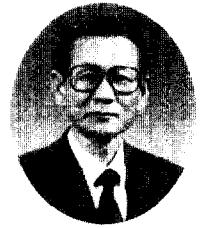


콘크리트 도로 포장의 설계와 시공
콘크리트 포장의 기초이론과 설계기법

Basic Theory and Design Method for the Thickness of
 Concrete Pavement



남영국*

〈편집자 주〉

현재 도로 포장의 종류는 크게 아스팔트 콘크리트 포장과 시멘트 콘크리트 포장으로 구분되는데 이들을 간단히 줄여서 아스팔트 포장과 콘크리트 포장 또는 연성포장과 경성포장으로 부르고 있다. 현재 국내에서는 아스팔트 포장의 비중이 절대적으로 높은 실정이나, 외국에서는 상대적으로 콘크리트 포장이 큰 비중을 차지하고 있어서 국내에서도 콘크리트 포장의 건설이 날로 증가하고 있으며, 특히 고속도로에서는 그 중요성이 매우 크다고 할 수 있다.

아스팔트 포장은 재료와 공법이 갖고 있는 여러 가지 장점들로 인하여 전세계적으로 매우 널리 사용되고 있는 포장형식이다. 그러나 최근에는 증가하는 교통량과 중차량으로 인하여 손상이 가속화되고 있기 때문에, 이러한 문제를 해결하고자 하는 많은 노력 가운데 하나로서 아스팔트보다 강도와 강성이 높은 콘크리트를 이용한 포장이 많이 연구, 건설되고 있다. 초기에는 건설공법과 장비의 미비 등으로 인하여 콘크리트 도로는 골목길용이라는 인식이 널리 퍼져 있었으나, 지금은 오히려 가장 고급도로인 고

속도로에서 가장 많이 사용되고 있는 고품질의 도로로 인식되고 있다. 지난 100년이 아스팔트 포장의 시대였다면, 앞으로의 100년은 콘크리트 포장의 시대가 될 것으로 예측된다. 이는 현재의 기술로는 증가하는 교통하중에 의한 파손을 아스팔트의 물성 개선 등을 통해서 방지하기가 쉽지 않기 때문이다.

금번 특집호에서는 콘크리트 도로포장의 설계와 시공이라는 주제 하에 도로 포장 분야의 연구와 실무, 교육에 종사하시는 전문가 분들을 모시고 콘크리트 포장의 기본 이론과 설계 및 시공, 유지관리 등 콘크리트 포장 전반에 대한 내용을 소개하고자 하였다. 콘크리트 포장 자체만으로도 해결해야만 하는 무수히 많은 과제와 주제들이 있는 광범위한 내용이 있으나 본 특집에서는 제한된 지면 때문에 콘크리트 포장에 관한 상당히 개괄적인 내용만을 소개하는데 그치고 있다. 따라서 좀더 자세한 내용에 관심이 있으신 분은 각 저자에게 직접 문의를 하거나, 이 분야의 전문서적을 참조해야 할 것이다.

(특집주관 : 아주대학교 토목공학과 교수 한만엽)

* 성회원, 인천대학교 토목공학과 교수

1. 서 언

지반에 차량하중이 직접 전달되면 그 하중이 큰 경우에는 흠이 가지고 있는 허용강도를 넘어 결국에는 전단파괴가 일어나 차량주행이 불가능하게 된다.

따라서 비포장도로인 경우에는 차량하중을 지지할 수 있는 허용강도가 짧은 모래섞인 자갈질 흙을 많이 사용하였다. 이것은 지반이 가지고 있는 고유한 허용강도 이하로 차량의 하중을 분산시키고 반복주행으로 인한 파손을 방지하기 위함이다. 그러나 18세기중엽 산업혁명이후 불불교환으로서 육로수송이 발달함에 따라 포장방법이 등장하게 되었다. 시멘트 콘크리트 포장을 사용하기 시작한 연대는 1870년대부터 영국, 프랑스, 독일, 미국등지에서 시공하기 시작하였다. 콘크리트 포장이 본격적으로 채용된 시기는 미국에서 제1차 세계대전(1914~1918년)을 전후하여 교통량의 증가와 하중증가가 원인이 되었다. 경질고무타이어를 사용한 군용트럭의 적층은 포장파손을 촉진시켰으며 이로인한 포장구조나 설계에 대한 기술적인 고찰이 요구되었다. 이론적으로는 1919년에 제안한 Older의 우각공식과 1926년 Westergaard에 의해 제안된 콘크리트포장판을 단성지반위에 판으로 취급한 이론적 해석 연구가 발표되었다.

지반위에 강성판이 놓이고 그 위에 차량하중이 분포되므로 포장체의 구조적인 해석이나 또는 차량하중이 판의 위치(우각부, 중심부, 연부)에 따라 분포하중에 따라 발생하는 판의 응력에 대해 Spangler, Pickett, Kelly, Thomlinson등의 공식을 제안하였다. 1950년에는 Maryland 도로시험을 통하여 McMahon 연구결과와 지금까지 이론적인 배경과 도로시험을 통한 통계적인 자료를 근거로 1980년대 초기에는 Irwin, McCullough, Hudson등 여러학자들이 콘크리트판에 발생하는 응력에 대하여 민위와 거동 및 콘크리트 탄성적 물성에 관한 연구결과를 발표하였으며, 1986년에는 AASHTO(America Association of State Highway an Transportation Officials)에 콘크리트포장의 개칭설계법을 발표하였다.

2. 콘크리트포장의 특징

포장은 서로 다른 재료로 층을 구성하고 있기 때문에 층구조라고 지칭한다. 콘크리트포장과 아스팔트포장을 이 층구조라고 볼 때 하중에 대한 거동은 매우 다른 점이 있다. 콘크리트포장의 경우 콘크리트판은 그 아래 보조기층이나 노상과 비교하여 강성(剛性)이 매우 크다. 이러한 경우 하중이 견고한 콘크리트판은 슬래브쿠션에 의하여 지지되고 보조기층과 노상의 하중부담은 적다. 이러한 콘크리트포장은 콘크리트판의 휨강성에 의하여 하중을 지지하므로 강성포장(剛性鋪裝)이라 부른다. 한편 아스팔트포장의 경우 아스팔트 혼합물은 강성이 적기 때문에 하중을 분산시키는 기능도 적다. 따라서 하중에 대한 보조기층, 노상의 부담은 크게 되어 지인적으로 탄성체가 아닌 지반을 통하여 지점변형이 커질 수 밖에 없다. 그러나 아스팔트 포장은 유연한 성질이 있기 때문에 이 가요성(明靱性)처짐에 순응할 수가 있다. 그리하여 아스팔트 포장을 가요성포장이라 한다. 이와같이 콘크리트포장과 아스팔트포장은 단순히 재료가 다르다는 것만이 아니고 하중을 지지하는 메커니즘이 다르기 때문에 포장으로서 여러 가지 성질이 서로 다른 점이 많다. 아스팔트 포장과 비교하여 콘크리트포장의 특성을 열거하면 아래와 같다.

- (1) 중교통(重交通)에 견디며 아스팔트포장과 같이 마취자국이나 유동성이 없다.
- (2) 시공적후의 평탄성은 아스팔트포장이 우수하나 공용후에는 노면이 변형하여 평탄성이 나쁜 경우가 많다. 콘크리트포장은 시공이 까다로우며 줄눈부의 결합이 단섬이나 장기간에 걸쳐 공용후에도 평탄성이 유지된다.
- (3) 동기(冬期)에 타이어 체인이나 스와이크 타이어에 의한 마모에 대하여 강하고 그 마모량도 아스팔트포장에 비하여 높지하다.
- (4) 야간통행이나 터널내 통행시 시야가 밝아 운전 에 도움을 준다.
- (5) 노면마찰저항은 초기에는 콘크리트포장이 크나 공용후 아스팔트포장과 거의 비슷하다.
- (6) 교통소음은 아스팔트포장에 비해서 높다.
- (7) 포장건설비는 아스팔트포장에 비해서 초기투자 크나 대형교통이 많은 도로에서는 유지

관리비를 고려할 때 콘크리트포장이 경제적이다.

3. 포장의 설계이론

3.1 재료 Model화 이론

윤하중 재하시 포장체 임의의 점에 일어나는 응력, 변형, 변위등을 구하거나 재료의 거동특성을 검토할 때 적용하는 기초이론이다.

포장체 구조해석에는 많은 경우 선형탄성이론에 의한 해석과는 다르게 나타난다. 포장을 구성하는 재료가 아스팔트혼합물, 시멘트콘크리트, 모래자갈, 노상흙등의 거동이 탄성과 함께 소성 또는 점성으로 나타나기 때문에 복잡한 조합으로 나타난다. 이러한 역학적인 현상을 이론적으로 접근하기에는 사실상 불가능하며 실용상으로 어느 정도 간소화한 이론으로 접근하고 있다.

탄성은 응력과 변형률 비를 시간과는 상관없이 항상 일정하며 Hook의 법칙이 성립한다.

$$k = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

여기서 k : 탄성율(고유상수)

σ : 응력 ϵ : 변형률

점성은 물체에 외력이 작용하면 변형이 계속 일어나며 이를 유동이라 한다. 그 변형의 정도는 변형의 속도에 따라 다르다. 즉, 외력과 변형속도와의 비는 일정하다.

$$\eta = \frac{\sigma'}{\dot{\epsilon}}$$

여기서 η : 점성율 σ' : 응력 $\dot{\epsilon}$: 변형 속도

소성(Plasticity)은 어느 물체가 항복값 이하의 외력에 대해서는 탄성적인 거동을 나타내나 그 이상의 외력에서는 점성유체와 같이 유동한다. 즉 외력을 제거하여도 원상태로 복원되지 않고 변형이 잔류한다. 아스팔트 혼합물의 소성유동은 대표적인 재료이다.

점탄성(Visco elasticity)이란 탄성과 점성 양자를 겸비한 성질을 말한다. 흙이나 입상재료는 하중에 의해서 변형을 일으킨 경우 하중을 제거하여도 원상태로 복원되지 않고 잔류변형을 일으킨다. 그러나 많은 경우 그 양을 무시하고 탄성적 거동으로 해석하고

있다. 아스팔트 혼합물은 저온시에는 탄성적 거동이 우수하나 고온시에는 점성적 거동을 하고 있다. 이러한 거동을 모델화하여 해석하였다.

기본적인 조합조합은 2가지 형이 있다.

(1) 탄성요소와 점성요소의 직렬결합형

일명 Maxwell model이라 하며 시간경과와 함께 변위량은 증가하며 하중을 제거한 후에도 일정량의 변형이 잔류한다.

이러한 관계식은 다음과 같다.

$$\epsilon = \frac{1}{E}\sigma + \frac{1}{\eta}\sigma t \quad (1)$$

여기서 ϵ : 변위량 E : 탄성계수

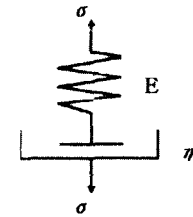


그림 1 Maxwell 모델

σ : 응력 t : 시간

(2) 탄성요소와 점성요소의 병렬결합형

Kelvin model 이라고도 한다.

병렬 점탄성모델은 장시간 관측하면 완전히 탄성적이다. 그러나 내부마찰이 있으므로 이상적인 탄성은 아니며 어느 정도의 시간의 지연이 유발된다. 이 현상을 지연탄성이라고도 하며 관계식은 아래와 같다.

$$t = 0 \sim t_1$$

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} (1 - e^{-\frac{t}{\eta}}) \quad (2)$$

$$t = t_1 \sim \infty$$

$$\epsilon = \epsilon_1 e^{-\frac{t}{\eta}} \quad (3)$$

2가지 기본 모델을 각각 조합하여 포장체의 거동 특성을 가능케 하였다. Burgers는 조합모델로서 제안하였으며 각 요소(E, E_2 또는 η, η_2)는 아스팔트 혼합물의 안정성이나 소성변형에 대한 저항성등의 중요한 성질을 점성적으로 나타내고 있다.

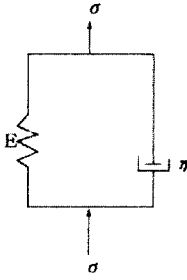


그림 2 Kelvin model

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_1} + \frac{\sigma}{E_2} (1 - e^{-\frac{E_2}{\eta_1} t}) + \frac{1}{\eta_1} \sigma t \quad (4)$$

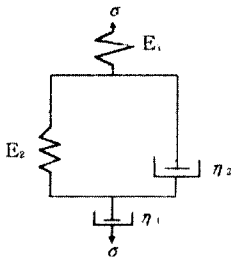


그림 3 Burgers model

3.2 역학적 기초이론

일반적으로 표면에 하중이 작용하는 경우 지반내 응력에 관한 연구로서는 Boussinesq를 시작으로 Burmister, Hogg, Foster 등 많은 학자들이 해석하였다. 19세기 탄성학의 최대 권위자인 Saint Venant의 제자인 J.V. Boussinesq(1842~1929)는 반무한 탄성체 표면에 집중하중이 작용할 때 임의 점에 대한 응력과 변형을 해석하였다. 그림 4에서 집중하중 P가 지표면에 작용할 때 지반내의 A점에 작용하는 응력은 오른쪽식과 같다(지반자중무시).

수직응력(σ_z)

$$\sigma_z = \frac{3P}{2\pi z^3} \cos^5 \phi = \frac{3P}{2\pi} \frac{z^3}{(r^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} \quad (5)$$

반경방향 수평응력(σ_r)

$$\begin{aligned} \sigma_r &= \frac{P}{2\pi z^2} \left[3\cos^3 \phi \sin^2 \phi - (1-2\mu) \frac{\cos^2 \phi}{1+\cos \phi} \right] \quad (6) \\ &= \frac{P}{2\pi} \left[\frac{3r^2 z}{(r^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} - \frac{1-2\mu}{r^2 + z^2 + z(r^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}} \right] \end{aligned}$$

침전방향 수평응력(σ_θ)

$$\begin{aligned} \sigma_\theta &= -\frac{P}{2\pi z^2} (1-2\mu) \left[\cos^2 \phi - \frac{\cos^2 \phi}{1+\cos \phi} \right] \quad (7) \\ &= -\frac{P}{2\pi} (1-2\mu) \left[\frac{z}{(r^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{r^2 + z(r^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}} \right] \end{aligned}$$

전단응력(τ_{rz})

$$\tau_{rz} = \frac{3P}{2\pi z^2} \cos^4 \phi \sin \phi = \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{r z^2}{(r^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} \quad (8)$$

여기서 μ : 포아송비

또한 그림 4에서 원형등분포하중을 고려하면 반경 a의 등분포하중에서 반경 r의 미소분의 하중크기(P)는

$$P = p \cdot r \cdot d\theta \cdot dr \quad (9)$$

로 나타낼 수 있다. 따라서 Boussinesq의 기본식 (5)에 식 (9)를 대입하면

$$\begin{aligned} \sigma_z &= \int_{r=0}^a \int_{\theta=0}^{2\pi} \frac{3p \cdot r \cdot d\theta dr}{2\pi} \cdot \frac{z^3}{(r^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} \quad (10) \\ &= 3p \int_0^a \frac{z^3 r}{(r^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} dr \end{aligned}$$

위의 식을 정리하면

$$\sigma_z = p \left[1 - \frac{z^3}{\sigma^3} \right] \quad (11)$$

x축과 y축에 대해서 다음과 같이 주어진다.

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{p}{2} \left[1 + 2\mu - \frac{2(1+\mu)z}{\rho} + \frac{z^3}{\rho^3} \right] \quad (12)$$

또한 최대전단력은 식 (13)과 같다.

$$\tau_{max} = \frac{p}{2} \left[\frac{1}{2}(1-2\mu) + \frac{(1+\mu)z}{(a^2+z^2)^{3/2}} - \frac{z^3}{2(a^2+z^2)^2} \right] \quad (13)$$

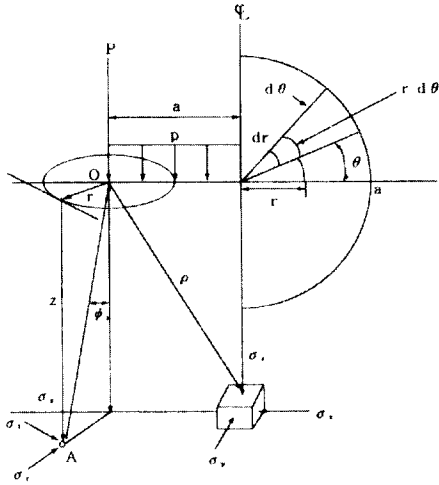


그림 4 원형좌표와 원형등분포재하시 지반응력

그 이후 Burmister(1943)는 탄성조건, 경계 및 연속조건에 맞게 구조내부의 가장을 세워 2층 이론에 대하여 응력과 변위에 대한 일반식을 제안하였다.

3.3 콘크리트포장판에 발생하는 응력

콘크리트포장판에는 ① 교통하중 ② 온도변화 ③ 함수량변화 ④ 노상이나 보조기층의 체적변화등에 의한 응력이 발생한다. 교통하중은 콘크리트판에 대해서 상하방향의 압축응력 및 판의 횡방향의 휘응력과 하중과는 상관없이 판의 상하면의 온도차이로 인한 휘응력이 발생한다. 포장판은 두께에 비해서 면적이 크므로 기온변화에 의한 영향으로 온도응력이 발생한다. 이러한 온도조건에 따라서 판내부에 주기적인 온도응력이 일어나며 온도응력을 엄밀하게 계산하기에는 매우 복잡하나 그 원인은 아래와 같이 크게 나눌 수 있다.

가. 내부응력

나. 굽음구속응력

다. 신축구속응력 | 마찰응력
 단부구속응력

또한 온도변화와 같이 함수량이 변화하는 경우에도 체적변화를 일으킨다. 실제로 도로의 함수량 변화

는 경우, 지하수위, 배수조건등에 따라서 각각 다르며 따라서 함수량 변화로 인한 응력도 장소, 시간에 따라 복잡하게 변화한다.

가. 하중응력

하중응력은 콘크리트포장판의 재하위치가 어느 부위냐에 따라 응력의 크기가 각각 다르다. 응력의 크기는 우각부(연부(단부))중앙부의 순으로서 우각부가 제일 크게 발생한다. 따라서 우각부의 응력을 수용할 수 있는 포장단면으로 설계하면 안전하다. 근사 이론식 또는 반실험식 및 경험식을 발표한 식이 표 1이다.

표 1 각종 우각 공식

| 제 인 자 | 우각부 공식 | 비 고 |
|-------------|---|--------------------------------------|
| Order | $\frac{\sigma h^2}{3P} = 1$ | σ : 우각부 응력 |
| PeatI | $\frac{\sigma h^2}{3P} = \frac{2}{\pi}$ | P: 하중 |
| Westergaard | $\frac{\sigma h^2}{3P} = 1 - \left(\frac{a_1}{L}\right)^{0.6}$ | h: 단면두께 |
| Shoets | $\frac{\sigma h^2}{3P} = \frac{2C}{3}$ | a: 우각부에서 유효층심까지 4 가지 |
| Bradbury | $\frac{\sigma h^2}{3P} = 1 - \left(\frac{a_1}{2L}\right)^{0.6}$ | a: 유효층 반경(집적반경) |
| Kellev | $\frac{\sigma h^2}{3P} = 1 - \left(\frac{a_1}{L}\right)^{1.2}$ | C: 보조기층 지지력계수의 함수 |
| Spangler | $\frac{\sigma h^2}{3P} = \frac{3.2}{3} \left(1 - \frac{a_1}{L}\right)$ | L: 장비반경 |
| Pickett | $\frac{\sigma h^2}{3P} = \frac{4.2}{3} \left(1 - \frac{a_1/L}{1.1 + 0.185a_1/L}\right)$ | $= \sqrt{\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)K}}$ |

나. 온도응력

온도변화는 1일을 주기로 하는 기온의 일변화와 1년을 주기로 하는 기온의 연변화에 따라 변화하고 있다. 콘크리트 판 및 그 아래 보조기층은 일정한 두께를 가지므로 기온변화에 따라 판의 온도가 변할 때에는 표면온도, 판내부 온도, 및 판 밑에 온도변화가 일장하게 생긴다. 이와 같이 판내부에 생긴 온도변화에 의해서 판은 굽음현상에 대한 구속, 또는 보조기층 마찰영향으로 억제되는 온도응력이 발생한다.

1) 판내의 온도변화가 일정한 경우의 응력

Westergaard는 포장판의 온도가 일정하게 변화하는 경우에는 판이 종 및 횡방향으로만 신축하는 것으로 보아 굽음현상이 일어나지 않는 것으로 정의하였다.

포장판이 횡방향에 비해서 종방향이 긴 1차원 봉상(棒狀)으로 취급하여 1의 온도차이에 의해서 발생하는 온도응력을 식 (14)로 제한하였다.

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot t \quad (14)$$

여기서

σ : 온도응력 α : 팽창계수(콘크리트)

E : 탄성계수(콘크리트) t : 온도차이

2) 판내의 깊이방향으로 온도구배가 있는 경우의 응력

판의 상하면 방향으로 온도차가 있는 경우에는 굽음현상이 발생한다.

이와같이 온도차이로 인한 굽음으로 발생하는 구속응력은 식 (15)와 같다.

$$\sigma_R = -\frac{E\alpha t}{2(1-\mu)} \quad (15)$$

여기서 μ : 포아송비

3) 판 폭이 유한하고 반부한 길이판의 온도응력
실재의 포장판은 출력이 있으나 폭에 비하여 길이가 긴 것으로 가정하여 온도응력을 나타내었다.

$$\sigma = -\frac{E\alpha t}{2(1-\mu)} \quad (16)$$

Bradbury유한폭을 갖인 판에 대한 Westergaard의 굽음구속응력식은 실용적이지않기 때문에 1938년 이 식을 수정하여 유한폭과 유한 길이를 갖인 판에 적용하는 식을 제시하였다.

$$\sigma_v = -\frac{E\alpha t}{2} C_v \quad (17)$$

$$\sigma_v = -\frac{E\alpha t}{2} \left(\frac{C_v + \mu C_v}{1-\mu^2} \right) \quad (18)$$

$$\sigma_v = -\frac{E\alpha t}{2} \left(\frac{C_v + \mu C_v}{1-\mu^2} \right) \quad (19)$$

여기서 σ_e : 단부구속응력

σ_y : 중앙부 y방향 구속응력

σ_x : 중앙부 x방향 구속응력

C_x, C_y : 판의 길이와 폭, 강비반경에 따른 계수

4. 콘크리트포장의 설계법

포장두께설계는 하중과 포장체의 상관관계에 대하여 많은 연구에 의해서 두께 설계식을 이론적으로 전개하여 왔다. 그러나 포장체를 구성하는 각종의 물성이 다르므로 하중분포역시 정량적 산정이 어려운 점이 있으며, 환경적인 조건에 따라서도 상호관계가 다르게 되므로 정역학적 또는 동력학적 포장구조의 메카니즘은 설명할 수 있어도 정량적인 역학적 방정식을 정의하는데는 한계가 있다.

그러므로 포장두께설계는 역학적 거동의 기본개념을 바탕으로 시험적으로나 경험적으로 많은 시험포장을 통하여 실험응용식을 제안하고 있다.

4.1 일본포장요강 설계

4.1.1 설계흐름도

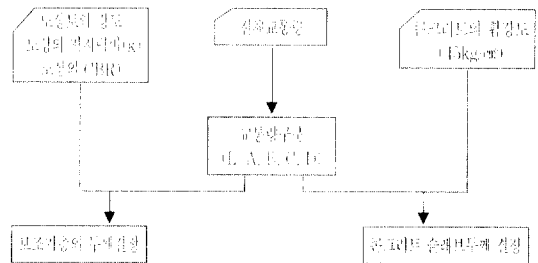


그림 5 일본포장요강의 콘크리트 슬래브두께 설계흐름도

4.1.2 보조기중의 설계

도상의 지지력을 평가하는 방법으로서 지지력계수 또는 CBR을 측정하여 대표적인 설계도상지지력계수(CBR)로서 보조기중 두께를 구한다.

설계 도상 지지력계수(혹은 CBR)

$$= \frac{\text{평균값} \times \text{최대값} - \text{최소값}}{C}$$

여기서 C는 시험수(n)에 따라 정해지는 상수

이와같이 설계노상지지력 값에 따라 표 2와 같이 구할 수 있다.

표 2 설계 CBR과 보조기층 두께(cm)

| 노상지지력 CBR | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 12이상 |
|------------|----|----|----|----|----|------|
| L, A 교통 | 50 | 35 | 25 | 20 | 15 | 15 |
| B, C, D 교통 | 60 | 45 | 35 | 25 | 20 | 15 |

4.1.3 슬래브 두께

가. 교통량 구분

포장파손에 영향을 미치는 차의 종류는 대형차이다. 대형차의 기준은 단축하중 10t이상으로 하며 10년 공용연수로 하여 평균교통량으로 5년후의 대형차 1방향 1일을 기준으로 구분하고 있다.

나. 슬래브 두께

슬래브 두께는 교통량구분에 따라 두께를 설정하였다. 이때 콘크리트의 휘강도의 표준은 45kg/cm²으로 하고 L, A교통에서는 설계기준휘강도를 40kg/cm²로 할수 있다.

표 3 콘크리트 슬래브의 두께

| 교통량의 구분 | 대형차 교통량(대일방향) | 두께(cm) |
|---------|---------------|--------|
| L 교통 | 100이상 | 15(20) |
| A 교통 | 100~250 | 20(25) |
| B 교통 | 250~1,000 | 25 |
| C 교통 | 1,000~3,000 | 25 |
| D 교통 | 3,000이상 | 30 |

참고 : 표 3 설계기준 휘강도는 40kg/cm²으로 할 때 두께

4.2 AASHTO 설계법

4.2.1 설계흐름도

4.2.2 보조기층의 두께

보조기층은 노상이나 중간층과 함께 합성지지력에 따라 슬래브두께에 영향을 미친다. 그러므로 설계노상지지력값을 산정한 후에 보조기층이나 중간층의 각 재료의 물특성치와 두께의 가정하에 각 층의 지지력을 합성한다.

중간층(상부 보조기층) 지지력 } 합성 지지력
 보조기층(하부 보조기층) 지지력 }
 노상 지지력

합성지지력 계수는 슬래브두께 산출에 관련된 파라미터이다.

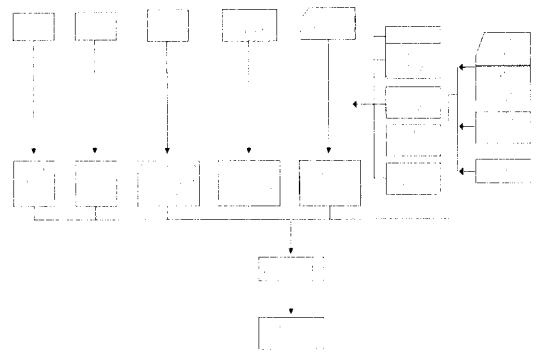


그림 4.2 강성포장 설계흐름도

4.2.3 슬래브 두께

AASHTO(American Association of State Highway and Transportation Officials)의 기본식은 도로시험에서 통계적으로 정립한 서비스능력과 공용개념을 기초로 만들어진 실용적인 식 (20)과 같다.

$$\log_{10} W_{8.2} = Z_R \cdot S_o + 7.35 \log_{10}(D + 2.54)$$

$$-3.04 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{4.32 \times 10^{10}}{(D + 2.45)^{8.46}}}$$

$$\times \log_{10} \left[\frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 2.28)}{15.16 \times J \times D^{0.75} - \frac{46.79}{(E/K)^{0.25}}} \right] \quad (20)$$

여기서 W_{8.2} : 설계기간동안 8.2t 등가단축하중의 설계차신당 통과 횟수

Z_R : 신뢰도 S_o : 표준편차

ΔPSI : 손실 서비스 지수 D : 두께

D₁ : 공용한계 서비스지수

S'_c : 콘크리트 휘강도

C_d : 배수계수

E : 콘크리트 탄성계수 K : 합성지지력 계수

J : 하중전달계수

4.3 PCA(Portland Cement Association)설계법

4.3.1 설계흐름도

4.3.2 입력자료

가. 교통조건 : 설계기간 예상교통량의 단축과 복

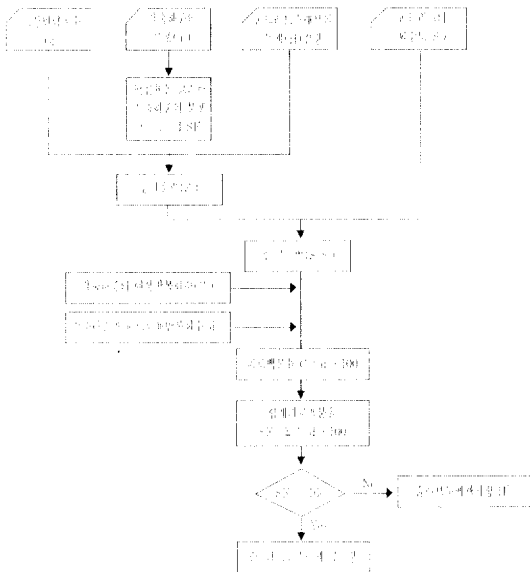


그림 7 슬래브두께결정 흐름도

축하중을 축하중 군(group)을 구성후 예상통과량 산출

- 나. 노상강도 : 노상의 지지력 계수(K75) 설계반영
- 다. 콘크리트의 강성 : 휨강도는 28일 강도의 110%고려
- 라. 하중안전율 : 평균축하중에 20% 충격을 고려하여 대표값으로 취급
- 마. 등가응력 : 설계보조기층(노상) 조건에서 하중으로 인한 휨응력을 도표에서 구함
- 바. 응력비 : 콘크리트의 휨강도에 대한 등가응력비 산출
- 사. 피로저항백분율 : 축하중반복이상회수를 각축하중의 피로허용 반복회수로 나눈 백분율을 각각합산
- 아. 슬래브두께 결정 : 모든 축하중의 합계가 피로백분율이 100을 기준으로 설계

5. 결론

포장설계는 처음에는 경험적으로 다음 이론적으로 그 후 시험포장으로 복잡한 여러단계를 거쳐 오늘날 이론과 경험과 시험포장에서 얻은 자료들을 정리하

여 역학적인 메카니즘에 대한 수학적 모델을 바탕으로 통계적인 방법 또는 통계수리식을 사용하고 있다. 이러한 이유는 포장을 구성하는 재료의 특성이 매우 다양하고 또한 포장면에 작용하는 하중 역시 단일하중이 아닌 복합적으로 작용하기 때문에 다양한 조건에 따라 달라지는 구조해석을 정량적 해석으로는 불가능하기 때문이다. 그러나 포장구조에 큰영향을 미치는 설계요소는 지반조건, 하중조건, 환경조건 이 세가지로 크게 분류할 수가 있다. 이러한 조건에 대하여 각각 세부적으로 조사, 측정하거나 예측하여 각 설계법에서 제안한 입력조건의 값으로 채택하여 두께를 설계하고 있다. 이들 중에서도 콘크리트포장설계에 관련영향인자를 합리적으로 제시한 설계법이 AASHTO설계법이며, 우리나라에서도 이 방법으로 설계하는 것을 원칙으로 하고 있다. 다만 이 방법이 우리나라 조건에서도 타당한 설계법인가는 사실상 아직 검증되지 않았다. 앞으로 우리나라에서 합리적이고 과학적 설계법이 계속 연구되어야 하고, AASHTO설계법을 사용하더라도 우리나라 교통조건이나 재료조건, 지반조건, 환경조건 등에 대한 규명되어야 할 설계인자에 대하여서는 계속 연구되어야 할 과제이다.

참고 문헌

1. 한국도로공사, "CRCP의 거동과 균열발생에 관한 연구", 인천대 최종연구보고서, p3~18 1994.11.
2. 신환(주), "도로포장의 노후도평가 및 보수공법", 한국콘크리트학회 연구보고서, p73~88 1995.12.
3. 南雲点夫외 3, "道路舗装の設計", 山海堂, p229~250 1981.
4. 松野三朗외 3, "道路舗装の設計", 山海堂, p231~247, 1975.4.
5. 井上静三외 1인 共譯, "舗装新設計法", 森北出版社, p112~114, 1975.8.
6. 南永國, 崔漢重, "도로공학 총론", 淸文閣, p286~318 1997.2.
7. Yang H. Huang, "Pavement Analysis and Design", PRENTICE HALL, p83~86.
8. AASHTO, "Design fo Pavement Structures", 1986, p11~45~50. 