간 행 물 등 록 번 호
11-1611000-001658-01

암반구간 포장설계 지침

2011. 8.

국토해양부
Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs

지침 제정에 따른 경과 조치

이 지침은 발간시점부터 적용하며, 이미 시행중인 설계 용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우에 적용할 수 있습니다.

머 리 말

우리나라는 지형 여건상 대부분이 산악지형으로 형성되어 있어 도로건설시 흙깍기 작업으로 인하여 암반구간이 많이 발생되고 있습니다.

암반구간은 노상을 이루고 있는 암반의 지지력이 증대되는 등 일반 토공부 포장과는 다른 특성을 가지고 있어 암반구간의 지지력 특성에 맞는 포장설계가 되어야 하나,

암반구간 포장설계에 대한 별도의 기준이 없어 일반 토공부 설계를 적용하거나 관행적인 설계방법에 의존하여 설계하는 등 암반구간을 과다 절취하여 비경제적인 설계가 되어 왔습니다.

따라서, 이러한 문제점을 개선하기 위하여 한국형 포장설계법의 개발과 포장성능 개선연구의 일환으로 추진한 『암반구간 포장설계지침 연구』 의 결과로 '07년에 국내 암반구간의 지지력 특성에 맞는 암반구간 포장의 설계 잠정지침을 제정한 바 있습니다.

금번에 발간하게 된 본 지침은 지난 3년간 잠정지침 운용과정에서 나타난 문제점을 보완하고 암반구간 포장 설계지침의 내용을 알기 쉽고 명확한 내용으로 정의하여 일선 현장에서 사용함에 있어 혼란이 없도록 하는데 주안점을 두었습니다.

앞으로도 본 설계지침을 활용하는 과정에서 개선이 필요한 부분에 대해서는 지속적으로 보완해 나갈 계획이며 활용하시는 여러분의 많은 조언을 부탁드립니다. 끝으로 본 지침 제정 작업에 참여하여 주신 한국도로공사와 자문위원, 그리고 관계 공무원 여러분의 노고에 감사의 마음을 전합니다.

2011년 8월

국토해양부 도로정책관 도 태 호 도태호

목 차

1. 총 칙

1.1 적용범위 ····· 3
1.2 용어의 정의 ····· 3

2. 암반구간 포장의 특징

2.1 일반사항 ····· 9
2.2 포장단면 구성 ····· 10
2.3 요철층의 보정 ····· 12

3. 암반구간의 포장단면 설계

3.1 단면설계 ····· 15
3.2 필터층의 설계 ····· 16
3.3 배수시설의 설계 ····· 25

4. 포장재료

4.1 일반사항 ····· 33
4.2 아스팔트 혼합물 ····· 33
4.3 콘크리트 슬래브 ····· 34
4.4 필터층 ····· 36
4.5 시멘트 안정처리 필터층 ····· 40

부 록

부록 A ····· 45
부록 B ····· 53

1 총 칙

1. 총 칙

1.1 적용 범위

본 지침은 암반구간 포장설계 시 토공부포장과는 다른 환경적, 구조적 특성을 반영하여 암반구간의 기후환경과 구조 및 교통여건에 적합한 포장설계를 하기 위한 것이다. 본 지침에 규정되어 있지 않은 사항은 「도로공사 표준시방서」 및 「도로포장설계·시공지침」에 따른다.

【해 설】

암반구간 포장은 노상 면이 양질의 암반으로 구성되어 노상의 지지력이 증대된다. 그렇지만 주로 절토부에 위치하여 용출수가 많이 발생하는 경우가 있으므로 포장층 내의 함수비가 높게 되어, 수분에 민감한 포장은 파손이 쉽게 발생될 수 있다. 그리고 포장파손 발생 시 유지관리가 어려운 문제가 있으므로 이와 같은 조건을 고려하여 내구성을 가진 포장형식으로 선정되어야 한다.

이와 같이 암반구간 포장은 일반 토공부와는 다른 지지력조건과 기후 환경적 특이성 조건을 가지고 있기 때문에 일반 토공부와는 다른 포장설계 방법을 적용하여야 한다.

1.2 용어의 정의

본 지침에 사용한 다음의 용어는 문맥상으로 보아 다른 의미로 해석되지 않는 한 다음과 같다.

- **곡률계수**

  입경가적곡선에서 통과중량 백분율 30%에 해당하는 입경 D_{30}의 제곱을 유효입경 D_{10}과 D_{60}의 곱으로 나눈 값($C_z = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$)을 말한다.

- **균등계수**

  입경가적곡선에서 통과중량 백분율 60%에 해당하는 입경 D_{60}과 유효입경 D_{10}과의 비를 말한다.

- **기층**

  표층과 보조기층 사이에 위치하며, 표층에 가해지는 교통 하중을 분산 지지하는 역할을 한다. 변형에 대해 큰 저항을 가진 재료를 사용한다.

- **노상**

  노체 위에 축조되는 것으로 노면의 교통 하중을 널리 분산시켜 노체에 이러한 응력의 영향을 적게하고 안전하게 전달하는 역할을 한다.

- **동상방지층**

  노상의 동결에 따른 동상피해를 억제하기 위하여 동결깊이만큼의 노상을 동상방지 재료로 치환되는 층을 말한다.

- **보조기층**

  기층과 노상 사이에 위치하며 기층에 가해지는 교통 하중을 지지하는 역할을 한다. 또한, 보조기층의 기능으로써 노면을 통해 침투된 우수와 노상토 공극의 모세관 현상에 의해 올라온 모관수를 신속히 횡단 배수시켜 포장체의 내구성 증진을 목적으로 한다.

- **빈배합 콘크리트**

  단위시멘트량이 140~230kg/m^3으로 비교적 시멘트 사용량이 적은 배합의 콘크리트를 말한다.

- **시멘트 안정처리**

  현지재료 또는 여기에 보충재료를 가한 것에 시멘트를 첨가하여 혼합하고, 최적함수비 부근에서 다져 기층이나 보조기층을 만드는 공법으로, 사용되는 시멘트량은 일축압축시험에 의하여 정하나, 일반적으로 기층에서 일축압축강도(6일양생 1일 수침) 3.0MPa일 때 시멘트량은 3~6%정도이다.

- **시멘트 안정처리 필터층**

  필터층의 침식을 방지하기 위하여 시멘트로 안정 처리된 필터층을 말한다.

- **아스팔트 혼합물**

  굵은 골재, 잔골재, 채움재 및 아스팔트를 정해진 비율로 혼합한 재료로써 도로에서는 아스팔트 포장의 표층 중간층 또는 기층에 쓰인다.

- **암반요철 보정층**

  암반의 요철을 보정하기 위하여 일정한 두께로 상면을 정형하는 층으로써, 하중에 의한 암반 반사응력을 흡수하는 역할을 한다.

- **유효입경**

  입경가적곡선에서 통과중량 백분율 10%에 해당하는 입경을 말한다.

- **콘크리트 슬래브**

  콘크리트포장구조의 휨저항에 의해서 통행교통하중을 거의 모두 지지하는 기능을 가진 포장층을 말하며, 교통하중과 환경영향에 의한 손상을 충분히 지지할 수 있는 강도와 내구성을 가진 것이어야 한다.

- **표층**

  교통 하중에 접하는 최상부의 층으로 교통 하중을 하층에 분산시키거나, 빗물의 침투를 막는 역할을 한다. 표층에는 콘크리트 슬래브 또는 가열 아스팔트 혼합물이 이용된다.

- **필터층**

  침투된 지하수의 신속한 배수를 위하여 설치되는 층을 말하며, 입상재료나 안정처리 층으로 할 수 있다.

암반구간 포장의 특징 2

2. 암반구간 포장의 특징

2.1 일반사항

노상이 풍화암을 제외한 양질의 암반으로 구성된 경우 포장설계방법은 토공부와는 다르게 적용한다.

【해 설】

암반구간은 노상면이 풍화암을 제외한 양질의 암반으로 구성된 구간을 의미하며, 일반적으로 암반구간이라 함은 발파암으로 판정된 구간을 말한다. 노상이 암반인 경우에는 토공부에 비하여 노상의 지지력이 커서 포장단면 설계 시 포장단면이 감소될 수 있는 유리한 특성을 가지고 있다. 반면에 암반구간이 대부분 절토 구간에 위치하므로 경우에 따라 지하수위대의 존재로 인하여 용출수를 처리하여야 하는 특성을 가지고 있다.

일반적인 포장단면 설계방법은 토공부를 기준으로 노상이 흙인 경우를 전제하여 만든 설계법이므로 암반구간에서는 이러한 포장설계 방법을 적용할 수 없다. 따라서 암반구간에서의 포장단면설계는 역학적 방법으로 포장단면 특성을 분석하여 포장단면 설계방법을 적용하는 것이 합리적이다.

암반구간은 그 연장이 짧거나 반복적으로 존재하기도 하며, 흙쌓기 땅깎기 접속부(편절편성) 구간에 존재하는 등 다양한 형태로 존재할 수 있으므로 암반구간의 포장 단면설계 적용은 시공성과 경제성 및 현장여건을 반영하여 적용하여야 하며, 일반적으로 암반구간이라 함은 암반의 연장이 50m 이상인 구간으로 정의한다.

암반구간 및 토공구간의 접속부는 단차로 인하여 부등침하가 발생할 수 있으므로, 이러한 접속부에서는 암반구간에 층따기 시공 등의 대책을 사용하여 부등침하를 최소화하기 위한 노력이 필요하다.

2.2 포장단면 구성

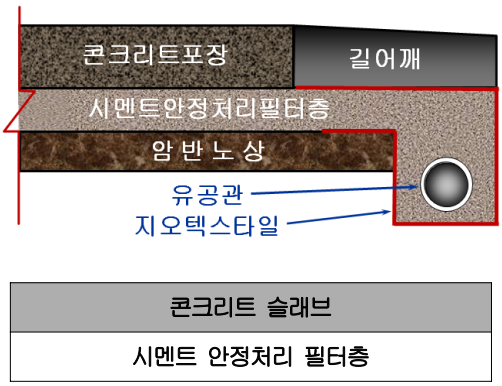
암반구간에서는 포장단면 설계 시 보조기층 및 동상방지층을 생략하고, 그 대신 침투수의 배수를 위한 필터층 또는 시멘트 안정처리 필터층을 설치한다.

【해 설】

암반구간 포장의 형식 모두 하부층의 처리가 중요하다고 할 수 있다. 이는 암반이 가지고 있는 특수성으로 인하여 노상이 주로 암으로 구성되어 있고, 지지력의 측면에서는 양호하나, 용출수가 많을 경우 이에 대한 처리가 매우 어렵기 때문이다. 그러므로 암반구간 포장의 상부형식은 물론 하부형식에 있어서도 이러한 문제점을 간과해서는 안된다.

콘크리트 포장은 〈그림 2.1〉과 같이 콘크리트 슬래브와 하부층에 시멘트 안정처리 필터층 또는 필터층을 적용하며, 불투수성의 린콘크리트 기층을 적용할 경우에는 용출수나 침투수의 배수를 위하여 반드시 하부에 필터층을 설치하여야 한다.

암반구간의 노상에서 발생되는 용출수는 필터층을 따라 유공관으로 배수를 한다. 이 때, 필터층이 투수 역할을 제대로 하지 못하면 용출수는 유공관으로 빠져 나가지 못하고, 콘크리트 슬래브의 줄눈부로 용출되는 펌핑현상이 발생된다. 이러한 펌핑현상을 방지하기 위하여 투수성 입도의 필터층 또는 시멘트 안정처리 필터층을 설치한다. 시멘트 안정처리 필터층을 설치하는 이유는 펌핑현상 발생 시 필터층의 침식을 방지하며, 필터층의 내구성을 증대시키기 위함이다.

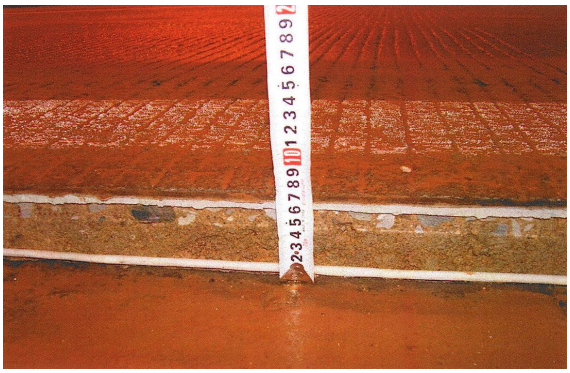


〈그림 2.1〉 암반위의 콘크리트포장 단면

아스팔트 포장은 〈그림 2.2〉와 같이 아스팔트 혼합물로 이루어진 표층(중간층 포함)과 기층을 본선 토공부와 동일하게 시공하고, 보조기층은 생략하는 대신 필터층을 적용한다. 그 이유는 하중분산 구조로 이루어진 아스팔트 포장에서 보조기층은 일정부분 하중지지 역할분담을 하도록 되어 있으나, 암반구간내 포장은 노상이 암반으로 구성되어 있기 때문에 별도의 하중지지 역할은 필요없다. 그러나 노상으로 침투된 용출수의 배수가 필요하므로 배수 및 여굴에 따른 조정층의 역할을 하는 필터층의 설치가 요구된다.

〈그림 2.2〉 암반위의 아스팔트포장 단면

〈그림 2.3〉은 암반구간에서 용출수가 배수되지 못하여 포장체와 길어깨 사이로 분출됨과 동시에 포장이 융기된 모습이다.



〈그림 2.3〉 용출수에 의한 포장의 융기

2.3 요철층의 보정

암반구간 굴착 시 여굴에 따른 노상의 요철은 시멘트 안정처리 필터층, 필터층 재료 등으로 보정한다.

【해 설】

암반구간 굴착 시 노상면은 여굴에 따라 요철이 발생되며, 요철 부분을 보정한 후에 필터층이 시공되어야 한다. 노상면의 요철부를 보정하는 방법은 시멘트 안정처리 필터층 재료로 보정을 하거나 필터층 재료로 보정을 하는 방법이 있다.

용출수가 많은 구간에는 시멘트 안정처리 필터층으로 요철보정을 하는 것이 필요하고, 그렇지 않은 경우에는 필터층으로 보정한다. 바닥면의 요철보정을 위한 면고르기 두께는 일반적으로 5~10cm를 기준으로 하며 〈표 2.1〉은 필터층 및 요철보정 재료를 나타낸 것이다.

〈표 2.1〉 필터층 및 요철 보정 재료

구 분	콘크리트 포장	아스팔트 포장
필터층	시멘트 안정처리 필터층	필터층
요철 보정	시멘트 안정처리 필터층, 필터층, 보조기층 재료	시멘트 안정처리 필터층 필터층, 보조기층 재료

3 암반구간의 포장단면 설계

3. 암반구간의 포장단면 설계

3.1 단면설계

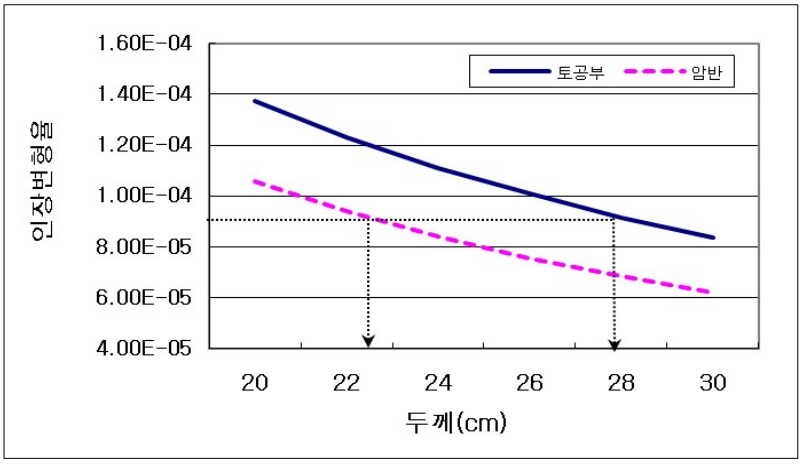
암반구간의 포장단면 설계 시 콘크리트 포장의 경우, 슬래브의 두께는 본선포장과 동일하게 적용한다. 아스팔트 포장의 경우, 아스팔트 혼합물층의 두께는 본선포장과 동일하게 적용하며 보조기층대신 투수를 위한 필터층을 설치한다.

【해 설】

암반구간에서는 노상이 암반으로 구성되어 있으며, 지지력이 큰 특성을 가지고 있어서 포장두께 설계에 대한 검토가 이루어져야 한다. 암반구간의 지지력 특성을 살펴보기 위하여 구조해석을 실시한 결과, 암반구간은 토공구간에 비하여 노상의 지지력이 양호하므로 아스팔트층 하단의 인장변형률이 감소되어 피로수명이 증가되는 것으로 나타났다.

암반구간에서 보조기층의 두께 증가에 따른 아스팔트층 하단의 인장변형률 분석에서는 보조기층의 두께를 증가시킬수록 토공부와는 반대로 아스팔트층의 하단 인장변형률이 증가되어 포장의 피로수명은 감소되는 것으로 나타났다. 이는 입상재료 보조기층의 지지력이 암반의 지지력보다 작기 때문이다. 그러므로, 암반구간에서는 보조기층의 두께를 최소화하는 것이 역학적으로 유리한 것으로 나타났다. 그러나 보조기층을 완전히 제거하게 되면 절토구간에서 암반의 틈 사이로 용출되는 용출수를 배수시킬 수 없게 되므로 용출수의 배수층으로써 필터층이 필요하게 된다.

기층의 두께변화에 따른 아스팔트층 인장변형률은 〈그림 3.1〉의 동일한 인장변형률 조건에서 암반구간은 토공구간에 비하여 아스팔트 기층의 두께는 대략 5cm정도 감소하는 것으로 나타났다.품질이 확실한 콘크리트를 제조하기 위해서는 재료의 품질이나 성분을 알고 있어야 한다.



〈그림 3.1〉 기층의 두께변화에 따른 인장변형률

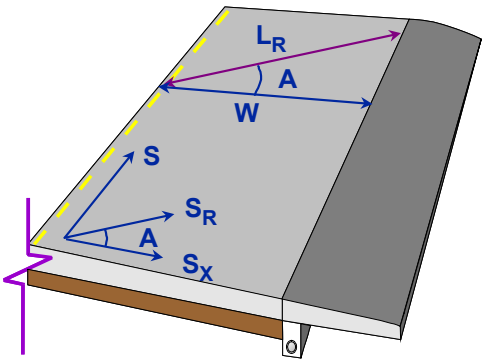
〈그림 3.1〉에서 아스팔트 기층의 두께감소가 이론적으로는 가능하나 암반구간에서의 용출수 등의 취약조건을 고려하여야 하므로, 아스팔트 혼합물층의 두께는 본선 토공부와 동일하게 설계하는 것을 원칙으로 한다.

3.2 필터층의 설계

필터층의 설계 시 필터층이 포화된 상태에서 50% 배수가 진행되는데 소요되는 시간을 2시간 이내로 설계한다.

【해 설】

노면배수와 포장체의 침투수 배수는 도로의 종단경사 및 횡단경사와 같이 도로의 기하구조와 밀접한 관계가 있다. 도로 노면은 강우 시 우수의 체류를 방지하기 위하여 〈그림 3.2〉와 같이 노면의 횡단경사 및 종단경사를 설치한다. 이 때, 횡단경사 및 종단경사의 합성벡타를 노면의 합성경사로 정의한다.



〈그림 3.2〉 노면의 경사

〈그림 3.2〉에서 S_R과 L_R은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$S_R = (S^2 + S_X^2)^{0.5}$$

$$L_R = W[1 + (\frac{S}{S_X})^2]^{0.5}$$

여기서,

S_R : 필터층의 합성경사

S : 노면의 종단경사

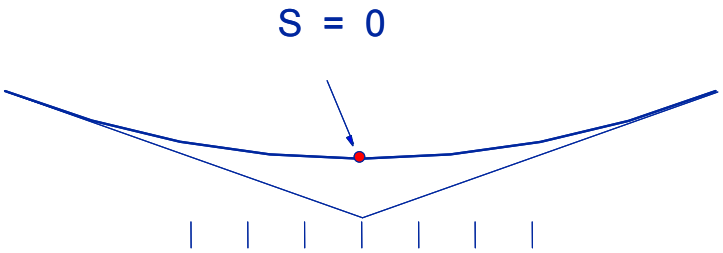
Sx : 노면의 횡단경사

L_R : 필터층의 합성 배수길이(m)

W : 포장의 횡단폭(m)

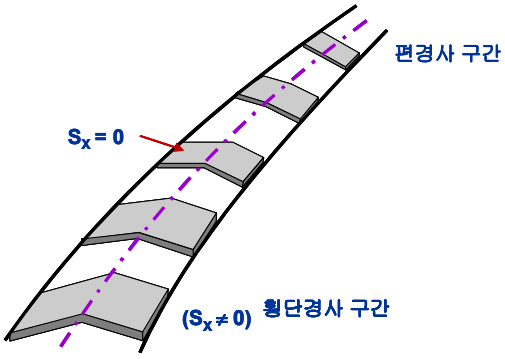
도로 노면의 합성경사는 항상 변화하며, 노면배수 및 포장체 침투수의 배수가 원활하게 되기 위해서는 합성경사가 0이 되어서는 안된다. AASHTO에서는 횡단경사를 정상적인 조건에서는 0.02m/m, 강우가 많은 지역에서는 0.025m/m를 추천하고 있다.

그러나 이러한 최소한의 합성경사조건을 만족시키지 못하는 경우가 있는데, 그 첫째로 〈그림 3.3〉과 같이 오목형 종단곡선의 저점부에서 종단경사가 0인 경우이다.



〈그림 3.3〉 오목형 종단곡선

두 번째의 경우는 〈그림 3.4〉와 같이 횡단경사 구간에서 편경사 구간으로 변화하는 편경사 변화구간에서 노면수 및 침투수의 체류현상이 발생할 가능성이 있으며, 종단경사가 0에 가까울 경우 그 가능성은 더욱 높아진다.



〈그림 3.4〉 편경사 변화구간

이러한 구간에서는 특히 노면에서 우수가 체류하게 되며, 체류되는 우수는 포장체 내부로 침투할 가능성이 높아진다. 포장체 내부로 침투되는 침투수나 암반구간의 틈으로 용출되는 용출수는 포장체를 연약화시켜 포장체의 수명을 감소시킨다.

그러므로, 포장체 내부로 침투하는 침투수와 암반구간의 틈에서 용출되는 용출수를

신속하게 배수하기 위해서는 침투수의 배수층으로써 필터층을 설치하여야 한다.

노상이 암반구간으로 불투수성인 경우 침투수의 배수는 필터층을 통하여 측구 또는 길어깨 아래에 설치된 유공배수관을 통하여 배수를 시킨다. 필터층이 포화된 상태에서 배수가 50% 진행되기까지의 시간을 t_{50}이라 하며 t_{50}은 〈표 3.1〉에서와 같이 배수의 특성을 결정한다.

〈표 3.1〉에서 주요 간선도로의 경우 t_{50}을 2시간 이내로 필터층을 설계하는 것이 합리적이다. 필터층의 시공성을 위하여 필터층의 최소두께는 15cm로 한다.

〈표 3.1〉 포화상태에서 50% 배수되는데 소요되는 시간(FHWA 1994)

배수특성	배수시간
매우 양호	2시간
양 호	1일
보 통	7일
불 량	1개월
매우 불량	배수되지 않음

포장체 내부로 침투하는 침투수가 포화상태에서 50% 배수되는데 소요되는 시간을 계산하기 위해서는 다음 식으로 계산하면 된다.

$$t = T \times m \times 24$$

여기서,

t : 50%배수에 소요되는 시간

T : 시간계수

m : 배수계수

시간계수 T를 결정하기 위한 도표는 〈그림 3.5〉와 같다. 노면의 경사계수 S1는 다음과 같이 구한다.

$$S_1 = \frac{L_R S_R}{H}$$

여기서,

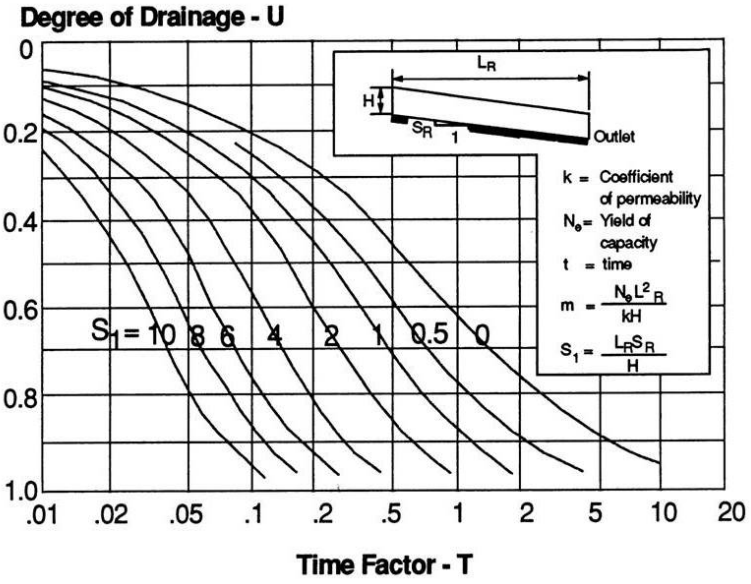
S_1 : 경사계수

H : 필터층의 두께(m)

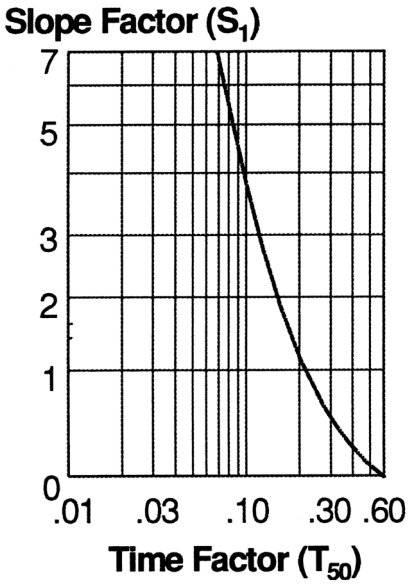
L_R : 필터층의 합성 배수길이(m)

S_R : 필터층의 합성경사(m/m)

〈그림 3.5〉에서 50%배수에 소요되는 시간계수만을 구하는 경우가 대부분이므로 이런 경우에는 〈그림 3.6〉과 같이 50%배수에 소요되는 시간계수 곡선을 이용하면 시간계수를 쉽게 구할 수 있다.



〈그림 3.5〉 배수시간 계수



〈그림 3.6〉 시간 계수(50% 배수)

배수계수 m은 다음 식에 의하여 계산 할 수 있다.

$$m = \frac{N_e L_R^2}{kH}$$

여기서,

N_e : 유효공극률, 필터층의 유효 공극률은 일반적으로 0.25를 적용

L_R : 필터층의 합성 배수길이(m)

k : 필터층의 투수계수(m/day)

H : 필터층의 두께(m)

유효 공극률을 구하는 공식은 다음과 같다.

$$N_e = N \times WLF$$

여기서,

N_e : 유효 공극률

N : 공극률

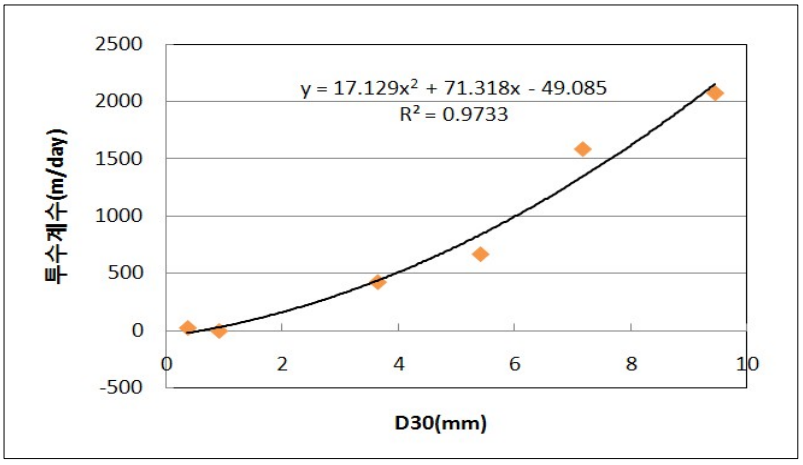
WLF : 수분 손실계수, 필터층 재료의 손실계수는 일반적으로 0.8을 적용

골재 입도에 따른 투수계수 등의 특성은 〈표 3.2〉와 같다.

〈표 3.2〉 골재의 입도와 투수계수의 관계

골재구분	D_{10} (mm)	D_{30} (mm)	D_{60} (mm)	C_u	C_z	k (m/day)
A	0.15	0.37	0.91	6.07	1.00	27.4
B	0.1	0.91	4.26	45.97	1.39	1.22
C	1.91	3.64	9.45	4.72	0.63	427
D	3.3	5.41	8.27	2.75	0.94	670
E	5.78	7.17	12.06	2.14	1.02	1,585
F	6.01	9.45	15.33	2.57	1.12	2,072

필터층의 투수계수는 직접 투수시험에 의하여 구할 수 있으며, 〈표 3.2〉의 시험결과를 토대로 통계분석을 실시하면 투수계수와 가장 밀접한 관계가 있는 물성치는 D_{30}인 것으로 나타났다. 따라서, D_{30}과 투수계수의 관계는 〈그림 3.7〉과 같이 나타낼 수 있다. 〈그림 3.7〉에서 필터층의 골재입도곡선에서 가적통과율 30%에 해당하는 입경 D_{30}을 구하면 투수계수를 간접적으로 구할 수 있다.



〈그림 3.7〉 D_{30} 과 투수계수의 관계

[예제] 다음과 같은 조건에서 필터층을 두께 15cm로 설계했을 때 포화상태에서 50% 배수되는데 소요되는 시간을 구하시오.

〈조건〉

노면의 횡단경사 S_x : 2%

노면의 종단경사 S : 3%

도로의 횡단폭 W : 12 m

필터층의 D_{30} : 5mm

유효공극률 N_e : 0.25

〈풀이〉

$$S_R = (S^2 + S_X^2)^{0.5} = (0.03^2 + 0.02^2)^{0.5} = 0.036$$

$$L_R = W[1 + (\frac{S}{S_X})^2]^{0.5} = 12[1 + (\frac{0.03}{0.02})^2]^{0.5} = 21.63m$$

$$S_1 = \frac{L_R S_R}{H} = \frac{21.63 \times 0.036}{0.15} = 5.19$$

S_1이 5.19일 때 〈그림 3.6〉에서 T_{50}은 0.08이다.

D_{30}은 5mm이므로 〈그림 3.7〉에서 투수계수 k=736m/day를 구할 수 있다.

$$m = \frac{N_e L_R^2}{kH} = \frac{0.25 \times 21.63^2}{736 \times 0.15} = 1.059$$

$$t = T \times m \times 24 = 0.08 \times 1.059 \times 24 = 2.03hrs$$

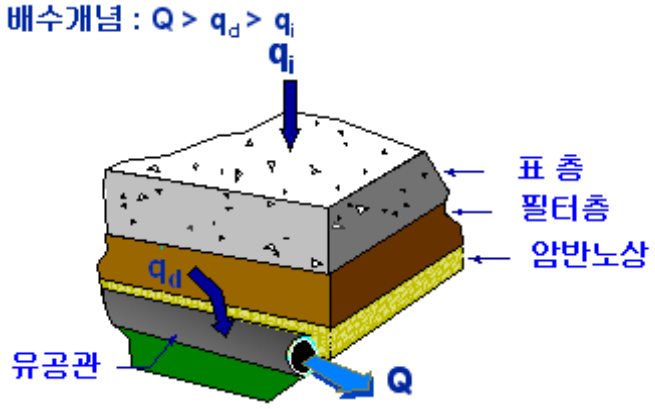
따라서, 포화상태에서 50% 배수에 소요되는 시간은 2시간이다.

3.3 배수시설의 설계

필터층에서 배수되는 침투수는 유공관을 통하여 배수구로 배수되어야 한다.

【해 설】

필터층에서 배수되는 침투수는 유공관을 통하여 배수구로 배수되어야 하며, 배수시설은 필터재료와 유공관, 토목섬유(지오텍스타일)로 구성된다. 각 배수시설은 〈그림 3.8〉과 같이 배수구 방향으로 갈수록 배수용량이 커져야 한다.



〈그림 3.8〉 침투수의 배수개념

유공관의 위치는 필터층의 바닥면보다 최소한 50mm 아래에 유공관의 상면이 위치하여야 한다. 침투수 배수에 사용하는 유공관은 폴리에틸렌 또는 PVC관의 사용을 추천한다.

토목섬유는 토목섬유 위의 재료가 혼합되는 것을 방지하고 본질적으로는 분리재로써의 역할을 한다. 토목섬유를 도로 하부의 전체 폭에 걸쳐 설치하는 방법으로 포장 구조의 일부, 혹은 그 이상의 부분이 상당한 투수성을 가지고 있다면 배수능력을 증대시킬 수 있다.

필터재료는 다음의 조건을 만족시키는 입도 배합의 것을 원칙으로 한다.

- 필터재료가 주변의 흙에 의하여 막히지 않기 위한 조건 :

$$\frac{D_{15}\ (\text{필터재료})}{D_{85}\ (\text{주변의 흙})} < 5$$

• 필터재료가 주변의 흙에 비하여 충분한 투수성을 갖기 위한 조건 :

$$\frac{D_{15}\ (\text{필터재료})}{D_{15}\ (\text{주변의 흙})} > 5$$

• 유공관의 구멍과 관의 이음 부분이 필터재료로 막히지 않기 위한 조건 :

$$\frac{D_{85}\ (\text{필터재료})}{d} > 2$$

여기서,

D_{15} , D_{85}: 입경가적곡선에 있어서 통과백분율이 각각 15%, 85%에 해당하는 입경 (mm)

d : 유공관의 직경, 또는 관의 이음 간격 (mm)

암반구간의 포장에서 포장체 내부로 침투하는 물은 크게 포장 표면으로 침투하는 우수와 암반의 틈에서 용출되는 용출수의 두 가지로 나눌 수 있다. 이러한 침투수는 1차적으로 필터층에서 배수되어진다.

필터층에서 배수되는 침투수는 유공관을 통하여 배수구로 유도되어야 한다. 유공관의 배수유량 산정은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$q_d = 24\,WHN_e U\frac{1}{t_d}$$

여기서,

q_d : 설계 배수량(m^3/day/m)

W : 필터층의 폭(m)

H : 필터층의 두께(m)

N_e : 유효공극률

U : 배수도

t_d : 50% 배수에 소요되는 시간(hr)

[예제] 콘크리트포장에서 필터층의 두께는 15cm, 필터층의 폭은 7.3m로 설계되어 있다. 필터층 재료의 유효공극률이 0.25일 때, 포화상태에서 2시간내에 50%배수되기 위한 설계유출량을 구하시오.

〈풀이〉

$$q_d = 24\,WHN_e U\frac{1}{t_d} = 24\times 7.3\times 0.15\times 0.25\times 0.5\times \frac{1}{2} = 1.643 m^3/day/m$$

유공관의 설계유량은 Manning공식에 의하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Q = \frac{0.2693\times 10^{-3}}{n} D^{8/3} I^{1/2}$$

여기서,

Q : 유공관의 통수량(m^3/day)

n : 유공관의 조도계수

D : 유공관의 지름(mm)

I : 종단경사(m/m)

FHWA(1994)는 유공관에서 Manning의 조도계수를 다음과 같이 제안하였다.

· 매끄러운 관일 경우 n=0.012

· 거친 관일 경우 n=0.024

[예제] 관의 표면이 매끄럽고 관의 직경이 100mm이며, 종단경사가 0.0035m/m일 경우, 이 유공관의 통수량을 계산하시오.

〈풀이〉

$$Q = \frac{0.2693 \times 10^{-3}}{0.012} 100^{8/3} 0.0035^{1/2} = 286 m^3/day$$

유공관의 통수량 계산식은 다음과 같이 단순화시킬 수 있다.

$Q = KI^{1/2}$

여기서,

Q : 유공관의 통수량(m^3/day)

K : 직경에 따라 정해지는 계수

I : 종단경사(m/m)

K값은 〈표 3.3〉과 같이 구할 수 있다.

〈표 3.3〉 직경에 따라 정해지는 계수 K값

관 직경(mm)	K값(m^3/day)	
	매끄러운 관	거친 관
75	2,245	1,123
100	4,835	2,417
150	14,255	7,127

유공관에서 배수되는 침투수의 배수를 위한 배수구의 간격은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$q_d L \leq Q$$

$$L \leq \frac{Q}{q_d}$$

여기서,

L : 배수구 간격(m)

Q : 유공관 통수량(m^3/day)

q_d : 침투수 유출량(m^3/day/m)

4 포장재료

4. 포장재료

4.1 일반사항

암반구간 포장은 용출수에 의해 습윤상태가 되기 쉬우므로 표층에 위치하는 포장재료는 내수성을 갖추어야 하며, 하부층에 놓이는 포장재료는 투수성을 갖추어야 한다.

【해 설】

암반구간에서는 용출수에 의하여 포장은 습윤상태가 되기 쉬우므로 아스팔트포장으로 설계 시 아스팔트 혼합물은 수분에 대한 민감성이 적은 혼합물인 내수성 혼합물이 요구된다.

아스팔트 혼합물의 골재자체가 내수성이 부족할 때에는 소석회, 시멘트 등의 박리방지제를 첨가하여 내수성을 높일 필요가 있다. 소석회나 시멘트를 박리방지제로 첨가 시, 투입량은 아스팔트 혼합물 배합설계 시 채움재의 설계 투입량만큼을 치환하여 첨가한다.

4.2 아스팔트 혼합물

아스팔트 혼합물은 수분에 대한 민감성이 적어야 하며, 수침잔류안정도가 75% 이하일 경우 골재를 개선하거나 박리방지제 등을 첨가하여야 한다. 아스팔트 혼합물에 사용되는 굵은 골재는 안정성 시험을 실시하여 안정성이 12% 이하를 만족하여야 한다.

【해 설】

암반구간 포장은 습윤상태가 되기 쉬우므로 포장을 아스팔트 포장으로 할 경우 수분에 대한 저항성이 강한 아스팔트 혼합물을 사용하여야 한다. 아스팔트 혼합물은 콘크리트에 비하여 수분에 대하여 취약한 특성을 가지고 있다

친수성골재의 경우 수분을 흡수하여 아스팔트 피막과 골재를 분리시키는 작용을 하며 이를 박리현상이라 한다. 박리현상은 일반적으로 아래층부터 위로 진행할 경우, 밀림, 소성변형, 포트홀 등의 파손을 가져올 수 있으며, 위에서 아래로 진행할 경우 라벨링 등의

파손을 가져올 수 있다.

그러므로 암반구간 포장을 아스팔트 포장으로 할 경우 내수성이 강화된 아스팔트 혼합물의 사용이 요구된다. 또한, 아스팔트 혼합물용 골재로 이암, 셰일 등의 골재를 사용할 경우 수분에 대한 저항성이 매우 취약하므로 포장용 골재로 사용하지 말아야 하며, 모든 골재는 굵은 골재의 안정성 시험을 실시하여 골재의 안정성이 12% 이하를 만족하여야 한다.

4.3 콘크리트 슬래브

포장용 콘크리트의 생산 및 시공은 「시멘트 콘크리트 포장 생산 및 시공 지침」을 따르며 콘크리트의 굵은 골재 최대치수는 40mm 이하로 하며, 공기량은 콘크리트 용적의 4~6%를 기준으로 한다.

【해 설】

콘크리트 슬래브의 기본 구성요소는 시멘트 콘크리트, 하중전달장치, 타이바 및 줄눈재로 이루어진다. 이들은 비틀림, 풍화작용에 의해서 받게되는 손상을 극소화할 수 있는 재료이어야 한다.

콘크리트 슬래브의 강도특성은 재령 28일에서의 휨강도를 기준으로 한다. 콘크리트 슬래브는 온도, 습도 등 환경적 변화, 슬래브 저면마찰, 그리고 시공 시 수화작용에 의하여 응력이 발생하고, 균열을 수반한다. 이와같은 발생응력과 균열을 완화시키고 조절하기 위하여 가로, 세로방향의 줄눈부를 설치하여 인위적으로 균열을 유도한다. 그리고, 줄눈부에서 연속성과 하중전달을 유지하기 위하여 하중전달장치를 설치한다.

콘크리트 포장에서 발생하는 파손 중 가장 많은 파손은 종방향과 횡방향 줄눈부에 발생하는 스폴링이다. 스폴링은 콘크리트 포장의 공용 수명이 경과하면서 대기 환경의 변화와 교통 하중의 반복에 의하여 발생 빈도 및 크기가 증가될 수 있다.

콘크리트 포장에 발생하는 스폴링은 계절적으로 하절기와 동절기에 다른 원인에 의하여 발생할 수 있다. 하절기에는 외부로부터 단단한 돌과 같은 비압축성 물질이 줄눈재가 불량하게 시공되었거나 탈리된 부분의 줄눈부에 침입하거나 퇴적되는 경우 발생한다.

대기 온도 변화가 클 때 또는, 콘크리트 포장체가 가열되어 팽창할 때, 콘크리트의 압축강도보다 큰 응력과 변위가 발생하면 줄눈부가 부분적으로 압축파괴를 일으켜 발생한다.

동절기에 발생하는 스폴링은 강설 후 온도가 낮아지게 되면 콘크리트 포장체가 수축할 때 잔류하는 물이 줄눈부에서 결빙하고, 결빙 압력에 의하여 콘크리트의 압축강도를 넘는 결빙 팽창압이 발생하는 경우 부분적으로 스폴링이 발생할 수 있다.

이와 같은 동결융해 현상의 반복은 스폴링 발생 및 크기를 증가시킬 수 있다. 줄눈부에 발생한 스폴링 파손은 유지관리 시 보수가 어렵고, 보수부가 조기에 재파손이 많이 발생하므로 스폴링 발생을 예방하거나 차단할 수 있는 방안 마련이 매우 중요하다.

스폴링 등의 파손을 예방하기 위해서는 줄눈설계 시 내구성이 있는 줄눈재료를 선정하여야 한다. 줄눈재료의 종류에는 주입줄눈과 성형줄눈이 있으며, 용도와 목적에 맞게 선정되어야 한다.

주입줄눈에는 아스팔트 계열, 실리콘 계열, 우레탄 계열이 있다. 아스팔트계열 줄눈재료는 ASTM[1] D 6690의 품질기준을 만족하여야 하고, 실리콘 계열의 줄눈재료는 ASTM D 5893의 기준을 만족하여야 한다.

1) 미국 재료시험 협회 규격

4.4 필터층

암반구간내 노상에서 침투한 용출수를 배수하기 위한 필터층의 설치가 요구되며, 필터층 재료의 품질기준은 보조기층 재료의 기준을 적용하며, 골재의 입도는 다음을 만족하여야 한다. 필터층의 다짐은 최대건조밀도의 95% 이상 다짐을 해야 한다.

호칭치수(mm)	체통과중량 백분율(%)
40	100
25	95 ~ 100
20	65 ~ 90
10	40 ~ 70
5	20 ~ 45
0.6	2 ~ 20
0.08	0 ~ 4

【해 설】

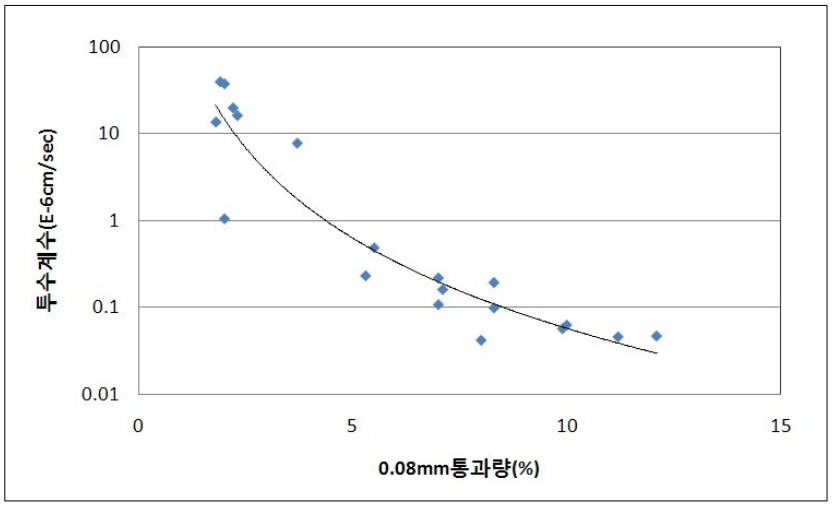
암반구간내 포장형식중 콘크리트포장은 불투수성이므로 용출수에 의한 문제는 없으나 콘크리트포장의 불연속면 사이로 용출수에 의한 펌핑현상이 발생된다. 그러므로 콘크리트 슬래브 하부층에는 배수가 잘되는 필터층의 설치가 요구된다.

콘크리트 슬래브 하부층에 동상방지층을 설치하면 필터층으로써 역할을 할 수 있으나 펌핑현상 발생 시 동상방지층의 침식으로 줄눈부 하부층에 공동이 발생하여 지지력 손실을 가져올 수 있다. 그러므로, 슬래브 하부층에는 시멘트로 안정처리된 필터층을 설치하여 침식을 방지할 수 있다.

투수성을 갖기 위한 필터층의 입도변화에 따른 투수계수 특성분석 결과, 0.08mm체 통과량 변화에 따른 투수계수의 변화특성은 0.08mm체 통과량이 증가할수록 투수계수가 감소하는 특성을 갖고 있다.

투수성과 불투수성의 여부를 판단하는 일반적인 기준으로 투수계수는 1×10^{-6}cm/sec를 사용하므로 〈그림 4.1〉에서 다짐공시체의 투수계수가 1×10^{-6}cm/sec에 해당하는 0.08mm체 통과량은 4% 정도로 나타나고 있다. 따라서, 필터층의 0.08mm체 통과량을 4% 이하로 하여야 한다.

필터층 재료의 다짐 기준은 KS F 2312의 E 다짐방법으로 실시한 최대건조밀도의 95% 이상 다짐을 실시하여야 한다.



<그림 4.1> 0.08mm 통과량 변화에 따른 투수계수의 변화

필터층 재료에 대한 외국의 골재 입도는 〈표 4.1〉과 같다.

〈표 4.1〉 각 기관의 필터층 재료 입도

치수(mm)	A	B	C	D	E	F
50.8						100
38.1	100				100	
25.4	95-100	100	100	100	95-100	
19.0		90-100		65-100		52-100
12.5	25-60				60-80	
9.52		20-55		35-70		33-65
4.75	0-10	0-10		20-45	40-55	8-40
2.36	0-5	0-5	10-35		5-25	
1.18					0-12	0-12
0.425				2-10		
0.30			0-15		0-5	
0.075			0-6	0-3		0-5

여기서 기호는 아래의 기관을 의미한다.

A : AASHTO #57

B: AASHTO #67

C : IOWA

D : Minnesota

E : New Jersey

F : Pennsylvania

필터층 재료는 소요 시간내에 침투수를 배수시켜야 하며, 포장구조로써의 역할을 하기위한 강도기준을 만족하여야 한다. 필터층 재료로써 요구되는 특성은 유효입경 D_{10}, 균등계수 C_U, 곡률계수 C_Z, 골재입도가 있다.

ASTM D 2487에 의하면 양호한 입도의 조골재는 균등계수가 4 이상이어야 하고 곡률계수는 1~3이어야 하며, 양호한 입도의 세골재는 균등계수가 6 이상이어야 하며, 곡률계수는 1~3이어야 한다. 미공병단(COE, 1992)의 투수성 기층 또는 필터층 재료의 기준으로는 균등계수가 3.5 이상이어야 하고, 곡률계수는 0.9~4.0 이어야 한다고 하였다.

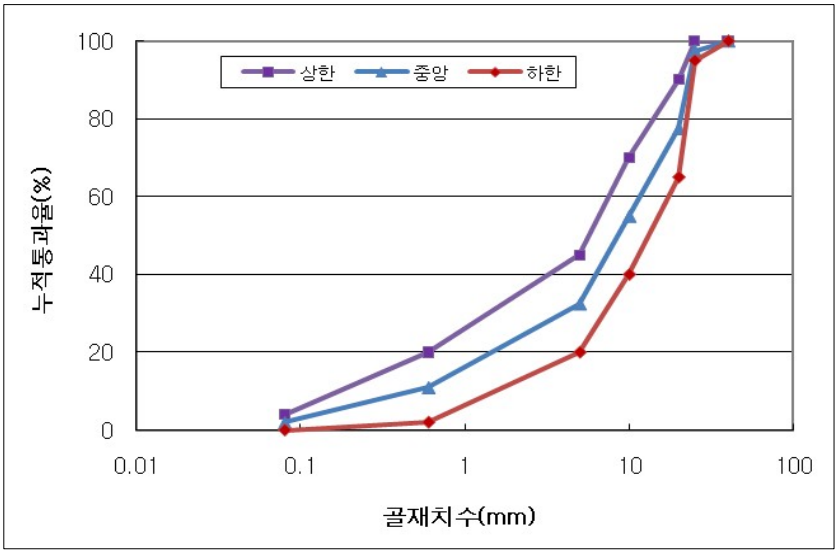
〈표 4.2〉 각 기관의 필터층 재료 특성치

구 분	D_{10} (mm)	D_{30} (mm)	D_{60} (mm)	C_u	C_z
A	6.01	10.19	15.43	2.57	1.12
B	5.78	8.53	12.37	2.14	1.02
C	0.90	3.14	9.82	10.96	1.12
D	1.14	4.70	11.74	10.26	1.64
E	1.91	3.30	9.01	4.72	0.63
F	2.34	5.62	14.80	6.31	0.91

여기서는 〈표 4.1〉과 〈표 4.2〉를 참조하여 필터층 재료의 골재입도 기준을 〈표 4.3〉 및 〈그림 4.2〉와 같이 제시하였다.

〈표 4.3〉 필터층 재료의 골재입도 기준

호칭치수(mm)	체통과중량 백분율(%)
40	100
25	95 ~ 100
20	65 ~ 90
10	40 ~ 70
5	20 ~ 45
0.6	2 ~ 20
0.08	0 ~ 4



〈그림 4.2〉 필터층 재료의 골재입도 기준

〈그림 4.2〉에서 골재입도의 중앙선을 근거로 하여 골재입도의 특성을 계산하면 〈표 4.4〉와 같다.

〈표 4.4〉 필터층 재료의 골재입도 특성치

구 분	특성치
D_{10} (mm)	2.0
D_{30} (mm)	3.5
D_{60} (mm)	7.3
균등계수	3.6
곡률계수	0.85
투수계수(m/day)	410

콘크리트를 제조함에 있어 요구되는 품질로서는 강도, 수밀성, 내구성, 마모에 대한 저항성 등의 제 조건을 만족하는 콘크리트가 되어야 한다. 이와 같은 콘크리트 품질의 변동을 될 수 있는 대로 적게 하기 위해서는 콘크리트의 계량이나 비비기 등의 제조공정에 대하여 충분한 주의를 기울여야 한다.

4.5 시멘트 안정처리 필터층

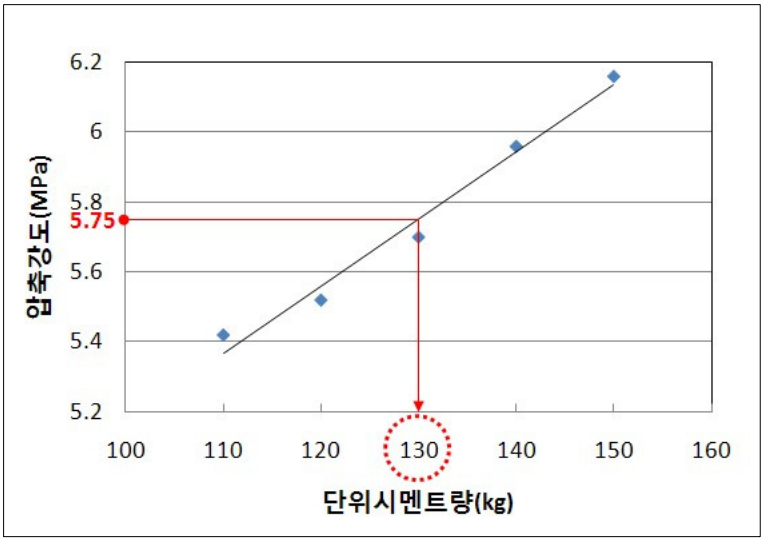
시멘트 안정처리 필터층의 일축압축강도는 5.0MPa 이상이어야 하고, 골재입도는 다음과 같으며, 배합설계방법은 도로공사 표준시방서상의 린콘크리트 기층과 동일하게 적용한다.

호칭치수(mm)	체통과중량 백분율(%)
50	100
40	85 ~ 100
20	50 ~ 80
5	15 ~ 45
2.5	5 ~ 30
0.6	0 ~ 15

【해 설】

시멘트 안정처리 필터층의 배합설계 방법은 린콘크리트의 배합설계 방법과 동일하게 실시하며 골재입도의 기준만 달라진다. 시멘트 안정처리 필터층의 배합설계를 위한 일축압축강도의 기준은 5.0MPa이며, 배합설계 시의 배합강도는 할증계수인 1.15를 적용시킨 5.75MPa을 설계배합강도로 규정하여 시험을 수행한다.

시멘트 안정처리 필터층의 배합설계에서 일축압축강도를 시험한 결과, 설계배합강도 5.75MPa을 만족하는 단위시멘트량은 130kg으로 결정되었다. 〈그림 4.3〉은 설계배합강도를 만족하는 단위시멘트량을 보여준다.



〈그림 4.3〉 설계배합강도를 만족하는 단위시멘트량

단위시멘트량은 130kg으로 결정되었으나 린콘크리트 기층과 동일하게 단위시멘트량을 적용하기 위하여 단위시멘트량 150kg으로 조정하여 다짐시험을 실시하였다. 다짐시험을 실시하여 습윤밀도, 건조밀도, 최적함수비를 결정하고 그 결과를 가지고 시험배합을 수행하여 재료량을 산출해서 최종적인 시방 배합비를 결정하였다. 최종적인 시방 배합비는 〈표 4.5〉와 같다.

<표 4.5> 최종 시방 배합비(1m^{3}당)

단위시멘트량 (kg)	단위수량(kg)	단위골재량(kg)		
		40mm	19mm	스크리닝스
150	125.9	895.5	671.9	680.8

부 록

5

부록 A 암반구간 포장구조해석 결과

암반구간에서는 노상이 암반으로 구성되어 있으며, 지지력이 큰 특성을 가지고 있어서 포장두께 설계에 대한 검토가 이루어져야 한다. 암반구간의 지지력 특성을 살펴보기 위하여 구조해석을 실시하였다. 본 포장구조해석은 노상 층의 물성변화에 따라 어떠한 응답을 보이는지 알아보기 위해서 수행되었다.

포장구조는 아스팔트 표층 5cm, 기층 20cm, 보조기층 25cm아래 노상 층이 존재하는 것으로 하였고 각각의 물성은 〈표 A.1〉과 같다. 사용된 하중은 복륜하중으로 프로그램의 특성상 원형으로 재하되며 반경은 11.43cm, 접지압 57.0MPa, 하중 중심의 간격은 34.3cm를 사용하였다.

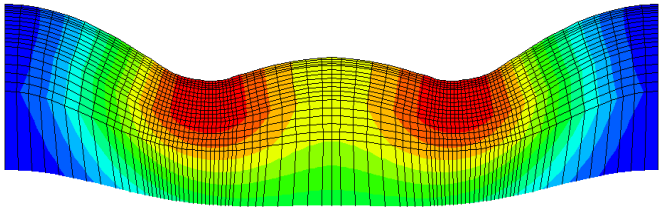
〈표 A.1〉 포장물성

포장층	두께(cm)	탄성계수(MPa)	포아슨비
아스팔트 표층	5	3,000	0.35
아스팔트 기층	20	2,500	0.35
보조기층	25	100	0.40
노상층	–	50	0.45

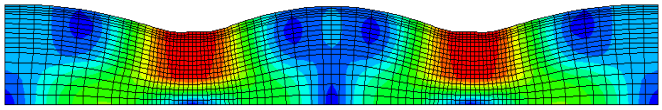
본 해석의 목적은 노상 층이 암반인 경우 어떠한 차이를 보이는지를 비교하는데 중점을 두었고 이를 위해 노상 층의 탄성계수를 콘크리트 수준으로 크게 하여 입력한 후 결과를 상호 비교하는 방법을 사용하였다.

해석결과를 통해서 수직방향 처짐, 수평방향 변형률을 얻어내었고 각 층의 하단에서의 값을 비교하였다. 또한 2개의 차량하중 가운데 하나의 차량하중 중심에서부터 3.8cm씩 떨어지면서 값의 변화를 관찰하였고 178cm 떨어진 지점까지를 조사하였다.

구조해석 결과, 먼저 수직방향 처짐은 〈그림 A.1〉 및 〈그림 A.2〉와 같은 형상을 나타내었다. 여기에서, 암반이 존재하는 경우의 수직방향 처짐이 그렇지 않은 경우에 비해서 매우 낮게 나타내었다. 또한 하중의 영향범위도 작게 나타나는 특징을 보였다.

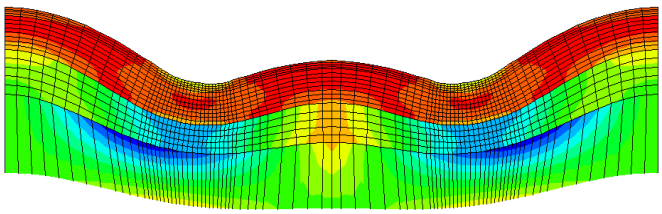


〈그림 A.1〉 토사 무한기초인 경우의 처짐형상

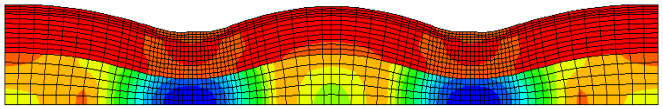


〈그림 A.2〉 암반기초인 경우의 처짐형상

〈그림 A.3〉과 〈그림 A.4〉는 최소 주 변형률을 나타낸 것으로 표층의 경우 차량바퀴가 접촉하는 일부분에서 압축방향 변형률을 나타내었으나 대부분 인장방향 변형률을 나타내었고 암반이 없는 경우 변동폭과 절대값이 더 크게 나타났다. 기층과 보조기층의 경우에도 암반이 없는 경우 변형률이 더 크게 나타났다.

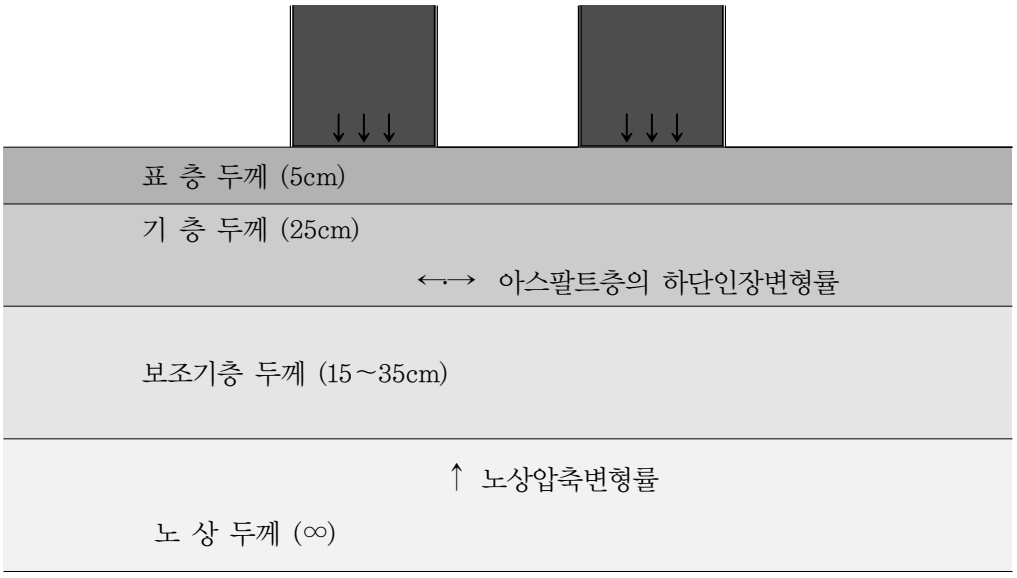


〈그림 A.3〉 토사 무한기초에서의 최소 주 변형률



〈그림 A.4〉 암반기초에서의 최소 주 변형률

노상의 지지력 변화에 따른 포장구조의 역학적 특성분석을 위하여 다층탄성 구조해석을 실시하였다. 차륜하중은 표준축하중의 한쪽차륜부를 고려하였다. 이상과 같이 구성된 포장체의 해석 모델을 그림으로 살펴보면 〈그림 A.5〉와 같고 차륜하중은 표준축하중의 절반 값을 입력하였다.



〈그림 A.5〉 해석단면

포장구조해석은 다층탄성해석으로 아스팔트 혼합물층의 하단인장변형률을 구하고, 현재 제시되어 있는 피로기준식으로부터 해석단면의 피로수명을 구하였다.

포장구조해석 시 하중조건은 표준설계하중인 82kN 단축하중의 한쪽 차륜부만을 고려한 41kN 복륜조건을 적용하였으며 바퀴 하나의 하중은 20.5kN이고, 윤하중 접지면은 원형으로 그 반경은 11.43cm, 타이어 접지압은 0.5MPa, 바퀴 중심간 거리는 34.3cm 로 가정하였다. 해석프로그램은 다층탄성해석 프로그램인 Kenlayer를 이용하여 포장구조해석을 실시하였고 복륜하중 중심에서 아스팔트층 하단 인장변형률을 구하였다. 구조해석을 위한 각 층의 탄성계수 입력조건은 〈표 A.2〉 및 〈표 A.3〉과 같다.

〈표 A.2〉 각 층의 탄성계수

층 구 분	탄성계수(MPa)	포아슨비
표층(중간층)	3,000	0.35
기 층	2,500	0.35
보조기층	100	0.40
노상 (토공부)	50	0.45

〈표 A.3〉 암반의 동적 탄성계수

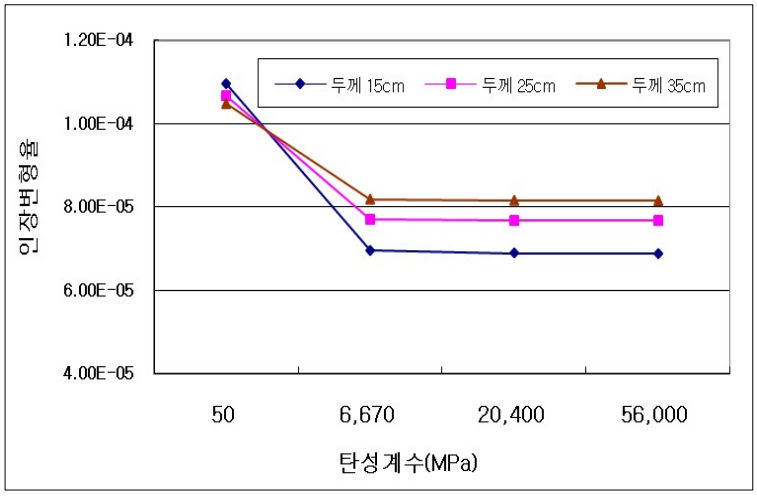
암 종	동탄성계수(MPa)
혈암, 사암	6,670
화강암	20,400
휘록암	56,000

다층탄성해석 결과는 〈표 A.4〉와 같이 나타났으며, 인장변형률과 탄성계수의 관계는 〈그림 A.6〉에서 노상이 암반구간일 경우 토공부에 비하여 아스팔트층 하단의 인장변형률이 많이 감소하는 것으로 나타났다.

보조기층 두께변화에 따른 특성분석 결과, 토공부에서는 보조기층 두께가 증가할수록 인장변형률이 감소하나, 암반구간에서는 보조기층의 두께가 증가할수록 인장변형률이 증가하는 것으로 나타나서 토공부와 달리 보조기층의 두께 증가가 오히려 피로수명을 감소시키는 것으로 나타났다. 그리고, 각 암종의 변화에 따른 인장변형율의 관계에서는 암종의 탄성계수 변화가 인장변형률에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

〈표 A.4〉 보조기층 두께에 따른 하단 인장변형률

보조기층 두께 (cm)	탄성계수 (MPa)	아스팔트층 하단 인장변형률
15	50	1.10E-04
	6,670	6.95E-05
	20,400	6.89E-05
	56,000	6.87E-05
25	50	1.07E-04
	6,670	7.71E-05
	20,400	7.68E-05
	56,000	7.66E-05
35	50	1.05E-04
	6,670	8.19E-05
	20,400	8.16E-05
	56,000	8.16E-05



〈그림 A.6〉 탄성계수와 인장변형률의 관계

이상의 결과 분석에서, 암반구간은 토공구간에 비하여 노상의 지지력이 양호하므로 아스팔트층 하단의 인장변형률이 감소되어 피로수명이 증가되는 것으로 나타났다. 암반구간에서 보조기층의 두께 증가에 따른 아스팔트층 하단의 인장변형률 분석에서는 보조기층의 두께를 증가시킬수록 토공부와는 반대로 아스팔트층의 하단 인장변형률이 증가되어 포장의 피로수명은 감소되는 것으로 나타났다. 이는 입상재료 보조기층의 지지력이 암반의 지지력보다 작기 때문이다.

그러므로, 암반구간에서는 보조기층의 두께를 최소화하는 것이 역학적으로 유리한 것으로 나타났다. 그러나, 보조기층을 완전히 제거하게되면 절토구간에서 암반의 틈 사이로 용출되는 용출수를 배수시킬 수 없게 되므로 용출수의 배수층으로써 필터층이 필요하게 된다.

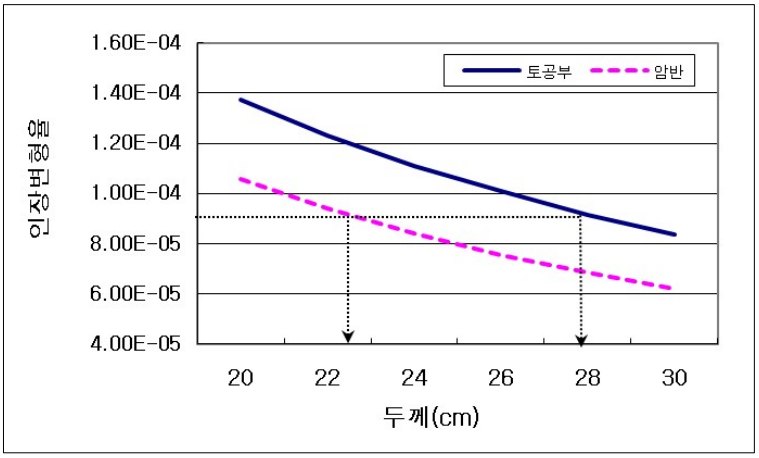
노상의 지지력이 아스팔트혼합물 층의 두께에 미치는 영향을 분석하기 위하여 구조해석을 실시하였다. 암반구간의 탄성계수는 〈그림 A.6〉에서 6,670MPa 이상에서는 거의 일정한 결과를 주게되므로 암반 노상의 탄성계수는 6,670MPa로 입력을 하여 구조해석을 실시하였다.

기층의 두께변화에 따른 아스팔트층 인장변형률은 〈표 A.5〉 및 〈그림 A.7〉과 같다.

〈표 A.5〉 기층의 두께변화에 따른 아스팔트층 인장변형률

기층의 두께(cm)	아스팔트층 하단 인장변형률($\times 10^{-4}$)	
	토공부	암반구간
20	1.374	1.059
22	1.232	0.941
24	1.110	0.841
26	1.010	0.756
28	0.917	0.684
30	0.834	0.621

〈그림 A.7〉에서 동일한 인장변형률 조건에서 암반구간은 토공구간에 비하여 아스팔트 기층의 두께는 대략 5cm정도 감소하는 것으로 나타났다.



〈그림 A.7〉 기층의 두께변화에 따른 인장변형률

〈그림 A.7〉에서 아스팔트 기층의 두께감소가 이론적으로는 가능하나 암반구간에서의 용출수 등의 취약조건을 고려하여야 하므로, 아스팔트 혼합물층의 두께는 본선 토공부와 동일하게 설계하는 것을 원칙으로 한다.

부록 B 시멘트 안정처리필터층 시험결과

시멘트 안정처리 필터층의 표준배합비를 구하기 위하여 배합설계를 실시하였다. 시멘트 안정처리 필터층에 사용되는 각 재료의 품질은 다음과 같다.

시멘트 안정처리 필터층의 배합설계는 재료의 선정, 공시체 제작, 강도 시험 등 총 7단계의 과정에 따라 이루어진다. 각 단계별 진행 내용은 다음과 같다.

가. 사용재료의 선정과 품질확인

① 잔골재

콘크리트용 잔골재란 5mm체를 다 통과하고, 0.08mm체에 다 남는 골재 또는 10mm체를 전부 통과하고 5mm체를 거의 다 통과하며, 0.08mm체에 거의 다 남는 골재를 말한다. 잔골재에는 자연모래, 부순모래, 해사, 고로슬래그 잔골재 및 그 혼합물이 있다. 잔골재는 깨끗하고 강하고 내구적이고, 알맞은 입도를 가져야 하며, 먼지, 흙, 유기불순물, 염화물 등의 유해량을 함유해서는 안된다. 〈표 B.1〉과 〈표 B.2〉는 잔골재의 품질기준과 입도를 보여준다.

<표 B.1> 잔골재의 품질기준

시 험 항 목	규 정 치
절대 건조 밀도(g/㎤)	2.5 이상
흡 수 율 (%)	3 이하
안 정 성 (%)	10 이하
0.08mm체 통과량(%)	7 이하

<표 B.2> 잔골재의 입도

체의 호칭 치수(mm)	통과중량 백분율(%)
10	100
5	90 ~ 100
2.5	80 ~ 100
1.2	50 ~ 90
0.6	25 ~ 65
0.3	10 ~ 35
0.15	2 ~ 15

② 굵은 골재

콘크리트용 굵은 골재란 5mm체에 다 남거나 또는 거의다 남는 골재를 말하며 부순골재, 자갈, 고로슬래그 및 그 혼합물이 있다. 굵은 골재는 깨끗하고 강하고 내구적이고 적당한 입도를 가지며 얇은 석편, 먼지, 흙, 유기불순물, 염화물등의 유해량을 함유해서는 안된다. 굵은골재로 사용할 부순골재는 KS F 2527에 적합하여야 하며, 자갈은 사용전에 물로 깨끗이 씻어야 한다. 〈표 B.3〉은 굵은 골재의 품질기준을 보여준다.

〈표 B.3〉 굵은 골재의 품질기준

시 험 항 목	규 정 값
절대 건조 밀도(g/㎤)	2.5 이상
흡 수 율 (%)	3 이하
안 정 성 (%)	12 이하
마 모 감 량 (%)	40 이하
0.08mm체 통과량(%)	1.0 이하

나. 시공정도에 따라 할증계수를 정하고 배합강도 결정

시멘트 안정처리 필터층의 7일 일축압축강도는 설계서에서 특별히 명시하지 않는 경우 5.0MPa이 기준강도가 되므로 할증계수인 1.15를 곱한 5.75MPa을 배합강도로 배합설계를 하였다.

다. 굵은골재 최대치수 결정

골재는 굵은골재 최대치수 40mm인 화강암을 사용하였다.

라. 시방입도에 따라 골재를 합성

굵은골재와 모래 및 스크리닝스의 배합비를 산출하였다.

〈표 B.4〉 골재배합 결과

구 분	골재별 체가름 시험결과(%)			기준입도 (%)	배합결과 (%)
	40mm	19mm	스크리닝스		
배합비	40%	30%	30%		
50mm	100.0	100.0	100.0	100～100	100.0
40mm	100.0	100.0	100.0	85～100	100.0
20mm	44.49	97.39	100.0	50～80	77.0
5mm	1.15	1.71	96.0	15～45	29.9
2.5mm	0.50	0.48	67.0	5～30	20.5
0.6mm	0.37	0.29	32.0	0～15	9.9

마. 다짐시험을 통해 최적함수비와 최대건조밀도 산정

KS F 2312(흙의 다짐시험 방법)의 E 방법을 사용하여 단위 시멘트량에 따라 최적함수비(OMC)와 최대건조밀도(Υ_{dmax})를 구하였다.

〈표 B.5〉 다짐시험결과

단위시멘트량 (kg)	최적함수비 (%)	습윤밀도 (t/m^3)	최대건조밀도 (t/m^3)
130	5.8	2.401	2.269

바. $1m^3$당 각 재료의 소요중량을 구하고 시험배치를 실시하여 공시체 제작

다짐시험결과와 입도에 따른 합성비율 및 흡수비를 사용하여 단위시멘트량에 따라 재료량을 산출하였다.

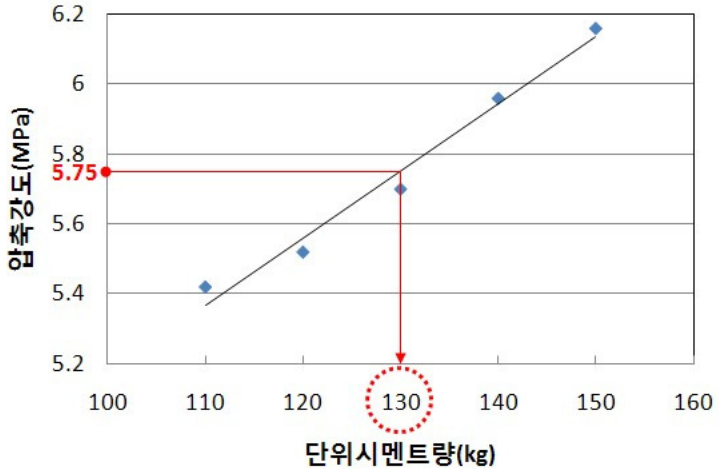
〈표 B.6〉 시멘트 안정처리 필터층 시방배합결과표

구 분	시멘트	물	골 재		
			40mm	19mm	스크리닝스
건조상태 단위중량 (kg/m^3)	130.0	131.6	855.8	641.8	641.8
표건상태 단위중량 (kg/m^3)	130.0	109.3	861.1	646.0	654.6

사. 제작된 공시체를 재령 7일 후 강도측정

공시체는 제작 후 6일까지는 습윤양생을 하였고, 마지막 1일은 수침양생을 하였다. 시멘트 안정처리 필터층의 일축압축강도는 5MPa으로 규정하고 있으며 배합설계시의 배합강도는 할증계수인 1.15를 적용시킨 5.75MPa을 설계배합강도로 규정하여 실험을 수행하였다.

일축압축강도 시험용 공시체는 단위시멘트당 3개씩 제작하여 일축압축강도 시험을 수행하였다. 일축압축강도 시험결과 설계배합강도 5.75MPa을 만족하는 단위시멘트량은 130kg으로 결정되었다.



〈그림 B.1〉 설계배합강도를 만족하는 단위시멘트량

단위시멘트량은 130kg으로 결정되었으나 린콘크리트 기층과 동일하게 단위시멘트량을 적용하기 위하여 단위시멘트량 150kg으로 조정하여 다짐시험을 실시하였다. 다짐시험을 실시하여 습윤밀도, 건조밀도, 최적함수비를 결정하고 그 결과를 가지고 시험배합을 수행하여 재료량을 산출해서 최종적인 시방 배합비를 결정하였다. 최종적인 시방 배합비는 〈표 B.7〉과 같다.

<표 B.7> 최종 시방 배합비

단위시멘트량 (kg)	단위수량(kg)	단위골재량(kg)		
		40mm	19mm	스크리닝스
150	125.9	895.5	671.9	680.8

참 여 진

집필진

이광호 한국도로공사 도로교통연구원 연 구 위 원

이경하 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원

유태석 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원

강민수 한국도로공사 도로교통연구원 선임연구원

조문진 한국도로공사 도로교통연구원 연 구 원

국토해양부

도태호 국토해양부 도로정책관

손종철 국토해양부 간선도로과 과장

백봉기 국토해양부 간선도로과 사무관

김태호 국토해양부 간선도로과 주무관

암반구간 포장설계 지침

■ 행정간행물 등록번호 / 11-1611000-001658-01

■ 발행일 / 2011.08

■ 발행처 / 국토해양부

■ 인쇄처 / 형제문화사