

## 동결억제포장의 기술적 특성(Ⅱ)

남정두\* · 유지형\*\* · 이승원\*\*\*

### 1. 서론

동절기에 있어서 설빙에 대한 도로교통 안전확보를 위한 방법으로 노면으로부터 또는 차량으로부터의 방법이 시도되고 있다. 현재 도로관리차원에서 노면의 설빙대책으로서 실시하고 있는 방법으로는 차량 측 제설트럭, 로타리 차량 등에 의한 제설 혹은 동결방지제의 산포가 일반적이다. 그러나 본 고에서 기술하고자 하는 동결억제제(염화물, 입상고무 등)를 아스팔트 혼합물에 혼입하는 방법 등에 의하여 포장 자체에 동결억제기능을 부여한 동결억제포장은 노면의 초기동결의 지연, 제설작업의 효율화, 동결방지제 산포량의 저감 등의 장점이 있기 때문에 에너지절약, 자원절약 및 연도환경부하 경감등의 관점에서 최근에 주목을 받고 있다.

이와 같은 동결억제 포장은 유럽 및 일본에서는 약 30~40년 전부터 실시되어 왔고 또한 동결억제 포장 공법도 수많은 종류가 개발되어 실용화되고 있다. 그러나 우리나라에서는 몇 차례 시험시공이 실시된 적이 있으나 체계적인 기술기준이 없고, 또한 사용되는 재료(첨가제) 역시 국내생산품이 없는 관계로 동결억제포장시공이 아닌, 유럽 및 일본의 30~40년 전의 방법인 염화칼슘의 산포로 쌓인 눈을 제거하는 방법이 일반화되고 있다.

전술한 동결억제포장의 기술적특성(I)에서는 동결

억제포장의 기술적 특징 및 적용장소 그리고 첨가제 및 혼합물의 제조, 유지관리와 보수 등에 대해 기술하였다. 따라서 본 고에서는 동결억제포장에 대한 최근의 기술동향 특히 일본의 최근 기술동향 및 현장 적용사례 등에 대해 기술하고자 한다.

### 2. 동결억제포장의 공법상세

앞의 동결억제포장의 기술적특성(I)에서 기술한 화학계와 물리계 동결억제포장에 추가하여, 특히 물리계 동결억제포장의 공법상세, 포장구조 및 효과등에 대해서 상술하면 표 1과 같다.

### 3. 고무입자를 이용한 일본의 최근 표면처리형 동결억제포장

#### 3.1 공법의 개요

##### (1) 특징


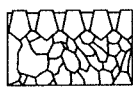
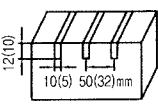
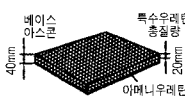
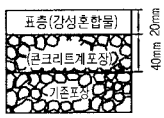
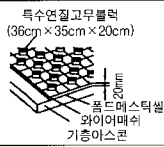
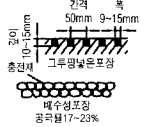
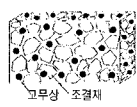
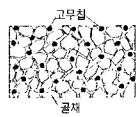
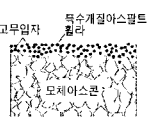
표면처리형 동결억제포장은 직경 1~3mm의 고무입자를 함유한 아스팔트메스틱(RA메스틱)을 모체로 하는 아스팔트 포장표면에 극히 얇은 층, 즉 그림 1

\* 정회원 · (주)SAC 대표이사

\*\* 정회원 · 경일대학교 토목공학과 교수

\*\*\* 정회원 · 경북대학 토목설계과 교수

표 1. 물리계 동결억제 포장의 상술

| 명칭(공법)    | 공법 상세   | 포장 구조   | 효과   |
|-----------|---|---|--|
| 류빗트       | GAP형 입도의 아스팔트혼합물에 페타이어를 파쇄한 고무입자를 혼입한 것                                 |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>① 통행차량에 의한 빙판 파괴</li> <li>② 설빙이 쉽게 벗겨짐</li> </ul>                     |
| 고무롤드      | 롤드 아스팔트포장에 특수한 인공고무 골재를 산포, 압인한 것                                       |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>① 큰 고무입자 때문에 빙판 파괴 범위가 넓다</li> <li>② 설빙이 쉽게 벗겨짐</li> </ul>            |
| 구루핑 우레탄   | 아스팔트포장, 반휘성포장, 콘크리트포장의 표면에 홈을 파서 그 안에 우레탄 수지를 충전시킨 것                    |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>① 통행차량에 의한 빙판 파괴</li> <li>② 설빙이 쉽게 벗겨짐</li> </ul>                     |
| 아메니 우레탄   | 배수성포장의 차량주행부에 우레탄수지를 침투, 충전시킨 것   |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>① 통행차량에 의한 빙판 파괴</li> <li>② 노면 노출을 촉진시킴</li> </ul>                    |
| FRS       | 페타이어 고무칩, 쇄석, 모래를 2액 경화형 우레탄수지로 혼합하여 반휘성포장 위에 두께 2cm의 박층으로 포장한 것        |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>① 통행차량에 의한 빙판 파괴</li> <li>② 설빙이 쉽게 벗겨짐</li> </ul>                     |
| 고무메스틱     | 바퀴부를 폭1m, 깊이2cm로 절삭, 특수연결고무를 부착시킨 금속망을 노면에 설치하고, 사이를 폼드메스틱으로 충전한 것      |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>① 통행차량에 의한 빙판 파괴</li> <li>② 시인성(視認性)이 높다</li> </ul>                   |
| 자백        | 구루핑구(溝)와 배수성포장 공극에 분말고무, 동결방지제, 우레탄수지를 주요한 억제제를 배치한 것                   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>① 통행차량에 의한 빙판 파괴</li> <li>② 동결방지제가 혼입되어 있기 때문에 빙점 저하효과가 있음</li> </ul> |
| 슈퍼 스인 프렉스 | 아스팔트혼합물에 페타이어를 파쇄한 고무입자를 혼입한 것  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>① 통행차량에 의한 빙판 파괴</li> <li>② 설빙이 쉽게 벗겨짐</li> </ul>                     |
| NF톱 II 형  | 특수 개질 아스팔트혼합물에 페타이어를 파쇄한 고무입자를 혼입한 것                                    |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>① 통행차량에 의한 빙판 파괴</li> <li>② 설빙이 쉽게 벗겨짐</li> </ul>                     |
| RA-랩      | 특수 GAP아스팔트혼합물을 밑에 시공하고, 그 위에 특수 개질아스팔트, 헨라, 고무입자를 혼입한 것을 5mm정도의 박층으로 시공 |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>① 고무입자 혼입량이 많기 때문에 빙판 파괴효과가 크다</li> <li>② 설빙이 쉽게 벗겨짐</li> </ul>       |

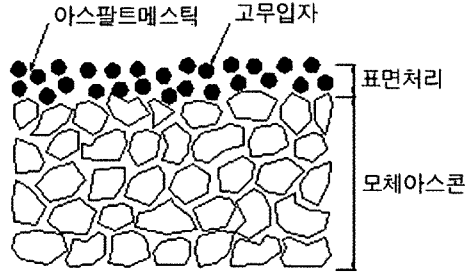


그림 1. 표면처리형 동결억제포장의 구조

에서 보는 것과 같은 얇은 표면처리 구조를 형성하는 것인데, 그 특징은 다음과 같다.

- ① 동결억제효과와 밀접하게 관련하는 표면의 고무입자는 대표적인 물리적 동결억제포장인 튜벳트포장과 비교해서 3~4배 정도이다.
- ② 동결억제 기능 이외에, 타이어와 노면과의 소음저감기능, 탄성기능, 투수기능 등을 가지고 있다.
- ③ 얇은 막상의 기능층이기 때문에 보수가 용이하다.
- ④ 사용하고 있는 고무입자가 폐재 재생품이며, 자원의 유효활용이라는 측면을 가지고 있다.

(2) 동결억제 효과

동결억제 효과의 일례로 그림 2, 3으로 설명이 가능한데, 사진에서 보이는 사례는 1997년에 니가타현

내의 일반국도에서 실시한 것이다.

사진에 보이는 것처럼 통상(通常)포장은 결빙층으로 덮여 있는데 반하여 표면처리형 동결억제포장 노면은 사베트 상(狀) 및 현저한 노면성상의 차이를 보이고 있다. 이러한 결과는 시공후 다음 해의 동절기에도 같은 현상이 확인되었으며, 표면처리형 동결억제포장의 동결억제효과를 명확히 보여주는 것이다. 그 이후 1998년까지 실시한 7곳의 시험시공구간의 일부에 RA메스틱층이 포장기면으로부터 막상으로 박리하는 현상이 발생되었으나, 원인조사에 따른 공법개량으로 해결되었다.

3.2 포장기면(基面)과 RA메스틱의 접착성상

(1) RA메스틱의 접착성상과 시공인자



그림 2. 동절기의 공용상태

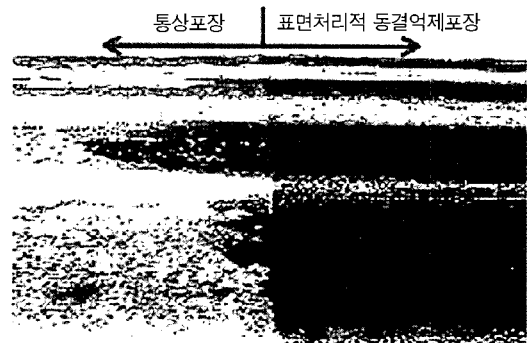


그림 3. 노면의 동결상태

표 2. 시공인자와 시험수준

| 인 자                           | 수 준           |
|-------------------------------|---------------|
| RA혼합물 온도(℃)                   | 120, 140, 160 |
| 포장기면의 온도(℃)                   | 5, 30, 60     |
| 포장기면의 수분                      | 건조, 습윤, 경습윤   |
| 포장기면의 미입자(g/cm <sup>2</sup> ) | 0, 2, 5       |
| 고온저장시간(h)                     | 0, 2, 5       |

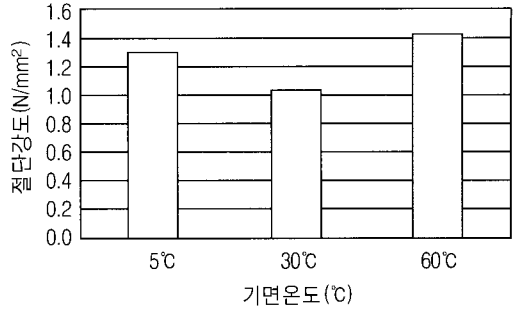


그림 5. 포장기면 온도의 영향

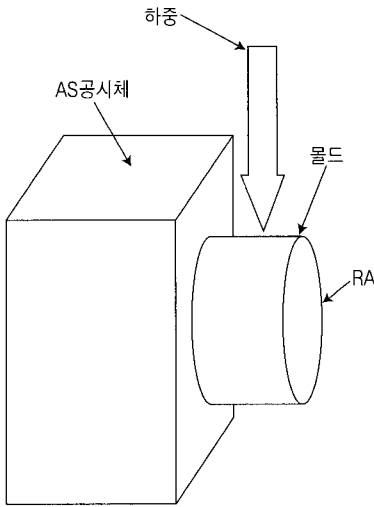


그림 4. 전단시험의 모식도

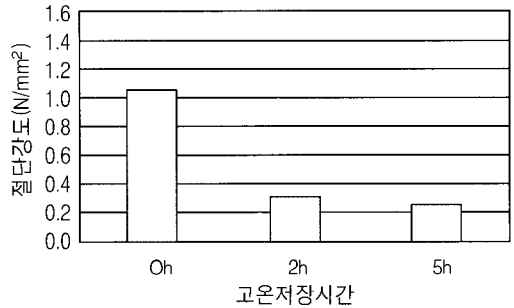


그림 6. 고온저장시간의 영향

RA메스틱과 시공인자의 접착성상은 표 2와 그림 4에서 보는 바와 같이 전단시험(시험온도 0℃)에 의해 시행된다.

전단시험 결과 시공인자인 기면 온도, 수분, 미입자 등의 변화에 대해서 대개 1.0~1.4 N/mm<sup>2</sup>의 전단강도를 가지도 있으며, 각 인자의 수준간의 차이에도 결과는 비슷했는데, 고온저장시간은 RA메스틱의 접착성상에 크게 영향을 미치는 것으로 판명되었다.

(2) 박리의 요인

전단시험과 함께 수행한 유동성 평가시험 결과에

서는 RA메스틱의 유동성은 혼합물 온도 및 고온저장시간의 변화에 밀접하게 관련되는 것으로 판명되었다. 따라서 상기요인에 의한 유동성의 변화가 RA메스틱의 포장기면에 대한 박리하기 쉬운 접착성상이 된 것이라고 판단된다. RA메스틱 온도와 유동성의 관계는 사용하고 있는 개질아스팔트의 온도, 점도성상에 의하는 것이 명확하기 때문에 고온 저장시간의 영향에 대해서 검증을 시도했다. 그림 7은 아스팔트 중의 고무입자를 혼합해서 180℃의 oil bath속에서 소정시간 양생한 것을 샘플링하고, 아스팔트의 성분을 측정된 일부를 나타낸 것이다. 이 시험으로부터 아스팔트 속의 oil의 감소에 따라서 아스팔트의 비율이 증가하고, RA메스틱의 유동성을 잃는 것이라고 판단되어진다. 따라서 박리의 요인은, 대량의 고무에 대한 아스팔트의 성분비의 변화에 의해서 RA메스틱의 유동성을 잃고 있다는 것이 주된 요인이라고 판단될 수 있다.

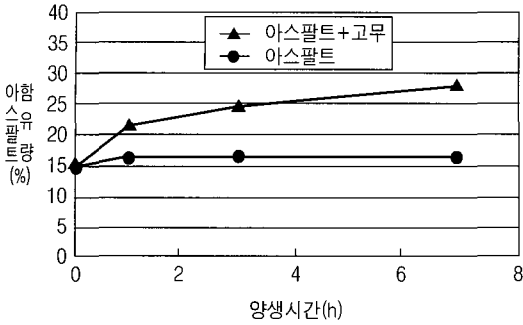


그림 7. 아스팔트 성분

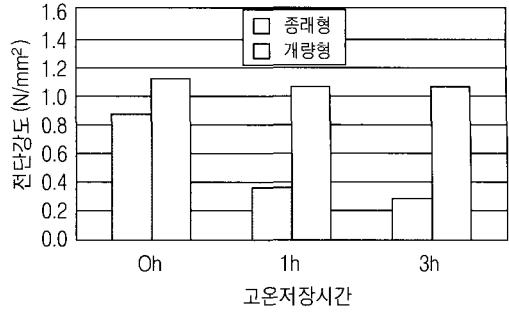


그림 8. 접착성상의 평가

### 3.3 공법의 개량

앞의 검토결과 및 시험시공으로부터 얻어진 결과를 토대로 다음과 같은 공법개량이 시도되었다.

#### (1) 재료

RA메스틱에 사용하는 재료는 기존의 경우와 비교하여 다음과 같은 개량이 시도되었다.

- ① 고무입자 : 아스팔트에 영향을 주지 않는 품질을 가진 고무입자로의 변형
- ② 아스팔트 : 포장시의 유동성 향상과 소성변형 저항성의 향상을 목적으로 한 품질의 개량
- ③ 보강제 : RA메스틱의 인장강도향상을 목적으로 한 화학섬유의 첨가 및 제조에 있어서의 혼합시간의 단축과 미끄럼 저항성의 향상을 목적으로 한 골재의 첨가

#### (2) 배합

RA메스틱의 배합은 기능성 재료인 고무입자의 배

합량은 기존의 경우와 크게 바꾸지 않고, 포장기면에 대한 접착성상 및 유동성을 고려하여 기본적 배합을 표 3과 같이 시도하였다. 그리고 접착성상의 확인을 위해서 실시한 전단시험결과 그림 8에서 보이는 바와 같이 종래의 RA메스틱에 비교해서 양호한 접착성상을 보였다.

### 3.4 시공방법

시공방법에 있어서의 주요한 개량점은 미끄럼방지용 처리방법으로서 전용 칩스프레이더를 개발하여 사용하는 것과 품질관리 항목을 설정하여 시공정도의 향상을 도모하는 것이었다.

### 3.5 일반국도의 시공예

#### (1) 공사개요

이러한 표면처리 동결억제포장 시공한 장소는 야마가타현 무라야마시 국도 13호에 걸치는 무라야마대교의 교면이다. 이 장소는 동절기간 기온이 꽤 낮고, 노면동결에 의한 미끄럼사고가 자주 발생하는 곳

표 3. 포장기면에 대한 접착성상 및 유동성을 고려한 배합

|     | As | 석분 | 고무입자 | 세재 | 섬유  | 계     |
|-----|----|----|------|----|-----|-------|
| 기존형 | 29 | 53 | 18   | -  | -   | 100   |
| 개량형 | 24 | 43 | 18   | 15 | 0.2 | 100.0 |

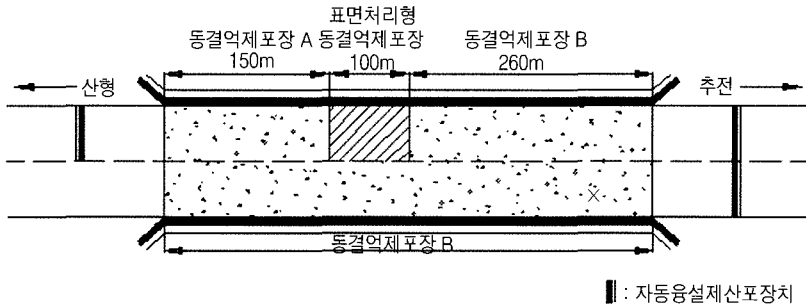


그림 9. 시공평면도

이다. 본 공사는 동절기간의 차량 안전주행을 목적으로 수행한 포장공사로 표면처리 동결억제포장과 2종류의 대표적인 물리계 동결억제포장을 각각 실시하였다. 공사내용은 기존의 포장을 5cm 절삭하고, 같은 두께로 각각의 동결억제포장을 이중으로 시공하는 것과, 자동용설제 산포장치를 3곳에 설치하는 것이었다. 전체 공사기간은 1999년 3월부터 1999년 11월로 표면처리 동결억제포장의 시공은 6월에 실시되었다. 그림 9는 이러한 동결억제포장의 시공평면도를 도시한 것이다.

으며, 시공은 통상의 혼합물과 똑같이 실시하였다.

② RA메스틱의 포장 및 시공관리 결과

RA메스틱의 제조는 그림 10에서 보이는 바와 같은 흐름에 따라서 시행되었다. 포장은 RA메스틱을 쿠키차로부터 연속적으로 전용 휘니샤로 투입하여 5mm 두께로 흘려 놓고, 포설을 실시했다. 미끄럼방지용 표면처리는 휘니샤에 의한 칩스프레다로 7호 쇄석을 산포하여, 철륵 물러로 압입했다. 이러한 시공상황은 그림 11, 12에 나타난 바와 같다.

(2) 표면처리 동결억제포장의 시공상태

① 모체 아스팔트 혼합물의 시공

모체 아스팔트 혼합물은 RA메스틱의 집착성, 내유동성, 교면에 대한 수밀성을 고려하여 표 4에 나타난 특성치를 가지는 특수 GAP아스콘을 이용했다. 설계 두께는 RA메스틱층의 5mm를 고려하여 45mm로 하였

3.6 추적조사

본 시공장소에 대해서 일정기간 경과후 동결억제 효과의 조사가 실시되었다. 그 결과 일반포장과 대비

표 4. 모체 아스팔트 혼합물의 특성치

| 부피밀도 (g/cm <sup>2</sup> ) | 공극률 % | 안정도 kN  | 흐름치 1/100 |
|---------------------------|-------|---------|-----------|
| 2.459                     | 3.0   | 10.4    | 31        |
| 동적 안정도(회/mm)              |       | 가압투수시험  |           |
| 3,300                     |       | 통수하지 않음 |           |

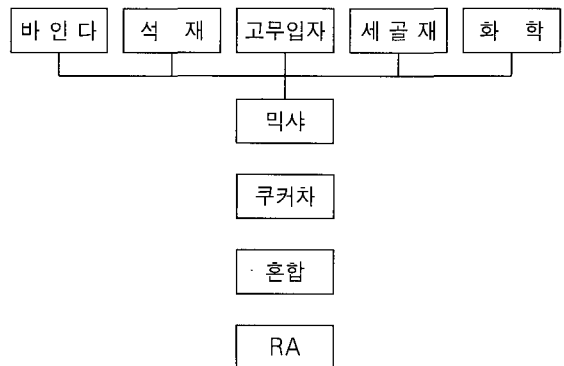


그림 10. 제조 흐름도

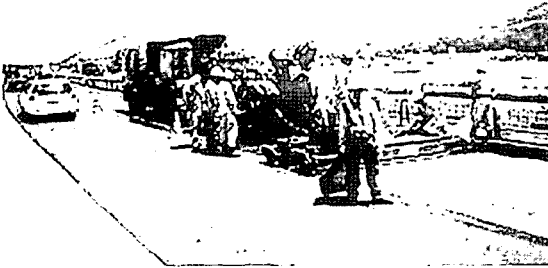


그림 11. RA포설상황

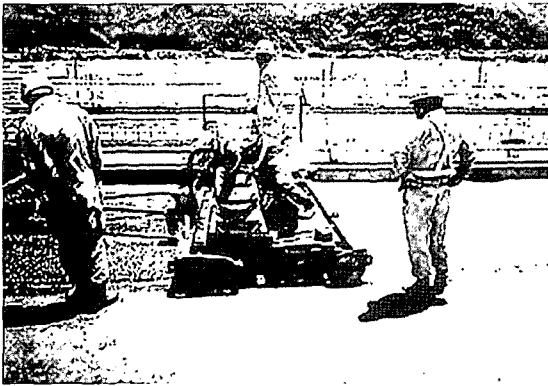


그림 12. 미끄럼방지 처리시공 상황

하여 효과는 충분히 확인되었다. 현재 각 동결억제 포장간에는 명확한 차이는 확인되지 않았으나, 우려하고 있던 박리현상은 발생하고 있지 않고 양호한 상태에 있다.

#### 4. 구루핑(Grooving)구(構)를 이용한 일본의 최근 동결억제포장

##### 4.1 공법의 개요

노면의 미끄럼 저항성을 증대시키기 위한 포장노면에 구루핑구(溝)를 형성한 포장(구루핑 들어간 포장)은 노면에 물이 정체하는 것을 감소시켜서 Block

ice 등의 발생을 억제하는 효과가 유발되며 적절한 한냉지에의 적용이 검토되고 있다. 그러나 구루핑이 들어간 포장은 배수가 적절하게 되지 않으면 빙결노면의 원인이 되는 것이 문제점으로서 지적되고 있었다. 따라서 이를 개선하기 위하여 구루핑구에 분말고무 및 동결방지제를 주된 억제재를 충전하고, 물리적 및 화학적으로 동결을 억제하는 포장이 실내실험 및 실시공을 통하여 교통량이 비교적 적은 곳에도 적용 가능해졌기 때문에 그 기술적 특징에 대해 상술하면 다음과 같다.

#### 4.2 사용재료

##### (1) 분말고무

분말고무는 저온시에 있어서 유연함이 뛰어난 스타트레스 타이어를 주로 cut분쇄한 것으로 그 형상은 최대입경을 4.0mm로 하여 표면이 평탄하고 길고 가늘며, 편평이 적은 것을 사용하였다.

##### (2) 동결방지제

적용 가능한 동결방지제의 종류와 주요 성상은 표 5와 같으며, 이 중에서 화학적인 동결억제기능의 지속성이나 환경보전 등을 고려하면 물에 용해하기 어려운 초산칼슘 마그네슘(CMA)이 바람직하다.

표 5. 적용 가능한 동결방지제의 종류와 성상

| 종 류        | 수용해성 | 포화농도(℃) | 최저융점온도(℃) |
|------------|------|---------|-----------|
| 염화나트륨      | 곤란   | 23.8    | -21       |
| 염화 칼슘      | 용이   | 39.6    | -55       |
| 요소         | 용이   | 32.0    | -12       |
| 초산 칼슘 마그네슘 | 곤란   | 33.0    | -25       |
| 초산 칼륨      | 용이   | 50이상    | -60이하     |

(3) 소수성(疏水性) 우레탄의 수치

지반개량제 등의 재료로서 이용되고 있는 소수성 우레탄 수치(우레탄)의 주요한 성상은 표 6과 같으며, 본 재료는 물과 반응하면 발포하면서 고결하는 성질을 가지고 있으며 고결하면 고강도로 물에 재용해하지 않는다.

표 6. 소수성(疏水性) 우레탄 수치의 주요한 성상

| 점도(MPa.s) | 비 중          | 응고점(℃) |
|-----------|--------------|--------|
| 60 [20℃]  | 1.14 [20/4℃] | -30    |

(4) 급결제

급결제는 지프틸르 타레트를 주성분으로 하며, 우레탄이 물과 접촉을 때의 경화반응을 기상조건 등에 대응하여 촉진할 수 있다.

(5) 억제제

억제제의 질량배합과 주요한 성상은 표 7에 나타나 있으며, 분말 고무는 억제제의 투수기능 등을 고려하여 70%로 하고, 급결제 및 물은 억제제의 작업성 등을 고려하여 우레탄에 대하여 각각을 2.0% 및 44%로 하였다. 그리고 억제제는 적용개소의 기상조건과 교통조건에 대응하여 분말고무의 일부를 동결방지제로 치환하여 사용하였다.

표 7. 억제제의 질량배합과 주요한 성상

| 개 량 배 합 율 (%) |      |     |     | 비 중  | 투수계수<br>(cm/sec)     |
|---------------|------|-----|-----|------|----------------------|
| 분말고무          | 우레탄  | 급결제 | 물   |      |                      |
| 70.0          | 20.6 | 0.4 | 9.0 | 0.69 | $1.4 \times 10^{-2}$ |

4.3. 실내실험 분석결과

(1) 아스팔트 혼합물의 종류 및 동결방지제로의 치환량

① 아스팔트 혼합물의 종류

모체로 한 아스팔트 혼합물의 종류는 표 8과 같다. 그리고 구루핑구를 성형하는 포장은 일반지역의 특정개소에서 적용도 고려하여 밀입아스팔트 혼합물 13(밀입13)으로 했다. 또한 아스팔트로 스트레이트 아스팔트 60/80(60/80) 및 개질 아스팔트□형인 두 종류를 그리고 구루빙구 형상으로는 3종류를 사용했다.

표 8. 아스팔트 혼합물의 종류

| 호칭기호 | 모체에 사용한 아스팔트의 종류와 O.A.C   | 구루핑구의 형상 (폭×깊이×간격)(mm) |
|------|---------------------------|------------------------|
| (A)  | 60/80<br>6.0%(충격다짐횟수 50회) | 12×10×50               |
| (B)  |                           | 18×10×98               |
| (C)  |                           | 30×10×130              |
| (D)  | 개질□형<br>5.4%(충격다짐횟수 50회)  | 12×10×50               |
| (E)  |                           | 18×10×98               |
| (F)  |                           | 30×10×130              |

② 동결방지제로의 치환량

동결억제제에 있어서 분말고무의 동결방지제로의 치환량은 질량비로 분말고무의 0%, 5%, 10% 및 15%인 4종류로 했다.

(2) 실험결과 분석

모체에 사용한 아스팔트의 종류 및 성형한 구루핑구의 성상이 억제제를 충전한 구루핑구에 들어간 혼합물의 내유동성 및 내마찰성에 주는 영향 분석은 각각 휠트레킹시험(WT시험) 및 라벨링시험(RV시험)에 의해 평가되었다. 또한 억제제의 습윤시에 있어서



표 9. 중요한 시험조건

| WT시험   | RV시험  |
|--|---|
| 억제제 접촉온도 : 10℃<br>윤하중 : 70kg<br>주행방법 : crank식<br>주행회수 : 2,520회<br>시험온도 : 60℃                     | 억제제 접촉온도 : 10℃<br>시험방법 : 왕복체인<br>체인의 종류 : cross<br>차륜회전수 : 200회/min<br>시험온도 : -10℃                |
| 간이RV시험   | 一面전단시험  |
| 억제제접촉온도 : 10℃<br>접지타이어 : 스타트레스<br>접지압 : 0.36N/mm <sup>2</sup><br>통과윤수 : 11,720회<br>시험온도 : 0℃(散水) | 着水寸法 : ∅ 6cm<br>억제제접촉온도 : 10℃<br>수직응력 : 0.63N/mm <sup>2</sup><br>변위속도 : 0.01mm/min<br>시험온도 : -10℃ |

의 마찰저항성을 평가하기 위한 간이 회전 라벨링 시험(간이RV시험)을 실시했다. 그리고 억제제에 있어서의 동결방지제의 배합량이 동결억제포장의 효과에 주는 영향을 정량적으로 파악하기 위해서 포장면과 빙창층과 층간 내찰성을 일면전단시험에 의해서 평가했다. 표 9는 이러한 시험방법을 나타냈는데, 시험은 구루핑구 내에 0.2kg/m<sup>2</sup> 산포한 공시체를 이용하였다.

① 내유동성 및 내마모성 분석

WT시험 및 RV시험결과를 그림 13에 나타내었다. 사용한 억제제는 질량비로 분말고무의 5%를 CMA에 치환했는데, 그 결과 동적안정도는 구간격이 넓어지는 만큼 커지는 경향을 보였다. 또한 줄어드는 양

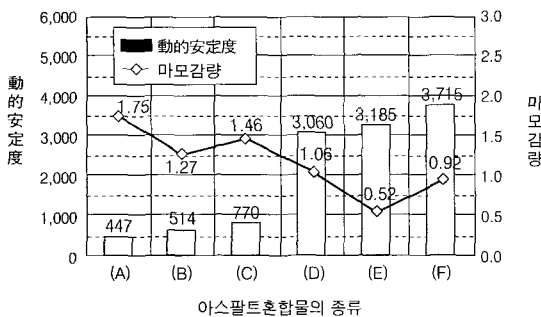


그림 13. WT 및 RV 시험결과

은 단위면적당의 구의 면적이 좁아지는 만큼 작아지는 경향을 보였다. 또한 통상의 밀입 13의 동적안정도가 60/80을 이용한 경우에는 530회/mm, 개질 $\square$ 형을 이용한 경우에서 4,200회/mm, 줄어드는 양이 각각 1.50cm<sup>2</sup>, 0.55cm<sup>2</sup>인 것을 고려하면, 구루핑구가 들어간 포장의 내유동성 및 내마찰성은 억제재를 충전함에 따라 모체에 사용하는 아스팔트의 종류에 의해서 다소 효과가 다르지만 충분한 값이 얻어지는 것을 알 수 있었다.

② 억제제의 비산저항성 분석

간이 RA시험결과를 표 10에 나타내었다. 그리고 사용한 억제제는 질량비로 분말고무의 5%의 CMA에 치환하였다. 그 결과 간이 RV시험에 의한 충전재의 평균마찰 깊이는 아스팔트의 종류에 의한 차이는 보이지 않지만 구폭이 좁아지는 만큼 또한 양생시간을 길게 함에 의해서 작아지는 경향을 보였다. 따라서 양생시간을 3시간으로 한 경우의 평균 마찰 깊이가 24시간과 같은 정도인 것으로부터 판단하면, 공용까지의 양생시간은 시공시의 기온을 10℃정도로 하면 약 3시간으로 충분하다고 판단되었다. 그리고, 본 시험에서 주어진 조건(접지압 0.3 N/mm<sup>2</sup>, 통과바퀴수는 11,720회)은 5톤 환산바퀴수로 A교통도로의 2개월간에 상당하지만 차량의 횡방향의 주행위치는 대개 40~50cm의 폭에 통과차량의 70% 정도가 집중하는 것을 고려하면 실제 도로에 있어서는 약 3개월간 이상에 상당하는 것이라고 판단되었다.

표 10. 간이 RV시험결과(억제제의 평균마찰 깊이)

| 호칭기호 | 양생 시간 |      | 호칭기호 | 양생 시간 |      |
|------|-------|------|------|-------|------|
|      | 3시간   | 6시간  |      | 3시간   | 6시간  |
| (A)  | 약3mm  | 약3mm | (D)  | 약3mm  | 약2mm |
| (B)  | 약3mm  | 약4mm | (E)  | 약3mm  | 약3mm |
| (C)  | 약3mm  | 약4mm | (F)  | 약4mm  | 약5mm |

③ 동결억제 효과의 분석

일면 전단시험결과를 다음 그림 14에 나타내었다.

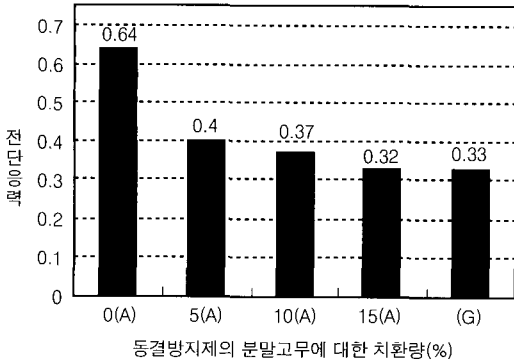


그림 14. 일면전단시험 결과

구루빙구는 동결억제기능을 우선하고 단위면적당의 구면적이 최대가 되는 폭 12×깊이 10×간격 50mm를 사용하였다.

시험결과 전단응력은 동결방지제의 배합량이 많아지는만큼 작아지는 경향을 보였다. 그리고 염화계 첨가제를 5% 혼입한 세립 GAP혼합물(G)의 전단응력이 0.33 N/mm<sup>2</sup>이었다는 것을 고려하여 구루빙구에 억제제를 충전한 포장의 동결억제기능은 질량비로 분말고무의 10%정도 이상을 CMA에 치환하면, 적설한냉지에서 일반적으로 이용되고 있는 염화물계의 동결억제포장과 같은 정도의 효과가 얻어지는 것으로 분석되었다.

### 4.3 시공사례와 사용성

#### (1) 시공사례

시공장소의 개요는 표 11에 나타나 있지만, 이외에 화학계 첨가제를 혼입한 동결억제포장이 같은 시기에 시공되었다. 시공장소는 설계교통량이 A교통으로서 종단구배가 9%정도 이상이 되는 교차점부근으로 아스팔트는 교통량이 비교적 작은 곳으로 스트레이트 아스팔트를 사용하였고, 구루빙구는 세로 미끄럼짐이 발생하기 쉬운 장소인 것을 고려하여 횡단방향으로 형성했다. 그 형상은 폭×깊이×간격을 12×10×50mm(1공구) 및 18×10×98mm(2공구)의 두 종

표 11. 시공장소의 개요

|                           |                                    |
|---------------------------|------------------------------------|
| 시공장소                      | 히로시마현 세라군 세라마치내                    |
| 노선명                       | 세라광역도지                             |
| 시공면적                      | 360㎡(1, 2공구: 각 180㎡)               |
| 기설포장의 종류                  | 밀입13(60/80)                        |
| 구루빙구의 형상<br>횡단방향(폭×깊이×간격) | 1공구: 12×10×50mm<br>2공구: 18×10×98mm |
| 동결방지제의 종류와 치환량            | CMA×15%(개량비)                       |
| 시공시기                      | 1999년 11월                          |

류로서 사용성을 비교하고자 하였다. 또한 12월부터 3월까지 4개월간의 평균최저기온은 -12℃이고 강설도 있는 비교적 엄격한 조건이었다.

동결방지제는 CMA를 사용하였고 질량비로 분말고무의 15%로 치환하였다. 그리고, 본 공법은 대개 모든 작업이 종래의 수작업으로 시행되었다. 그러나 여기에서는 분말고무의 최대입경을 2.5mm로 조정하여 억제제의 포설작업에 관한 기계 시공화에 대해서도 검증작업을 수행하였다.

#### (2) 노면의 상황

시공후 공용 약 3개월 후의 시점에 있어서 강설후의 노면상황은 그림 15에서 보는 바와 같이 본 공법 구간에서 차량이 주행하고 있는 노면은 설빙이 사베트상을 보이고 있으며 화학계 첨가제를 혼입한 동결억제포장보다도 노출해 있다. 동결억제기능은 단위

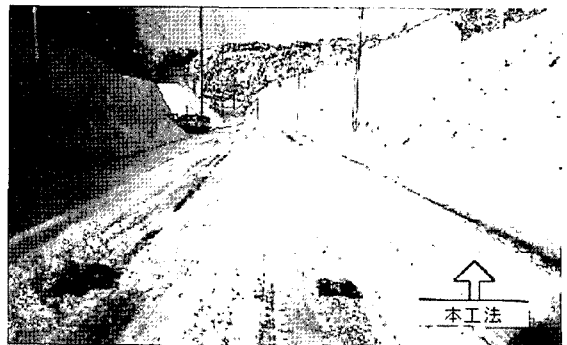


그림 15. 강설후의 노면상황(공용 약 3개월 후)

면적당의 구면적이 넓은 1공구가 다소 우수한 것처럼 느껴지지만 구형상에 의한 명확한 차이는 보이지 않았다.

### (3) 공용성

하행차선의 차량후행부에서의 미끄럼 저항치는 1공구에서 71 BPN, 2공구에서는 75 BPN, 공용 약 4개월 후가 각각 71 BPN, 74 BPN이 되었고, 차량의 안전주행에는 양구간 모두 지장이 없었다. 또한 억제재의 포장표면으로부터 마찰 깊이는 양구간 모두 공용 약 4개월 후에 대개 0mm가 되었다. 단, 구 깊이가 5mm인 곳의 차량주행장소에서는 억제재가 일부 비산하였다. 따라서 구루핑구는 깊이 10mm를 확보할 필요가 있었다. 따라서 실내실험에서 예상한 결과보다는 양호한 결과라고 판단되었다. 그리고 공용성은 공용 4개월 후까지 구형상에 의한 명확한 차이는 보이지는 않았다.

#### 4.4. 추적조사

본 공법은 구루빙구에 고무입자나 염화물을 이용

한 억제재를 충진하여 물리적 및 화학적으로 동결을 억제하는 독자적인 방법으로 공용성 결과분석등으로부터 그 효과가 입증되었다. 그러나 기상조건과 교통조건에 대응한 동결방지제의 배합율의 선정과 기계 시공화에 의한 비용감축등 개선의 여지가 남아 있다. 또한 계속적으로 매 동절기 경과시마다 추적조사를 실시하고 그 결과에 따라서 계속적으로 개선이 이루어지면 본 공법의 적용이 확대될 것이다.

## 5. 맺음말

본 고에서는 2편으로 나누어 1편인 동결억제포장의 기술적특성(I)에서는 동결억제포장의 기술적 특징 및 적용장소 그리고 첨가제 및 혼합물의 제조, 유지관리와 보수등에 대해 기술하였다. 그리고 2편에서는 동결억제 포장에 대한 최근의 기술동향 특히 일본의 최근 기술동향 및 현장 적용사례 등에 대해 상세하였다. 본 기술소개가 국내 동결억제포장의 시도 및 발전에 기여하기를 바라며, 특히 중·북부지방의 동절기 강설지역 및 산악지역등의 포장에의 적용에 기여하고자 한다.

### 연회비 조정안내

우리 학회 창립이래, 5년간 유지해 온 정회원 연회비 2만원을 2004 회계년도부터 **3만원**으로 조정하여 학회재정압박을 완화하고자 하오니, 회원 여러분께서는 이를 양해하시고 적극 협조하여 주시기 바랍니다.

학 회 사 무 국