뱃치플랜트의 생산관리 및 타설시공관리기준으로 조정된 시방배합은 표 3과 같다.

##### 3.2.2 현장배합 콘크리트 품질특성

공장에서 출하시에 슬럼프 8~10cm가 현장에 도착하면 1~5cm로 작업성 손실이 상당히 심해서

표 3 현장타설조건으로 수정된 시방배합표

배합종류	굵은골재최대치(mm)	생산슬럼프(cm)	현장슬럼프(cm)	생산장공기량(%)	단위수량(kg/m <sup>3</sup> )	단위시멘트(kg/m <sup>3</sup> )	물시멘트비(%)	잔골재율(%)	단위잔골재(kg/m <sup>3</sup> )	단위굵은골재(kg/m <sup>3</sup> )	단위혼화재량	
											AE감수제(cc)	섬유(kg/m <sup>3</sup> )
25mm Plain	25	7~9	1~4	4~6	160	356	45	40 (42)	746 (783)	1188 (1148)	2492	-
19mm Plain	19	7~9	1~4	4~6	165	367	45	42	774	1135	2569	-
19mm 강섬유 혼입	19	7~9	1~4	4~6	165	367	45	42	774	1100	2569	강섬유 35
19mm 합성섬유 혼입	19	7~9	1~4	4~6	165	367	45	42	774	1135	2569	합성섬유 0.9

콘크리트포설 작업이 매우 어려웠지만, 표면 마무리 작업은 순조로웠다. 이와 같은 현상은 조강슬래그 시멘트의 입자가 매우 가늘기 때문에 수분을 많이 흡수하고는 있지만 슬래그의 특성상 초기 수시간 동안의 수화활성이 지연되는 특성을 갖고 있기 때문으로 판단된다. 콘크리트 생산 및 타설시 공기량은 모두 목표범위내인 4~6%에 들어왔다.

## 4. 시험시공

### 4.1 개요

시험시공 위치는 88고속도로 104.80k 부터 105.09k 지점의 광주방향 차선에서 행하여졌으며, 2차로 290m(=5m×58 slab)에 6cm 접착식 콘크리트 덧씌우기 60m, 10cm 접착식 콘크리트 덧씌우기 60m, 25cm 비접착식 콘크리트 덧씌우기 60m 그리고 접속부 110m에 시행하였다. 그림 1은 시험시공 단면도이다.

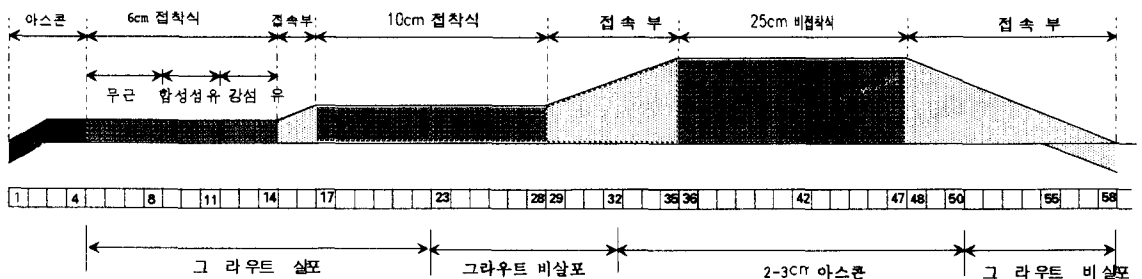


그림 1 시험시공 단면도

### 4.2 시험시공

시험시공은 1996년 10월 12일 교통차단을 하면서 본격적으로 시작되었고, 10월 16일 콘크리트 포설을 하였다. 교통을 10월 20일 개방하여, 시험시공으로 인한 교통차단은 총8일이다. 기존의 콘크리

트 표면처리하는데 3일이 소요됐고, 콘크리트포설 준비로 1일, 콘크리트포설 1일, 양생 3일이 소요됐다.

시험시공은 교통차단 및 우회, 덧씌우기전 보수, 표면처리, 콘크리트 포설, 줄눈설치, 계측, 콘크리트강도 측정, 교통개방등의 순서로 수행되었다. 접착식 콘크리트 덧씌우기 주요 흐름은 그림 2와 같다.

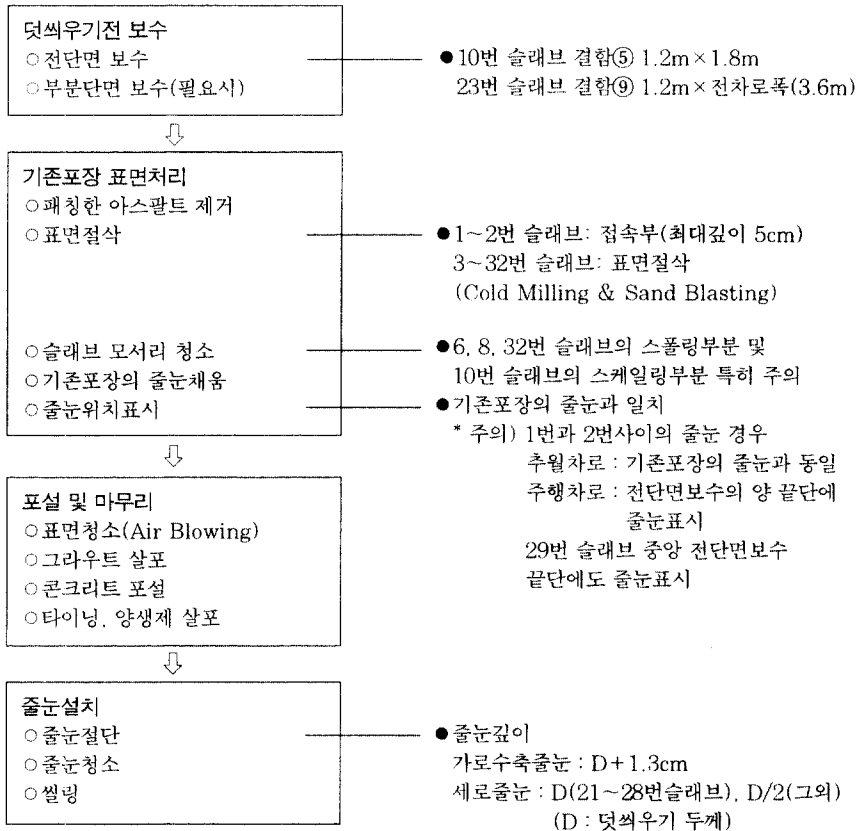


그림 2 접착식 콘크리트덧씌우기 시험시공 흐름도

### 4.3 기존 콘크리트포장의 표면처리

본 시험시공에서는 상온절삭기(Cold Milling)와 샌드블라스팅(Sand Blasting)을 사용해 기존콘크리트 포장면을 표면처리하였다. 상온절삭기 장비는 국내에 이미 도입되어 있는 콜드밀링머신 2000DC 장비로서 작업능력 및 작업속도 측면에서 표면처리에 매우 적합한 장비라 볼 수 있다. 본 시험시공에서는 접착식덧씌우기 구간 전체 2230㎡ 절삭에 약 반나절 정도 소요되었다.

샌드블라스팅(Sand Blasting) 장비는 모래를 고압분사하여 상온절삭후의 콘크리트면을 마무리하는 장비이다. 이 장비는 집진장치가 없어 많은 분진을 발생시켜 인근 주민의 민원야기의 소지가 있다. 작업능력면에서도 효율성이 약간 떨어져 충분한 절삭이 안됐다.

#### 4.4 콘크리트 포설

콘크리트 생산은 경남 함안 소재 신홍레미콘이었다. 8대의 덤프트럭이 투입되었고 운반거리는 편도 약 25km이며 운반시간은 편도 35~45분이 소요 되었다. 콘크리트 포설은 Gomako사 GP2500 콘크리트 펌퍼와 TC400 조면처리기를 이용하였다. 콘크리트 포설 시행결과 저 슬럼프로 인하여 측면에 약간의 곰보가 발생하였다. Tamper 작동 횟수는 6cm와 10cm, 25cm로 구분작동하여 6cm구간에서는 분당 120회 정도, 10cm와 25cm구간에서는 분당 150회 정도 시행한 결과 표면 상태는 상당히 양호하였다.

#### 4.5 줄눈설치

가로수축 줄눈은 신·구 콘크리트의 줄눈이 완전히 일치되도록 하기위하여 가로수축줄눈은 덧씌우기 두께전체를 1.3cm 넘는 두께(D+1.3cm)까지 절단했다. 세로 줄눈은 AASHTO에서 추천하고 있는 접합식 덧씌우기 줄눈절단 깊이인 D/2까지를 기준으로 하되 시험적으로 21번~28번 슬래브는 두께전체 D를 절단했다.

#### 4.6 섬유보강 콘크리트

콘크리트 포설다음날 줄눈부 절단하기전 오전 10시 10분에 5번 슬래브와 6번 슬래브 사이의 줄눈부와 7번 슬래브와 8번 슬래브 사이의 줄눈부에서 미소균열이 발생하였다. 초기 균열들이 발생한곳은 19mm 무보강 콘크리트를 사용한 덧씌우기 구간에서 발생하였다. 합성섬유와 강섬유 보강 콘크리트에서는 이러한 미세 균열들이 줄눈 절단전에 발생하지 않았다. 이는 섬유보강 콘크리트가 콘크리트 초기수축에 충분한 저항성을 지녔기 때문으로 판단된다. 강섬유는 볼링(Fiber Balling)을 예방할수 있는 Bundle 타입의 강섬유를 사용해야 한다.

합성섬유 보강콘크리트의 주요목적이 콘크리트 수축균열 억제기능으로 내구성증가에 있고, 강섬유 보강 콘크리트는 인성과 충격저항성에 있으며, 시험시공에서 각 섬유보강콘크리트 덧씌우기가 이러한 역할을 한 것으로 사료된다.

### 5 시험시공 계측 및 분석

#### 5.1 현장공시체 휨강도

현장 공시체 양생은 덧씌우기에 사용한 동일한 양생제를 살포하여 현장에서 기건중에 양생하였다. 1일 휨강도 또한 덧씌우기포장 타설 당일의 낮은 기온 때문에 큰 강도발현을 보이지 못했다. 3일 휨강도는 약 30kg/cm<sup>2</sup>의 값을 보였으며 이는 교통개방 기준 휨강도인 35kg/cm<sup>2</sup> 보다 적다. 그러나 콘크리트 타설 당일 기온이 급강 하였으며 이는 콘크리트 온도 하강측면에서 포설된 덧씌우기의 콘크리트 보다 노건 기건중에서 양생된 현장공시체에 더 많은 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 따라서 덧씌우기 콘크리트 휨강도는 현장 공시체 휨강도보다 더 큰 것으로 사료되며 이러한 판단에 의거하여 3일만에 교통을 개방하였다.

#### 5.2 현장 덧씌우기 코아강도

코아 압축강도는 465kg/cm<sup>2</sup> 으로 488kg/cm<sup>2</sup> 의 현장공시체 압축강도 보다 약간 작게 나타났다.

그러나 코아채취에 의한 콘크리트 코아의 손상등을 고려하여 코아강도를 실제정도의 85%로 산정하는 것이 일반적이다. 이러한 분석으로부터 실제 덧씌우기의 28일 압축강도와 휨인장강도가 각각  $500\text{kg/cm}^2$ 과  $50\text{kg/cm}^2$  이상임을 확인 할 수 있다.

### 5.3 현장 부착강도

콘크리트 덧씌우기를 포설한 후 3일 동안 양생하여 현장부착강도 실험을 하였다. 6cm 덧씌우기 슬래브에서 부착강도 평균이  $7.5\text{kg/cm}^2$  이고 10cm 덧씌우기 구간에서는  $8.1\text{kg/cm}^2$  의 부착강도를 나타냈다. 이러한 부착강도는 열응력과 수축응력에 비해 충분히 큰 것으로 열응력이나 수축응력에 의해서 박리현상이 발생할 가능성은 없는 것으로 판단된다.

### 5.4 온도측정 및 슬래브거동

온도계측은 기온 및 콘크리트 온도를 포함하며 thermocouple 매설시부터 2~3시간 간격으로 3일간 측정하였다. 포설당시의 굳지않은 콘크리트(fresh concrete)의 온도는  $13^{\circ}\text{C} \sim 22^{\circ}\text{C}$  정도였다. 포설 당시의 대기온도는 오후 1시에  $18^{\circ}\text{C}$ 였고 다음날 새벽의 최저 기온이  $0^{\circ}\text{C}$ 까지 내려가 포설당일 일교차가 상당히 컸다. 첫째날의 큰 일교차는 콘크리트 양생에 불리한 조건으로 작용하였다. 즉 포설후 기온 급강하는 기존 콘크리트의 수축을 초래하였고 이것이 두께가 얇은 접착식 덧씌우기구간에서 줄눈절단 전에 반사균열 발생으로 연결되었다.

포설당일 밤의 온도 급강하로 콘크리트의 수화가 지연되었는데 이러한 현상은 덧씌우기 두께가 얇을수록 뚜렷하게 나타났다. 즉 10cm 덧씌우기 구간과 25cm 덧씌우기 구간의 온도패턴을 비교해 보면 25cm구간에서 콘크리트 온도가 두께에 의한 보온작용으로 인해 수화가 원활히 진행되었음을 알 수 있다.

6cm 덧씌우기 구간과 10cm 덧씌우기 구간 모두에서 공통적으로 대기온도와 슬래브온도가 높아지면서 줄눈틈이 줄어드는 현상을 뚜렷하게 확인할 수 있었다. 슬래브 온도에 따라 줄눈틈이 선형적으로 변화함을 알 수 있다.

### 5.5 균열 조사

본 시험시공구간 4개소에서 초기균열이 발생하였다. 첫번째 초기균열은 줄눈절단 수시간 전에 발견되었다. 균열의 위치는 접착식덧씌우기 구간 5번째 슬래브와 6번째 슬래브 사이에 기존포장의 줄눈이 설치된 곳으로서 줄눈을 따라 발생하였다. 이 균열은 포설직후 콘크리트가 충분히 경화하기 전에 온도 급강하로 인해 기존슬래브의 줄눈부가 벌어져서 발생한 일종의 반사균열이었다. 균열발생위치는 다행히 줄눈절단 예정 위치와 거의 정확히 일치하여 크게 문제되지는 않았다.

콘크리트 덧씌우기의 균열상태를 조사하기 위해서 1996년 12월 교통을 차단하고 육안조사를 하였다. 총 5개의 균열이 덧씌우기에 발생하였다. 3개의 균열은 6cm 덧씌우기에서, 1개는 10cm 덧씌우기에서, 나머지 한 개는 10cm 덧씌우기에 해당하는 접속부 구간에서 발생하였다. 6cm 접착식덧씌우기 구간의 균열은 모두 합성섬유보강 콘크리트 덧씌우기에서 발생하였는데, 이는 합성섬유보강이 콘크리트 포설 직후의 수축균열을 방지하는 데는 효과적이었으나 반사균열을 방지하지는 못하였음을 의미한다. 모든 기존 콘크리트의 전단면 보수 경계면에서 발생된 반사균열이다. 이렇게 초기균열을 방지하기 위해서는 기존 콘크리트의 전단면보수 경계면을 덧씌우기후 줄눈절단시 같이 절단해주도록 함으로써 방지할 수 있다.

## 6. 결론

본 연구에서는 콘크리트 포장에 장기간의 공용성을 제공하면서 조기교통개방이 가능한 콘크리트 덧씌우기 공법을 연구개발하여 시험시공으로 국내 적용성을 검토하고자 했다. 1996년 10월 88고속도로 광주행 105km, 지리산 IC에서 2차로 290m를 콘크리트 덧씌우기 시험시공한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 시험시공은 대체로 원활하게 진행되었고, 교통차단 총 기간은 8일이었다. 현장 공시체 3일 휨강도 실험결과  $31\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 강도발현을 보여 콘크리트 포설후 3일에 교통을 개방하였다.
- (2) 합성섬유와 강섬유 보강 콘크리트에서는 초기 수축균열들이 줄눈 절단전에 발생하지 않았다. 이는 섬유보강콘크리트가 콘크리트 초기수축에 충분한 저항성을 지녔기 때문으로 판단되며, 박층 덧씌우기에서는 초기수축균열을 억제하기 위해서 섬유보강콘크리트를 사용해야 할 것으로 사료된다.
- (3) 시험시공구간에 1개월후 추적조사에서 5개소에서 균열이 발생하였는데 이 균열들은 모두 기존 슬래브의 전단면 보수면에서 발생하였다. 균열발생위치는 다행히 전단면 보수면 과거의 일치해서 크게 문제되지는 않을 것으로 사료된다.
- (4) 시험시공으로 평탄성과 미끄럼 저항성이 크게 증진되었으며 신설포장구간에 준하는 결과를 가져왔다. 포장구조진단기(FWD)로 포장면에 충격하중을 재하하여 시험시공전·후의 처짐량을 비교분석한 결과 6cm 덧씌우기 구간에서 39%, 10cm 덧씌우기 구간에서 41%, 25cm 덧씌우기 구간에서 53%의 처짐량이 감소됐다. 이는 시험시공으로 포장구조지지력이 크게 증진되었음을 의미한다.
- (5) 콘크리트 덧씌우기는 외국에서 이미 검증되어 성공적으로 사용해 오고 있으며, 본 연구를 통한 시험시공구간도 현재까지 양호한 상태로 공용중에 있다. 시험시공성과 및 추적조사는 매우 고무적인 결과를 보여주었다. 따라서, 본 공법은 다양한 조건(포장상태, 사용재료, 시공장비, 시공계절)으로 추가 시험시공 확인후 국내에서 실용화 될 수 있다.

## 참 고 문 헌

1. Ronald L. Hutchinson, Mississippi Vicksburg, "Resurfacing with Portland Cement Concrete," NCHRP Report 99, December, 1982.
2. TRB, "Portland Cement Concrete Resurfacing", NCHRP Synthesis 204, 1994.
3. Suh, Y. C., Lundy, J. R., McCullough, B. F., and Fowler, D. W., "A Summary of Studies of Bonded Concrete Overlays", RR457-5/f, Center for Transportation Research, Austin, Texas, Nov., 1988.
4. Parker, F., Jr., "Steel Fibrous Concrete for Airport Pavement Applications." Report No. TRS-74-12. U.S. Army Waterways Experiment Station (1974).
5. Suh Young-Chan, "Early-Age Behavior of CRC Pavement and Calibration of the Failure Prediction Model in CRC-7", PhD Dissertation, The University of Texas at Austin, 1991. 5.
6. 한국도로공사, "조기교통개방 콘크리트 포장 공법에 대한 실험적 연구", 1996년도 실용화 연구보고서, 1996.