

제 4 장 콘크리트 포장

4.1 콘크리트 포장의 구성 요소

4.1.1 콘크리트 포장의 개요

- ① 콘크리트 포장은 표층에 작용하는 하중의 대부분을 콘크리트 슬래브의 휨 저항에 의해 지지하는 포장이다.
- ② 슬래브의 두께는 하중에 충분히 저항할 수 있도록 하여야 한다.
- ③ 균열은 콘크리트 포장에서 필연적으로 발생하므로 줄눈의 설치로 균열이 발생하는 위치를 인위적으로 조절하고 줄눈부위를 다우웰바나 타이바로 보강할 필요가 있다.

4.1.2 콘크리트포장의 종류

(1) 무근 콘크리트포장 (JCP, jointed concrete pavement)

- ① 다우웰바나 타이바를 제외하고는 일체의 보강이 없는 포장 형태를 말한다.
- ② 일정한 간격으로 줄눈을 뚫으므로 균열의 발생 위치를 인위적으로 조절하고, 필요에 따라 줄눈부에 다우웰바를 사용하여 하중을 전달 한다.
- ③ JCP에서는 철근보강이 없어 균열방지가 어려우므로 줄눈 이외의 부분에서는 균열발생을 근본적으로 허용하지 않는다.
- ④ 콘크리트슬래브와 보조기층 사이에 분리막을 설치하여 마찰력을 줄임으로써 온도변화 및 건조수축에 의한 콘크리트슬래브의 움직임을 억제하는 구속력을 줄인다.
- ⑤ 시간이 경과함에 따라 줄눈부위의 파손(단차, 우각부 균열, 팽팡 등)으로 승차감의 저하를 초래할 수 있다.
- ⑥ 필연적으로 많은 줄눈을 사용하게 되는데 이러한 줄눈으로 인한 문제점을 감소시키기 위하여 고안된 포장의 형태가 JRCP이다.

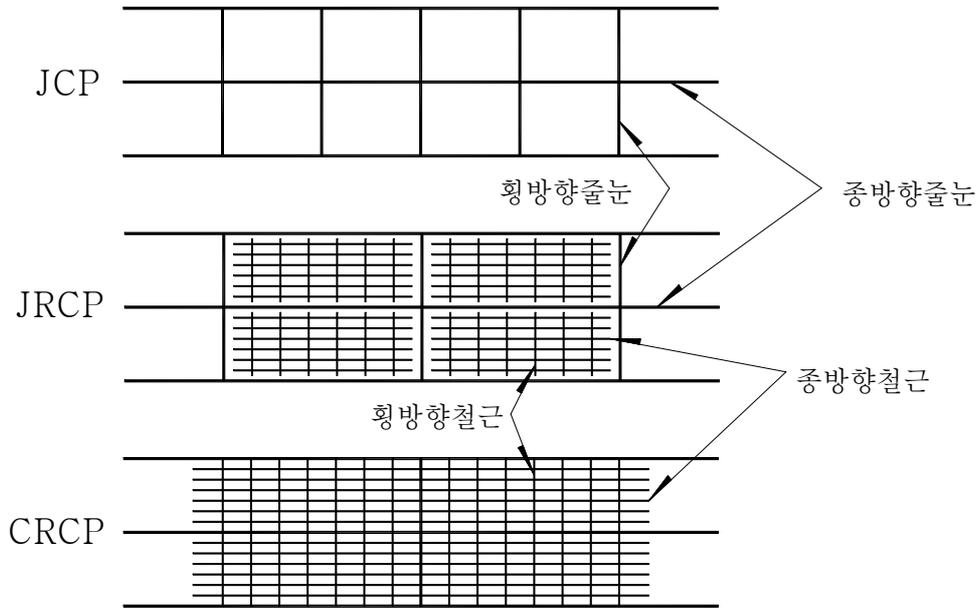
(2) 철근콘크리트포장(JRCP, jointed reinforced concrete pavement)

- ① 줄눈의 갯수를 감소시키는 대신 줄눈 이외의 부분에서 발생하는 균열을 어느 정도 허용하고 일정량의 종방향 철근을 사용하여 균열을 통제하는 포장의 형태이다.
- ② JCP 비하여 줄눈부위에서 발생하는 문제점이 작다.

(3) 연속철근콘크리트포장(CRCP, continuously reinforced concrete pavement)

- ① 횡방향 줄눈을 완전히 제거하여 균열의 발생을 허용하고 콘크리트 단면적의 0.5~0.8%의 종방향 철근을 사용하여 균열틈의 벌어짐을 억제하는 포장의 형태를 말한다.
- ② CRCP는 가능한 한 온도변화 및 건조수축에 의한 콘크리트슬래브의 움직임을 막아야 하므로 콘크리트슬래브와 보조기층 사이에 분리막을 사용하지 않는다.
- ③ CRCP는 줄눈이 없으므로 승차감이 좋고 포장수명도 다른 포장형태보다 길다.

<그림 4.1.1>은 이상의 콘크리트포장의 유형을 도식화하여 나타낸 것이다.



<그림 4.1.1> 콘크리트포장 구조의 종류

(4) 프리스트레스 포장(PCP ; prestressed concrete pavement)

- ① 콘크리트 포장판에 프리스트레스를 줌으로써 균열의 발생을 방지함과 동시에 가로 줄눈을 없앨 수가 있다.
- ② 외부 프리스트레스 : 고정 바트를 만들고 이것을 이용하여 잭 등에 의해 프리스트레스를 준다.
- ③ 내부 프리스트레스 : 일반적인 PC구조물과 마찬가지로 PC강재를 이용하여 포스트텐션 또는 프리텐션 방식에 의해 프리스트레스를 준다.

(5) 로올러 다짐 콘크리트 포장(RCCP ; roller compacted concrete pavement)

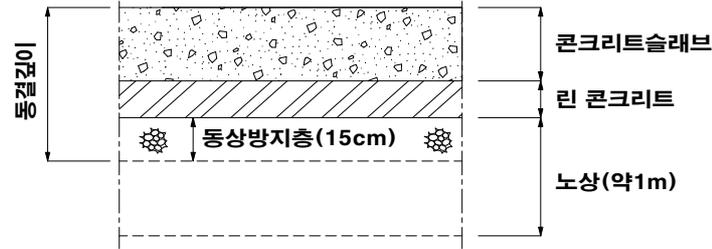
- ① 종래의 포장용 콘크리트보다도 현저하게 수량을 줄인 틀반죽의 콘크리트를 노반에 아스팔트 피닛셔로 깔고 이것을 롤러로 전압하여 굳히는 공법이다.
- ② RCCP공법은 아스팔트포장 기술로 콘크리트 포장의 내구성을 얻을 수 있다
- ③ 시공속도가 빠르고 시공후 조기 교통소통이 가능하다.

4.1.3 콘크리트포장의 구성¹⁾

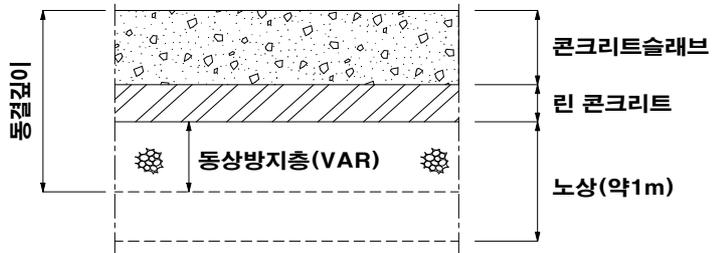
- (1) 콘크리트포장의 횡단면은 <그림 4.1.2>와 같이 콘크리트슬래브, 린콘크리트, 노상으로 이루어져 있다.
- (2) 콘크리트슬래브와 린콘크리트를 합한 총두께가 동결 깊이보다 작은 경우에는 부족한 만큼 노상층의 상부에 동상방지층을 설치하여야 한다.
 - ① 성토고 2m 이상의 콘크리트포장 구간에 대해서는 동상방지층을 최소두께(15cm)로 노상토에 포함하여 적용하고 포장단면 변화구간의 접속비율은 1/200로 설치

1) 콘크리트 포장 슬래브 두께 및 동상방지층 설계적용방안 검토(설계처-3638, 2009.7.10)

- ② 성토고 2m 미만 및 절토(암반 제외) 구간에 대해서는 동결심도를 고려한 동상방지층 계산 결과 두께 적용
- (3) 배수를 위한 횡단경사는 직선구간의 경우 1.5~2.0%를 표준으로 한다.



(a) 성토고 $H \geq 2m$ 일 경우

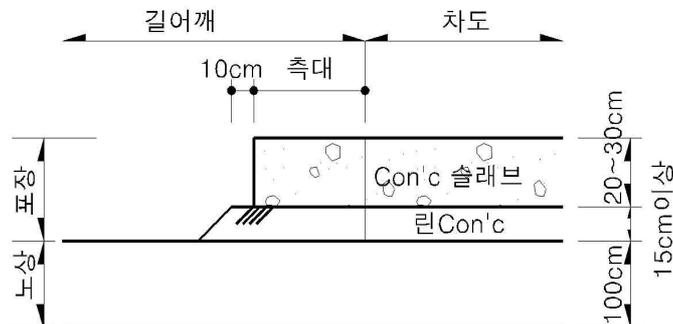


(b) 성토고 $H < 2m$ 일 경우

<그림 4.1.2> 콘크리트포장의 구성

- (4) 보조기층의 마무리 폭은 <그림 4.1.3>에서 보는 바와 같이 콘크리트슬래브의 양측으로 10cm 정도 더 넓게 한다. 그 이유는 아래와 같다.2)

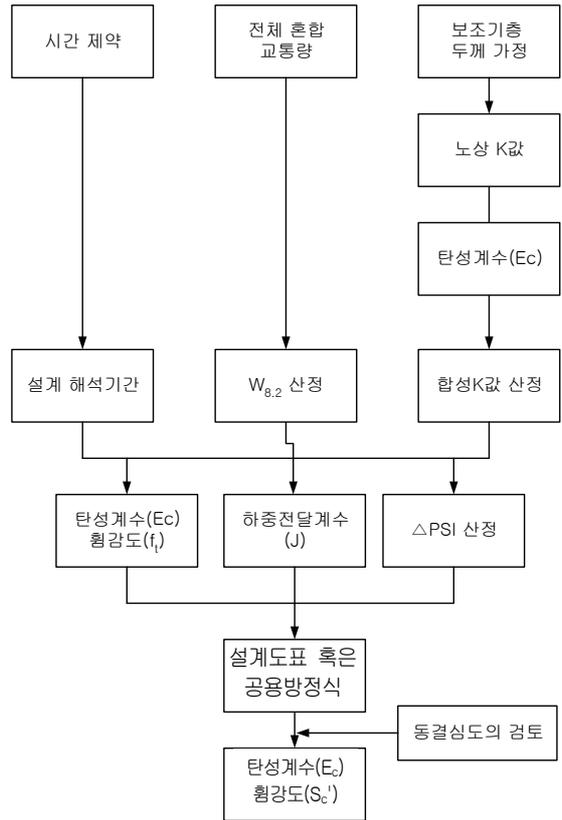
 - ① 포장단부, 측면 거푸집 및 슬립폼페이퍼를 견고히 지지.
 - ② 팽창성 흙의 사용이나 동상현상에 의해 포장단부에 발생하는 불균일 팽창을 방지.
 - ③ 길어깨포장에 대한 보조기층으로의 역할.



<그림 4.1.3> 콘크리트포장의 횡단면구성

2) 린콘크리트 포장단면 개선방안 검토, (설계처-3468, 2007.12.5)

4.2 콘크리트포장 설계절차 및 방법



<그림 4.2.1> 콘크리트 포장 설계 흐름도

4.2.1 콘크리트 포장의 설계기준

(1) 개요

- ① 설계자료의 모든 값은 포장의 공용수명에 영향을 주므로 소요산정 조건을 만족시키고 변동성을 고려한 평균값을 사용하여야 한다.
- ② 아래의 가, 나, 다 사항은 '공통입력변수'에 기술된 내용과 동일하게 적용되며, 본 절에서는 라, 바항에 관련된 사항을 기술한다

가. 설계변수

나. 공용성변수

다. 구조설계용 재료의 특성

라. 포장의 구조적 특성

마. 철근보강에 관한 변수

4.2.2 콘크리트포장 설계의 적용범위

- (1) 콘크리트포장구조 설계절차는 미국의 'AASHTO 설계 지침'을 기본으로 하였다.

- (2) 설계기간의 총교통량이 50,000 ESAL(8.2톤 등가단축하중) 이상일 경우에는 AASHTO 설계법을 적용한다.
- (3) 교통량이 작거나 구조설계를 필요로 할 경우에는 콘크리트포장요강설계법을 기준으로 하는 것이 좋다.
- (4) 콘크리트슬래브 두께산정을 위한 기본식은 AASHTO '81 잠정지침(interim guide)을 토대로 하고 입력변수를 일부 조정하여 적용하였다.³⁾

4.2.3 AASHTO 설계법

(1) 콘크리트슬래브두께 설계

① 기본 설계식

가. 여기에서 제시되는 기본설계식은 AASHTO 도로시험에서 정립된 서비스능력-공용성 개념을 기초로 만들어진 경험적 공용 방정식으로서 다음과 같다.

$$\log W_{8.2} = 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{G_t}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) \log_{10} \left[\frac{S'_c \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{E_c}{K_c})^{0.25}})} \right]$$

여기서,

$W_{8.2}$: 설계기간 동안의 8.2톤 등가단축하중(ESAL)의 설계차선당 누가 통과 횟수

P_t : 설계최종서비스지수

J : 콘크리트포장형식에 따른 연속성을 반영하는 하중전달계수

E_c : 콘크리트슬래브 설계탄성계수(psi)

K_c : 콘크리트슬래브와 접속면에서의 노상반력계수(pci)

D : 포장슬래브두께(inch)

S'_c : 콘크리트슬래브의 설계휨강도(psi)

나. $G_t = \log_{10} \left[\frac{4.5 - P_t}{4.5 - 1.5} \right]$ 로 표시되며, 서비스 능력 손실비율을 나타내는 함수. (최종서비스 지수($P_t=1.5$)를 가지는 시점에서 최대서비스 능력 손실량에 대한 서비스 능력의 손실량의 비율)

다. 본 설계 절차는 크게 콘크리트슬래브의 두께 설계와 보강철근의 설계로 나뉜다.

3) 콘크리트 포장 슬래브 두께 산정기준 검토, (설계삼 16210-512, 1997.10.17)

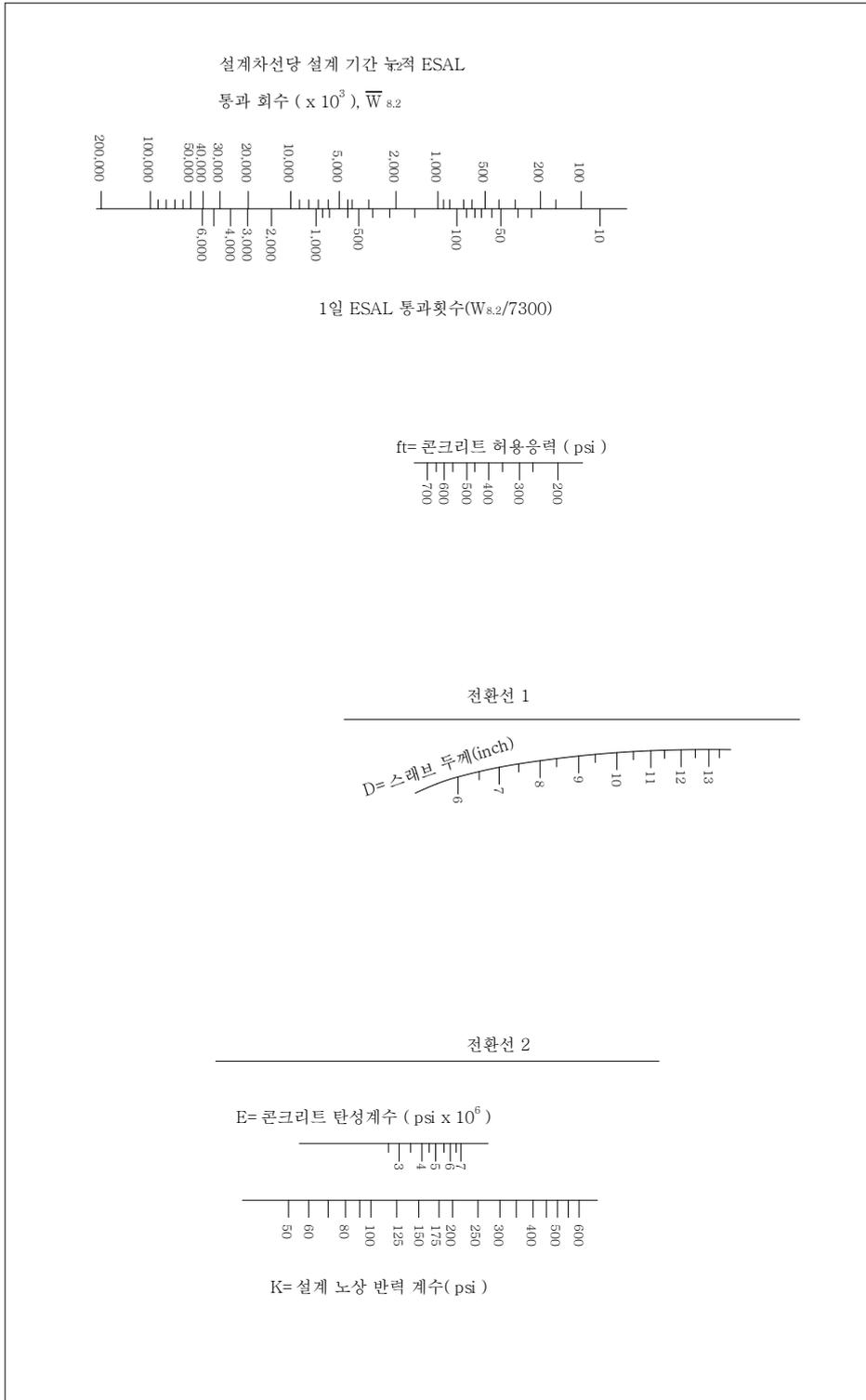


그림 3.5 슬래브두께 산정 설계노모그래프 (Pt=2.5, J=3.2)

<그림 4.2.2> 슬래브두께 산정 설계노모그래프 (Pt=2.5, J=2.9)

② 콘크리트슬래브두께 결정

가. 콘크리트슬래브두께(D)는 '① 기본설계식'을 이용하여 시산법으로 포장두께 D를 계산하거나, <그림 4.2.2>의 설계노모 그래프를 이용하여 결정한다.

(2) 보조기층면의 분리막 설계

① 분리막 기능

- 가. 콘크리트슬래브의 온도변화 또는 습도변화에 따른 슬래브의 팽창작용을 원활하게 하도록 슬래브바닥과 보조기층면과의 마찰저항을 감소시키기 위하여 설치한다.
- 나. 콘크리트중의 모르타르가 공극이 많은 보조기층으로 손실됨을 방지한다.
- 다. 보조기층 표면의 이물질이 콘크리트에 혼입됨을 방지한다.

② 분리막 재료

- 가. 분리막은 취급이 이용하고, 물을 흡수하지 않고, 콘크리트를 치고 다질때 찢어지지 않아야 한다.
- 나. 일반적으로 사용하고 있는 것으로 폴리에틸렌필름(polyethylene film)과 크라프트지(kraft paper)가 있으며 보통 폴리에틸렌필름을 사용한다.
- 다. 필름을 콘크리트 포설전에 설치하거나 타이바(tie bar)를 둔 뒤틀림 줄눈을 두는 무근콘크리트포장에서는 120 μ m 두께가 적합하다.
- 라. 필름에 손상이 없도록 설치되어야 한다. 필름의 겹이음폭은 300mm, 세로 방향 100mm 이상이어야 하고, 강우시에도 빗물이 필름 아래로 스며들지 않도록 겹이음 한다.

(3) 줄눈의 설계

① 줄눈의 종류

- 가. 콘크리트포장의 줄눈은 포장의 팽창과 수축을 수용함으로써 온도 및 습도등 환경변화, 마찰 그리고 시공에 의하여 발생하는 응력을 가능한 한 완화시킨다.
- 나. 온도변화 등의 피할 수 없는 균열을 규칙적으로 일정한 장소로 유도시키는 목적으로 설치한다.
- 다. 줄눈의 종류와 기능은 다음과 같다
 - (가) 수축줄눈 : 수축줄눈 또는 맹줄눈(dummy joint)은 수분, 온도 그리고 마찰에 의해 발생하는 긴장력을 완화시켜 균열을 억제하기 위하여 설치한다. 포장의 표층에 불규칙한 균열의 발생을 감소시킨다.
 - (나) 팽창줄눈 : 팽창줄눈의 주요 기능은 포장이 팽창할 수 있는 공간을 설치함으로써 포장좌굴 현상의 원인이 될 수 있는 압축 응력의 발생을 방지한다.
 - (다) 시공줄눈 : 시공줄눈은 시공성을 고려하여 설치하며, 세로줄눈 사이의 간격은 포장장비의 폭과 포장두께에 따라 결정한다.

② 수축줄눈

- 가. 횡방향 수축줄눈 또는 맹줄눈(dummy joint)은 수분, 온도 그리고 마찰에 의해 발생하는 긴장력을 완화시켜 균열을 억제하기 위하여 설치한다.
- 나. 이러한 수축줄눈을 설치하지 않는다면 포장의 표층에는 불규칙한 균열이 발생하게 된다.
- 다. 횡방향 수축줄눈
 - (가) 철망을 사용하지 않은 무근 콘크리트 포장에서 가로 수축줄눈 간격은 6m 이하로 한다.
 - (나) 철망을 사용하는 경우, 가로 수축줄눈 간격을 10m 이하로 한다.
(슬래브 두께가 20cm 미만의 경우 8m, 25cm 이상의 경우 10m)

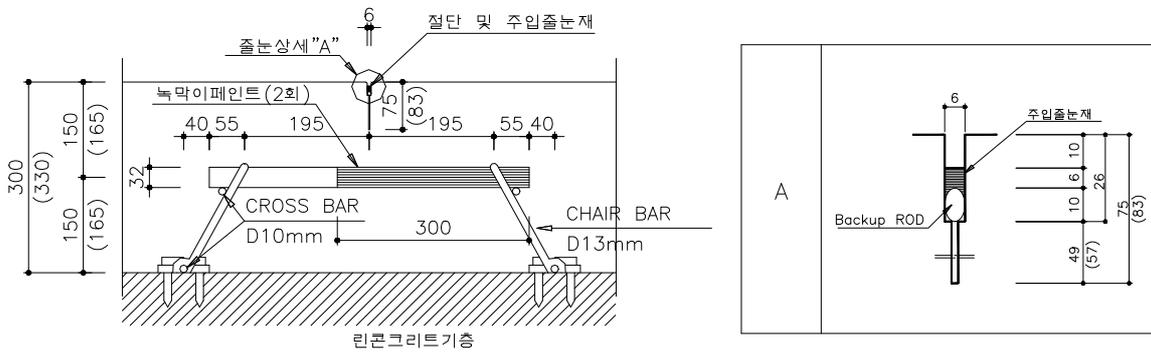
7-4-8 | 제7편 포장공

- (다) 철망을 생략하는 경우에는 가로 수축줄눈 간격을 6m 이하로 하되 다웰바를 삽입하는 것이 바람직하다.
- (라) 연속철근 콘크리트 포장에서는 횡방향 수축줄눈을 생략한다.
- (마) 횡방향 수축줄눈의 깊이는 슬래브 두께의 1/4이어야 한다.

[표 4.2.1] 횡방향 팽창줄눈 간격의 표준값

(단위 : m)

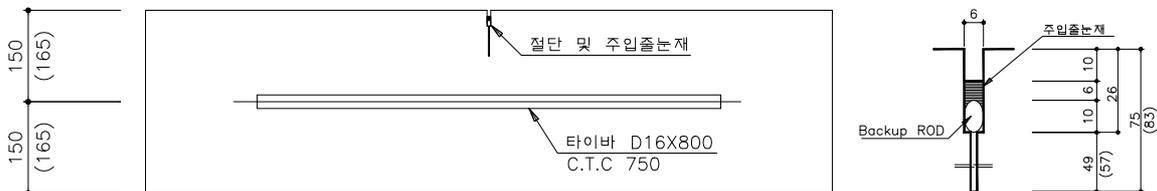
슬래브두께(cm)	시공시기	10~5월	6~9월
25 이상		120~240	240~480



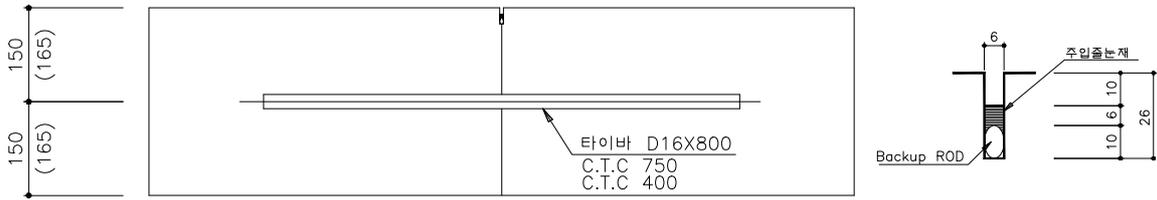
<그림 4.2.3> 가로 수축줄눈 구조설치 예

라. 종방향 수축줄눈

- (가) 종방향 줄눈은 보통 차로를 구분하는 위치에 설치하고, 시공법도 고려하여 결정한다.
- (나) 종방향 줄눈 간격은 4.5m 이하가 좋다.
- (다) 가능한 한 차량이 종방향 줄눈부를 주행하지 않게 차로 구획선의 위치 등을 고려하여 종방향 줄눈 간격을 결정함이 좋다.
- (라) 종방향 줄눈의 폭은 6mm, 깊이는 단면의 1/3이어야 하며, 채움부의 최소 길이는 10mm 이상을 원칙으로 한다.
- (마) 종방향 줄눈의 저면에 약 50mm의 삼각형 목재 또는 L형 플라스틱재 등을 설치해서 콘크리트 슬래브의 단면을 감소시켜 줄눈의 위치에 균열이 생기도록 유도할 수도 있다.



㉑ 2차선 폭으로 시공하는 경우의 횡단면도(단위 : mm)



㉞ 1차선 시공의 경우 횡단면도(단위 : mm)

<그림 4.2.4> 세로줄눈의 설치

③ 팽창 줄눈

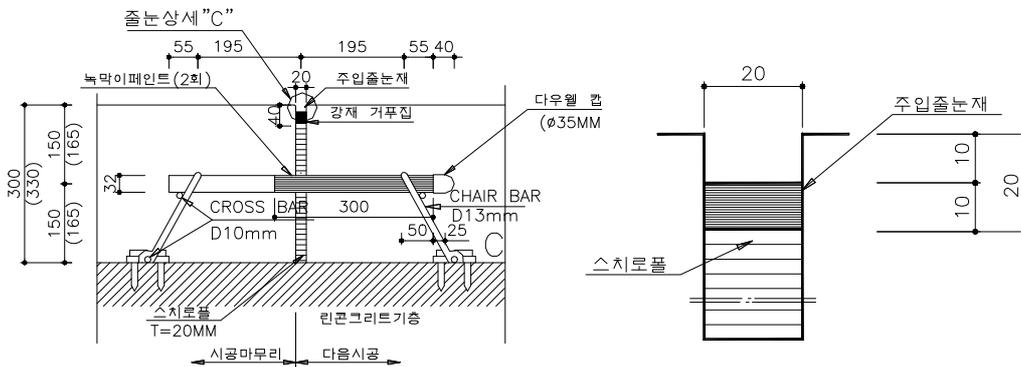
가. 팽창줄눈의 주된 기능은 슬래브 크기 변화에 의해 발생하는 압축응력으로 인한 손상이 악화되는 것을 억제하는 것과 인접 구조물로 압력이 전달되는 것을 방지하는데 있다.

나. 횡방향 팽창줄눈

- (가) 횡방향 팽창줄눈은 교량 접속부, 포장구조가 변경되는 위치 그리고 교차 접속부 등에 설치하며 1일의 포설 연장이나 교량 등의 간격 및 수축줄눈 간격을 고려하여 결정한다.
- (나) 콘크리트 포장과 아스팔트 포장을 접속시킬 경우에는 콘크리트 포장과 아스팔트 포장의 접속부에 팽창줄눈을 설치한다.
- (다) 팽창줄눈의 설치 개수는 비용, 시공 난이성, 공용성 문제를 고려하여 되도록 최소한으로 줄인다.

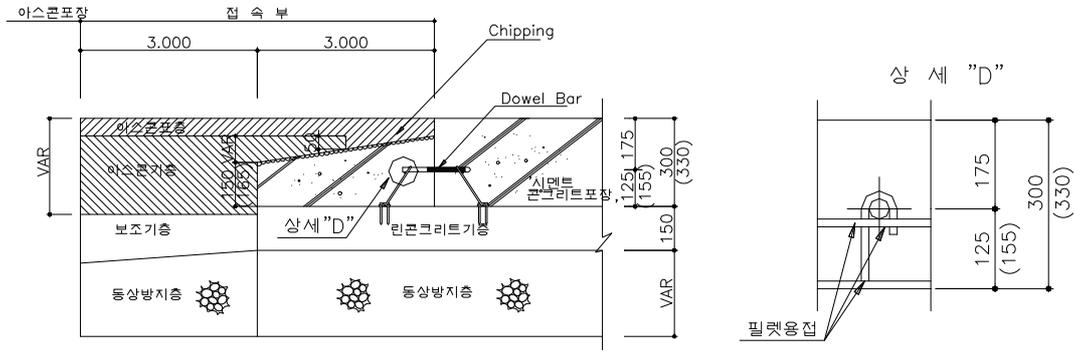
나. 종방향 팽창줄눈

- (가) 팽창줄눈은 주입 줄눈재와 줄눈판을 상하에 병용하는 구조로 한다.
- (나) 주입 줄눈재는 줄눈의 수밀성을 유지하기 위하여 사용하는 것으로 주입깊이는 10mm 정도로 한다.
- (다) 팽창줄눈은 다웰바로 보강하여야 한다.
- (라) 팽창줄눈의 다웰바는 직경 32mm, 길이 500mm의 것을 사용한다.



㉟ 본선용

7-4-10 | 제7편 포장공

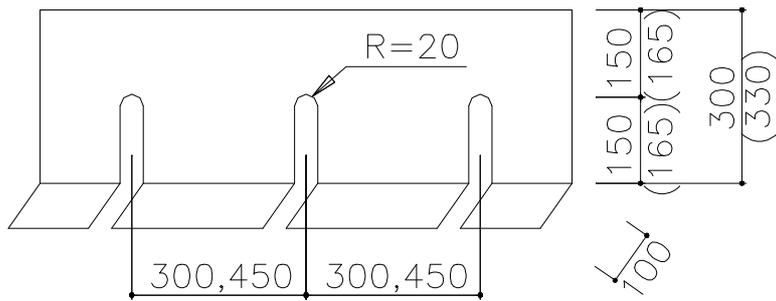


㉠ 아스콘 접속부용

<그림 4.2.5> 팽창줄눈 (단위 : mm)

④ 시공줄눈

- 가. 시공줄눈이란 1일 포설 종료시나 강우 등에 의해서 시공을 중지할 때에 설치하는 줄눈이다.
- 나. 시공줄눈의 위치는 수축줄눈의 예정 위치에 설치하는 것이 좋으며 이 경우는 맞댄형의 수축줄눈이 된다.
- 다. 강우와 기계고장 등에 따라 수축줄눈의 예정위치에 설치하는 것이 가능하지 않을 때는 수축줄눈에서 3m 이상 떨어진 위치에 맞댄형의 줄눈구조로 한다.



<그림 4.2.6> 강제 거푸집 상세도

⑤ 줄눈의 설치4)

[표 4.2.8] 줄눈의 형식

구 분	설치위치	구 분	설치위치	비 고
	- 본선 2차로 포설 세로줄눈 - 본선, 중분대 가로수축줄눈		- 본선 1차로 포설 세로줄눈 - 중분대기초 가로수축줄눈	
	- 팽창줄눈		- 교량접속부 가로수축줄눈	

(5) 다웰바

가로줄눈부에 설치하는 역학적 하중전달 장치로서 다웰바(dowel bar) 또는 슬립바(slip bar)라 한다.

① 다웰바의 특징

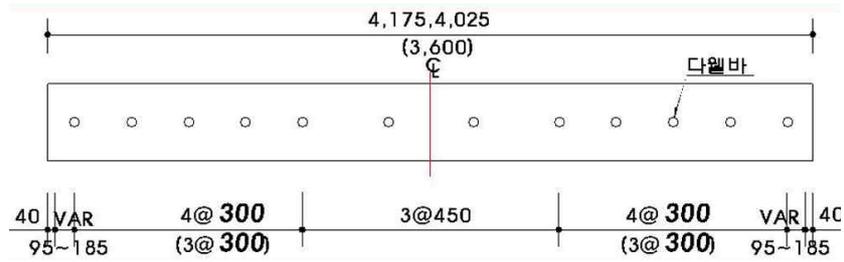
- 가. 설계 구조가 간단하고, 설치가 용이하며, 콘크리트 내에 완전 삽입이 가능한 것으로 한다.
- 나. 이 장치와 접촉되는 부위의 콘크리트에 과잉 응력을 발생시키지 않고 재하 하중응력을 적절히 분산시킬 수 있어야 한다.
- 다. 가로줄눈부의 가로방향 변위(longitudinal movement)를 구속하지 않아야 한다.
- 라. 실제 통과하게 될 윤하중과 그 통과 빈도에 대하여 역학적으로 안정한 구조이어야 한다.
- 마. 부식이 예상되는 지역에서는 부식에 저항할 수 있는 재료이어야 한다.
- 바. 하중 전달 장치에는 소용 인장 강도 이상의 품질을 가진 원형 봉강 철근을 사용한다.

② 다웰바의 설치

- 가. 팽창줄눈의 다웰바는 슬래브의 두께에 따라 직경 25~32mm, 길이 500mm의 것을 배치하며 끝에 철재(cap)을 씌운다.
- 나. 도로 중심선에 평행한 위치에 바르게 매설할 수 있도록 체어(chair)로 지지하여야 한다.
- 다. 체어는 가로줄눈 연단부의 보강을 겸하여 직경 13mm 철근을 용접하여 만드는 것으로 시공중에 변형되지 않는 구조로 한다.
- 라. 다웰바는 한쪽을 고정하고, 부착방지 길이는 신축하기 때문에 부착방지재를 씌우거나 역청재료로 도포한다.
- 마. 부착방지 길이는 다웰바 길이의 1/2에서 5cm를 더한 길이로 한다.
- 바. 중앙부의 10cm에는 제작시 방청페인트를 도포한다. 또한 다웰바에 접촉되는 체어철근도 방청페인트를 도포하는 것이 바람직하다.

4) 콘크리트 포장 줄눈 표준화 방안 (설계처-3468, 2007.12.4)

사. 주행차량의 포장면내 바퀴 접촉구간을 다웰바로 보강한다.(30cm간격)⁵⁾



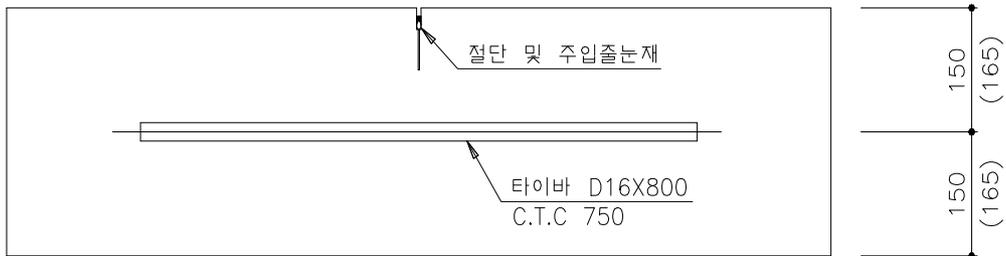
<그림 4.2.7> 다웰바 설치 간격

③ 다웰바 시공방법

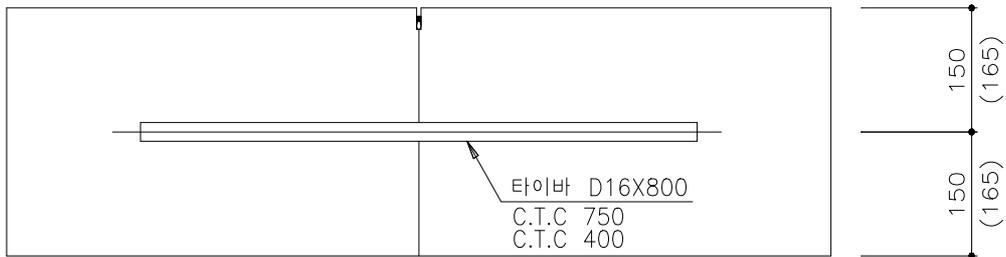
- 가. 다웰바 어셈블리 사용
- 나. 다웰바 자동삽입기(DBI) 사용⁶⁾

(6) 타이바

- ① 타이바는 이형봉강으로 종방향 줄눈에 설치하며 규격과 배치 간격은 포장조건에 따라 다르나 일반적으로 $\phi 16\text{mm}$, 길이 80cm의 것을 75cm 간격으로 사용한다.
- ② 타이바 설치 슬래브의 구조다음과 같다.



(a) 2차선폭으로 시공하는 경우의 횡단면도



(단위 : mm)

(b) 1차선 시공의 경우 횡단면도

<그림 4.2.8> 타이바설치 구조 슬래브

5) 콘크리트 포장 줄눈 표준화 방안, (설계처-3468, 2007.12.4)

6) 고속도로 콘크리트 포장관련 다웰바 자동삽입기(DBI) 확대적용 검토(건설관리처-2543, 2009.6.5)

- ③ 중방향 맹줄눈의 저면을 잘라낸 것은 타이바가 강하기 때문에 윗면의 홈(groove)만으로는 타이바의 위치에서 빗나간 곳에 균열이 발생할 위험성이 있을 것을 고려한 것이다.
- ④ 상하의 잘라낸 부분을 합하여 슬래브 두께의 30% 정도로 하면 좋다.
- ⑤ 타이바의 내구성을 높이기 위하여 방청 페인트 등을 중앙 약 10cm에 칠하는 것이 좋다.

4.2.4 보강철근설계

(1) 기본개념

- ① 보강콘크리트포장에서의 철근의 역할은 균열발생 자체를 방지하기 위해서가 아니라 균열이 발생할 경우 그 균열이 과도하게 벌어지는 것을 극소화하는데 있다.
- ② JRCP와 CRCP에 있어서 발생한 균열이 과도하게 벌어지는 경우, 균열을 통하여 물이 침투하여 철근의 부식, 노상토의 강도저하, 팽창 등이 발생할 수 있다.
- ③ 보통 최대응력은 슬래브의 중앙부에서 발생하며 철근량도 여기에 준하여 계산한다.

(2) JRCP의 가로·세로방향 보강철근 설계

- ① JRCP의 보강철근은 줄눈간격이 4.5m 미만일 경우에는 가로방향균열이 예상되지 않으므로 철근보강이 필요 없다.
- ② JRCP의 보강철근량 산정에 필요한 입력변수는 다음과 같다.

가. 포장슬래브 길이(L)

(가) 세로방향 철근의 경우 줄눈간격을 사용한다.

(나) 가로방향 철근의 경우 슬래브의 폭을 사용한다.

나. 철근유효응력(working stress, F_s)

(가) 철근의 허용응력을 말하며, 일반적으로 항복강도(yield strength)의 75% 값을 사용한다.

(나) 철선 항복강도는 $4,500\text{kg}/\text{cm}^2$ 이고, 유효응력은 $3,400\text{kg}/\text{cm}^2$ 이다.

다. 콘크리트슬래브 저면에서 마찰계수(F)

(가) 마찰계수는 슬래브하부와 보조기층상부(보조기층이 없는 경우는 노상면)간의 마찰계수를 말한다.

(나) AASHTO에서 추천한 값들은 <표 4.2.3>과 같다.

라. 위의 입력변수들로 다음식을 이용하여 필요한 철근량을 계산 할 수 있다.

$$P_s = 0.23 \times \frac{L \cdot F}{2F_s} \times 100(\%)$$

P_s : 필요 철근량(콘크리트슬래브 단위폭당 1m당 소요철근백분율, %)

F : 마찰계수

L : 슬래브길이(가로 또는 세로 방향의 자유단부 사이 거리, m)

F_s : 철근의 사용응력(통상 항복강도 $\times 0.75$, kg/cm^2)

[표 4.2.3] 슬래브 아래의 재료에 따른 마찰계수

슬래브 아래의 재료	마찰계수(F)
표면처리	2.2
빈배합콘크리트	1.9
석회안정처리	1.8
아스팔트안정처리	1.8
시멘트안정처리	1.8
강 자갈	1.5
쇄 석	1.5
사암(sand stone)	1.2
자연 지반(암반)	0.9

<계산 예> L=10m, F=1.5, Fs = 3,000kg/cm²인 경우

$$\text{철근량 } P_s = \frac{0.23 \times 10(1.5)}{2 \times 3,000} \times 100 = 0.06\%$$

(3) CRCP의 세로방향 보강철근설계

- ① 연속철근콘크리트포장(CRCP)에서 주철근은 포장의 전구간에 걸쳐 연속되는 세로방향철근(longitudinal reinforcement)이다.
- ② 세로방향철근으로는 철근 또는 이형철망을 이용할 수 있다.
- ③ 다음은 연속철근콘크리트포장의 세로방향철근설계에 필요한 조건들이다.

가. 콘크리트슬래브의 인장강도(f_t)

- (가) 철근설계에는 두가지 콘크리트 인장강도가 사용된다.
- (나) 공시체의 썸시험(3등분 점재하)에서 유도해 낸 파괴계수(또는 썸강도)는 소요 슬래브 두께를 결정하는데 이용한다.
- (다) 보강철근설계에는 AASHTO T198과 ASTM C496 시험에 의한 간접인장시험으로 얻어진 인장강도를 기준으로 하여 설계한다.
- (라) 간접인장강도를 얻기 어려운 경우 28일 썸강도의 86%에 해당되는 값을 인장강도로 적용할 수 있다.

나. 콘크리트슬래브의 건조수축 계수(Z)

- (가) 수축은 강도와 반비례한다.

[표 4.2.4] 포틀랜드 시멘트 콘크리트의 간접 인장강도와 건조수축계수의 관계

간접 인장강도(kg/cm ²)	건조수축계수(cm/cm)
21 이하	0.00080
28	0.00600
35	0.00045
42	0.00030
50이상	0.00020

- ④ 콘크리트슬래브의 열팽창 계수(α_c) : AASHTO에서 추천하는 골재 종류별 PCC 열팽창계수 값은 [표 4.2.5]과 같다.

[표 4.2.5] 골재 종류별 PCC 열팽창 계수

굵은골재의 종류	콘크리트 열팽창계수(10^{-6} cm/cm/°C)
석 영	11.9
사 암	11.7
자 갈	10.8
화 강 암	9.5
현 무 암	8.6
석 회 암	6.8

- ⑤ 사용철근 또는 철선직경(ϕ_s) : 일반적으로 CRCP의 세로방향철근에는 $\phi 19\text{mm}$ 의 이형철근이 주로 이용된다.
- ⑥ 철근의 열팽창계수 : 보강철근의 열팽창계수는 설계에 있어서 9.0×10^{-6} cm/cm°C 값을 사용한다.
- ⑦ 설계온도하강(DTD)
 - 가. 철근보강설계에 이용하는 온도하강은 평균 콘크리트 양생온도와 설계 최저 온도와의 차이이다.
 - 나. 세로방향철근설계에 있어서의 설계 온도하강은 다음 식으로 산출된다.

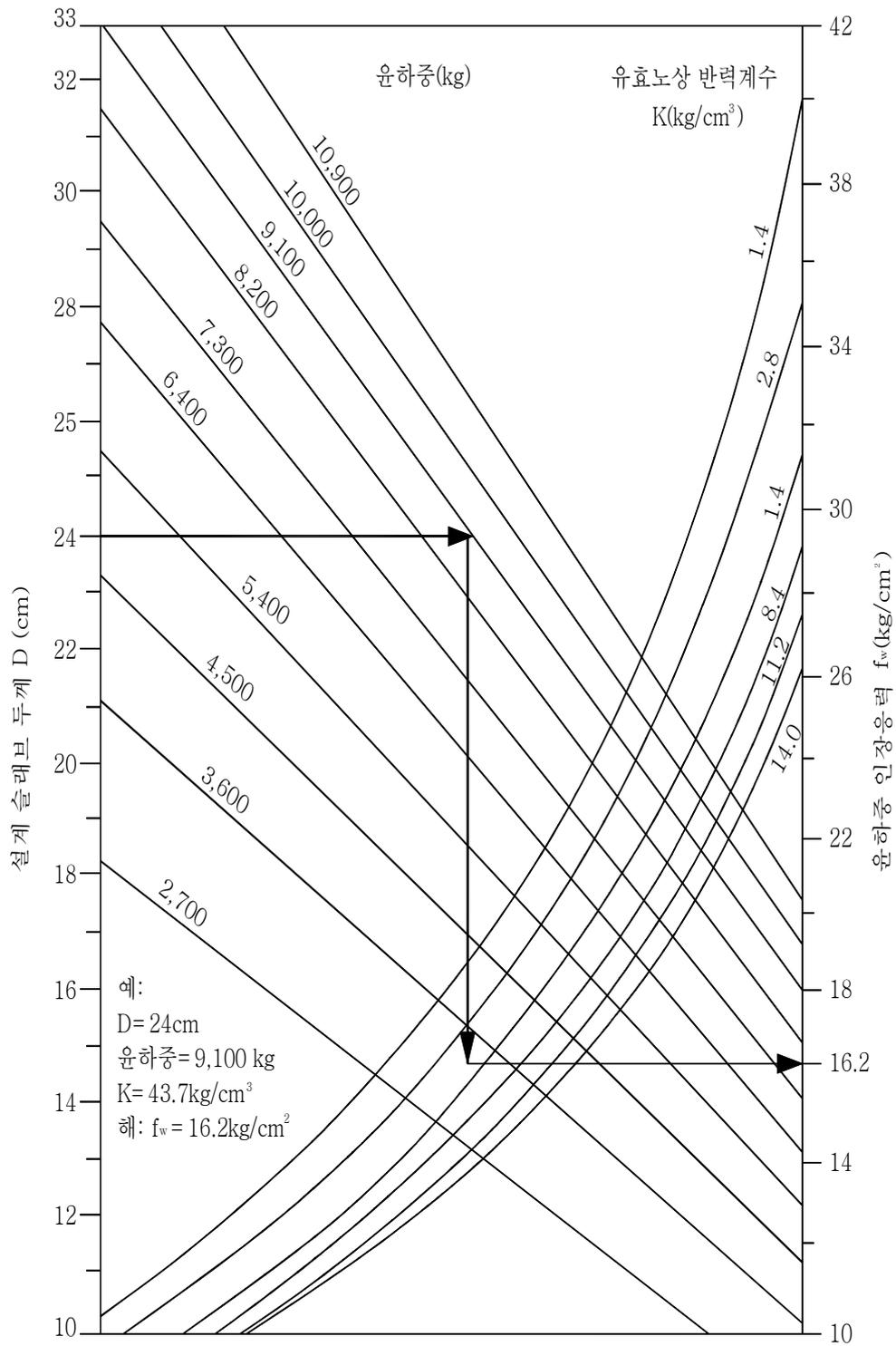
$$D_{TD} = T_H - T_L$$
 여기서, D_{TD} : 설계 온도하강(°C)
 T_H : 포장이 시공되는 달의 예상 일 최고 온도의 평균값(°C)
 T_L : 연중 가장 추운 달의 예상 일 최저 온도의 평균값(°C)
- ⑧ 철근의 허용응력(f_s) : 철근의 허용응력은 콘크리트와 철근 사이의 접착력이 반복 하중에 견딜 수 있는 정도를 고려하여 결정된다.

[표 4.2.6] 철근의 허용응력

(단위 : kg/cm²)

28일 양생 콘크리트의 간접 인장강도(kg/cm ²)	철 근 직 경(mm)		
	$\phi 13$	$\phi 16$	$\phi 19$
21 이하	4,570	4,010	3,800
28	4,710	4,220	3,870
35	4,710	4,290	3,940
42	4,710	4,430	4,080
49	4,710	4,570	4,150
56 이상	4,710	4,710	4,220

- ⑨ 윤하중에 의한 콘크리트슬래브에 발생하는 인장응력
 - 가. 포장 포설 후 초기(15~28일)에 시공장비나 트럭의 재하 윤하중에 의해서 발생하는 인장응력을 말한다.
 - 나. 예상 윤하중 크기, 설계 슬래브두께, 그리고 설계노상반력계수를 적용하여 <그림 4.2.9>에 의해서 결정한다.



<그림 4.2.9> 윤하중 인장응력 산정 도표

⑩ 제한기준

가. 세로방향철근설계에 있어서 예상한 환경과 차량 재하조건에서 포장이 충분한 기능을 유지하기 위해서는 균열간격, 균열폭 그리고 철근응력에 대한 제한기준 사항을 고려하여야 한다.

나. 균열간격

(가) 스프링의 영향을 최소한으로 줄이기 위해서는 균열간의 최대 간격은 2.4m 정도라야 한다.

(나) 펀치아웃이 발생하지 않도록 설계에 사용할 수 있는 최소 균열간격은 1.0m이다.

다. 균열폭

(가) 허용 균열폭은 1mm 이내이므로 세로방향 철근비의 최종 결정에 있어서 예상 균열폭은 철근비를 크게 하든가 작은 직경의 철근을 사용함으로써 좁힐 수 있다.

라. 철근응력

(가) 철근파괴를 최종 인장강도의 75%를 제한 응력으로 설정한다.

(나) 본 설계법에서의 철근 허용응력은 철근의 직경과 콘크리트 강도의 함수로서 <표 4.2.4>과 같다. 철근 허용응력의 최소값은 CRCP의 세로방향철근에 사용되는 철근 (항복강도 4,200kg/cm²)에 대한 것이다.

(4) CRCP의 가로방향철근설계

- ① 가로방향철근은 JRCP나 CRCP에 공통으로 사용한다.
- ② 온도나 함수의 변화로 인한 토랑 변화가 세로방향 균열이 과도하게 벌어지는 것을 방지함으로써 최대의 하중전달기능을 발휘하고, 물의 침투를 최소화 하는데 있다.
- ③ 철근량의 산정방법은 JRCP의 중방향철근량의 설계법과 동일하다.
- ④ 단, 철근량 계산시 슬래브의 길이 대신 슬래브의 폭을 이용한다. 여기서 슬래브의 폭은 슬래브 양쪽의 자유단(free edge)에서 자유단까지의 횡방향 거리를 말하며, 타이바로 연결된 곳은 자유단에 포함되지 않음에 주의해야 한다.
- ⑤ 가로방향철근의 철근비는 <그림 4.2.10>을 이용하여 결정하며, 다음 식에 의해 철근 간격을 구한다.

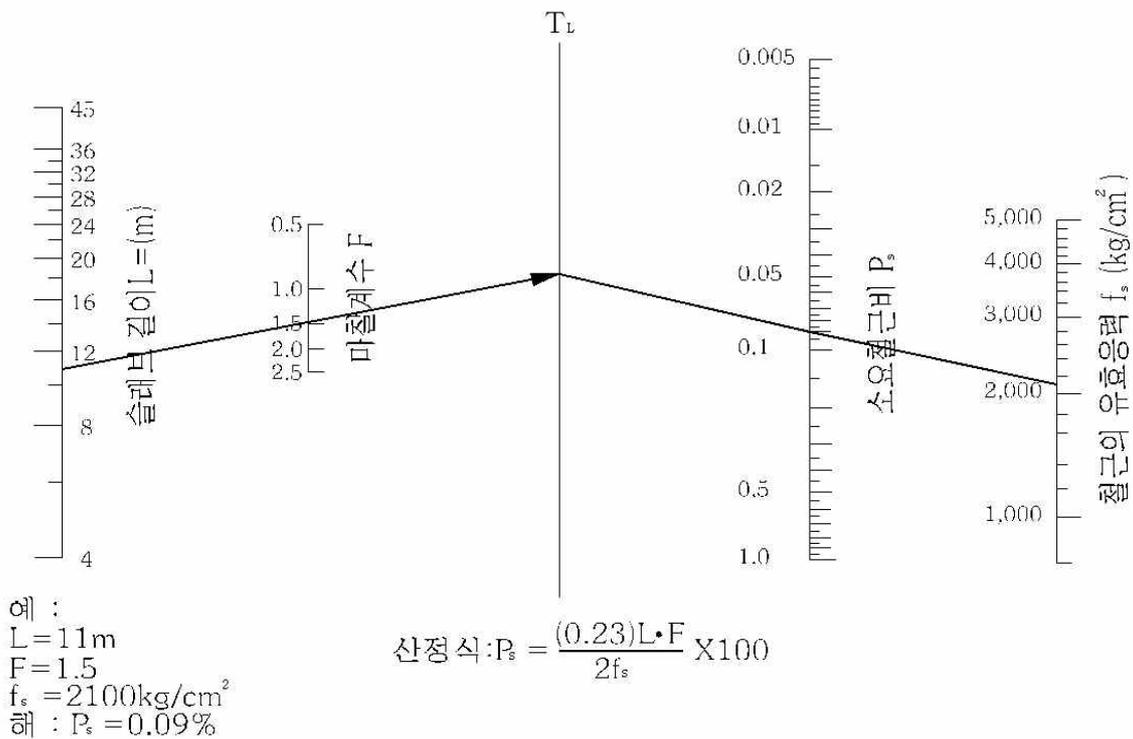
$$Y = \frac{A_B}{P_t \cdot D} \times 100$$

Y : 가로방향철근 간격(cm)

AB : 가로방향철근 1개당 단면적(cm²)

Pt : 가로방향철근비(%)

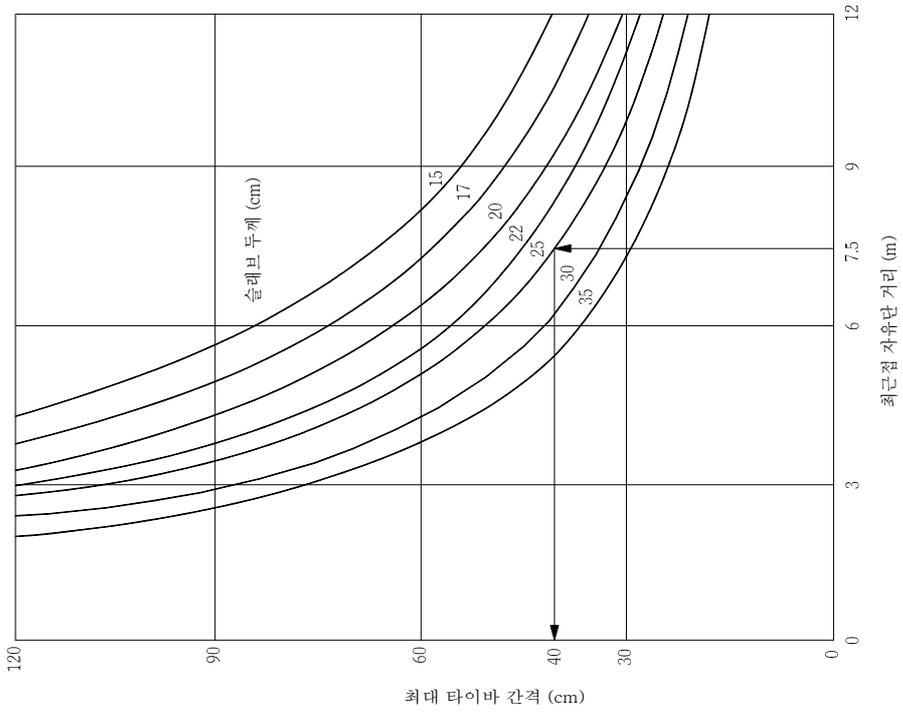
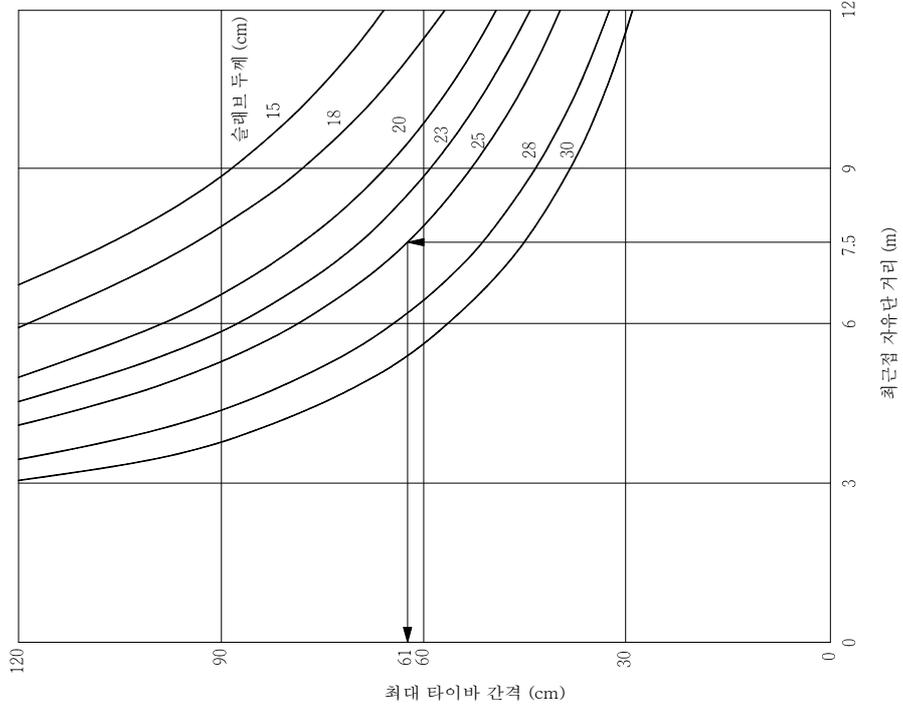
D : 슬래브두께(cm)



<그림 4.2.10> JRCP의 철근설계 도표

(5) 타이바의 설계

- ① 타이바의 주 기능은 세로줄눈부가 과도하게 벌어지는 것을 방지하기 위하여 사용한다.
- ② 타이바 철근 설치규격은 CRCP 가로 철근 또는 JRCP의 가로·세로 철근설계와 동일한 방법으로 결정한다.
- ③ 타이바는 콘크리트와의 부착력을 높이기 위해 주로 이형철근을 사용하며, 직경을 13mm 또는 16mm의 긴 것을 주로 사용한다.
- ④ 타이바 설치 간격 결정의 기본 개념은 횡방향철근량 및 철근 간격 산출 방법과 동일하다. 단, 횡방향철근량 계산식에서 슬래브의 폭 대신에 가까운 자유단까지 거리의 두배를 사용한다.
- ⑤ 콘크리트슬래브와 보조기층 간의 마찰계수가 1.5인 경우의 타이바 간격을 구하는도표는 <그림 4.2.11>와 같다.



(a) ϕ 13 mm, SD 30의 철근과 노상 마찰계수 1.5 일때
 (b) ϕ 16 mm, SD 30의 철근과 노상 마찰계수 1.5 일때
 그림 4.12 PCCP의 최대 타이바 간격의 권장값

<그림 4.2.11> PCCP의 최대 타이바 간격의 권장값

- ⑥ <그림4.2.11>의 가로축(최근접 자유단 거리) 정해진 값에서 수직으로 선을 그어 '4.2.3 (1)항' (콘크리트슬래브두께 설계)로부터 구한 포장 두께와 대응되는 선과 연결하고, 다시 수평으로 선을 그어 세로축과 만나는 점을 타이바 간격의 값으로 한다.

- ⑦ 이 도표는 항복강도가 2,800kg/cm²인 철근과 노상 마찰계수 1.5에 대하여 작성된 것이다.

(설계 예) 슬래브 폭 = 7.2m, 슬래브와 슬래브 아래 층 간의 마찰계수 = 1.5, 철근의 허용응력 = 2,100kg/cm², 철근의 직경 = 16mm, 슬래브두께 = 30cm인 경우

$$\text{가로방향철근량 } P_s = \frac{0.23(7.2)(1.5)}{2 \times 2100} \times 100 = 0.06\%$$

$$\text{철근의 간격 } Y = \frac{A_B}{P_s D} = \frac{\frac{\pi(1.6)^2}{4}}{0.06(30)} \times 100 = 111.7\text{cm}$$

(6) CRCP 콘크리트슬래브 세로방향 자유단부 설계⁷⁾

① 개요

가. 포장슬래브의 줄눈부 또는 균열부 속으로 이물질이 침입하고, 온도가 올라가면 슬래브 내에 내력이 형성되어 슬래브가 늘어나면서 줄눈부를 밀폐시켜서 줄눈재를 튀어나오게 하거나, 교대벽(avutment wall)에 손상을 주고, 기타 다른 구조물과 접촉되는 경우 바람직하지 못한 압력을 주게 된다.

나. CRCP의 경우 가로방향 줄눈은 시공줄눈 이외에는 줄눈이 전혀 없기 때문에 이와 같은 포장길이 증가 또는 수축팽창을 적절히 처리하는 단부구조로 설계하여야 한다.

다. 효과적인 방법으로서 단부 신축줄눈부 또는 자유단부 정착구를 설치하거나 이 두가지 개념을 혼합한 구조를 설치하는 것이 바람직하다.

② 단부 신축줄눈부(terminal joint 또는 expansion provision)

가. CRCP의 자유단부에서 유동을 팽창줄눈을 통하여 수용하는 개념이다.

나. JCP에서 적용하는 다우웰바가 설치되는 팽창줄눈(doweled expansion joint)을 연속적으로 설치하는 방법으로서, CRCP가 JCP와 연결되는 곳에서 많이 채택되며, 비용면에서 가장 경제적이다.

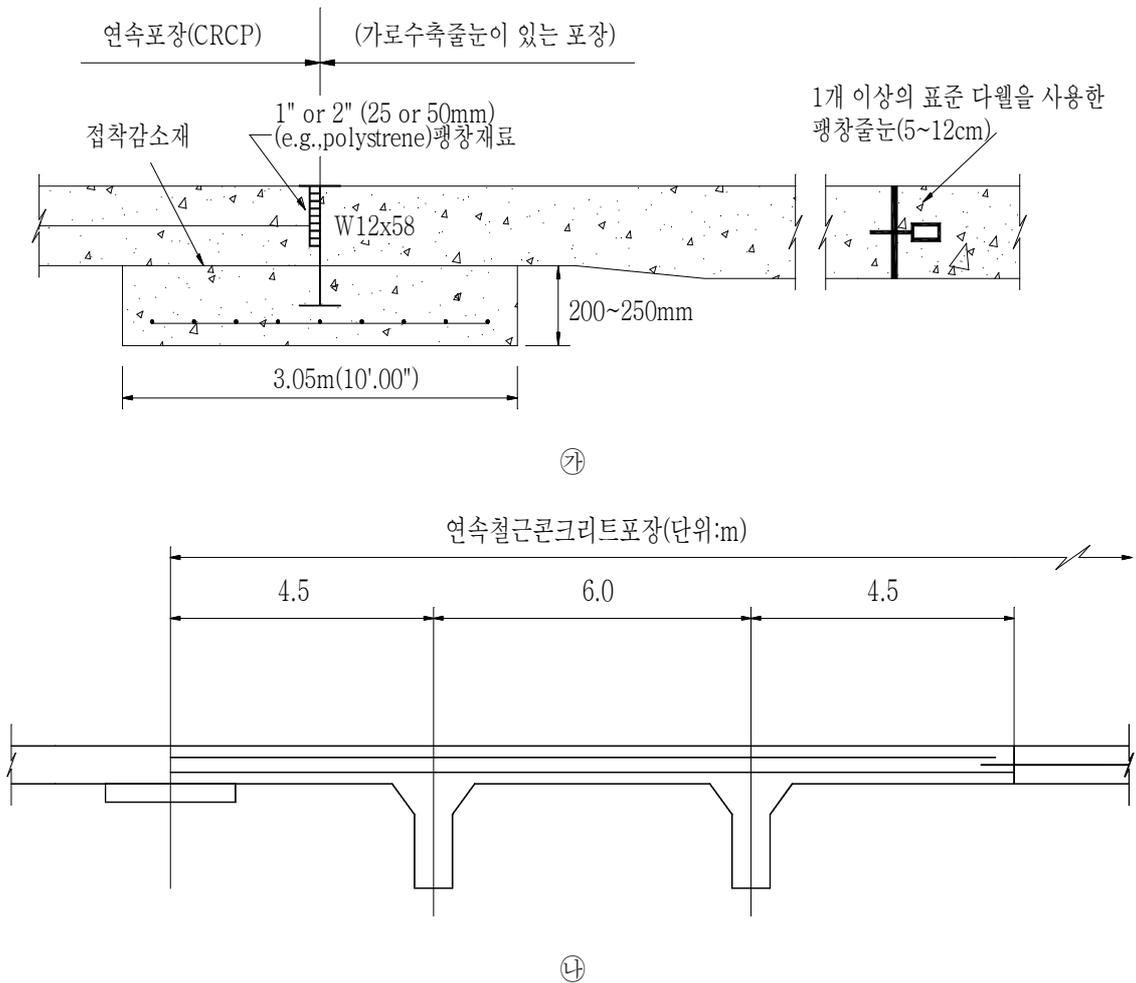
다. 적용되는 줄눈개수와 간격은 경험적 또는 공학적 판단기준에 의해서 결정되며, 일반적으로 6~12m 간격으로 25mm 폭의 줄눈부를 사용한다.

라. 줄눈부에서 심한 스포링(spalling)이 발생하기 쉽기 때문에 중차량 통행이 많거나 계절적 온도 차가 큰 경우 적합하지 않다.

마. 와이드플랜지보단부 줄눈형식(wide flange beam joint assembly)으로서, 이 구조에서 와이드플랜지보는 줄눈부에서 연속성을 제공할 수 있도록 철근콘크리트의 지지슬래브(RC sleeper slab)을 이것 아래에 설치하고 그 속에 삽입시킨다.

바. 이 와이드 플랜지 보가 설치되는 위치의 줄눈부와 접촉되는 것이 교량의 접속판인 경우 <그림 4.2.12>^{가)}에서와 같이 이 사이에 두세개의 팽창줄눈부를 설치하고, JCP인 경우에는 <그림 4.2.12>^{나)}와 같이 한 개의 팽창줄눈만을 설치할 수도 있다.

7) 연속철근콘크리트포장 확대적용 방안 검토(설계처-1424, 2009.3.16)



<그림 4.2.12> 와이드 플랜지 보 단부 줄눈 설계 예

③ 자유단부 정착구(end anchors)

- 가. CRCP의 자유단부에서 발생하는 전체유동량을 완전구속 시키기 위한 개념이다.
- 나. 한 개의 정착구(anchor)를 자유단부 설치하거나 자유단부에 인접한 CRCP의 슬래브 일점의 유통구간(active length)에 연하여 5~12m 간격으로 2~6개를 분포시키는 형식을 적용한다.
- 다. 정착구는 포장슬래브 저면에 강결시키는 콘크리트파일 또는 횡방향포장슬래브 전쪽에 설치되는 trench lug 형식이 채택되며, 후자의 경우가 가장 많이 적용된다.

4.3 설계 예(1)

(1) 설계방법

- ① 포장의 설계구조는 이론적인 방법으로부터 경제적, 통계적 방법에 이르기까지 많은 설계방법이 제안되고 있으며, 이들 중 사용빈도가 높은 포장설계법은 다음과 같다.

콘크리트 포장
1) P.C.A 법 2) AASHTO 설계법 - interim Guide (1981) - '86 개정판

- ② 상기 방법중 AASHTO interim Guide Method가 이론 및 경험적 근거가 풍부하고 설계가 간편하여 국내에서 보편적으로 사용
- ③ 도로포장설계 시공지침(국토부, 1991)에 제시된바와 같이 AASHTO interim Guide Method 식에 1986년 개정판의 일부입력변수를 조정하여 적용

(2). 콘크리트 포장두께 산정방법 검토

① 개요

가. 콘크리트 슬래브 두께산정은 “콘크리트 포장 슬래브 두께 및 동상방지층 설계적용방안 검토(설계처-3638, 2009.7.10)” 의 설계요소 산정방법을 정립하여 설계에 적용

(3) 동결심도

① 동결심도 산정방법 : 동결심도는 포장구조가 동결작용에 의한 피해를 받지 않도록 산정 되 어지며 그 방법은 미공병단 기술편람 (TM5-818-2)의 “동결조건하에서의 포장설계” 와 건설부 국립건설연구소 발행 “우리나라 각 지방의 동결깊이 조사 보고서” 에 의하였다.

가. 완전방지법 (Complete Protection Method)

나. 노상동결관입허용법 (Limited Subgrade Frost Penetration Method)

다. 감소노상강도법 (Reduced Subgrade Strength Method)

② 본 예제에서는 노상의 동결을 어느정도 허용하지만 동결지수가 직접함수이며 타 방법에 비 하여 경제적인 포장단면을 구성할 수 있어 보편적으로 많이 사용되고 있는 “노상동결 관입 허용법” 을 적용

구분	완전방지법	노상동결관입허용법	감소노상강도법
특징	동결작용에 의한 표면변위량을 제거하기 위해 충분한 두께의 비동결 재료층을 설치하여 포장용기와 지반 악화를 감소 또는 억제하는 방법	노상상태가 수평방향으로 심하게 변하지 않거나 흩이 균질한 경우의 설계방법으로 동결깊이가 노상으로 얼마쯤 관입되어도 동상으로 인한 용기량이 포장파괴를 일으킬만한 량이 아니라면 노상의 동결을 어느정도 허용하는 경제적 방법	해빙 기간중에 일어나는 노상강도 감소를 근거로 동결에 대비한 포장두께를 결정하는 방법으로 동결지수가 직접함수가 아니므로 통상적으로 적용하지 않음
적용		○	

③ 수정동결지수의 산정 : 동결지수는 지역적인 특성에 따라 이천 측후소 자료를 이용하였다.

$$\begin{aligned} \circ \text{수정동결지수} (^{\circ} \text{Fday}) &= \text{동결지수} \pm 0.9 \times \text{동결기간} \times \frac{\text{표고차}}{100} \\ &= 919.8 + 0.9 \times 89 \times \frac{(+5.9)}{100} = 924.5^{\circ} \text{F-Day} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \circ \text{표고차} &= \text{설계노선 최대계획고(m)} - \text{측후소 지반고(m)} \\ &= 74.4 - 68.5 = + 5.9 \end{aligned}$$

구 간	적용측후소	지반고(m)	최대계획고 (m)	동결지수 ($^{\circ}$ F-day)	동결기간 (일)	수정동결 지수 ($^{\circ}$ F-day)
	이 천	68.5	74.4	919.8	89	924.5

* 두께가 30cm이상인 콘크리트 포장의 경우에는 30cm를 초과하는 두께 2.5cm마다 10 $^{\circ}$ F·일 만큼의 설계동결지수를 빼서 설계동결지수를 결정

③ 설계동결심도

가. 완전방지법

(가) 완전방지법은 동결작용으로 인한 포장표면의 변형을 완전히 방지하기 위한 방법이다.

(나) 동결심도는 수정 Berggren식에 의거하여 작성한 도표로부터 구한다.

(다) 비동상층 재료의 건조 단위중량과 함수비(%)는 「아스팔트 포장설계의 표준화연구 (한국도로공사 도로연구소)」에서 통계분석한 결과를 적용하였다.

적 용 측 후 소	수정동결지수 ($^{\circ}$ F-day)	동 결 심 도(a)	비 고
이 천	924.5	131.0 cm	

○ 함 수 비 $W = 7.0\%$ ○ 건조단위중량 $rd = 2.16\text{ton/m}^3$

나. 노상동결 관입허용법

(가) 노상동결 관입허용법은 동결이 노상내에 어느정도 발생되어도 동상으로 인한 포장파괴를 일으키지 않는 한도내에서 노상동결을 허용하는 방법이다.

(나) 콘크리트 표층두께(P)를 30cm로 아래표에서처럼 가정하여 도표로부터 설계 비동결성 재료층 두께 (b)를 산정하였다.

$$a = \text{콘크리트 표층두께(P)} + \text{비동상재료층두께(C)}$$

적용측후소	a	p	c	b	p+b	동결심도	비 고
이 천	131.0	30.0	101.0	67.3	97.3	98.0	

다. 국립건설 연구소식 (동결심도 조사보고서 ('89. 12. 건설부 국립건설시험소))

○ $D = 14 \times F0.33 = 14 \times 5140.33 = 109.8\text{cm}$

○ $F = \text{수정동결지수} (^{\circ}\text{C}\cdot\text{일}) = [\text{수정동결지수} (^{\circ}\text{F}\cdot\text{일})] \times \frac{5}{9}$

$= 924.5 \times \frac{5}{9} = 514 (^{\circ}\text{C}\cdot\text{일})$

라. 설계동결심도

(가) 본 설계구간의 산정방식별 동결심도는 아래와 같다.

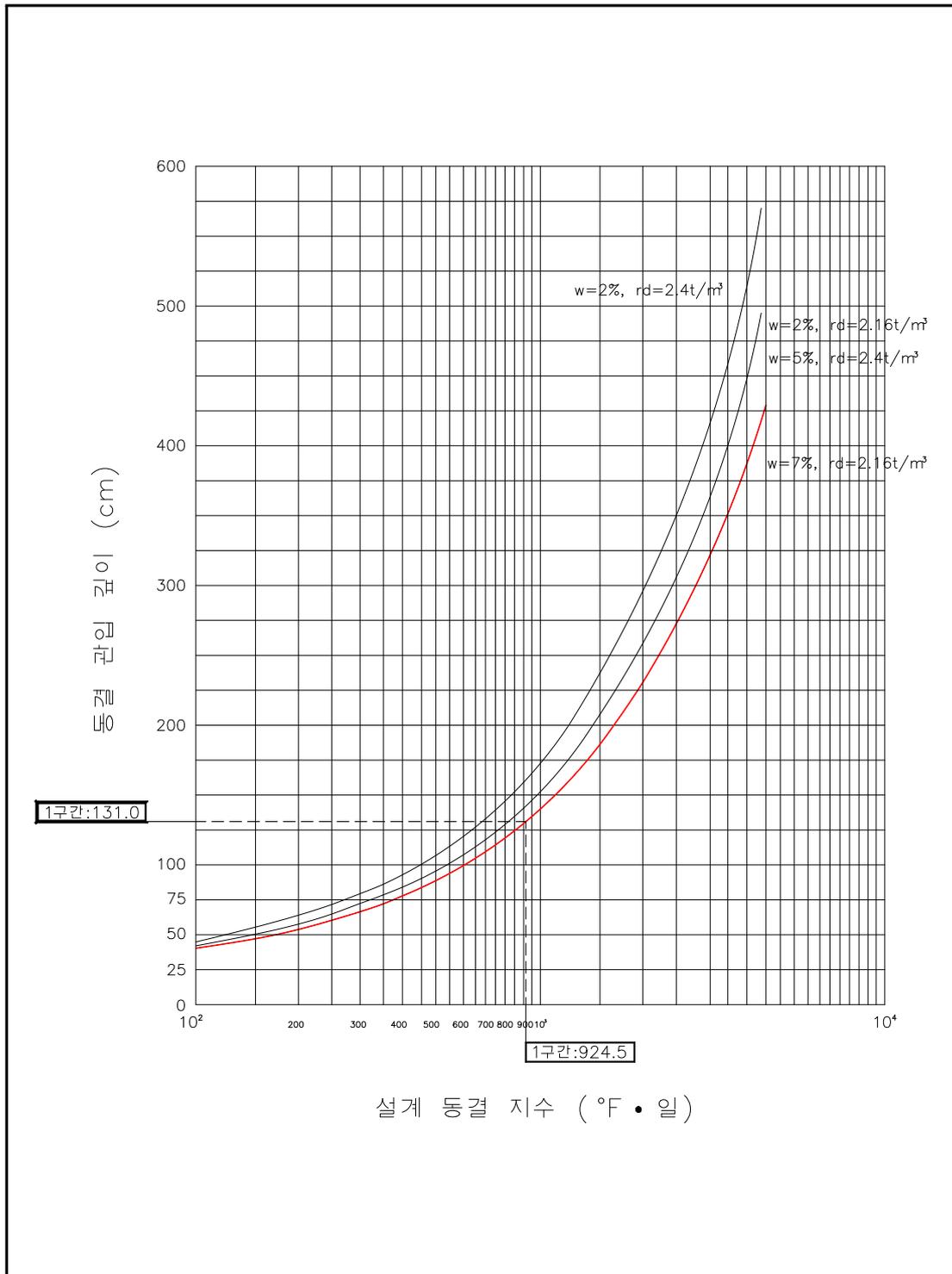
(나) 본 구간의 설계동결심도는 노상동결 관입허용법에 의해 산정된 값을 적용하였다.

적용 측후소	완전 방지법	노상동결 관입허용법	국립건설 연구소식	설계적용 동결심도	비 고
이 천	131.0cm	98.0cm	109.8cm	98.0cm	

측후소 및 농업 기상관측본실 동결지수 및 동결기간 현황

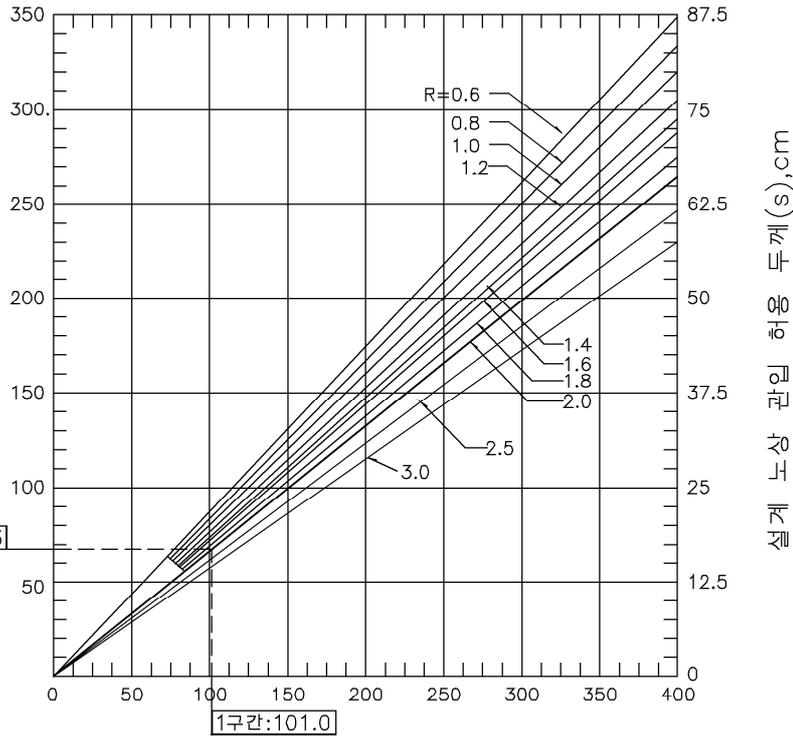
측후소	지반고 (m)	동결지수 (°F일)	동결기간 (일)	측후소	지반고 (m)	동결지수 (°F일)	동결기간 (일)
속초	17.6	327	66	합천	32.1	347	62
대관령	842.0	1573	127	거창	224.9	501	74
춘천	74.0	970	92	영천	91.3	428	64
강릉	26.0	301	57	구미	45.5	501	76
서울	85.5	686	80	익성	73.0	765	78
인천	68.9	638	78	영덕	40.5	250	57
원주	149.8	1103	94	문경	172.1	503	55
울릉도	221.1	233	32	영주	208.0	752	57
수원	36.9	843	79	성산포	17.5	-	-
충주	69.4	951	89	고흥	60.0	150	49
서산	26.4	564	76	해남	22.1	185	49
울진	49.5	219	57	장흥	43.0	234	52
청주	59.0	741	78	순천	74.0	324	64
대전	67.2	572	68	남원	89.6	490	67
추풍령	245.9	547	78	정읍	40.5	403	61
포항	2.5	177	52	임실	244.0	757	86
군산	26.3	351	61	부안	7.0	440	61
대구	57.8	290	54	금산	170.7	671	77
전주	51.2	420	61	부여	16.0	594	74
울산	31.5	150	46	보령	15.1	459	76
광주	73.9	255	55	천안	24.5	730	78
부산	69.2	89	27	보은	170.0	831	76
통영	25.0	67	27	제천	264.4	1098	91
목포	36.5	136	33	홍천	141.0	1144	98
여수	67.0	112	31	인제	199.7	1106	91
완도	37.5	69	26	이천	68.5	920	89
제주	22.0	7	3	양평	49.0	1115	91
남해	49.8	268	38	강화	46.4	875	89
거제	41.5	94	39	진주	21.5	239	51
산청	141.8	255	49	서귀포	51.9	-	-
밀양	12.5	324	62				

설계 동결지수도(°F·일)



노상동결관입 허용법에 의한 설계비동결성재료층 두께 결정 도표

설계 비동결성 재료층 (보조기층, 선택층) 두께 (b), cm



노상동결관입깊이가 0일때 비동결재료층 (보조기층, 선택층) 깊이 (C), cm



a = 노상 동결 관입을 허용하지 않는 비동결성 재료층과 역정재료층 두께의 합

$$c = a - p$$

W_b = 비동결성 재료층 (보조기층, 선택층)의 함수비

W_s = 노상 토 함수비

$$r = \frac{W_s}{W_b} \text{ 중차량 통행지역 } \leq 2.0$$

$$\text{저교통량 통행지역 } \leq 3.0$$

④ 설계교통하중

가. 18Kips 등가 단축하중 환산계수(최중서비스지수 Pt=2.5)

(가) 본 과업 적용 8.2ton 단축하중 환산계수 (콘크리트 포장 슬래브 두께 산정기준 검토, 설계삼 16210-512, '97.10.17)

차중구분	승용차	버 스		트 렉			비 고
		소 형	대 형	소 형	중 형	대 형	
콘크리트	0.0001	0.0004	1.043	0.015	0.795	2.516	D=288.8~291.4mm

(나) 상기 18Kips 단축하중 환산계수에 의해 산정되어진 18Kips 누가 등가단축 하중은 <8.2ton 등가 단위하중 누가교통량(강성)>표와 같으며 설계 목적을 위한 설계차로 교통하중을 아래와 같이 선정하였다.

나. 설계차로 교통하중

$$D_{TN} = W_{18} \times D_D \times D_L$$

여기서 D_{TN} = 설계차로 교통하중

W_{18} = 누가 18Kips 등가단축 하중 교통량

D_D = 방향별 분포계수(0.50)

D_L = 차로별 분포계수(0.80)

(가) 방향별 분포계수(D_D) : 방향별 분포계수 설정에 있어서 도로의 용량 검토시에는 도로 시설 규모 산정을 위하여 시간별 peak특성을 고려한 0.55를 적용하는 것이 바람직하며 포장계산시에는 공용기간(20년) 누계교통량으로서 시간별 peak 특성을 적용하지 않으므로 방향별 분배계수(D_D)는 0.5를 적용하였다.

(나) 차로별 분포계수(D_L)

일방향차로수	분 배 계 수(%)		적 용	비 고
	현 행	AASHTO		
1	100	100	100	
2	80	80~100	80	본선적용
3	60	60~80	60	
4	50	50~75	50	

(다) 차로당 환산누계 교통량 산정결과-구간별 교통하중 (공용개시후 20년)

구 간	포장형태	계획년도	일교통량 (대/일)	환산누계 교통량(10 ⁶)	설계차로 교통 하중 PTN (10 ⁶)	비 고
이천1 ~이천2	콘크리트	2,032	66,495	133.356	53.342	4차로

☑ 이천1 ~ 이천2 구간 교통량

(단위:대/일)

구 분	승용차	버 스			화 물 차			특 수	총 계	비 고
		소 형	대 형	소 계	소 형	보 통	대 형			
2013	25,627	3,146	1,998	5,144	86	10,381	1,621	442	43,301	개통년도
2014	26,635	3,220	2,027	5,247	89	10,697	1,651	450	44,769	
2015	27,682	3,296	2,056	5,352	92	11,023	1,682	458	46,289	
2016	28,770	3,374	2,085	5,459	95	11,359	1,713	466	47,862	
2017	29,901	3,454	2,115	5,569	98	11,704	1,745	475	49,492	
2018	30,740	3,498	2,126	5,624	99	11,932	1,760	479	50,634	
2019	31,603	3,542	2,137	5,679	100	12,164	1,775	483	51,804	
2020	32,490	3,587	2,148	5,735	101	12,401	1,790	487	53,004	
2021	33,402	3,632	2,159	5,791	102	12,642	1,805	491	54,233	
2022	34,339	3,678	2,170	5,848	105	12,888	1,821	496	55,497	공용10년
2023	35,190	3,711	2,176	5,887	106	13,098	1,833	499	56,613	
2024	36,062	3,744	2,182	5,926	107	13,311	1,846	502	57,754	
2025	36,956	3,778	2,188	5,966	108	13,528	1,859	505	58,922	
2026	37,872	3,812	2,194	6,006	109	13,748	1,872	508	60,115	
2027	38,811	3,846	2,202	6,048	108	13,972	1,884	513	61,336	공용15년
2028	39,578	3,874	2,207	6,081	108	14,154	1,894	516	62,331	
2029	40,361	3,902	2,212	6,114	108	14,338	1,904	519	63,344	
2030	41,159	3,930	2,217	6,147	108	14,524	1,914	522	64,374	
2031	41,973	3,958	2,222	6,180	108	14,713	1,924	525	65,423	
2032	42,803	3,987	2,228	6,215	110	14,904	1,935	528	66,495	목표년도

☑ 8.2ton 등가 단위하중 누가교통량(강성)

구 분	승용차	버 스		화 물 차			특수	계	년간환산 교통량 x 10 ⁶	년간환산 누가 교통량 x 10 ⁶	누가 설계차 로 교통량 x 10 ⁶
		소형	대형	소형	보통	대형					
ESALF	0.0001	0.0004	1.0430	0.0150	0.7950	2.5160	2.4820				
2013	3	1	2,084	1	8,253	4,078	1,097	15,517	5.664	5.664	2.266
2014	3	1	2,114	1	8,504	4,154	1,117	15,894	5.802	11.465	4.586
2015	3	1	2,144	1	8,763	4,232	1,137	16,282	5.943	17.408	6.963
2016	3	1	2,175	1	9,030	4,310	1,157	16,677	6.087	23.496	9.398
2017	3	1	2,206	2	9,305	4,390	1,179	17,086	6.236	29.732	11.893
2018	3	1	2,217	2	9,486	4,428	1,189	17,326	6.324	36.056	14.422
2019	3	1	2,229	2	9,670	4,466	1,199	17,570	6.413	42.469	16.988
2020	3	1	2,240	2	9,859	4,504	1,209	17,818	6.503	48.973	19.589
2021	3	2	2,252	2	10,050	4,541	1,219	18,069	6.595	55.568	22.227
2022	3	2	2,263	2	10,246	4,582	1,231	18,329	6.690	62.257	24.903
2023	4	2	2,270	2	10,413	4,612	1,239	18,539	6.767	69.024	27.610
2024	4	2	2,276	2	10,582	4,645	1,246	18,755	6.846	75.870	30.348
2025	4	2	2,282	2	10,755	4,677	1,253	18,974	6.926	82.796	33.118
2026	4	2	2,288	2	10,930	4,710	1,261	19,196	7.007	89.802	35.921
2027	4	2	2,297	2	11,108	4,740	1,273	19,425	7.090	96.892	38.757
2028	4	2	2,302	2	11,252	4,765	1,281	19,607	7.157	104.049	41.620
2029	4	2	2,307	2	11,399	4,791	1,288	19,792	7.224	111.273	44.509
2030	4	2	2,312	2	11,547	4,816	1,296	19,977	7.292	118.565	47.426
2031	4	2	2,318	2	11,697	4,841	1,303	20,166	7.360	125.925	50.370
2032	4	2	2,324	2	11,849	4,869	1,311	20,359	7.431	133.356	53.342

⑤ 설계 C.B.R 및 노상지지력

가. 포장구조의 설계인자인 노상 반력 계수는 시험굴 조사시에 채취된 시료에 대한 실내 C.B.R 시험(KSF 2320)에 의해 산정한다.

나. 조사 C.B.R을 이용하여 설계 CBR 및 노상지지력 계수를 구하였다.

(가) 콘크리트 포장 : 설계 C.B.R → 노상 지지력계수, K_c

(나) 아스팔트 포장 : 설계 C.B.R → 노상 지지력계수, S

다. 조사 C.B.R

번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	평균	비고
C.B.R	11.9	10.3	13.0	9.5	9.0	8.0	-	-	-	-	-	-	10.3	

라. 조사된 CBR치 사용여부 판정 : 상기 값으로부터 설계 C.B.R 값의 사용 여부 판정은 다음과 같다.

개수(m)	3	4	5	6	7	8	9	10이상
γ	0.941	0.765	0.642	0.560	0.507	0.468	0.437	0.412

(가) 최대치에 의한 판정

$$\text{판정식 } \gamma = \frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_1}$$

구 분	계 산	판 정
이천	$r = \frac{13.0 - 11.9}{13.0 - 8.0} = 0.220 < 0.560$	O.K

(나) 최소치에 의한 판정

$$\text{판정식 } \gamma = \frac{X_2 - X_1}{X_n - X_1}$$

구 분	계 산	판 정
이천	$r = \frac{9.0 - 8.0}{13.0 - 8.0} = 0.200 < 0.560$	O.K

(다) 설계 CBR 산정

설계 CBR 계산용 계수

개수(n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10이상
d2	1.41	1.91	2.24	2.48	2.67	2.83	2.96	3.08	3.18

$$\text{설계 CBR} = \text{평균 CBR} - \frac{CBR_{\text{최대치}} - CBR_{\text{최소치}}}{d_2}$$

구 분	계 산	설계CBR
이천	$\text{설계CBR} = 10.3 - \frac{13.0 - 8.0}{2.67} = 8.42\%$	10.00 (시방서 기준값 적용)

라. 합성 노상지지력계수 (K) : '86 AASHTO에 제시된 기초 방정식을 이용하여 흙쌓기(다짐도 95% 이상)와 동상방지층, 동상방지층과 링크크리트 각각의 복합 K치를 구하여 산정한다.

(가) 동상방지층 상단의 K값 산정

- 흙쌓기(다짐도 95% 이상)의 K값 결정 : 흙쌓기(다짐도 95% 이상)의 시방 규정값과 「CBR과 K값의 상관도표」에 의한 값 중 큰 값을 노상의 K값으로 한다.
 - o 시방 규정값

$$K_{30} = 15 \text{kgf/cm}^2 \text{ 이상}$$

$$K_{75} = \frac{1}{2.2} \times 15 \text{kgf/cm}^2 = 6.818 \text{kg/cm}^2 = 246 \text{PCI}$$

- o 「C.B.R과 K값의 상관도표」

C.B.R 10.0 일 때 $K = 5.6 \text{kg/cm}^2 = 202 \text{PCI}$

- o K값의 결정

∴ $K = 246 \text{ PCI}$

- 흙쌓기(다짐도 95% 이상)의 동탄성 계수(M_R)

- o AASHTO Guide 에서는 K값과 M_R 과의 관계식을 다음과 같이 추정하였다.

$$K = M_R / 24.0$$

- o 따라서, $M_R = 246 \times 24.0 = 5,904 \text{ PSI}$

- 동상방지층 상단의 합성K값 : 지지력계수(합성 K)를 구하기 위하여 ' 86 AASHTO에 서는 다음과 같은 기초방정식을 제시하였다.

$$\ln k = -2.807 + 0.1253 \times (\ln D_{SB})^2 + 1.062 \times \ln M_R + 0.1282 \times \ln D_{SB} \times \ln E_{SB} - 0.4114 \times \ln D_{SB} - 0.0581 \times \ln E_{SB} - 0.1317 \times \ln D_{SB} \times \ln M_R$$

○ 동상방지층 상단의 합성 K값

구 분	휨쌍기(다짐도 95% 이상) 반력계수(K)	휨쌍기(다짐도 95% 이상)의 MR	D _{SB} (동상방지층의 두께)	E _{SB} (동상방지층의 탄성계수)	비 고
	246PCI	5,904PSI	20.87inch (53cm)	15,000PSI	

$$\begin{aligned} \ln k &= -2.807 + 0.1253 \times (\ln 20.87)^2 + 1.062 \times \ln 5,904 \\ &\quad + 0.1282 \times \ln 20.87 \times \ln 15,000 - 0.4114 \times \ln 20.87 \\ &\quad - 0.0581 \times \ln 15,000 - 0.1317 \times \ln 20.87 \times \ln 5,904 \\ &= 6.034 \end{aligned}$$

∴ K = e^{6.034} = 417 PCI

- 링크콘크리트 상단의 K값

○ 동상방지층 상단의 합성 K값

K = 417PCI

○ 동상방지층 동탄성계수

M_R = K × 24 = 417 × 24 = 10,008PSI

○ 링크콘크리트 상단의 합성 K치

구 분	동상방지층의 반력계수(K)	동상방지층의 동탄성계수(MR)	D _{SB} (링크콘크리트의 두께)	E _{SB} (링크콘크리트의 탄성계수)	비 고
	417PCI	10,008PSI	5.91 inch (15cm)	2.0 × 10 ⁶ PSI	

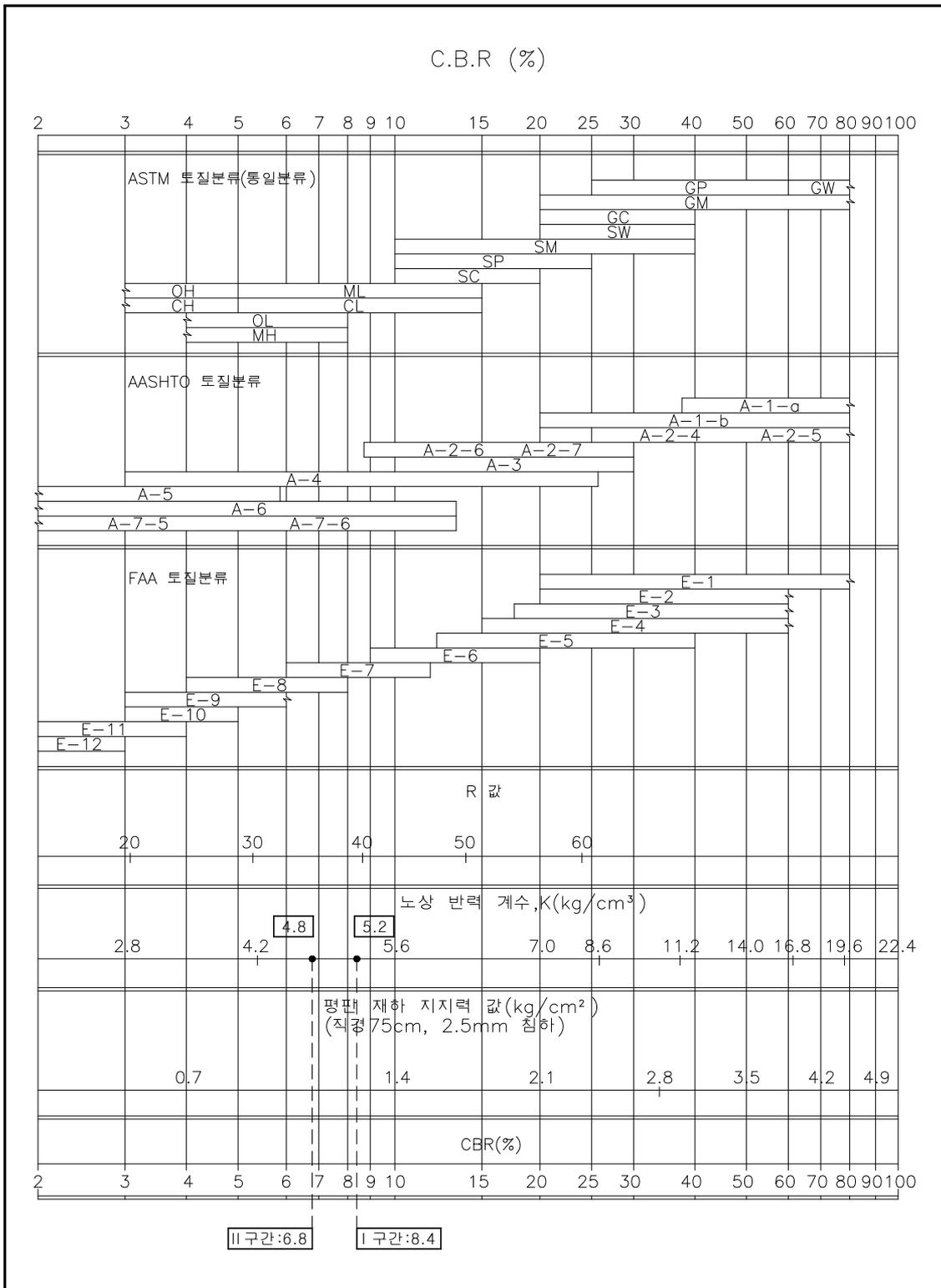
$$\begin{aligned} \ln k &= -2.807 + 0.1253 \times (\ln 5.91)^2 + 1.062 \times \ln 10,008 \\ &\quad + 0.1282 \times \ln 5.91 \times \ln 2,000,000 - 0.4114 \times \ln 5.91 \\ &\quad - 0.0581 \times \ln 2,000,000 - 0.1317 \times \ln 5.91 \times \ln 10,008 \\ &= 6.946 \end{aligned}$$

∴ K = e^{6.946} = 1,039 PCI

- 결과요약

구 분	노상반력 계수(K)	동탄성계수 (M _R)	재료층두께 (D _{SB})	탄성계수 (E _{SB})	합 성 KC 값	비 고
동상방지층	246PCI	5,904PSI	20.87inch (53cm)	15,000PSI	417PCI	노상+ 동상방지층
링크콘크리트	417PCI	10,008PSI	5.91inch (15cm)	2.0×10 ⁶ PSI	1,039PCI	동상방지층+ 링크콘크리트

토질분류와 노상 반력계수 상관관계



- ⑥ 포장단면설계 : 시멘트 콘크리트 포장의 단면 설계는 공용기간을 20년으로 하여 콘크리트 포장 슬래브 두께 산정표를 이용하는 방법과 경험적 공용방정식에 의하여 산출하는 방법을 비교하여 인접 공구의 포장단면의 연계성 및 시공성, 유지관리의 효율성을 고려하여 결정하였다.

가. 콘크리트 포장설계 요소

(가) 설계차로 교통 하중 W'_{18}

$$W'_{18} = 53.342 \times 10^6 \text{ (2032년 기준)}$$

(나) 콘크리트의 힘강도 $S_c = 640\text{PSI}$

(다) 콘크리트 허용응력 $S'_c = 640 \times 0.75 = 480\text{PSI}$ (안전율 $C=75\%$)

- 콘크리트의 탄성계수 $E_c = 4.0 \times 10^6 \text{PSI}$

- 최종 서비스 지수 $P_t = 2.5$

- 하중 전달 계수 $J = 2.9$

- 린콘크리트 상단의 합성 K치 : 1,039PCI

나. 경험적 공용방정식에 의한 방법

$$\log(W'_{18}) = 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{Gt}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32Pt) \times \log \left[\frac{S'_c \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times \left\{ D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{Kc}\right)^{0.25}} \right\}} \right]$$

여기서,

W'_{18} : 설계차로에 대한 18Kips 누가 등가단축하중 교통량

P_t : 최종 서비스 지수 (2.5 적용)

J : 하중전달계수 (2.9 적용)

E_c : 콘크리트의 탄성계수 (PSI) ($2.8 \times 10^5 \text{kg/cm}^2 = 4.0 \times 10^6 \text{PSI}$ 적용)

Kc : 린콘크리트 상단의 합성 K치

D : 포장슬래브 두께 (inch)

S'_c : 콘크리트의 허용응력 (PSI) ($640 \times 0.75 = 480\text{PSI}$ 적용)

Gt : $\log \left(\frac{4.5 - Pt}{4.5 - 1.5} \right)$

- 두께산정

구분	2032년	비고
단축하중환산 교통량 ($\times 10^6$)	53.342	설계차로 교통하중
$\log_{10} W_{8.2}$	7.727	
Kc(Pci)	1,039	
슬래브 두께	30cm	11.01inch

- 2032년

○ $\log W_{8.2} = \log(53.342 \times 10^6) = 7.727$

○ $7.727 = 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{-0.176}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}}$

$+ (4.22 - 0.32 \times 2.5) \times \log_{10} \left[\frac{480 \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times 2.9 \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{4,000,000}{1,039})^{0.25}})} \right]$

$\therefore D = 11.01 \text{ in} \approx 27.97 \text{ cm}$

다. 포장두께 산정

(가) 콘크리트 포장 슬래브 두께 산정결과 경험적 공용 방정식에 의한 두께가 27.97cm로 산정

(나) 콘크리트 슬래브 두께는 「콘크리트 포장 슬래브 두께 및 동상방지층 설계적용방안 검토」(한국도로공사, 2009. 6)의 결과를 적용하여 본 과업 구간의 콘크리트 슬래브 두께를 30.0cm로 결정

범 위	적 용 (cm)	비 고
11inch(27.9cm) 이하	28	
11inch(27.9cm) ~ 12inch(30.5cm)	30	적 용
12inch(30.5cm) 초과	33	

라. 결 론

(가) 포장설계 현황

구 분		포장현황	비 고
연 장(km)		5km	
중 결 심 도(cm)		98	
적 용 측 후 소		이 천	
장래교통량 (양방향대/일)		66,495	2032년 기준
포 장 두 께 (cm)	콘크리트슬래브	30	
	린콘크리트	15	
	동상방지층	53	
	계	98	

(나) 포장단면 구성

