

제 2 장 포장설계 입력 변수

2.1 공통입력 변수

구 분	항 목	구 분	항 목
설계변수	• 시간제약변수 -공용기간 -해석기간 •교통량 •환경영향	공용조건	•서비스능력 -초기서비스 지수 -최종서비스 지수
		재료특성	•설계노상CBR

2.1.1 시간제약변수(time constraints)

(1) 공용성(performance)의 정의

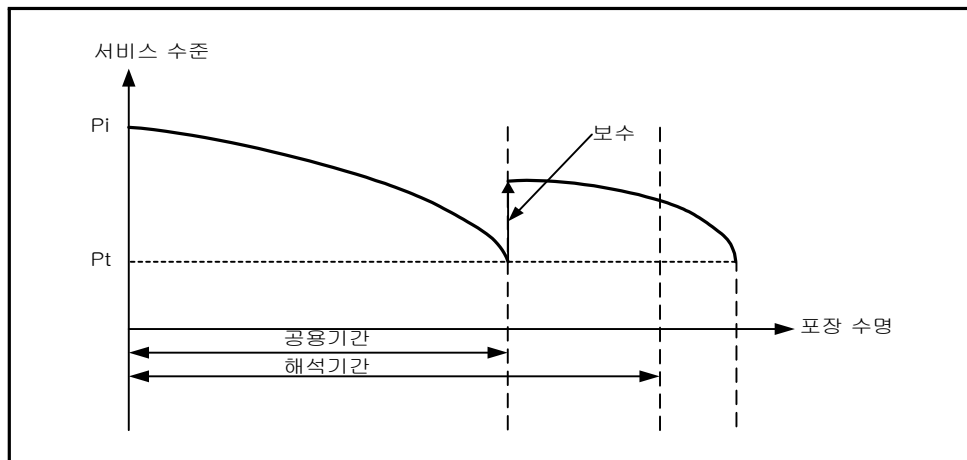
- ① 포장체가 가지고 있는 물리적 능력을 수치화 한 것으로 포장구조체의 서비스 이력으로 표시된다.
- ② 기능적 공용성 (functional performance) : 이용자가 제공받는 주행 쾌적성 또는 승차감
- ③ 구조적 공용성 (structural performance) : 포장체의 물리적 상태에 영향을 주는 요소로서 균열, 단차, 라벨링, 포장구조의 하중전달능력에 역효과를 주거나 유지보수를 요구하는 기타 조건
- ④ 안전적 공용성 : 포장체와 타이어 접촉에 따른 마찰저항
- ⑤ 포장 구조설계는 기능적 공용성과 구조적 공용성에 관한 사항만 반영

(2) 공용기간 (performance period)

- ① 초기포장 포설 후 전반적인 보수 또는 덧씌우기(overlay)등이 필요한 시기 까지의 기간, 즉 초기서비스지수(P_0)가 최종서비스지수(P_t)에 도달할 때 까지의 기간을 의미한다.
- ② 설계누적교통량 산출의 기본이 되는 기간으로 유지보수 형태, 수준에 따라 좌우되며 정책, 경험에 의해 최대, 최소기간을 구한다.

(3) 해석기간(analysis period)

- ① 설계자가 설계포장구조에 대하여 수명-주기비용 (life-cycle cost)을 감안하여 부여한 대상포장체가 지속되어야 할 시간이다.
- ② 공용기간을 포함하여 경제성 검토, 포장형식결정 등의 장기정책을 평가하기 위한 기간으로 보수 또는 덧씌우기를 포함하여 단계건설을 고려한 전체 포장수명 기간을 말한다.



<그림 2.1.1> 공용기간과 해석기간

(4) 서비스 능력-공용성

- ① 도로 이용자가 주행시 느끼는 쾌적성 등을 정량화하는 척도이다.
- ② 서비스 능력과 공용성의 개념은 다음의 가정을 토대로 한다.
 - 가. 도로포장은 이용자 통행의 편리성과 쾌적감을 제공하기 위함이다.
 - 나. 쾌적성이나 승차감은 이용자의 주관적 반응 또는 견해에 관련되는 사항이다.
 - 다. 서비스 능력은 모든 도로 이용자 관점에서 포장의 상태를 평가하여 점수를 부여하는 방법으로 표시되며, 이것을 서비스 능력 평점(serviceability rating)이라 부른다.
 - 라. 객관적으로 측정할 수 있는 포장의 물리적 손상 특성과 주관적 평가를 서로 상관시킬 수 있으며 이 관계로부터 객관적인 서비스 지수(serviceability index)를 제공한다.
 - 마. 공용성(performance)은 포장구조체의 서비스이력(serviceability history)으로 표시된다.
- ③ 포장의 서비스 능력은 어느 시점에서 포장이 이용자에게 제공하는 기능 및 구조적 손상도의 크기이며 측정시 서비스 지수로 표시된다.
- ④ 서비스 지수(PSI ; present serviceability index)는 평탄성과 손상도, 즉 균열(cracking)과 팻칭(patching) 정도 그리고 아스팔트 포장에서의 소성변형 등을 그 포장의 사용수명(service life)동안의 특정시기에 측정할 수 있다.
 - 가. 평탄성은 포장의 PSI를 평가하는데 중요한 인자이므로 포장의 공용이력(performance history)을 모니터링 하는데 있어 신뢰도가 높은 방법으로 측정한다.
 - 나. 측정 서비스 지수(PSI)의 크기는 0~5의 값으로 정의된다.
- ⑤ 포장 설계를 위해서는 다음과 같이 초기와 최종 서비스 지수를 결정해야 한다.
 - 가. 초기 서비스 지수 (P_0 ; initial serviceability index)
 - (가) 도로이용자 관점에서 추정되는 시공완료 직후의 PSI 값이다.
 - (나) AASHO 도로시험에서 얻어진 초기 서비스 지수 값(P_0)은 아스팔트 포장에 대해서는 4.2이고 콘크리트 포장에 대해서는 4.5이다.

나. 최종 서비스 지수 (P_t ; terminal serviceability index)

(가) 특정 도로의 포장면을 재포장(resurfacing)하거나 재시공(reconstruction)이 요구되는 시점의 PSI 값이다.

(나) 중요도로에 대해서는 $P_t = 2.5$ 또는 3.0을 사용하며, 중요치 않은 도로에 대해서는 2.0을 적용한다.

(다) 경제적 관점에서 볼 때 초기 비용이 적게 소요되는 저급도로에 대하여서는 $P_t = 1.5$ 를 적용할 수 있다.

2.1.2 교통량

(1) 교통량의 산정

① 기준년도에 대한 차종별 양방향 연평균 일교통량(AADT)과 해석기간 동안의 연도별 또는 일정 기간별 포장 해석기간과 공용기간에 걸친 양방향 차종별 누가 교통량을 산정함으로써 결정한다.

② 설계차로에 대한 교통량의 산정은 다음 식으로 결정한다.

$$W_{8.2} = D_D \times D_L \times \overline{W}_{8.2}$$

여기서, $W_{8.2}$: 설계 교통량

D_D : 방향분배계수

D_L : 차로분배계수

$\overline{W}_{8.2}$: 해석 기간 동안의 대상 계획도로의 양방향 누가 ESAL 교통량

(2) 표준 등가단축하중(equivalent single axle load)

① 포장설계를 위하여 축배열이 서로 다른 혼합교통을 하나의 공통분모를 기준으로 하여 표준화시켜 변환한 것으로 다음과 같이 정의된다.

구 분	산 식	비 고
아스팔트 포장	$ESAL f = \frac{(L_1 + L_2)^{4.79}}{(18 + 1)^{4.79} L_2^{4.33}} \cdot \frac{10^{\frac{G_t}{\beta_{18}}}}{10^{\frac{G_t}{\beta_i}}}$ $\beta_{L_1} = 0.4 + \frac{0.081 (L_1 + L_2)^{3.23}}{(\overline{SN} + 1)^{5.19} L_2^{3.23}}$	$G_t = \log_{10} \left[\frac{4.2 - p_t}{4.2 - 1.5} \right]$ L_1 : 축하중(kips) L_2 : 축형식 (단축=1, 복축=2)
콘크리트 포장	$ESAL f = \frac{(L_1 + L_2)^{4.62}}{(18 + 1)^{4.62} L_2^{3.28}} \cdot \frac{10^{\frac{G_t}{\beta_{18}}}}{10^{\frac{G_t}{\beta_i}}}$ $\beta_{L_1} = 1.0 + \frac{3.63 (L_1 + L_2)^{5.20}}{(D + 1)^{8.46} L_2^{3.52}}$	

② 국내의 8.2톤 단축하중계수는 한국건설기술연구원이 1987년 실측 조사하여 산정한 「도로포장설계지침서작성 및 자동차 축하중 조사연구 1988-03 차종별 ESALf 산정」 편 결과치를 이용한다.

- ③ 아스팔트 포장 및 콘크리트 포장에 대한 도로의 등급별 차종분류 및 차종별 8.2톤 등가단축하중계수는 [표 2.1.1]~[표 2.1.2]와 같다.

<표 2.1.1> 차종, 포장구조별 고속도로 강성포장 등가 축하중계수

차 종		차축구성	ESALf
승용차		2A4T	0.0001
버스	소형	2A4T	0.0004
	보통	2A6T	1.043
트럭	소형	2A4T	0.015
	보통	2A6T	0.795
	대형	3A10T	2.516
특 수			2.482

[표 2.1.2] 아스팔트포장에 대한 차종별 8.2톤 등가단축하중계수(전체평균)

차 종		차축구성	Pt	SN						평균
				1	2	3	4	5	6	
승용차		2A4T	2.0	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
			2.5	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002
			3.0	0.001	0.001	0.0004	0.0002	0.0002	0.0001	0.0003
버스	소형	2A4T	2.0	0.001	0.001	0.001	0.0005	0.0004	0.0004	0.0005
			2.5	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0005	0.0004	0.001
			3.0	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.0005	0.001
	소형	2A6T	2.0	0.001	0.001	0.001	0.0005	0.0004	0.0004	0.0005
			2.5	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0005	0.0004	0.001
			3.0	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.0005	0.001
	보통	2A6T	2.0	0.834	0.843	0.846	0.839	0.834	0.832	0.838
			2.5	0.837	0.860	0.872	0.852	0.838	0.833	0.849
			3.0	0.841	0.891	0.921	0.879	0.846	0.835	0.869
트럭	소형	2A4T	2.0	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
			2.5	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004
			3.0	0.006	0.007	0.005	0.004	0.004	0.004	0.005
	보통	2A6T	2.0	0.646	0.643	0.629	0.614	0.616	0.624	0.629
			2.5	0.647	0.643	0.614	0.584	0.584	0.601	0.612
			3.0	0.648	0.647	0.608	0.556	0.551	0.573	0.597
	대형	3A10T	2.0	2.208	2.187	2.123	2.073	2.081	2.116	2.131
			2.5	2.205	2.161	2.034	1.932	1.946	2.012	2.048
			3.0	2.201	2.135	1.950	1.792	1.802	1.896	1.963
트랙터+세미트레일러		4A이하	2.0	1.715	1.719	1.702	1.681	1.682	1.692	1.699
			2.5	1.718	1.733	1.703	1.651	1.648	1.668	1.687
			3.0	1.723	1.764	1.736	1.632	1.611	1.638	1.684
		5A	2.0	1.832	1.840	1.827	1.801	1.796	1.804	1.817
			2.5	1.836	1.861	1.842	1.781	1.763	1.777	1.810
			3.0	1.842	1.903	1.898	1.782	1.733	1.746	1.817
		6A이상	2.0	0.765	0.799	0.827	0.812	0.788	0.773	0.794
			2.5	0.775	0.860	0.933	0.891	0.830	0.794	0.847
			3.0	0.789	0.960	1.115	1.016	0.892	0.824	0.933
트럭트레일러		5A이하	2.0	3.359	3.353	3.321	3.291	3.298	3.319	3.323
			2.5	3.359	3.351	3.289	3.222	3.232	3.273	3.288
			3.0	3.360	3.358	3.278	3.158	3.156	3.216	3.254

(3) 방향분배계수(D_D)

- ① 한 방향으로 차로통행이 편중된 교통량이 많은 차로에 대한 ESAL 교통량을 기준으로 한다
- ② 방향분배계수의 값은 차량이 많은 방향과 차량이 적은 방향에 대하여 0.30~0.70 범위로 한다.
- ③ 방향분배계수 값은 2차로 도로에는 0.5이상을, 4차로 이상의 도로에는 0.40~0.45를 적용하는 것이 일반적이다.

(4) 차로분배계수(D_L)

- ① 한 방향이 2차로 이상일 경우 차로별 교통량 분포비율을 나타낸다.
- ② AASHTO에서 권고하고 있는 차로분배계수의 값은 [표 2.1.3]과 같다.
- ③ 차로분배계수의 적용은 범위의 중간값을 취하고 있으나, 우리나라의 경우 대부분의 도로가 용량에 근접된 상태로 운영되고 있음을 고려하여, 교통량 조사결과에 따라 여건에 맞게 적용한다.

[표 2.1.3] AASHTO 차로분배계수 권장값

편도차로	D_L (%)	적용
1	100	1.0
2	80 ~ 100	0.8
3	60 ~ 80	0.6
4	50 ~ 75	0.5

2.1.3 환경영향

(1) 동결과 융해

① 노반재료 영향 인자

- 가. 재료의 세립자 함유비율
- 나. 동결 대기온도의 포장구조 내의 관입률
- 다. 해빙기의 융해속도 및 융해 진행형식
- 라. 포장구조 내의 수분공급원의 존재유무와 위치
- 마. 포장구조의 배수능력

② 포장설계 반영 방법

- 가. 동결에 의한 노상토의 동상효과를 서비스능력의 손실 크기로 반영
- 나. 포장층 내로 침투되는 최대 동결관입 깊이를 평가하여 동결성 노상토 내의 허용할 수 있는 관입깊이를 산정
- 다. 노상토의 설계 CBR 또는 M_R 의 감소

(2) 동결지수 (frost index)

- ① 포장구조와 노상토를 동결시키는 대기온도의 강도와 지속기간(intensity and duration)의 누가영향(cumulative effect)으로 표시된다.
- ② 동결지수의 단위는 온도·일(°C·일, °F·일)이며, 어느 동결계절 동안의 누가 온도·일에 대한 시간곡선상의 최고점과 최저점의 차이로 나타낸다.
- ③ 설계노선의 설계동결지수의 산정은 대상지역의 인근 측후소에서 관측한 월 평균 대기온도의 크기와 지속시간에 대한 30년 기록(최소 10년 기록)을 사용한다.
- ④ 국내의 경우는 건설교통부에서 최근30년간 기상측후소에서 관측된 기상자료를 토대로 만들어진 「전국 동결지수선도 <그림 2.1.2> 및 지역별 동결지수 [표 2.1.4]」를 이용하여 동결지수를 산정한다.
- ⑤ 여기서 얻어지는 동결지수 값은 측후소 위치에서 관측한 값을 토대로 한 것이므로, 설계노선의 표고에 대한 보정은 다음 식을 이용하여 계산한다.

$$\begin{aligned} \text{가. 수정동결지수 } (^{\circ}\text{F} \cdot \text{day}) &= \text{동결지수} \pm 0.9 \times \text{동결기간} \times \frac{\text{표고차}}{100} \\ &= 613 \pm 0.9 \times 94 \times \frac{(197.00 - 149.80)}{100} = 653 \end{aligned}$$

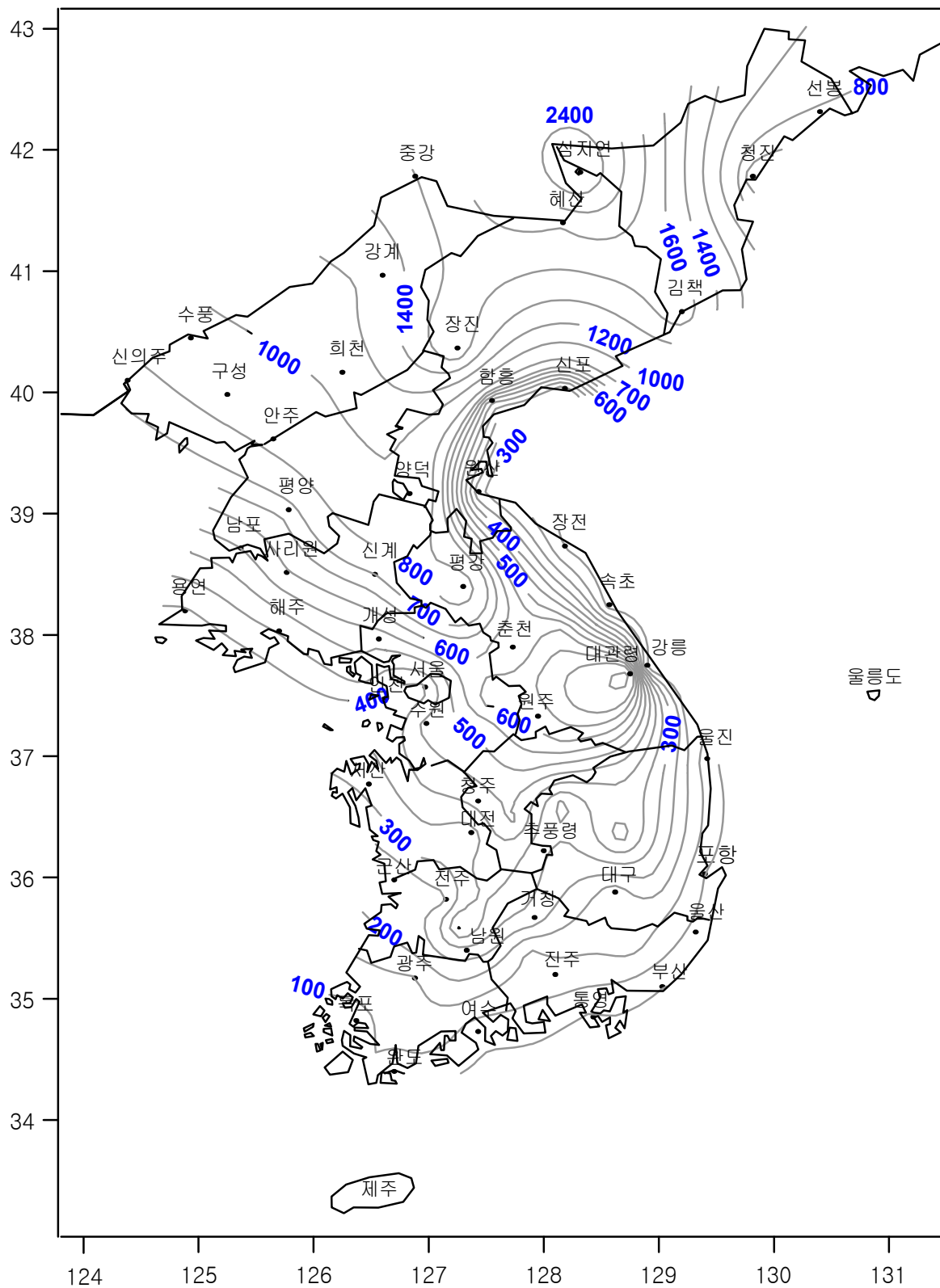
나. 표고차 = 설계노선 최대계획고(m) - 측후소 지반고(m)

[예] 측후소 위치-강원원주

적용측후소	지 반 고 (m)	최대계획고 (m)	동결지수 (°F·일)	동결기간 (일)	수정동결지수 (°F·일)	비 고
원 주	149.8	197.00	613	94	653	-

$$\ast \text{ 수정동결지수 } (^{\circ}\text{C} \cdot \text{일}) = \text{동결지수} \pm 0.5 \times \text{동결기간} \times \frac{\text{표고차}}{100}$$

$$\ast (^{\circ}\text{F} \cdot \text{일}) = 9 \div 5 \times (^{\circ}\text{C} \cdot \text{일})$$



<그림 2.1.2> 전국동결지수선도

[표 2.1.4] 지역별 동결지수 및 동결기간[남한]

지 역	측후소 지반고(m)	동결지수 (°C·일)	동결기간 (일)	지 역	측후소 지반고(m)	동결지수 (°C·일)	동결기간 (일)
속초	17.6	181.6	66	합천	32.1	193.0	62
대관령	842.0	873.8	127	거창	224.9	278.2	74
춘천	74.0	539.0	92	영천	91.3	237.8	64
강릉	26.0	167.2	57	구미	45.5	278.1	76
서울	85.5	380.9	80	의성	73.0	425.2	78
인천	68.9	354.7	78	영덕	40.5	138.8	57
원주	149.8	613.0	94	문경	172.1	279.4	55
울릉도	221.1	129.3	32	영주	208.0	417.8	77
수원	36.9	468.4	79	성산포	17.5	—	—
충주	69.4	528.4	89	고흥	60.0	83.5	49
서산	26.4	313.2	76	해남	22.1	102.6	49
울진	49.5	121.6	57	장흥	43.0	130.1	52
청주	59.0	411.6	78	순천	74.0	179.9	64
대전	67.2	317.7	68	남원	89.6	272.4	67
추풍령	245.9	303.9	78	정읍	40.5	223.9	61
포항	2.5	98.5	52	임실	244.0	420.3	86
군산	26.3	194.9	61	부안	7.0	244.7	61
대구	57.8	160.9	54	금산	170.7	372.5	77
전주	51.2	233.5	61	부여	16.0	330.0	74
울산	31.5	83.6	46	보령	15.1	254.8	76
광주	73.9	141.4	55	천안	24.5	405.4	78
부산	69.2	49.6	27	보은	170.0	461.7	76
통영	25.0	37.4	27	제천	264.4	610.2	91
목포	36.5	75.6	33	홍천	141.0	635.4	98
여수	67.0	62.2	31	인제	199.7	614.5	91
완도	37.5	38.1	26	이천	68.5	511.0	89
제주	22.0	4.1	3	양평	49.0	619.7	91
남해	49.8	74.3	38	강화	46.4	486.2	89
거제	41.5	52.1	39	진주	21.5	132.8	51
산청	141.8	141.8	49	서귀포	51.9	—	—
밀양	12.5	180.2	62	철원	154.9	685.0	109

[표 2.1.5] 지역별 동결지수 및 동결기간[북한]

지 역	동결지수 (°C·일)	동결기간(일)	측후소 지반고(m)
예 산	1,809.1	140	714
중 강	1,585.7	135	332
강 계	1,236.8	126	306
선 봉	771.4	117	3
신의주	736.2	106	7
평 양	664.3	95	38
청 진	617.3	111	43
사리원	592.1	95	52
개 성	510.5	91	70
함 흥	487.3	87	38
해 주	448.5	82	81
원 산	314.6	79	36
평 강	884.8	106	371
구 성	861.7	117	99
안 주	829.8	106	27
장 진	1,784.2	151	1,081
풍 산	1,726.6	157	1,206
신 계	687.7	98	100
남 포	544.6	92	47
용 연	390.0	87	5
신 포	388.2	91	19
삼지연	2,435.8	179	1,386
희 천	1,043.7	128	155
양 덕	1,024.1	127	279
수 풍	930.4	124	83
장 전	198.7	81	35

[표 2.1.6] 좌표별 전국동결지수(단위 : °C일)

북위(radian) 동경(radian)		34			35					36	
		0.40	0.63	0.83	0.02	0.22	0.41	0.61	0.80	0.03	0.23
126	0.4	77	99	94	121	151	184	213	228	240	264
	0.6	66	120	122	133	158	196	236	245	235	277
	0.8	60	123	139	142	160	208	247	256	256	316
127	0.0	73	126	146	158	185	233	261	257	286	343
	0.2	68	106	133	173	216	271	317	271	301	332
	0.4	53	70	50	158	210	268	319	315	328	337
	0.6	42	61	92	135	176	219	264	294	323	348
	0.8	36	62	91	120	143	158	221	265	289	318
128	0.0	29	56	84	116	142	155	210	246	257	254
	0.2	20	42	69	108	150	180	215	234	265	282
	0.4	11	30	48	95	142	180	201	215	271	322
	0.6	5	25	52	90	137	182	196	182	261	360
	0.8	—	19	44	76	122	179	195	198	264	347
129	0.0	—	10	29	50	91	138	168	194	245	286
	0.2	—	—	16	35	65	99	128	154	185	211
	0.4	—	—	—	25	47	72	93	112	126	150

주) 표고 100m 기준

북위(radian) 동경(radian)		36			37					38	
		0.42	0.62	0.81	0.01	0.20	0.43	0.63	0.82	0.02	0.21
126	0.4	294	320	343	368	387	416	478	501	491	484
	0.6	315	345	368	388	394	377	431	473	481	480
	0.8	353	379	405	425	431	399	403	444	469	477
127	0.0	374	404	440	463	487	441	410	451	472	478
	0.2	366	411	453	483	505	505	493	493	493	487
	0.4	356	421	468	499	519	586	579	545	520	500
	0.6	397	444	484	522	552	621	615	569	534	509
	0.8	383	426	480	545	577	612	617	582	548	514
128	0.0	305	343	431	522	569	597	605	592	568	512
	0.2	285	280	377	477	536	559	564	558	550	465
	0.4	337	339	373	429	477	506	508	481	426	346
	0.6	401	373	368	389	417	443	449	386	312	220
	0.8	385	359	342	342	351	358	357	276	221	178
129	0.0	308	303	290	282	277	260	214	161	152	139
	0.2	226	226	218	208	200	180	151	125	113	108
	0.4	162	163	156	143	142	131	114	99	90	87

주) 표고 100m 기준

(3) 동결깊이

① 동결깊이 산정의 개념

- 가. 동결작용에 의해 생기는 포장층 표면상의 동상 변형(frost heaving distortion)을 극소화
 나. 계절적 동결·융해 작용의 영향을 받는 노상지지력 변화로 인한 포장층의 교통하중 재하에 따른 균열 및 변형을 극소화

② 동결깊이 산정 기준

가. 동결깊이 산정 방법

(가) 노상동결관입허용법

- 동결깊이가 노상으로 얼마쯤 관입된다 하더라도 동상으로 인한 융기량이 포장파괴를 일으킬 만한 양이 아니라면 노상의 동결을 어느정도 허용하는 방법이다.

(나) 감소노상강도법

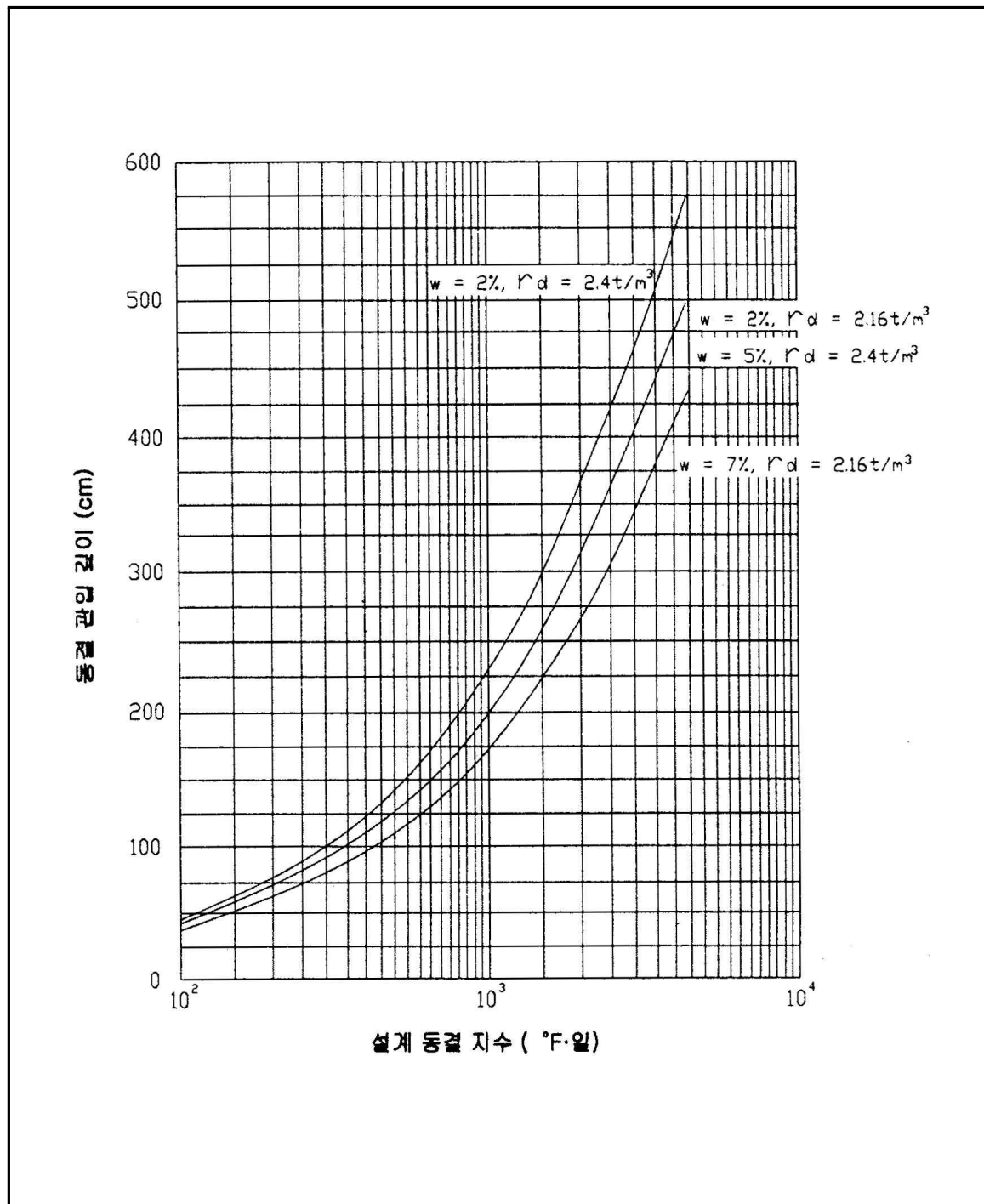
- 해빙기간 중에 일어나는 노상강도 감소를 근거로 하여 동결에 대비한 포장두께를 결정한다.
- 동결지수와 직접적인 함수관계가 없다.

(다) 완전방지법

- 동결작용에 의한 표면 변위량을 제거하기 위해 충분한 두께의 비동결성 층을 설치하는 방법이다.
- 비경제적이므로 특수한 경우에만 적용한다.

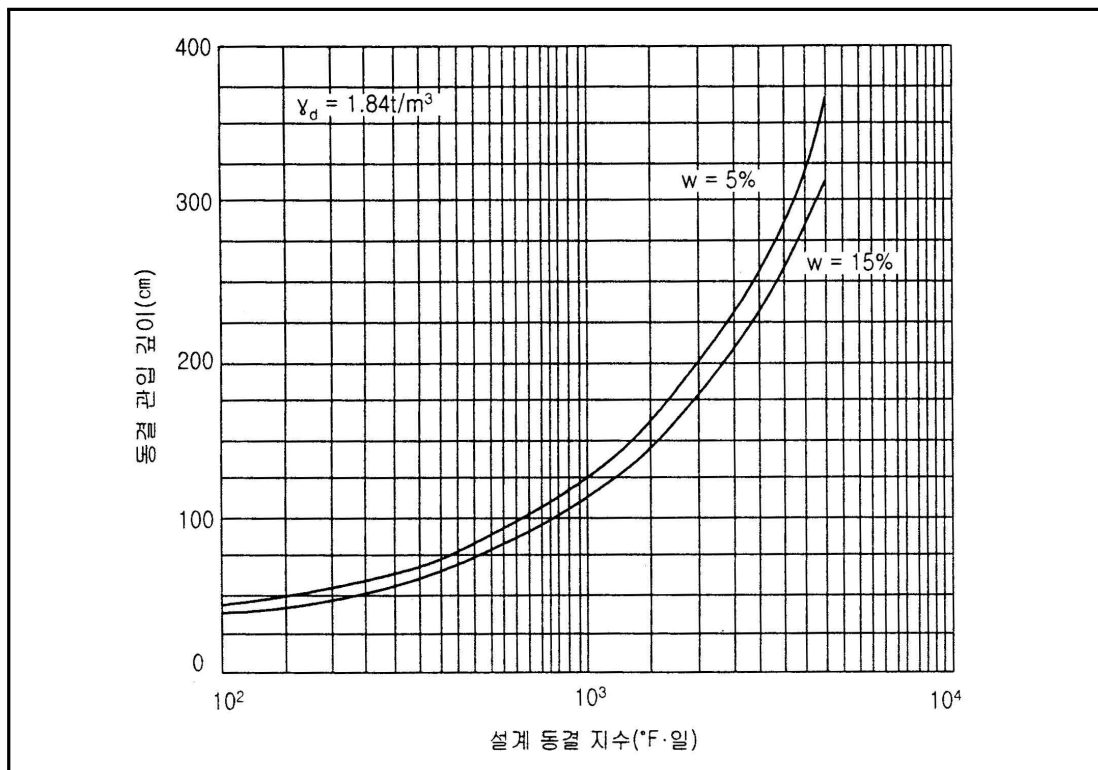
나. 동결깊이 산정 기준

- (가) <그림 2.1.3> 노상동결관입허용법으로서 동결관입영향을 고려한다.

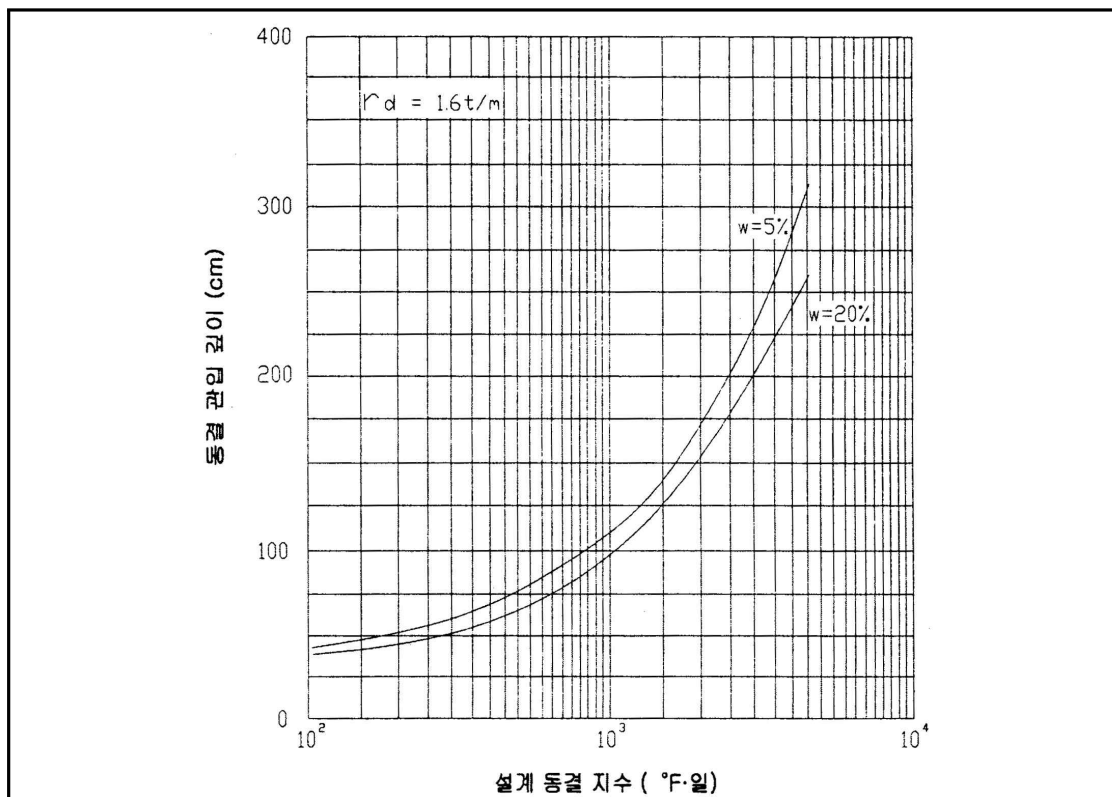


(a) 2.16 t/m^3 과 2.4 t/m^3 의 경우

<그림 2.1.3> 동결관입깊이와 설계동결지수 상관도표(계속)

(b) 1.84 t/m^3 의 경우

<그림 2.1.3> 동결관입깊이와 설계동결지수 상관도표(계속)

(c) 1.6 t/m^3 의 경우

<그림 2.1.3> 동결관입깊이와 설계동결지수 상관도표

③ 동결깊이 산정

노상동결관입허용법으로서 다음과 같은 절차와 <그림 2.1.4>을 적용한다.

가. 동결기간의 시점에서 기층(보조기층 포함)과 노상토의 평균 함수비, 그리고 기층(보조기층 포함) 재료의 건조단위중량(γ_d)을 결정한다.

(가) 기층과 보조기층을 모두 입상재료로 사용하는 경우, 각 층의 두께에 대한 중량비로서 평균 함수비와 단위건조중량을 계산한다.

(나) 안정처리기층과 비처리입상보조기층으로 구성되는 경우에는, 입상보조기층의 함수비와 단위건조중량값을 적용한다.

나. <그림 2.1.3>로부터 설계동결지수 연도에 일어날 수 있는 최대동결관입깊이 a 를 결정한다. 필요한 경우 직선보간하여 결정한다.

다. 노상토 속에 동결관입을 배제하는 데 필요한 최대비동결성 입상재료기층(보조기층 포함) 두께, c 를 계산한다.

$$c = a - p$$

여기서, c : 비동결성재료 치환 최대깊이

a : 설계동결관입깊이

p : 콘크리트포장 슬래브 두께(빈배합콘크리트중간층 포함) 또는 아스팔트포장 표층(아스팔트 또는 시멘트안정처리기층 포함) 두께

라. 노상토와 기층의 함수비의 비(r)를 계산한다.

$$r = \frac{\text{노상토 함수비 } (W_s)}{\text{기층 함수비 } (W_b)}$$

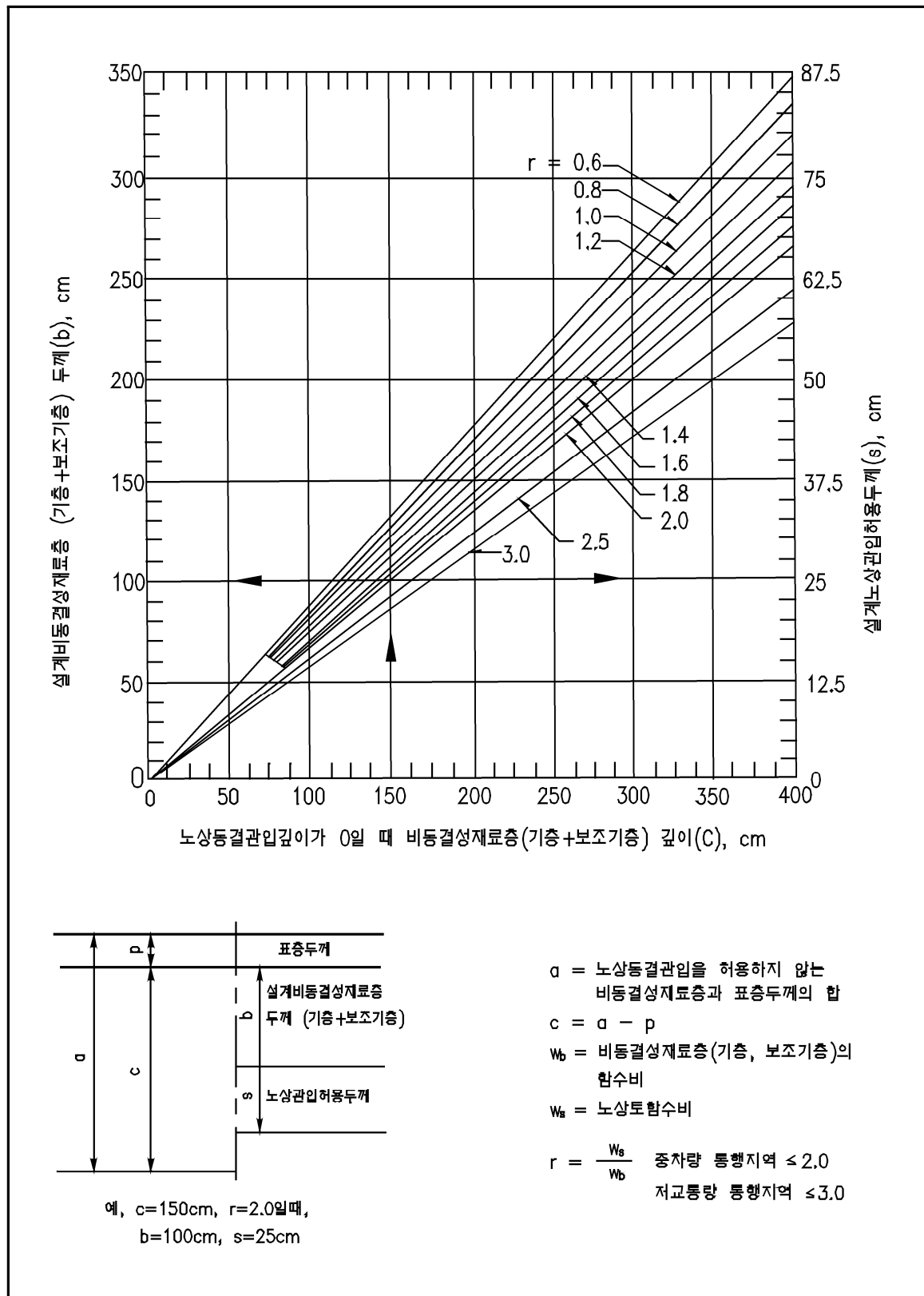
중차량 통행이 많은 곳에서 r 값은 2.0보다 큰 경우 2.0을 사용하고 이외의 모든 곳에서는 r 이 3.0 이상인 경우 3.0을 사용한다.

마. <그림 2.1.4>을 사용하여 관입깊이를 산출한다.

(가) 가로축에 c 값과 대각선의 r 값과 만나는 점을 지나는 수평선상의 좌측 세로축과 만나는 점으로 얻어지는 값이 소요의 비동결성기층(보조기층 포함) 두께, b 값 이고 대응되는 우측 세로축의 값이 허용노상동결관입 깊이, s 값이다.

(나) 이 절차로 결정되는 소요의 비동결성기층(보조기층 포함) 두께, b 와 허용노상동결관입 깊이, s 의 비는 4:1 이고, $r=1$ 일 때 $c=b+s$ 가 된다.

(다) 허용노상동결관입 깊이, s 는 설계노선의 평균적 현장조건에서 설계동결지수연도 1년간 포장표면 사이에 과잉동상현상(excess differential heave)을 일으키지 않도록 허용할 수 있는 노상관입깊이이다.



<그림 2.1.4> 노상동결관입허용법에 의한 설계비동결성재료층 두께결정 도표

(4) 지역계수(R_f)

- ① AASHO 도로시험과 다른 기후적, 환경적 조건을 포장설계에 고려하기 위해 제시되었다.
- ② 노상토의 온도와 함수량의 연간 변화를 고려하는 가중 평균값으로서, 0~5 사이의 계수로서 정의된다,
- ③ 지역계수값은 연중 다음과 같은 대표적 상태를 나타내는 계수를 월 단위 기준으로 연간 가중 평균하여 산정한다.
 가. 노상토가 130mm 깊이 이상 동결되는 경우 : 0.2~1.0
 나. 노상토가 건조한 상태를 유지하는 경우(여름, 겨울) : 0.3~1.5
 다. 노상토가 젖은 상태를 유지하는 경우(봄철 융해기) : 4.0~5.0
- ④ 실무에서 관용적 일반 기준값은 다음과 같다.
 가. 대전 이남 지역 : 1.5
 나. 서울 북부 지역 및 기타 표고 500m 이상 지역 : 2.5
 다. 기타 지역 : 2.0
- ⑤ 일반적으로 지역계수는 4.0을 넘지 않도록 한다.

2.1.4 설계노상CBR

- (1) 포장단면설계를 위한 노상면에서 하중 지지용량을 평가하기 위한 대표적 재료물성의 척도로서 CBR 값을 사용한다.
- (2) 시료를 채취하여 CBR시험을 통하여 산출한다.
- (3) 설계 CBR 값의 산정
 - ① 각 지점의 CBR중 현저히 다른 값을 제외하고 다음 식으로 설계 CBR을 결정한다.
 - ② 식에서 C는 <표 2.1.7>와 같다.

$$\text{설계 CBR} = \text{각 지점의 CBR의 평균} - \left(\frac{\text{CBR 최대값} - \text{CBR 최소값}}{C} \right)$$

[표 2.1.7] 설계 CBR 계산용 계수(C)

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

- ③ 설계 CBR값을 결정하는데 있어서 CBR시험 결과 가운데서 극단의 값을 취할 것인가, 또는 버릴 것인가에 대해 판정하기 위해 [표 2.1.8]을 사용한다.

[표 2.1.8] 편차가 클 경우의 판정방법 γ (n, 0.05)의 값

개 수(n)	3	4	5	6	7	8	9	10 이상
γ (n, 0.05)	0.941	0.765	0.642	0.560	0.507	0.468	0.437	0.412

[예 1] 어떤 구간에서 일곱 지점의 CBR을 구해 4.6, 3.9, 5.9, 4.8, 7.0, 3.3, 4.8을 얻었을 때, 설계 CBR을 구하면 다음과 같다.

- 평균은 4.9, 최대값은 7.0, 최소값은 3.3, C는 <표 2.1.7>에서 2.83이므로, 이 구간의 계산상 설계 CBR은 다음과 같다.

$$\text{설계 CBR} = 4.9 - \frac{7.0 - 3.3}{2.83} = 3.6$$

- 소수점 아래 부분을 버리고 취한 이 구간의 설계 CBR은 3으로 결정할 수 있다.
- 최대값이 극단적으로 큰 경우의 판정 예는 다음과 같다.

[예 2] 노상토가 일정한 구간 내에 여섯 개 지점에서 취한 CBR을 순서대로 나열하면

12.2, 6.2, 5.5, 5.2, 4.8, 4.4라고 할 때,

$$\gamma = \frac{\chi_n - \chi_{n-1}}{\chi_n - \chi_1} = \frac{12.2 - 6.2}{12.2 - 4.4} = 0.77 > 0.560 = \gamma(6, 0.05)$$

이때 CBR값 12.2를 없애면 설계CBR은,

$$5.2 - \frac{6.2 - 4.4}{2.48} = 4.5 \approx 4 \text{로 된다.}$$

- 최소값이 극단적으로 작은 경우의 판정 예는 다음과 같다.

[예 3] 다섯 개의 측정값을 순서로 나열하면 5.2, 4.8, 4.7, 4.3, 2.4라고 할 때,

$$\gamma = \frac{\chi_2 - \chi_1}{\chi_n - \chi_1} = \frac{4.3 - 2.4}{5.2 - 2.4} = 0.678 > 0.642 = \gamma(5, 0.05)$$

이때 2.4를 버리면 된다. 계산된 CBR로부터 <표 2.2.11>를 기준으로 하여 설계 CBR 값을 구한다.

[표 2.2.11] 설계 CBR과 계산 CBR의 관계

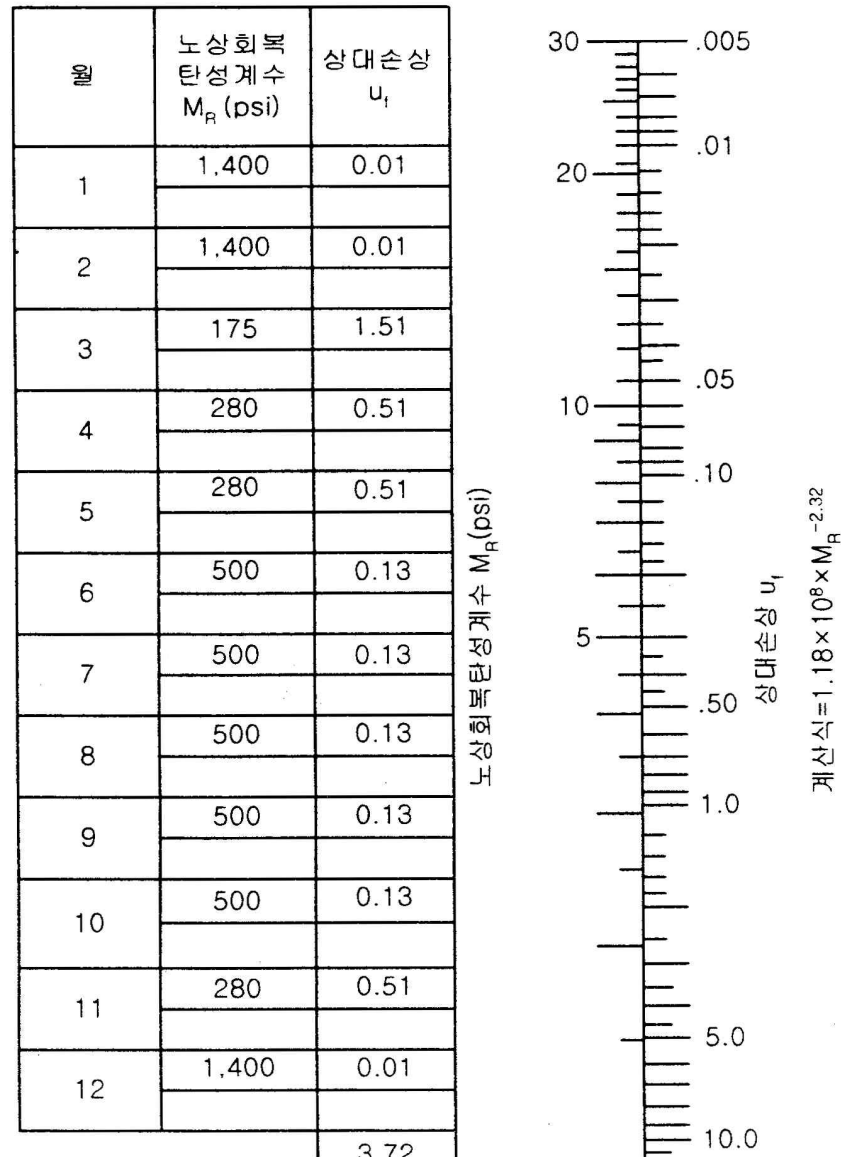
설계 CBR	계산 CBR
2	$2 \leq \text{CBR} < 3$
3	$3 \leq \text{CBR} < 4$
4	$4 \leq \text{CBR} < 6$
6	$6 \leq \text{CBR} < 8$
8	$8 \leq \text{CBR} < 12$
12	$12 \leq \text{CBR} < 20$
20	$\text{CBR} \geq 20$

2.2 아스팔트 포장

2.2.1 아스팔트 포장 변수

(1) 노상회복탄성계수(M_R)

- ① 노상회복탄성계수(M_R)는 계절적으로 함수상태 및 점토함유량 등 흙의 특성에 따라 달라지게 된다.
 - ② 각 계절동안에 일어난 상대적 손상의 합성효과를 고려하여 유효 노상회복탄성계수를 구한다.
 - ③ 노상재료에 대한 실내 회복탄성계수시험(AASHTO T274)은 습윤계절의 용력과 습윤상태를 대표하는 실제 노상재료로 실시한다.
 - ④ 유효 노상회복탄성계수는 모든 계절적 계수값들의 영향을 조합하여 산출한 값이다.
 - ⑤ 해빙기 또는 동결기의 노상시험이 어려운 경우에는 동결기에 대한 실제적인 회복탄성계수 값으로 1,400~3,500kg/cm²를 적용할 수 있다.
 - ⑥ 해빙기에 대하여는 여름과 가을동안의 정상계수의 20~30%를 적용할 수 있다.
 - ⑦ 회복탄성계수는 평균값을 사용하므로 변동계수(coefficient of variation)가 동일 계절 내에서 0.15보다 클 때는 기간을 더욱 작게 세분해야 한다.
 - ⑧ 예를 들면 회복탄성계수의 평균값이 700kg/cm²라면 그때 약 99%의 자료가 385~1,015kg/cm²의 범위에 있어야 한다. 이 과정의 해석단계는 다음과 같다.
- 가. 각각의 기간에 계절계수를 기입한다. 최소단위의 계절기간이 15일이라면 모든 계절을 15일 간격으로 나누고 각각의 칸에 기입한다.
- 나. 최소 계절기간이 한달인 경우에는 모든 계절을 한달간격으로 나누고 1개월당 한칸씩 기입한다.
- 다. 각 계절계수에 일치하는 상대적 손상(U_r : relative damage)치를 산정한다.
- 라. 평균상대손상을 구하기 위하여 U_r 값을 모두 합한 다음 계절 개월수(12 또는 24)로 나눈다. 이 경우 유효 노상회복탄성계수(M_R)는 $M_R \cdot U_r$ 계산자에 의해 구한 평균상대 손상과 일치되는 값이다.
- 마. <그림 2.2.1>은 유효 M_R 을 산출하는 방법의 일례인데 이 유효 M_R 값은 단지 서비스능력 기준을 근거로 한 아스팔트 포장 설계에만 이용할 수 있다.



계 : $\sum u_i =$

평균 : $\bar{u}_i = \frac{\sum u_i}{n} = \frac{3.72}{12} = 0.31$

유효 노상회복탄성계수 $M_R(\text{psi}) = 350$

<그림 2.2.1> 아스팔트포장의 유효 노상회복탄성계수 산정예

(2) 노상지지력 계수(SSV)

- ① 설계 포장층이 설치될 노상의 지지 강도 또는 지지 용량을 표시하는 가상적 척도로서, AASHO 도로시험을 통해서 개발된 지표이다.

② 평가 기준점

가. 첫 번째 기준점 : SSV=3.0

(가) 노상토는 평균 CBR 값이 2.89(표준편차 = 1.0, 변동계수 = 34.6%), 다짐밀도가 약 80%인 노상 조건

(나) 플랜트 배합 아스팔트 콘크리트 두께가 11.25cm ($SN = 0.176 \times 11.25 = 2.98$)이고 최종 서비스 지수가 2.0일 때 설계 기본식으로서 8.2톤 단축하중을 2.5회/일(20년 동안 18,250회) 통과시킬 수 있는 지지용량

나. 두 번째 기준점 : SSV=10.0

(가) $SN = 1.98$, $P_t=2.0$ 일 때 8.2톤 단축하중을 1000대/일(20년 동안 7,300,000회) 통과시킬 수 있는 지지용량

③ 이 두개의 점, 즉 3.0과 10.0 사이에서 SSV는 로그 직선관계가 성립한다고 가정하여 AASHO 도로시험에서의 노상 지지조건과 다른 지지조건에 대한, 8.2톤 등가하중 통과횟수에 대한 보정식은 다음 관계를 가진다.

$$\log_{10}(W_{8.2}) = \log_{10}(\overline{W}_{8.2}) + 0.372(SSV - 3.0)$$

$\overline{W}_{8.2}$ = AASHO 도로시험에서 얻어진 경험식으로 산정되는 8.2톤 등가단축하중 통과 횟수

④ 노상지지력계수 산정은 노상토의 지지강도를 나타내는 CBR, R값, 군지수, 회복탄성계수와 같은 강도 정수와 상관시켜 결정한다.

⑤ SSV와 토질 특성값과의 관계는 <그림 2.2.2>에 나타내고 있다. 각 스케일에 대한 적용시험법을 설명하면 다음과 같다.

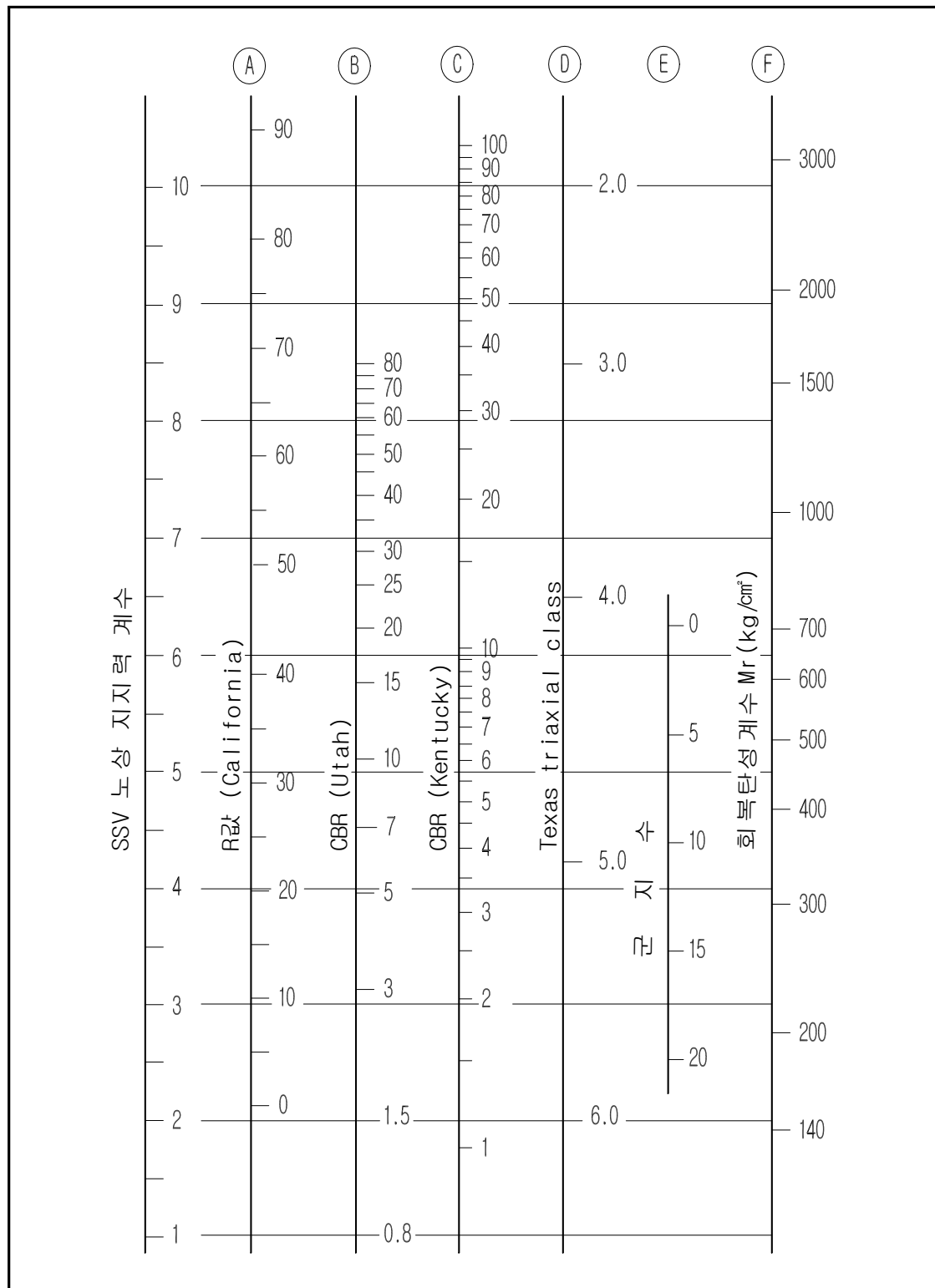
가. A스케일, R값(캘리포니아) - AASHTO 시험법 T173에 의한 캘리포니아 방법으로 관입에는 $16.9\text{kg/cm}^2(240\text{psi})$ 를 채용한다.

나. B스케일, CBR(유타주) - 유타주에서 연구결과로 노상토지지력값과의 관계를 구한다. (AASHTO T193)

다. C스케일, CBR(켄터키) - 켄터키에서 개발한 CBR법에 의한 것으로, 이 CBR값은 부순돌기층에 적용된다.

라. D스케일, CBR(텍사스) - 안정처리기층이 사용될 때 적용되는 CBR 값.

마. E스케일, 군지수 - 이 계수는 캘리포니아의 R값과 군지수의 비교시험에서 얻어진 것이다.



<그림 2.2.2> SSV-Mr 및 토질 특성값의 관계도

(3) 상대강도계수

포장두께지수(SN)는 층별 상대강도계수와 층두께의 함수로 표시된다.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

a_1, a_2, a_3 : 표층, 기층, 보조기층의 각각의 상대강도계수

D_1, D_2, D_3 : 표층, 기층, 보조기층 각각의 설계두께(cm)

SN은 강도지수(CBR, R값, 회복탄성계수(M_R))와 상관관계로부터 산정한다.

① 아스팔트 콘크리트 표층의 상대강도계수(a_1)

<그림 2.2.3>와 <그림 2.2.4>의 도표를 이용한다.

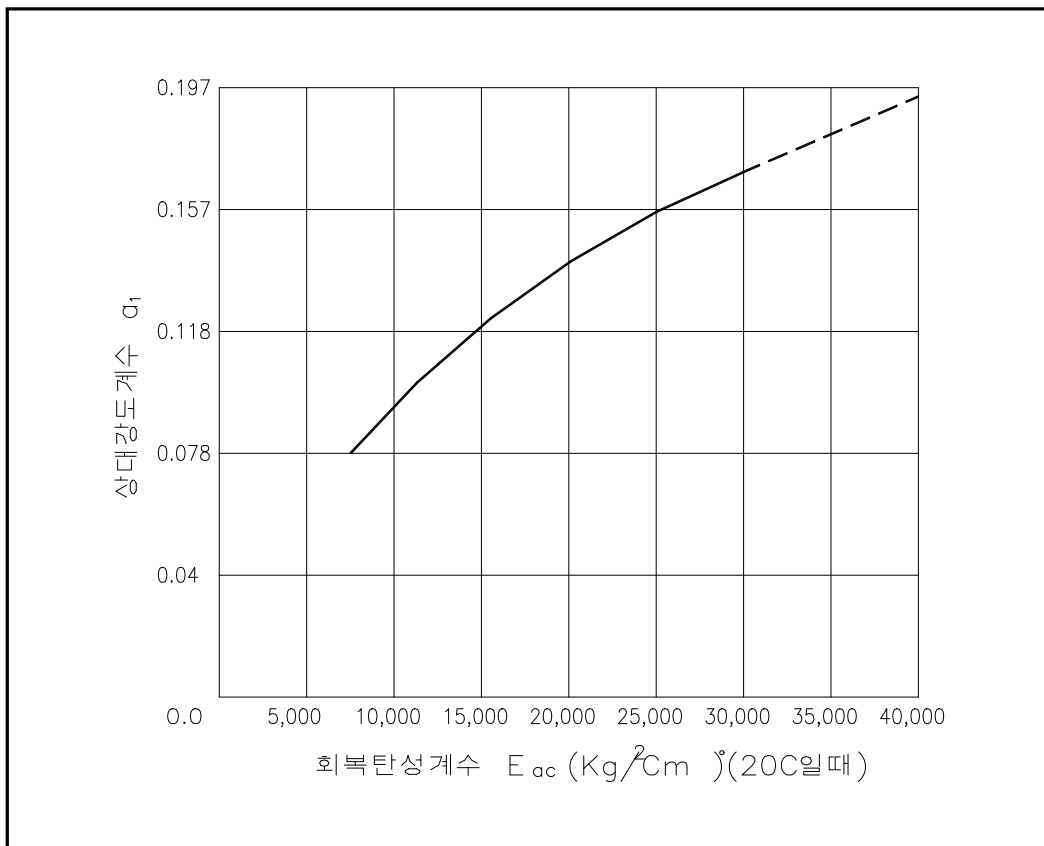
회복탄성계수가 클수록 아스팔트콘크리트가 강하고, 힘에 대한 저항력은 증대되지만, 온도나 피로균열이 발생할 확률이 커진다.

② 입상기층재료의 상대강도계수(a_2)

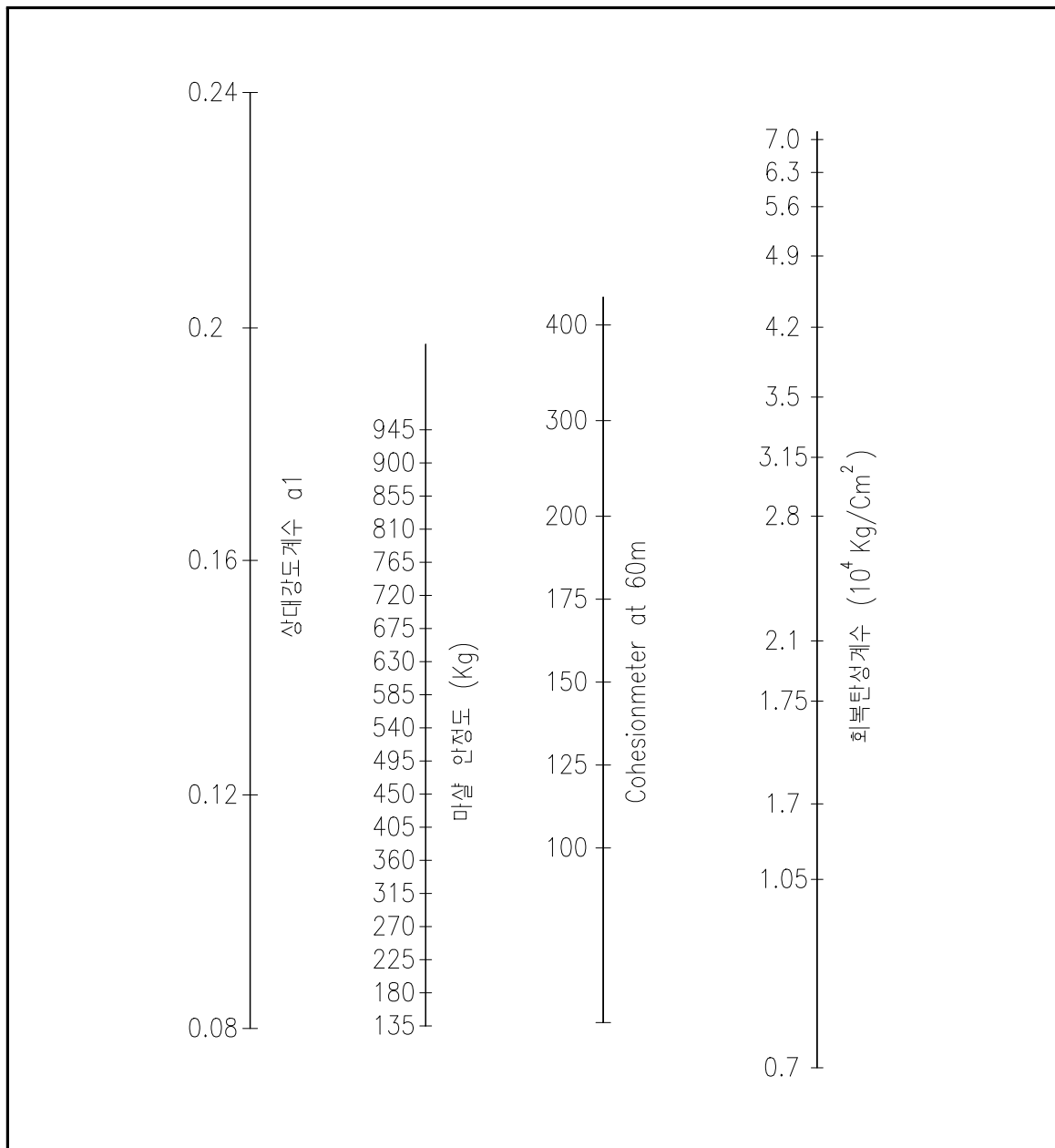
<그림 2.2.5>는 AASHO 도로시험에서 적용한 값을 기준으로 작성되었다.

③ 입상보조기층재료의 상대강도 계수(a_3)

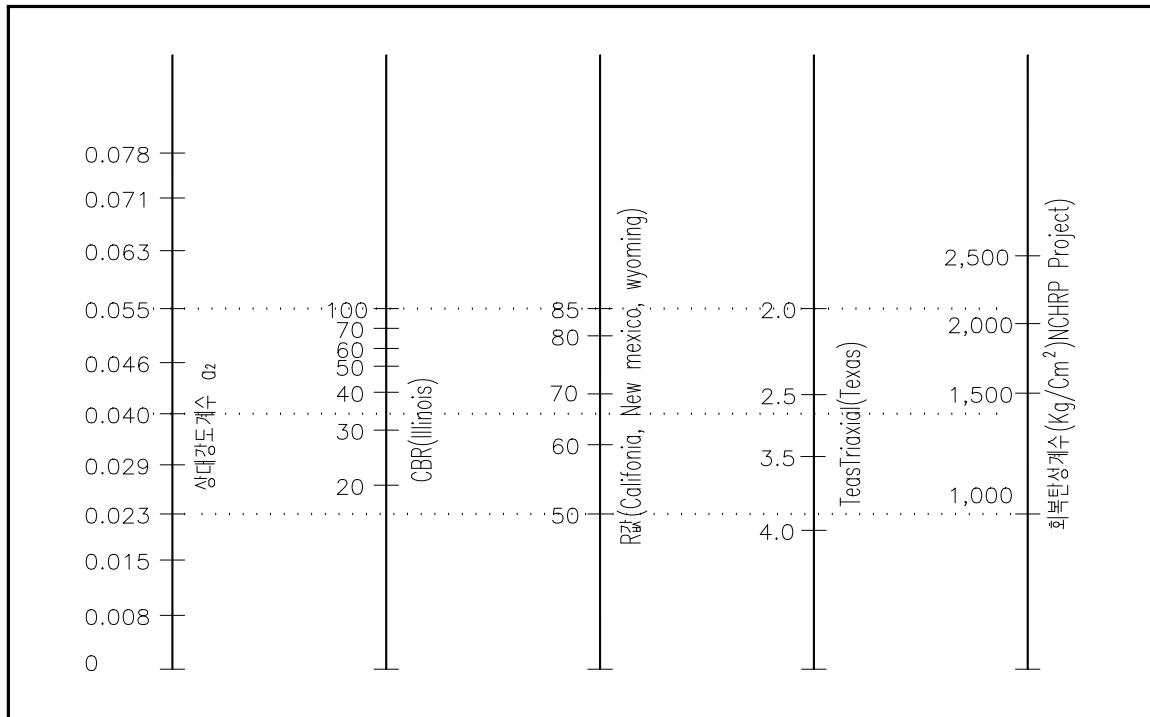
<그림 2.2.6>은 AASHO 도로시험에서 적용한 값을 기준으로 작성되었다.



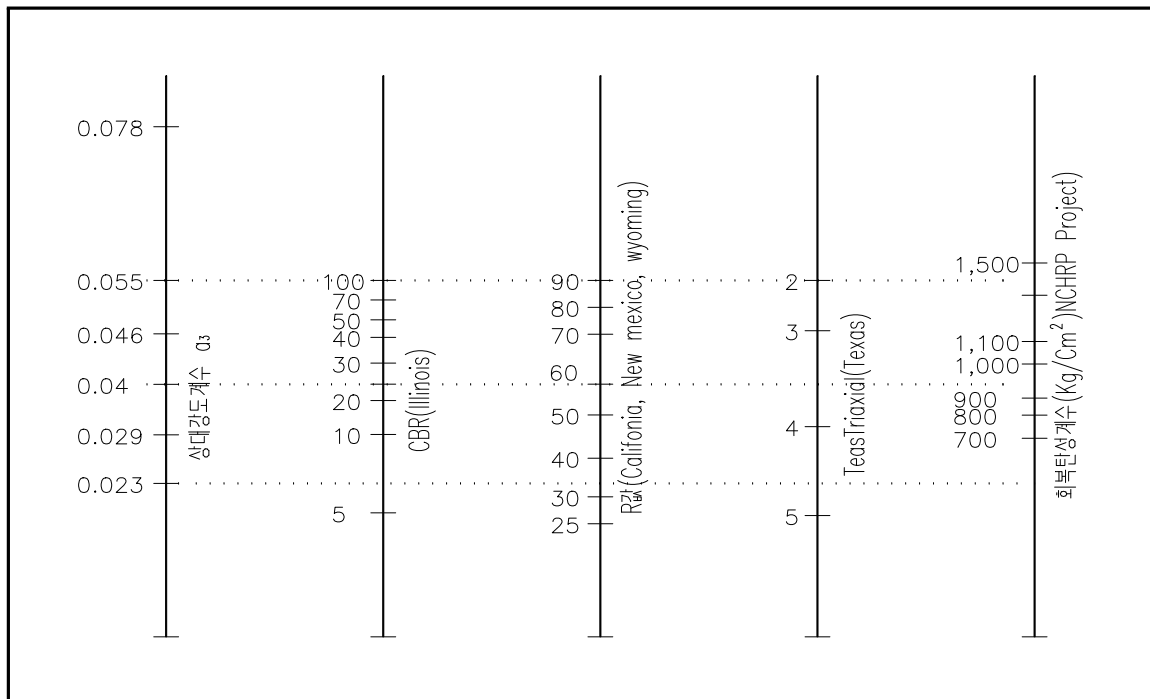
<그림 2.2.3> 아스팔트 콘크리트 표층의 상대강도계수(a_1)-회복탄성계수(E_{ac})-상관도표



<그림 2.2.4> 표층 재료의 강도에 따른 α_1 의 변동



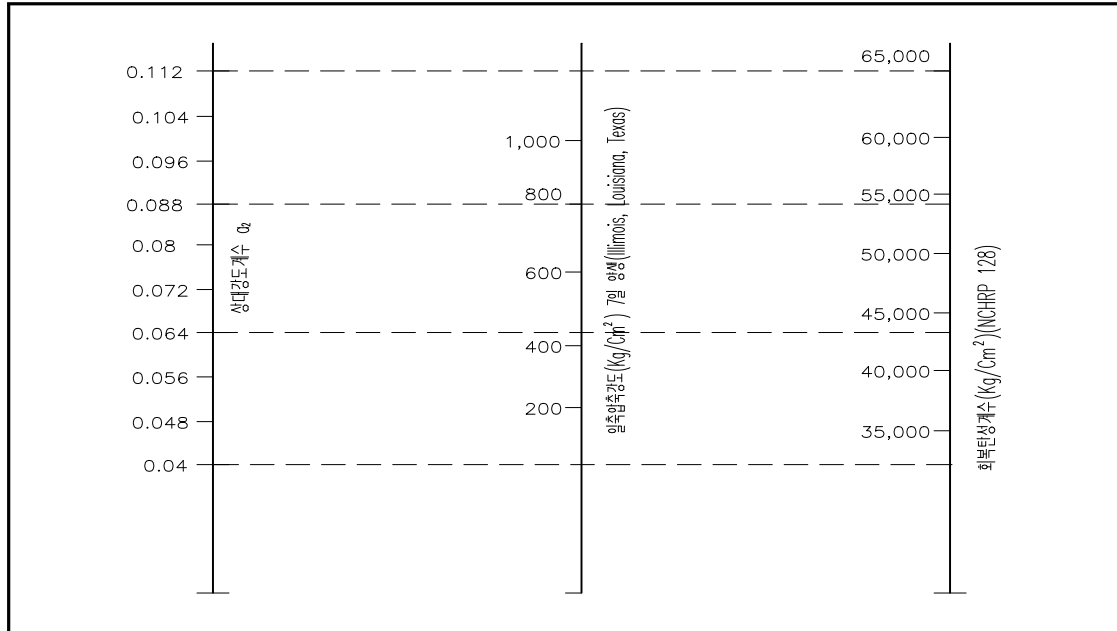
<그림 2.2.5> 입상기층재료의 강도에 따른 α_2 의 변동



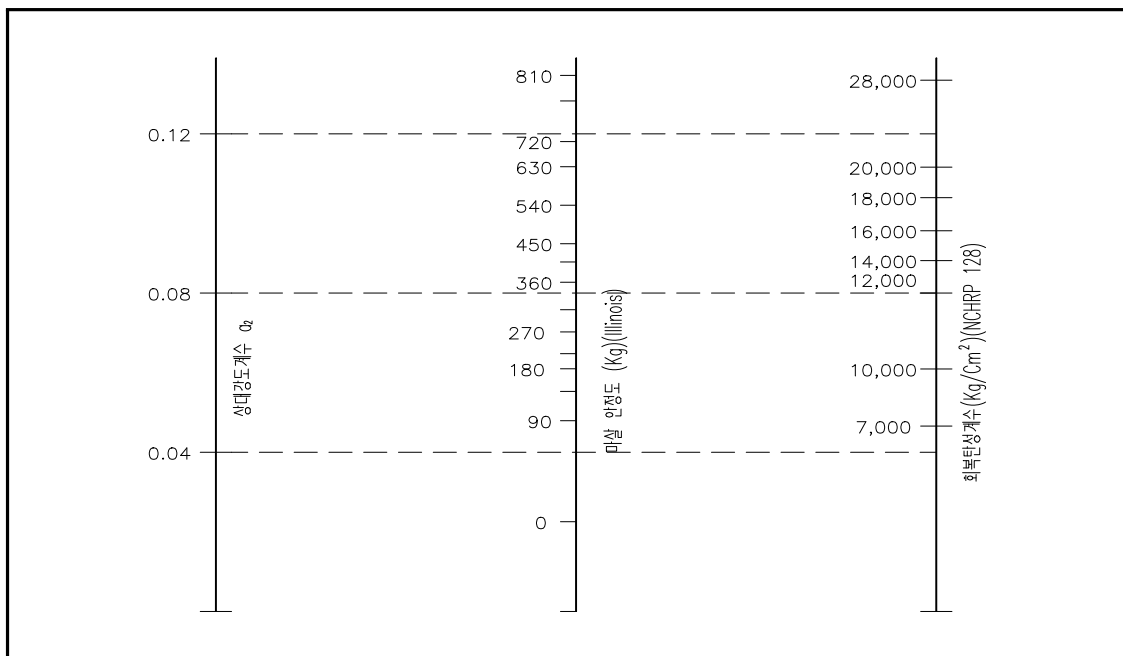
<그림 2.2.6> 입상 보조기층재료의 강도에 따른 α_3 의 변동

④ 시멘트 안정처리 기층의 상대강도 계수

가. <그림 2.2.7>은 시멘트 안정처리 기층의 회복탄성계수(ESB) 또는 7일 양생 일축압축강도로부터 시멘트 안정처리 기층 재료에 대한 상대강도계수를 산정할 수 있는 도표이다.



<그림 2.2.7> 시멘트안정처리기층 재료의 강도에 따른 α_2 의 변동



<그림 2.2.8> 역청안정처리기층 재료의 강도에 따른 α_2 의 변동

⑤ 역청 안정처리 기층의 상대강도계수

가. <그림 2.2.8>는 역청 안정처리 기층의 회복탄성계수(ESB)와 마찰안정도로부터 역청 안정처리 기층의 상대강도계수를 산정할 수 있는 도표이다.

⑥ 포장 각층 재료별 적용 표준 상대강도계수

[표 2.2.1] 포장재료별 대표적 상대강도계수

층 별	공법재료	품 질 규 격	상대강도계수 (cm 당)
표 층	일반 밀입도	마찰안정도 750kg 이상	0.157
	SMA, CRM, 배수성포장	동적안정도 2,000회/mm이상	0.157
표층 (중간층)	아스팔트 콘크리트	마찰안정도 600kg 이상	0.145
기 층	아스팔트 안정처리	마찰안정도 500kg 이상	0.11
보조기층	막자갈 (강모래+자갈)	CBR 30 이상	0.043
	석산쇄석	CBR 50 이상	0.048
	석산쇄석	CBR 80 이상	0.051

주) 국토해양부에서 『아스팔트포장 구조단면개선』에 의거 시험의뢰한 값으로 일반적으로 적용.

2.2.2 포장층별 재료물성

(1) 표층 및 중간층

- ① 중간층은 요철(凹凸)을 보정하고 표층을 통해 가해지는 하중을 균일하게 기층에 전달하는 기능을 가지도록 한다.
- ② 표층은 포장층의 최상부에 위치하므로 차륜에 의한 마모와 전단작용에 충분히 저항하고 평탄성을 유지할 수 있을 뿐만 아니라 미끄럼 저항이 커서 차량이 쾌적한 주행을 할 수 있고 빗물이 하부층에 침투하지 않는 치밀한 조직을 가지도록 한다.
- ③ 입도, 다짐 및 재료품질과 배합설계기준은 ‘고속도로공사 전문시방서’ (한국도로공사) 제 10장의 관련규정을 만족하는 것이어야 한다.
- ④ 가열식 아스팔트 혼합물을 사용하고, 혼합물의 배합설계는 일반적으로 마찰시험법을 적용하며, 마찰안정도 시험(KSF 2337) 기준값이 확보되어야 한다.

(2) 보조기층 및 기층

- ① 표층 또는 중간층을 통해 전달되는 교통하중을 분산시켜서 노상이 안전하도록 전달한다.
- ② 적용혼합물의 입도, 다짐 및 품질조건, 그리고 배합설계는 한국도로공사 제정 '고속도로공사 전문시방서' 제9장 관련규정을 만족하여야 한다.
- ③ 입도조정 입상재료의 보조기층 및 기층은 수정 CBR(KSF2320)값을 확보하여야 한다.
- ④ 가열아스팔트 안정처리기층은 마찰안정도 시험(KSF 2337) 기준값을 확보하여야 한다.
- ⑤ 시멘트안정처리기층은 7일 양생, 1일 수침 일축압축강도를 30kg/cm^2 이상 확보하여야 한다.
- ⑥ 고로슬래그 보조기층용은 수정 CBR(KSF2535) 값이 30 이상이어야 하고, 기층용으로 적용하는 경우, 수정 CBR이 80 이상, 14일 양생 일축압축강도가 12kg/cm^2 이상인 것이어야 한다.

(3) 동상방지층

- ① 차단층은 배수층 역할을 하는 입상재료 기층과 보조기층 또는 집수시스템(맹암거, 지하배수구 등)이 노상토 침입에 의하여 막히는 것을 보호하고, 지하수위를 낮추기 위하여 설치한다.
- ② 적정 입도와 투수성을 가지는 15~30cm 두께의 선별 입상재료 또는 지오텍스타일(geotextile)을 사용하여 보조기층과 노상면 사이에 설치한다.
- ③ 동상방지층은 동결융해 작용에 의한 포장층 파손을 방지하기 위하여 빙막형성을 방지할 수 있는 품질의 재료를 사용한다.
- ④ 동결영향과 지하배수를 동시에 고려해야 할 지역인 경우 지배적인 영향을 기준으로 차단층과 동상방지층 기능을 동시에 가지는 선택층(selected material layer)으로 설계한다.
- ⑤ 선택층 재료 품질은 '고속도로공사 전문시방서' 제9장을 만족하는 것이어야 한다.

(4) 노상

- ① 포장층의 기초로서 포장에 작용하는 모든 하중을 최종적으로 지지 전달한다.
- ② 포장의 공용성은 노상토의 상태와 물성에 직접 관계되기 때문에, 적정의 실내시험에 의해서 얻어지는 노상토의 강도지수(CBR 값, M_R 치 등)를 기준하여 포장 층두께를 결정한다.
- ③ 노상토 재료에 대한 품질 및 시공기준은 '고속도로공사 전문시방서' (한국도로공사)와 '건설공사 품질시험 편람' (한국도로공사) 또는 관련 규정조건을 만족해야 한다.

2.2.3 배수계수

- (1) 배수계수는 배수조건이 좋을수록 큰 값을 사용한다. AASHTO에서 추천하는 배수계수는 [표 2.2.2]와 같다.
- (2) [표 2.2.2]는 AASHO 도로시험의 배수계수를 1.0으로 보고 상대적으로 작성된 표이다.

[표 2.2.2] 아스팔트포장의 입상기층과 보조기층재료에 대한 배수계수(mi)

배수상태	포장체가 물의 포화상태에 있는 시간			
	1 %이하	1 ~5 %	5 ~25 %	25 %이상
매우 우수	1.40~1.35	1.35~1.30	1.30~1.20	1.20
우수	1.35~1.25	1.25~1.15	1.15~1.00	1.00
보통	1.25~1.15	1.15~1.05	1.00~0.80	0.80
불량	1.15~1.05	1.05~0.80	0.80~0.60	0.60
매우불량	1.05~0.95	0.95~0.75	0.75~0.40	0.40

2.2.4 보조기층 및 동상방지층 스크리닝스 적용¹⁾

(1) 개요

- ① 골재의 입도조정을 위한 세골재로 천연모래를 혼합골재의 중량비로 30%를 사용하고 있다.
- ② 원가 절감을 위하여 산업 부산물인 스크리닝스를 대체 투입할 수 있다.

(2) 반영

- ① 스크리닝스 발생량 : 골재 중량의 25%
- ② 사용범위 : 혼합골재 중량의 30%까지 대체
- ③ 단위중량 1.7t/m³적용 (할증 6%)

2.2.5 동상방지층의 생략²⁾

- (1) 성토고가 노상 최종면을 기준으로 2m이상 구간에서 흩쌓기 재료 품질 기준 만족시 동상방지층을 생략할 수 있다

(2) 성토고 2m 이상·이하 구간 불연속시

① 동상방지층 삭제

가. 성토고 2m이상 구간이 50m이상

나. 성토고 2m이상이 많고, 부분적으로 성토고 2m미만 구간 존재 (2m미만구간 연장이 30m미만)

② 동상방지층 설치

가. 성토고 2m미만이 많고, 부분적으로 성토고 2m이상 구간이 존재 (2m이상구간 연장이 30m미만)

나. 성토고 2m미만 구간과 성토고 2m이상 구간이 계속 반복되며 각 연장이 30m 미만

(3) 편절편성구간 : 동상방지층 설치

1) 보조기층 및 동상방지층 재료용 스크리닝스 적용기준, (도연사 18204-31774, 2000.10.19)

2) 동상방지층 미설치에 대한 포장설계 적용성 검토, (설계처-1458, 2007.5.17)

2.2.6 암반구간 포장설계지침³⁾

- (1) 노상이 풍화암을 제외한 양질의 암반인 경우 보조기층, 동상방지층 생략 및 침투수의 배수를 위한 필터층을 설치한다.
- (2) 아스팔트 포장의 혼합물층 두께는 본선 포장과 동일하게 적용한다.
- (3) 필터층은 포화된 상태에서 50%배수 소요시간을 2시간 이내로 설계 : 필터층에서 배수되는 침투수는 유공관을 통하여 배수토록 조치한다.
- (4) 편절편성구간은 적용을 제외하고 토공연결부는 층따기 시행한다.
- (5) 필터층 맨암거는 저판쪽 400mm, 유공관(폴리에틸렌 적용) 직경 150mm이상을 적용한다.
- (6) 요철층은 암반의 풍화로 인한 지지력 저하방지를 위해 시멘트 안정처리 필터층(H=150mm)으로 보정 한다.



아스팔트 표층
아스팔트 기층
필터층

<그림 2.2.9> 암반구간 아스팔트 포장의 구성

2.3 콘크리트 포장

2.3.1 콘크리트 포장 변수

(1) 노상반력계수(K)

- ① 노상의 시방규정값과 'CBR과 K값의 상관도표'에 의한 값중 큰값을 노상의 K값으로 한다.
- ② 설계노상반력계수는 콘크리트슬래브와 접하고 있는 바로 아래의 보조기층 상단면에서 지지능력을 표시한다.
- ③ 보조기층의 두께와 강성에 의해서 증가 되는 지지능력을 반영한다.
- ④ 팽창, 보조기층 부식(erosion), 침하(consolidation)등에 의한 지지력 손실(loss of support : LS)을 고려하여 결정한다.
- ⑤ 보조기층효과는 [표 2.3.1]를 적용하여 산정하고 지지력손실효과를 [표 2.3.1]와 <그림 2.3.1>을 이용하여 고려한다.

3) 암반구간 포장설계 잠정지침 적용방안, (설계처 3448, 2007.12.4)

[표 2.3.1] 보조기층의 재료에 따른 탄성계수 및 지지력손실 값

보조기층 재료	탄성계수(psi)	지지력손실(LS)
시멘트안정처리	1,000,000 ~ 2,000,000	0.0 ~ 1.0
빈배합콘크리트	1,000,000 ~ 3,000,000	0.0 ~ 1.0
아스팔트안정처리	350,000 ~ 1,000,000	0.0 ~ 1.0
석회안정처리	20,000 ~ 70,000	1.0 ~ 3.0
입상재료	15,000 ~ 45,000	1.0 ~ 3.0
자연 노상토	3,000 ~ 40,000	2.0 ~ 3.0

⑥ 방정식을 이용할 경우에는 ASSHTO'86에서 제시된 다음식(합성 K 치 산출식)에 의해서 구한다.

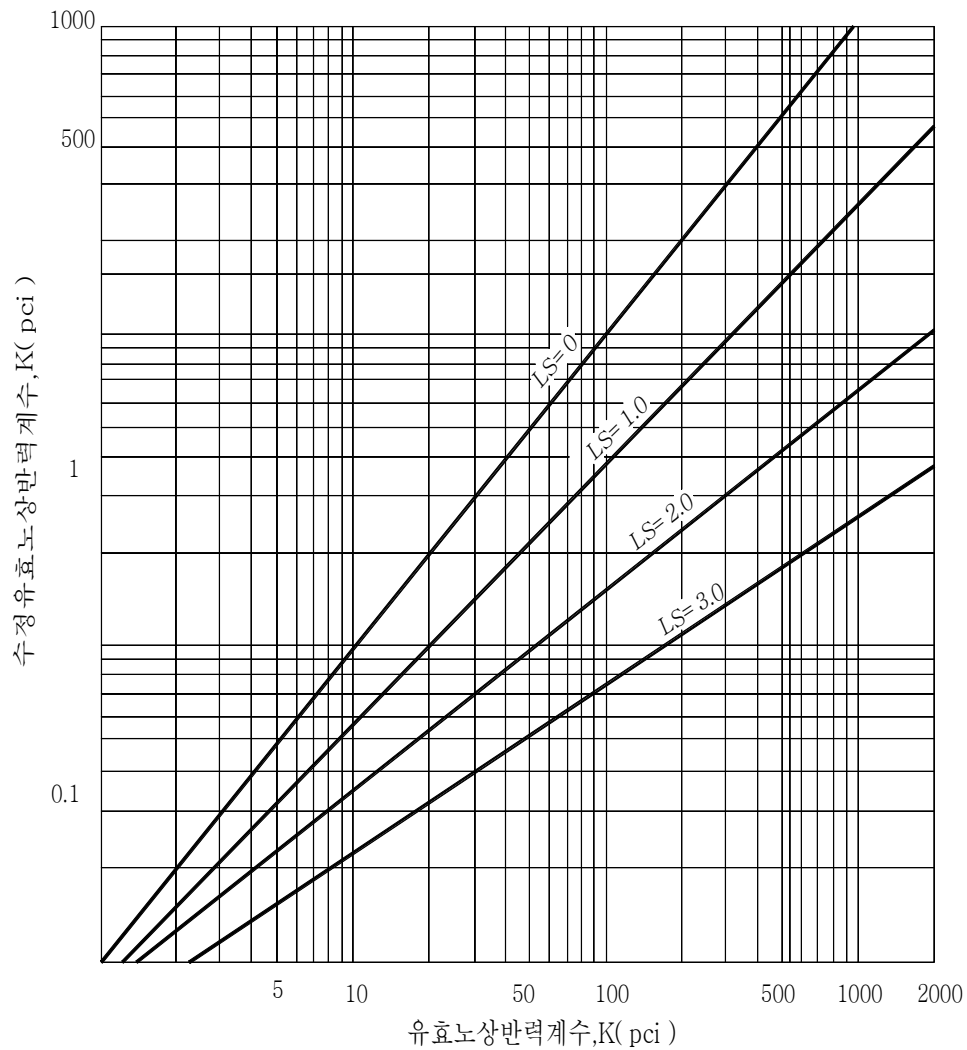
$$\log K_{\infty} = -2.807 + 0.1253 \times (\log D_{SB})^2 + 1.062 \times \log M_R + 0.1282 \times \log D_{SB} \times \log E_{SB} \\ - 0.4114 \times \log D_{SB} - 0.0581 \times \log E_{SB} - 0.1317 \times \log D_{SB} \times \log M_R$$

$$M_R = 24K_C$$

여기서, D_{SB} : 보조기층의 두께 (inch)

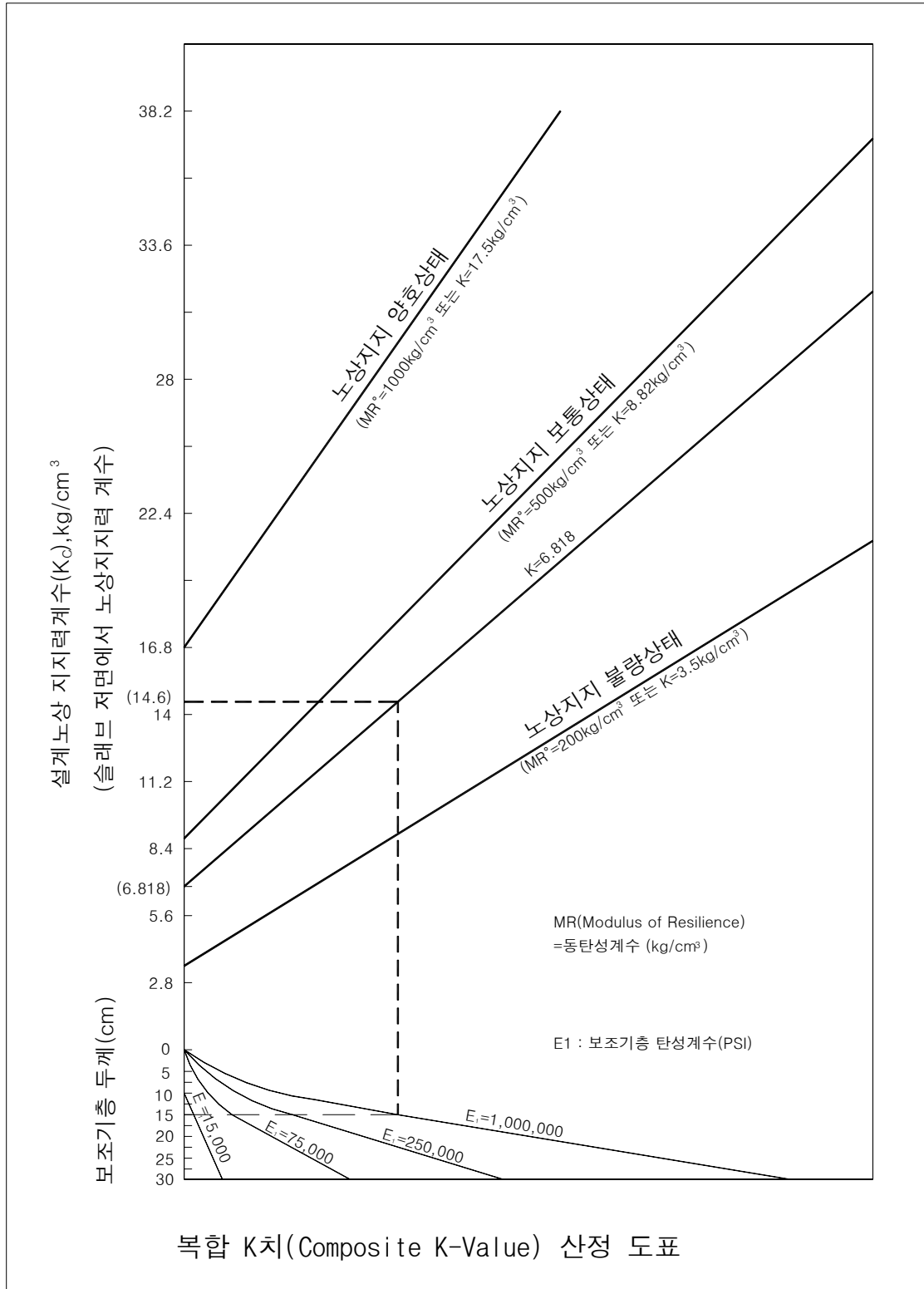
E_{SB} : 보조기층의 탄성계수 (psi)

M_R : 노상의 동탄성계수 두께 (psi)



<그림 2.3.1> 보조기층지지력 손실에 대한 설계노상반력계수 산정도표

- ⑦ 복합노상지지력 계수는 <그림 2.3.2>를 이용하여 구할 수도 있다.
- ⑧ 노상토의 설계 CBR 평가는 아스팔트포장 노상'의 평가 방법을 적용한다.



<그림 2.3.2> 복합K치 산정도표

(2) 콘크리트 탄성계수(E_c)

- ① 콘크리트 탄성계수는 시험에 의해 구하거나 또는 압축강도로부터 다음 식으로 구한다.

$$E_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 15,000 \sqrt{f_{28}}$$

E_c = 콘크리트 탄성계수(kg/cm²)

f_{28} = 콘크리트 압축강도(kg/cm²)

(3) 콘크리트 휨강도 (S_c)

- ① 콘크리트슬래브의 휨강도는 재령 28일에서 KSF 2403(시험실에서 콘크리트의 압축 및 휨강도 시험용 공시체 제작양생방법) 또는 KSF 2408(콘크리트의 휨강도 시험방법 : 단순보의 3등분 점하중법)에 의해서 결정한다.
- ② 조강포틀랜드시멘트를 사용하는 경우 재령 7일 휨강도를, 그리고 중용열포틀랜드시멘트를 사용하는 경우 재령 91일 휨강도를 기준으로 삼을 수 있다.

(4) 하중전달계수(load transfer factor, J)

- ① 하중전달계수는 줄눈, 균열 또는 포장과 길어깨 사이 등 콘크리트포장슬래브의 불연속 지점에서 하중전달의 능력을 나타낸다
- ② 하중전달이 잘 될수록 작은 값을 사용한다.
- ③ 도로교통연구원의 연구결과⁴⁾에 따라 추천하는 포장의 형태별 하중전달계수는 [표 2.3.2]로 적용한다. 단, 본 하중전달계수는 현재 개발중인 한국형 포장설계법이 마련되기까지 한시적으로 적용한다.

[표 2.3.2] 콘크리트 형식별 포장하중전달계수

구 분		아스팔트 길어깨	콘크리트 길어깨 (타이바로 연결)
JCP 또는 JRCP	다우웰바 사용	2.9	2.5~2.8
	다우웰바가 없을 경우	3.2	2.9~3.1
CRCP		2.9	2.3~2.8

- ④ 하중전달계수는 주어진 하중에서 콘크리트에 발생하는 응력에 비례한다.
- ⑤ 하중전달계수가 클수록 콘크리트응력이 크며, 결과적으로 설계될 슬래브두께는 커진다.
- ⑥ [표 2.3.2]에서 CRCP의 경우 하중전달계수가 JCP나 JRCP의 경우보다 작으므로 같은 조건에서 슬래브 두께를 약간 줄일 수 있음을 알 수 있다.

4) 콘크리트포장 하중전달계수 개선심의(연구개발실-1649, 2009.4.30)

2.3.2 포장층별 재료물성

(1) 콘크리트 슬래브

① 슬래브

- 가. 콘크리트포장구조에서 콘크리트슬래브는 이것의 휨저항에 의하여 통행 교통 하중을 거의 모두 지지하는 기능을 가지는 포장층이다.
- 나. 콘크리트슬래브의 구성재료는 공용기간동안 받게 되는 교통하중과 환경영향에 의한 손상을 충분히 지지할 수 있는 강도와 내구성을 가지는 것이어야 한다.
- 다. 콘크리트재료(시멘트, 물, 잔골재, 굵은 골재, 혼화제)의 소요 입도 및 품질과 배합 시방 기준은 한국도로공사 제정 '고속도로공사 전문시방서' 또는 건설부 제정 '도로공사 표준시방서 제7장'에 규정된 관련사항을 만족하는 것이어야 한다.
- 라. 콘크리트슬래브의 강도특성은 소요 시험절차(KSF 2403 또는 KSF 2408)로서 얻어지는 휨강도를 기준으로 삼는다.

② 콘크리트 슬래브 재료특성

- 가. 포틀랜드 시멘트 콘크리트의 설계탄성계수는 KSF 2438 또는 이와 동등한 시험절차로 얻어지는 것을 기준으로 한다.
- 나. 콘크리트슬래브 두께산정을 위한 포틀랜드시멘트콘크리트의 설계기준 휨강도는 45kg/cm^2 (4.5Mpa) 이상을 원칙으로 한다.
- 다. 설계휨강도는 다음 식에 의해서 구한다

$$f_t = \frac{S_c}{F_s} \quad f_t = S_c - C \cdot S$$

f_t : 설계휨강도

S_c : 소요시험절차로 얻어지는 재령 28일에 대한 파괴 계수의 평균값

F_s : 안전계수(통상 1.33을 적용)

C : 시험결과값에 대한 신뢰수준에 따라 정해지는 계수(<표 2.3.3>)

S : 시험결과값의 표준 편차

[표 2.3.3] 휨강도시험 신뢰수준에 따른 계수(C)

시험결과값의 신뢰수준(%)	C
75	0.676
80	0.842
85	1.037
90	1.282
95	1.645
99	2.326

③ 보강철근, 하중전달장치, 타이바 및 줄눈재

가. 보강철근

- (가) 콘크리트 슬래브 내에 사용되는 보강철근은 충분한 부착력을 발휘할 수 있는 이형표면을 가진 이형봉강철근을 사용해야 한다.
- (나) 보강철근으로서 철망을 사용하는 경우 원형철망(welded wire fabric : WWF)에서는 부착력이 용접된 횡방향 철선(welded cross wire)에 의해서 발휘된다.
- (다) 이형철망(deformed wire fabric : DWF)에서는 이형 표면과 용접 교차점에 의해서 부착력이 발휘된다.
- (라) 사용철망의 품질은 적정의 품질규격(KSD 7017)에 적합한 것이어야 한다.

나. 하중전달 장치(다우웰바)

- (가) 설계구조가 간단하고, 설치가 용이하며, 콘크리트 내에 완전삽입이 가능한 것으로 한다.
- (나) 이 장치와 접촉되는 부위의 콘크리트에 과잉응력을 발생시키지 않고 재하 하중응력을 적절히 분산시킬 수 있어야 한다.
- (다) 가로줄눈부의 종방향 변위(longitudinal movement)를 구속하지 않아야 한다.
- (라) 실제 통과하게 될 윤하중과 그 통과빈도에 대하여 역학적으로 안정한 구조이어야 한다.
- (마) 부식이 예상되는 지역에서는 부식에 저항할 수 있는 재료이어야 한다.
- (바) 하중전달 장치에는 소요 인장강도이상의 품질을 가진 원형봉강철근을 사용한다.

다. 타이바

- (가) 타이바는 가로줄눈부에서 하중전달기능이 아니라 인접 슬래브면을 견고하게 연결 접속시켜 노상면상의 측방향으로 밀려남을 방지하기 위해 설치한다
- (나) 최대인장력을 견딜 수 있는 품질의 이형봉강철근을 사용한다.

라. 줄눈재

- (가) 줄눈재는 줄눈부의 변위를 지탱한다
- (나) 한국도로공사 제정 '고속도로공사 전문시방서'에 규정된 소요품질기준을 만족해야 한다.
- (다) 줄눈부의 기능과 형식에 적합하고 설계노선조건에서 예상되는 변형에 반드시 부합되는 것을 고려해야 한다.

④ 재료특성

- 가. 콘크리트포장슬래브의 사용되는 가로·세로 방향 보강철근(reinforcement) 또는 철망, 하중전달장치의 다우웰바 그리고 타이바의 설계 허용응력은 $0.75 \times$ 철근 항복 강도(f_y)를 기준으로 한다.

나. 보강철근의 설계열팽창계수는 $\alpha = 0.9 \sim 1.0 \times 10^{-5}$ 을 기준으로 삼는다.

다. 보강철근, 철망, 다우웰바 그리고 타이바의 설계탄성계수는 $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ ($= 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$)을 기준으로 삼는다.

(2) 보조기층

- ① 보조기층은 콘크리트슬래브를 지지하며, 균열부에서의 팽팽현상을 막는다.
- ② 한 층 이상의 다져진 입상재료 또는 안정처리재료층으로 이루어진다.
- ③ 노상과 콘크리트슬래브 사이에 다음과 같은 목적을 위하여 설치한다.
 - 가. 균등하고, 안정적이며, 영구적인 지지력 제공

- 나. 노상반력계수(K)의 증대
- 다. 동결작용에 의한 손상도 극소화
- 라. 콘크리트슬래브의 줄눈부, 균열부 그리고 단부에서의 세립토의 펌핑 방지
- 마. 시공장비의 작업로

(3) 노상

- ① 노상은 포장층(포장슬래브)의 기초가 되는 흙의 부분으로, 노상면 아래의 약 1m 두께의 층을 말한다.
- ② 노상의 지지력은 평판재하시험 또는 CBR시험에 의하여 판정한다.
- ③ 노상토의 설계CBR이 2 이하인 경우에는 지지력증가를 위해 연약지반처리를 해야 한다.

2.3.3 배수계수

- (1) 2.2.3 배수계수를 참조한다.

2.3.4 보조기층 및 동상방지층 스크리닝스 적용⁵⁾

- (1) 2.2.4 보조기층 및 동상방지층 스크리닝스 적용을 참조한다.

2.3.5 동상방지층의 설치⁶⁾

- (1) 성토고가 노상 최종면을 기준으로 2m이상 구간에서 동상방지층을 최소두께(15cm)로 노상토에 포함하여 적용하고 포장단면 변화구간의 접속비율은 1/200로 설치한다.
- (2) 성토고 2m 미만 및 절토(임반 제외)구간에 대해서는 동결심도를 고려한 동상방지층 두께 계산결과를 적용한다.
- (3) 콘크리트포장은 동상방지층 미설치시에도 대부분 경제성은 확보된다.
 - ① 포장 특성상 줄눈부 등에서의 장기적 내구성 손상으로 인한 동결 피해예방 및 시공성 확보 등 다양한 기능성을 고려할 때, 시험도로 이외에서의 지역적인 특성(특히 서울 이북지역)에 대한 분석이 필요
 - ② 동상방지층을 일률적으로 생략하기 보다는 지역적인 특성을 고려하여 동상방지층 생략구간에 대한 시험시공과 동상 및 배수특성에 대한 추적조사를 실시하여, 내구성을 검토후 추진

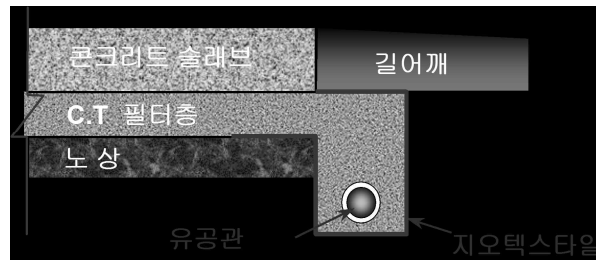
2.3.6 임반구간 포장설계지침⁷⁾

- (1) 2.2.6 임반구간 아스팔트 포장설계지침을 참조한다.
- (2) 콘크리트 포장의 슬래브 두께는 본선 포장과 동일하게 적용한다.
- (3) 장기적인 내구성확보를 위해 시멘트안정처리 필터층을 적용한다.
- (4) 요철층은 임반의 풍화로 인한 지지력 저하방지를 위해 시멘트 안정처리 필터층(H=150mm)으로 보정한다.

5) 보조기층 및 동상방지층 재료용 스크리닝스 적용기준(도연사 18204-31774, 2000.10.19)

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

7) 임반구간 포장설계 잠정지침 적용방안(설계처-3448, 2007.12.4)



콘크리트 슬래브
시멘트안정처리 필터층

<그림 2.3.3> 암반구간 콘크리트 포장의 구성