

# 다짐 및 이음부 처리방법에 따른 아스팔트 포장체의 밀도 변화 연구

## Variation of the Density Using Various Compaction and Joint Process Methods

박태순\* · 김용주\*\*

Park, Tae Soon · Kim, Yong Joo

### 1. 서 론

산업 발전과 교통수단의 발전으로 인하여 도로 및 공항의 포장공사가 대형화됨에 따라 장기간에 걸친 시공이 이루어지는 실정이다. 포장의 폭이 클 경우 페이퍼의 폭이 제한되어 있어서 이음부를 설치하여 분할포장 시공을 실시하게 된다. 가열 아스팔트 포장의 경우 횡방향 이음부와 종방향 이음부를 설치하여 시공이 이루어지는데, 이 가운데 발생하는 종방향 이음(longitudinal joint)은 포장의 성능을 저하시키는 주요원인이 되고 있다. 포장의 종방향 이음은 다짐 부족으로 인한 밀도의 저하와 이음부의 온도저하 및 밀착성능이 저하되어 종방향 균열(Crack)과 라벨링(Ravelling)의 포장 파손을 발생시키고, 시간이 경과함에 따라 수분이 파손부위로 침투하여 균열의 확장을 촉진시켜 포장의 수명을 단축시키는 원인을 제공하고 있다.

외국의 경우 종방향 이음부에 대한 연구가 이미 활발하게 이루어졌으며, 종방향 균열과 라벨링을 최소화하거나 제거할 수 있는 시공기술들이 시방으로 규정되어 실무에 적용하고 있다. 미국의 경우 미시간(1992), 위스콘신(1995), 콜로라도(1994) 그리고 펜실베니아(1995)지역에 30여 종류의 가열 아스팔트 포장구간에 12개의 서로 다른 종방향 이음 시공을 실시하여 공용 후 1년에서 4년 사이에 종방향 이음을 평가하였다(3). 그 가운데 미시간 조인트(12.5mm지저와 1:12의 조인트 경사를 가진 이음부)의 효과가 가장 우수한 것으로 평가되었으며, 다짐 작업시 진동롤러를 사용할 경우 종방향 이음부의 밀도를 높일 수 있는 것으로 보고되었다.

그러나 국내에서는 아직 가열 아스팔트 포장의 이음부 시공에 대한 시방규정이나 시공방법 등이 명확하게 정해지지 않고 있으며, 이에 대한 연구도 매우 부족한 상황이다. 본 논문은 종방향 이음부 시공에 핫 조인트와 콜드 조인트(SAW-CUT, LUMBER BULKHEAD)를 설치하고 다짐 방법을 변화시켜 이음부 부근의 코아를 채취하여 각 이음부 부분의 밀도 변화와 다짐도를 측정하여 최적 이음부 시공 및 다짐 방법에 대한 연구를 수행하였다.

\* 정희원 · 서울산업대학교 토목공학과 교수 · 02-970-6506 (E-mail:tpark@duck.snut.ac.kr)

\*\* 정희원 · 서울산업대학교 건설기술연구소 선임연구원 · 02-970-6946 (E-mail:snut66@hanmail.net)



## 2. 이음부 처리방법

가열 아스팔트 포장의 종방향 이음부 처리방법으로는 LUMBER BULKHEAD, SAW-CUT과 같은 콜드 조인트 방법과 페이버 2대를 동시에 사용하는 핫 조인트 방법이 많이 사용되고 있다.

### 2.1 콜드 조인트(COLD JOINT)

콜드 조인트는 한 차선을 포장 한 후 하루 또는 그 이상 시간이 경과한 후에 다른 차선을 포장 할 경우 설치하는 조인트이다. 콜드 조인트는 차선부분에 비해 밀도가 작고, 밀도변화 및 투수량은 크다. 이 같은 현상은 콜드 조인트에 균열이 발생하는 원인이 된다. 일본에서는 적외선 히터로 콜드 조인트 부분을 가열하여 시공을 실시한 결과 포장 표면은 150℃로 가열되지만, 표면 밀도로 13mm는 50℃ 이하로 조인트부분의 표면밀도만이 증대되고 투수량이 적어지는 효과만을 얻을 수 있다고 보고하고 있다.(4)

#### 2.1.1 LUMBER BULKHEAD

포장을 실시하기 전 포장구역을 분할하여 그림 1과 같이 조인트 부분에 나무칸막이를 미리 설치한 후 포장이 완료되면 나무 칸막이를 제거한 후 다음 포장을 실시하는 방법이다. 이 방법은 공사구간이 긴 경우 작업속도가 신속하게 진행될 수 있다.



그림 1. LUMBER BULKHEAD

#### 2.1.2 SAW-CUT

한 차선을 시공 한 다음 포장체가 충분한 강도를 발휘할 수 있는 시간이 경과한 후에 콜드 조인트를 설치 할 부분에 SAW-CUT을 사용하여 이음부를 재단하고 다음 포장을 실시하는 방법이다. 이 방법은 SAW-CUT에 많은 시간이 소요된다.

### 2.2 핫 조인트(HOT JOINT)

그림 2와 같이 페이버 2대를 동시에 사용하여 포장을 실시하는 경우 또는 본 차선을 포장한 후 혼합물의 온도가 저하되지 않은 상태에서 다음 차선을 포장할 경우 사용하는 조인트이다. 핫 조인트의 경우에는 아스팔트 피니셔의 능력이 너무 크게 되면 아스팔트 피니셔의 정지가 많게 되어 평탄성 저하가 발생하므로 아스팔트 피니셔와 아스팔트 플랜트의 능력이 뒷받침되어야 한다.



그림 2. 핫 조인트



### 3. 시험계획

현장시험은 다짐방법과 종방향 이음부의 처리방법을 결정하기 위해 1차 시험과 2차 시험으로 나누어 실시하였다.

#### 3.1 시험장소 및 위치도

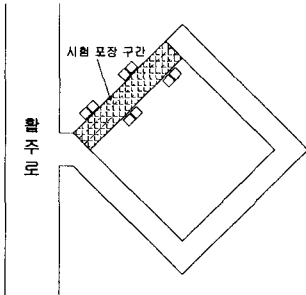


그림 3. 시공위치

시험을 실시한 장소는 오산 ○○비행장으로 연장 300m, 폭 27m의 알파 다이아몬드 비행기 격납고의 첫 번째 접속활주로 부분이다. 그림 3은 종방향 이음부 처리로 시공될 아스팔트 포장의 위치를 나타낸 것이다.

#### 3.2 사용장비 및 다짐방법

##### 3.2.1 다짐장비

1차 시험 및 2차 시험에 사용한 다짐 장비는 표 1과 같다. 다짐 작업은 핫 조인트의 시공이음을 최소화 할 수 있도록 페이버, 진동 텐덤롤러, 타이어롤러, 텐덤롤러를 각각 2대씩 사용하여 다짐장비를 2개조로 구성하여 포장을 실시하였다.

표 1. 포장에 사용한 다짐장비

다 짐 장 비	장비 폭	장비무게(ton)	제조회사
진동텐덤롤러(①-1차다짐)	66"	9.5	SAKAI
진동텐덤롤러(②-1차다짐)	65.7"	9.8	BOMAG BW 164AD
타이어롤러(①-2차다짐)	81"	15.5	SAKAI
타이어롤러(②-2차전압)	81.5"	15.5	SAKAI
텐덤롤러(①-3차다짐)	-	7	SAKAI
텐덤롤러(②-3차다짐)	-	7	SAKAI

##### 3.2.2 1차 시험

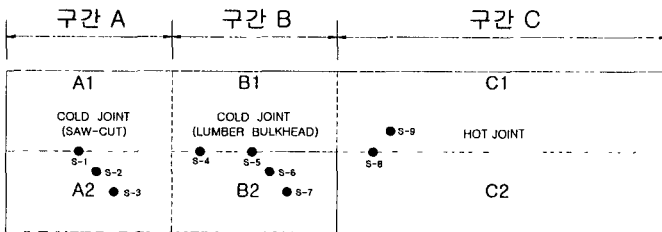


그림 4. 1차 시험의 종방향 이음부 위치 및 밀도측정을 위한 코아 채취장소

1차 시험은 3개구간(구간 A, 구간 B, 구간 C)으로 나누어 핫 조인트와 SAW-CUT, LUMBER BULKHEAD로 종방향 이음부를 처리하고 다짐방법을 변화시켜 시공을 실시하였다. 그림 4는 1차 시험의 종방향 이음부 위치 및 다짐방법, 그리고 코아 채취 위치를 나타낸 것이다. 표 2는 1차 시험의 종방향 이음부처리방법 및



다짐방법을 구간별로 정리한 것이다.

표 2. 1차 시험의 구간별 종방향 이음부 처리방법 및 다짐방법

구 간	코아 샘플	종방향 이음부처리 및 다짐방법
구간 A	S-1	SAW-CUT
구간 B	S-4, S-5	LUMBER BULKHEAD
구간 C	S-8	핫 조인트
구간 A	S-2	텐덤롤러(4회: 1 STATIC, 3 VIBRO), 타이어롤러(4회)
구간 A	S-3	텐덤롤러(6회: 1 STATIC, 5 VIBRO), 타이어롤러(4회)
구간 B	S-6	텐덤롤러(4회: 1 STATIC, 3 VIBRO), 타이어롤러(6회)
구간 B	S-7	텐덤롤러(6회: 1 STATIC, 5 VIBRO), 타이어롤러(6회)
구간 C	S-9	텐덤롤러(2회: 2 STATIC, 2 VIBRO), 타이어롤러(4회)

### 3.3.3 2차 시험

1차 시험에서 결정한 종방향 이음부 처리방법으로 핫 조인트 3곳과 LUMBER BULKHEAD 2곳으로 2차시험을 실시하였다. 그림 5는 종방향 이음부 위치 및 밀도측정을 위한 코아 채취장소를 표시한 것이다. 다짐조건은 진동 텐덤롤러 4회, 타이어롤러 4회, 텐덤롤러 2회로 다짐을 실시하였다. 시공은 구간 2를 시작으로 구간

1, 구간 3의 순서로 작업을 수행하였다. 또한, 핫 조인트의 시공이음을 최소화하기 위해 패이버 2대를 동시에 작업하였으며, 롤러 다집시 핫 조인트 부분은 150mm 중복되도록 다짐을 실시하였다. 콜드 조인트는 구간 2의 포장이 종료된 후 양쪽의 LUMBER

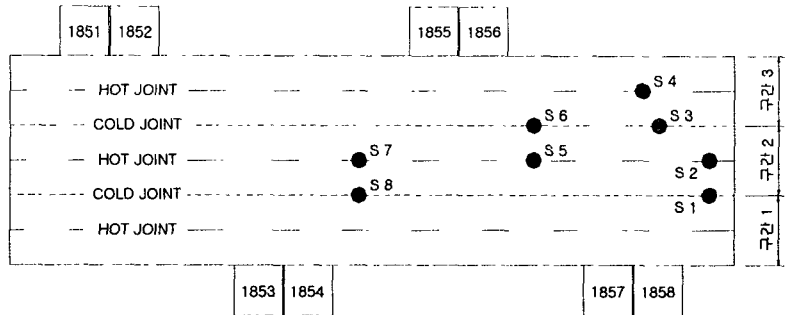


그림 5. 2차 시험의 종방향 이음부 위치 및 밀도측정을 위한 코아 채취장소

BUL- KHEAD를 제거하고 텍코팅을 실시한 후 3~5시간 양생을 한 후 구간 1과 구간 2의 콜드 조인트 부분이 76mm 중복되도록 혼합물을 포설한 후 다짐을 실시하였다. 그림 6은 핫 조인트와 LUMBER BULKHEAD의 시공장면을 나타낸 것이다.

그림 7은 당시 시공장면과 현재 미국에서 도로기술자로 일을 하고 있는 엔지니어들이 직접 현장을 방문하여 종방향 이음부 시공을 견학한 모습이다.

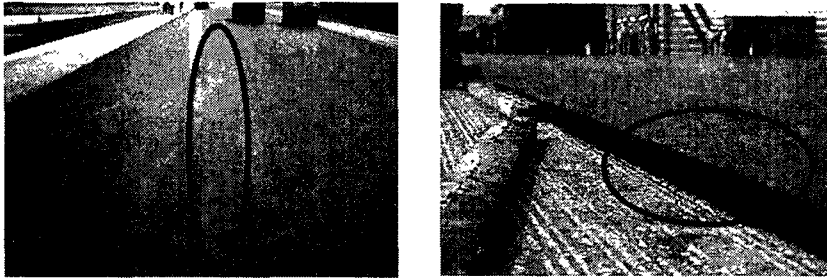
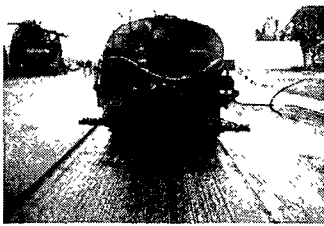
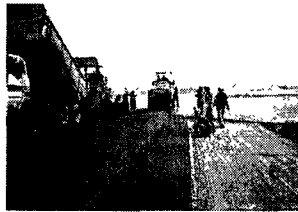


그림 6. 핫 조인트(좌)와 LUMBER BULKHEAD(우)의 시공



(a) 테코팅 도포



(b) 혼합물 포설



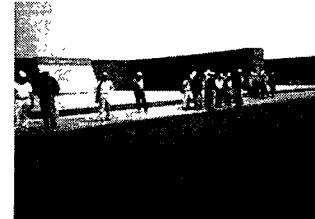
(c) 포장 다짐



(d) 포장표면의 평탄성 점검



(e) 포장 완료 후 전경



(f) 미국 도로기술자들의 현장 방문모습

그림 7. 시공 장면

### 3.3 현장 코아채취

#### 3.3.1 1차 시험

1차 시험이 종료된 후 다음날 그림 4에 표시된 부분에서 코아를 채취하여 실내에서 밀도를 측정하고 현장다짐도를 계산하여 정리하였다. 표 3은 종방향 이음부 처리방법에 따른 코아의 밀도와 현장다짐도를

표 3. 1차 시험의 종방향 이음부 처리방법에 따른 코아의 밀도와 현장다짐도

코아위치	종방향 이음부 처리방법	코아밀도	파살밀도	현장다짐율(%)
S1	SAW CUT	2.340	2.395	98
S4	LUMBER BULKHEAD	2.329	2.395	97
S5	LUMBER BULKHEAD	2.321	2.395	97
S8	핫 조인트	2.341	2.395	98



정리한 것이다. 표 4는 다짐방법에 따른 코아의 밀도와 현장 다짐도를 정리한 것이다.

표 4. 1차 시험의 다짐방법에 따른 코아 밀도와 현장 다짐도

코아위치	다 짐 방 법	코아밀도	마살밀도	현장다짐율(%)
S2	탠덤(4회: 1-STATIC, 3-VIBRO) 타이어(4회)	2.351	2.395	98
S3	탠덤(6회: 1 STATIC, 5 VIBRO) 타이어(4회)	2.359	2.395	99
S6	탠덤(4회: 1 STATIC, 3 VIBRO) 타이어(6회)	2.354	2.395	98
S7	탠덤(6회: 1 STATIC, 5 VIBRO) 타이어(6회)	2.380	2.395	99
S9	탠덤(2회: 2 STATIC, 2 VIBRO) 타이어(4회)	2.350	2.395	98

### 3.3.2 2차 시험

1차 시험에서 결정한 다짐방법(진동 탠덤롤러 4회, 타이어롤러 4회, 탠덤롤러 2회)과 종방향 이음부 처리방법(LUMBER BULKHEAD 2곳, 핫 조인트 3곳)으로 포장을 실시한 후 그림 5에 표시된 부분에서 코아를 채취하고 코아밀도와 현장 다짐도를 계산하여 포장의 시공성을 평가하였다. 표 5는 종방향 이음부 처리방법에 따른 코아의 밀도와 현장다짐도를 정리한 것이다.

표 5. 종방향 이음부 처리방법에 따른 코아 밀도와 현장다짐도 (2차시험)

코아 위치	코아밀도	마살밀도	현장다짐율(%)
LUMBER BULKHEAD(S1)	2.312	2.395	97
LUMBER BULKHEAD(S3)	2.389	2.395	100
LUMBER BULKHEAD(S6)	2.267	2.395	95
LUMBER BULKHEAD(S8)	2.306	2.395	96
핫 조인트(S2)	2.384	2.395	100
핫 조인트(S4)	2.382	2.395	99
핫 조인트(S5)	2.399	2.395	100
핫 조인트(S7)	2.367	2.395	99

## 4. 결과 및 분석

1차 시험에서 다짐방법에 따라 구간별로 채취한 코아 밀도 측정결과는 그림 8과 같이 나타났다. 그림 8에서 볼 수 있듯이 S7이 가장 큰 밀도를 보여주었으나 과다짐에 우려를 고려하여, 나머지 부분에서 밀도가 2.350~2.360으로 비슷한 값을 나타내는 다짐방법 가운데 외국의 시공사례에서 추천하고 있는 진동 다짐방법을 적용하여 1차 다짐을 진동 탠덤롤러 다짐 4회, 2차 다짐으로 타이어롤러 다짐 4회, 3차 다짐으로 탠덤롤러 다짐 2회로 최종 결정하였다(3).

종방향 이음부 처리방법에 따른 밀도 측정결과는 그림 9와 같다. 그림 9에서 알 수 있듯이 이음부 처리방법에 따른 밀도의 크기는 핫 조인트, SAW-CUT, LUMBER BULKHEAD 방법 순서로 나타났으나, 밀도의 차이는 0.02로 매우 작았다. 따라서 핫 조인트 함께 포장시간의 단축을 위하여 SAW-CUT 방법 대신 LUMBER BULKHEAD 방법을 2차 시험에 종방향 이음부 처리방법으로 결정하였다.

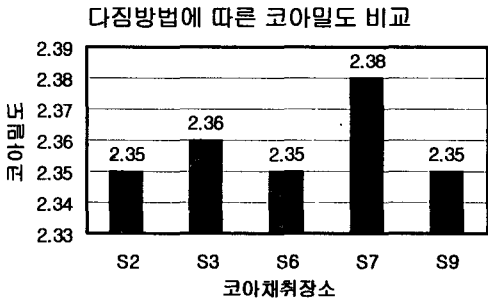


그림 8. 다짐방법별 코아밀도 비교(1차 시험)

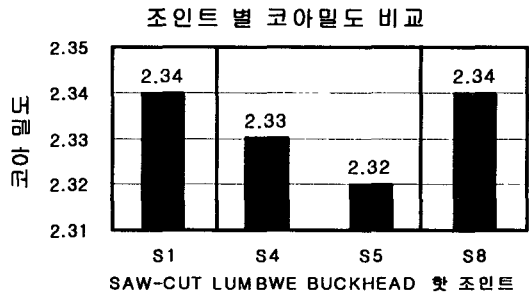


그림 9. 조인트별 코아밀도 비교(1차 시험)

2차 시험을 실시한 후 채취한 코아의 밀도와 현장다짐도는 그림 10 및 그림 11과 같다. 그림 10에서 볼 수 있듯이 핫 조인트의 경우에는 밀도 변화가 2.37~2.40으로 작았으나, LUMBER BULKHEAD의 경우에는 2.23~2.39로 변화가 크게 나타났다, 이것은 미시간(1992), 위스콘신(1995), 콜로라도(1994) 그리고 펜실베이니아(1995)의 연구사례와 동일한 결과를 보이고 있다(2,3). 따라서 LUMBER BULKHEAD의 균열 발생가능성은 핫 조인트보다는 클 것으로 평가되었다.

또한, 그림 11에서 볼 수 있듯이 포장의 다짐정도를 평가 할 수 있는 현장 다짐도에서는 핫 조인트에서는 99%이상 LUMBER BULKHEAD에서는 95~100%로 나타나, 핫 조인트가 LUMBER BULKHEAD에 비해 더 양호한 포장 이음부를 제공할 수 있는 것으로 판단된다.

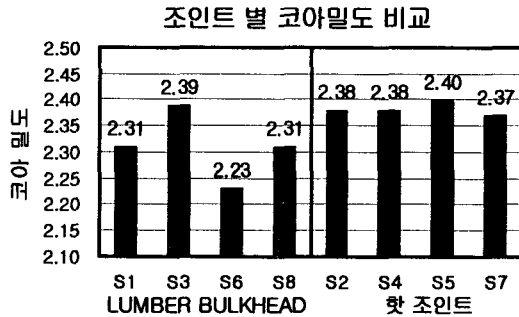


그림 10. 조인트별 코아밀도 비교(2차 시험)

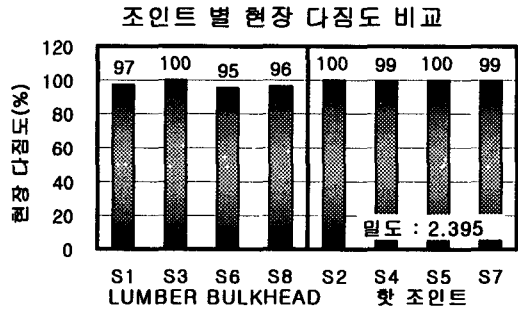


그림 11. 조인트별 현장다짐도 비교(2차 시험)

## 5. 결론

다짐과 종방향 이음부 처리방법에 따라 포장을 실시한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 핫 조인트가 콜드 조인트 방법에 비하여 안정된 포장 이음부를 제공하는 것으로 나타났다.
- (2) 조인트 시공에 유리한 다짐방법으로 진동다짐 방법을 추천한다.



(3) 콜드 조인트 방법 중 LUMBER BUCKHEAD방법은 SAW-CUT방법에 비하여 시공 수행시간이 절약되고 시공자의 노력에 따라 양호한 조인트를 얻을 수 있다.

위 결과와 같이 아스팔트 포장의 종방향 이음부는 핫 조인트만을 두는 것이 가장 좋은 방법이지만, 공사가 대형화되고 공사기간이 길어질 경우 현실적으로 핫 조인트만으로 시공하는 것은 불가능할 것으로 사료된다. 따라서, 콜드 조인트의 한 가지 방법인 LUMBER BUCKHEAD가 포장의 시공성과 현실성을 고려해 볼 때 현장적용의 최적 방법으로 추천한다.

### 참고문헌

1. Burati, J L, Elaoghbi, G B, "Study of Joint Densities in bituminous Airport Pavements" , TRB, 1987, pp76-85
2. Kandhal, P S, Rao, SS, "Evaluation of Longitudinal Joint Constructive Techniques for Asphalt Pavement" TRB, 1994, pp18-25
3. Prithvi S. Kandhal, Rajib B. Mallick "Longitudinal Joint Construction Techniques for Asphalt pavements" , Eight International Conference on Asphalt Pavements, 1997, 8, pp363-379
4. 松野三朗·山下引美, "포장기술의 질의응답 제1권" , p152~p155