



# 철근콘크리트 슬라브의 파괴원인

李 在 亨

(사)한국건설안전기술협회 진단부장  
토목구조기술사

\* 주 : 본고는 日本의 岡尚平著 “橋梁の各種事故例と對策”의 번역문으로 지난호에 이어 제2장 鐵筋コン크리트床版の 破壞原因을 소개한다.

## 1. 설계하중의 추이

1969년 2월 26일의 朝日신문은 ‘동경올림픽때 임시로 만든 간선도로가 처음의 예상을 훨씬 상회하는 교통량 때문에 완성된지 5년이 채 되지않아 13개육교 가운데 6개소에 균열이 생긴 콘크리트가 박리되어 떨어져 나갈 우려가 있어 급하게 철망을 슬라브밑에 깔았다.’고 하는 기사와 함께 이런 교량의 슬라브에 있어서 슬라브 콘크리트 혹은 포장 아스팔트의 균열 상태의 균열에 합성수지 접착제를 주입하여 균열을 멈추게 하고, 보조 빔을 설치한 것을 상세하게 기술하고 있다. 물론, 설계하중을 상회하는 중량차량이 재하되고 있음을 알고 있지만 도로교통법으로 완전하게 단속되지 않는 경우의 도로관리자에게 설계태도에 엄격한 시사(示唆)를 주고 있다.

철근콘크리트 슬라브의 파괴현상은 신설된 교량보다도 이전에 가설된 교량쪽이 당연히

양적으로 많고, 사리도로사이에 부설된 교량의 교량면에 토사층을 두어, 포장대신에 윤하중 분포 역할을 하던 토사를 포장공사를 위하여 없앤 경우 슬라브는 차륜하중을 국부적으로 받아 깨어지는 수가 있다. 파손후 주철근량, 철근간격, 슬라브두께, 콘크리트 강도등 파손 원인을 조사하여 알아내는데 충분한 상태는 되나 동종의 많은 사고에 접함에 있어 등한시 할 수 없는 것을 가르쳐 주고 있다.

이런 파손원인의 하나로 하여 가설한 시대에 사용한 설계하중을 그림 1(일본도로교시방서 참조)에 보여주고, 1939년 제정된 설계방법을 다시 기록하였다. 이 설계조건으로 가설된 교량을 통과하고 있는 자동차 윤하중과 빈도를 표 1<sup>1)</sup>로 보여준다.

즉 대도시주변의 간선도로에 있어 현행 설계하중 5 ton을 초과하는 것은 10%를 넘어,

1) 國廣哲男, 도로교 슬라브의 문제점 교량과 기초 2-7

표 1) 현재의 교통수요

윤하중(t)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
재하회수	46,105	13,068	9,626	3,198	1,803	1,792	1,411	1,564	862	624	239	20	4	
혼입율	17호 大宮시 4호 土浦시, 仙台시 → 5.9% → 2.2% 36호 苫小牧시 1호 守口市 5.9% 2.2%													
재하회수	3,988	2,805	1,004	620	422	342	314	200	103	88	7	4		
혼입율	1호 守口市 10.7% 4.1% → 10.7% → 4.7%													

1호선 守口市 京阪本通 1968년 6월 11일, 12일, 10월22일, 23일의 평균24시간교통량

동이 류 력차	승용자동차				화물자동차						합계
	경	승용	승합	계	경	소형	화객차	보통	특수	계	
3,267	3,755	27,876	2,001	33,632	6,104	10,179	13,953	9,373	1,254	41,863	74,495

특히 슬라브에 악영향을 준다고 생각되는 8 ton 이상의 것이 4% 섞여있다. 같은 지점에서 1968년의 교통조사를 같이 고려하여도 사회 발전에 따른 차량의 대형화, 타이어 공기압의 조정, 병렬하중에 의한 슬라브 응력의 증가 등 장래의 문제를 제기하고 있다.

## 2. 설계방법의 변화와 파괴의 성향

1939년 제정한 일본 강도교시방서에 의한 설계예<sup>2)</sup>로써 지간  $l = 1.65m$  철근콘크리트 슬라브 두께 17cm, 포장콘크리트 두께 6cm로 하고 주철근은 10- $\phi 12$ 로 하고, 배력근은 3- $\phi 12$ 로 한다. 이 제원에서 x, y 방향의 저항 휨 모멘트를 역산하면,  $M_y/M_x = 0.276$ 이 얻어진다.  $M_y/M_x$ 를 2방향 슬라브로 간주하면 그림2와 같이 된다. 한데, 슬라브의 거동은 2방향 슬라브의 경향을 보여준다.

실험<sup>2)</sup>에 의하면 4번 단순지지 철근콘크리트

슬라브 중앙에 재하하여 균열이 생기는 형태는 그림3과 같으며 대개 다음과 같은 순서로 했다.

- (1) 주철근 방향에 균열이 생긴다.
- (2) 주철근과 직각방향에도 균열이 생겨 거북등처럼 된다.
- (3) (1), (2)의 균열이 크게되어 시간이 경과함에 따라 유리석회가 나온다. 이 정도에 이르게 되면 상당한 위험범위로 여겨진다.
- (4) 균열부근의 콘크리트가 떨어져 나가기 시작한다. 이 상태로부터 빠르게 구멍이 생긴다.

이상의 순서는 정지하중을 기본계로 자동차 같은 주행하중과 비교해 보면 자명한 것이다.

## 3. 신교량 설계시 주의할 점

1) 1968년 오오사카 교통조사자료

2) 平井敦 “강교工” 1952년

1968년에 이렇게 발생한 사고예에 보고, 建設省(日本)의 통지에 의하여 설계지침이 변경되고 있으나, 여기에 H.Olsen<sup>3)</sup>이 생각해 낸 무한장 슬라브, 반무한장 슬라브의  $M_x$ ,  $M_y$ 의 영향선을 표시하여 보면 그림 4가 된다. 이것에 의하면 지간  $\ell$  과 하중의 접지부분폭  $2c$ 의 비 ( $c/\ell$ )에 의하여 국부응력이 변하고 있지만  $M_y/M_x$ 의 비를 구하여 표 2에 보여주고 있다. 이 표에서  $M_y$  방향의 보강도 없어지며 특히 보 단부의 신축부에서 슬라브의 지지가 없는 연단의  $M_x$ 가 큼을 알고, 이것에 대한 신축연 결재의 대형화와 단부가로보에 가장자리 슬

라브의 지지대가 필요하다는 것을 느낀다.

표 2) Olsen의 도표를 읽은 결과

C/l		무한슬라브	반무한슬라브	
			중 양	단 부
0.08	$M_x$	0.307	0.309	0.763
	$M_y$	0.266	0.265	
	$M_x/M_y$	0.87	0.86	
0.08	$M_x$	0.546	0.309	1.358
	$M_y$	0.473	0.472	
	$M_x/M_y$	0.87	0.86	

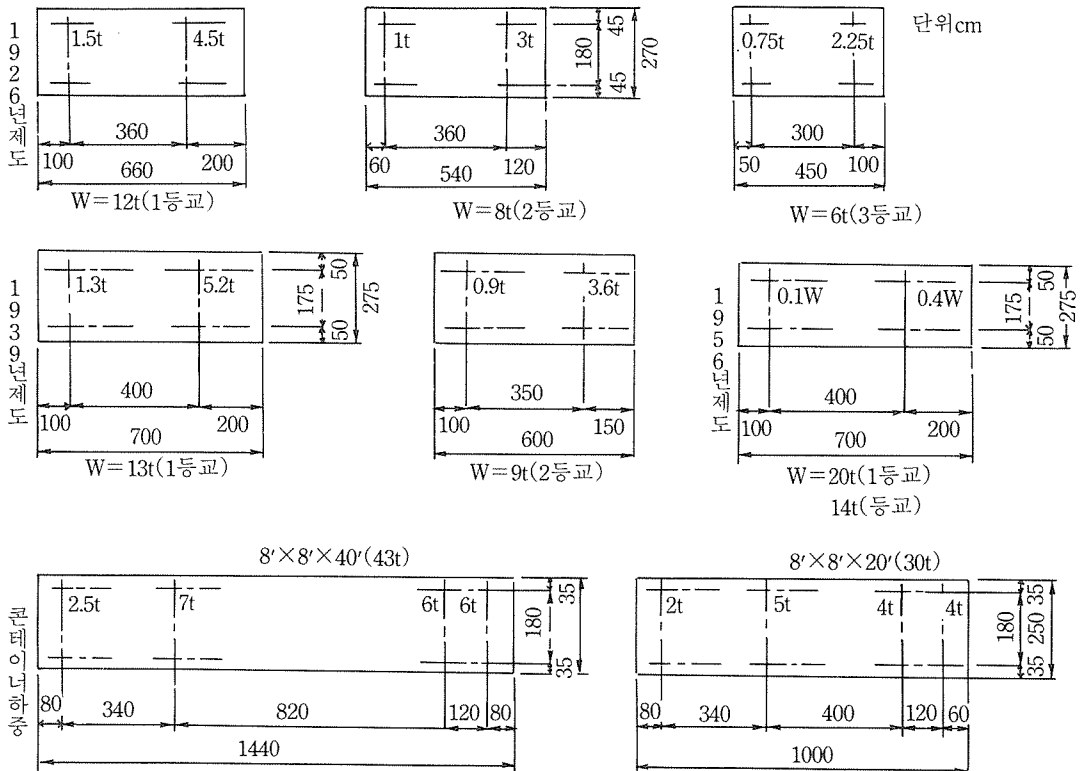


그림 1 년대별설계하중

3) Olsen u. Reintzhuber ; Die zweiseitig gelagerte Platte 1950 W. ERNST & SOHN

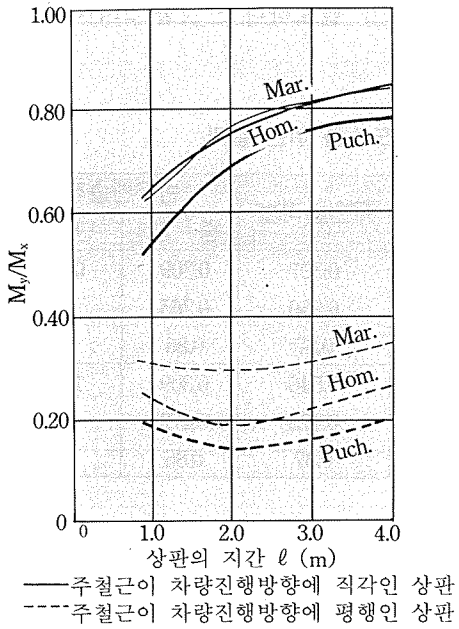
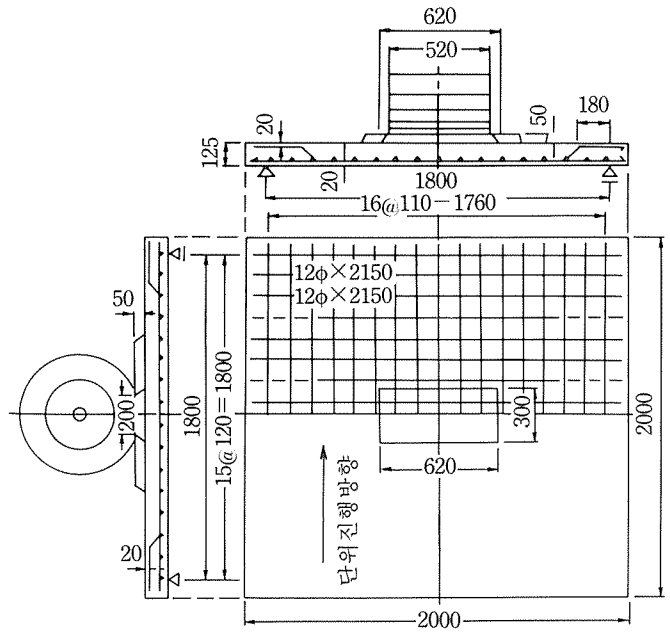


그림 2  $M_v/M_s$



4.	7.	7.	7.	4.		
3.	6.	3.	6.	3.		
	5.	32.	5.	32.	5.	
2.	4.	2.	1.	2.	4.	2.
	3.	21.	3.	21.	3.	
1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.
0.	1.	1.	1.	1.	0.	

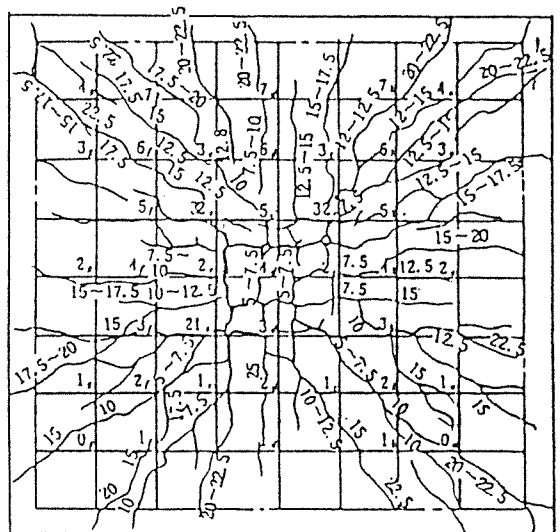
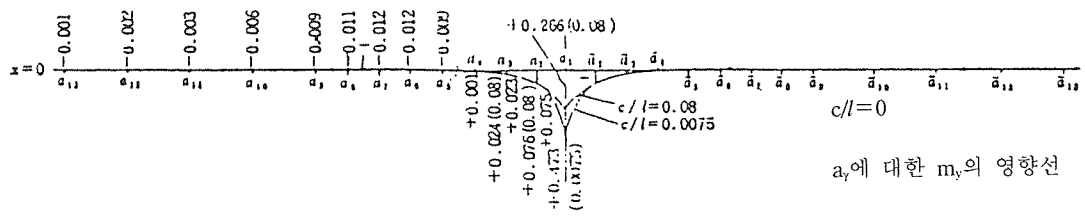
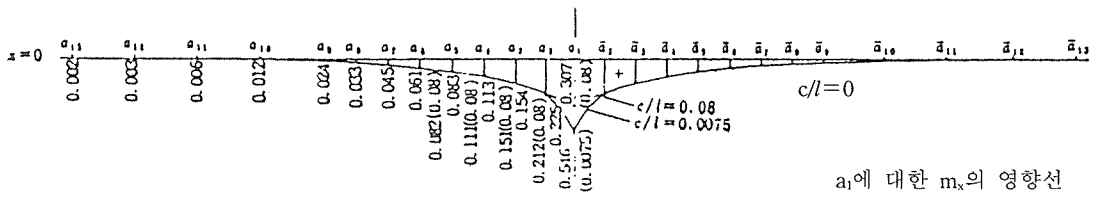
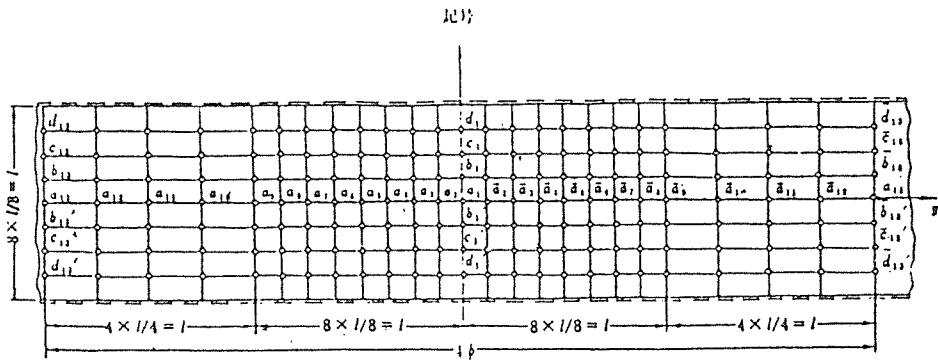


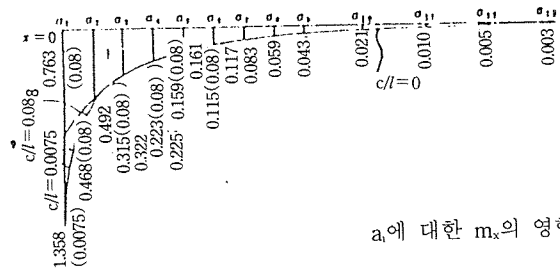
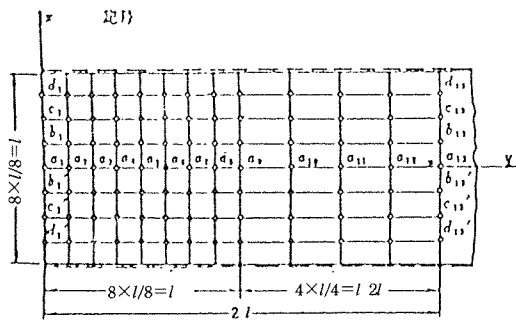
그림 3 齊藤, 一木, 池田의 실험:

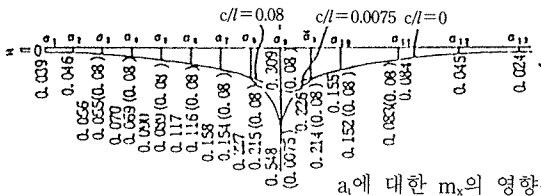


긴 일방향 SLAB 포아송비  $\nu = \frac{1}{6}$

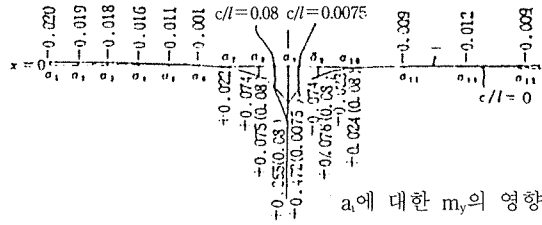
$$\frac{B_1}{B_2} = 0.8$$

(a) 휨 영향선 t





a에 대한  $m_x$ 의 영향선



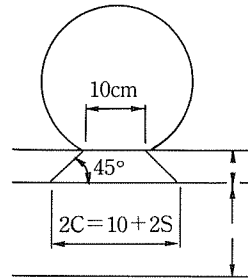
a에 대한  $m_y$ 의 영향선

(b) l방향 슬라브의 자유단에 대한 휨 영향선

- 1: 상판의 지간
- b: 상판의 폭
- 2c: 집중하중의 분포폭(cm)
- v: 포아손 비(여기서는 1/6)

$$B_1 = \frac{1}{1-v^2} E I_2 \text{ x축 방향의 강성}$$

$$B_2 = \frac{1}{1-v^2} E I_2 \text{ y축 방향의 강성}$$



(C)

그림 4

〈1939년제정 강도로교시방서에서〉

제4장 하중의 분포

활하중분포

제23조 철근콘크리트 슬라브에 실리는 하중의 분포는 다음과 같이 정한다.

1. 자동차의 윤택중이 노면에 작용하는 면적은 길이 20cm로 바퀴폭의 양변과 직사각형으로 슬라브에 실리는 분포는 그림 8과 같다.

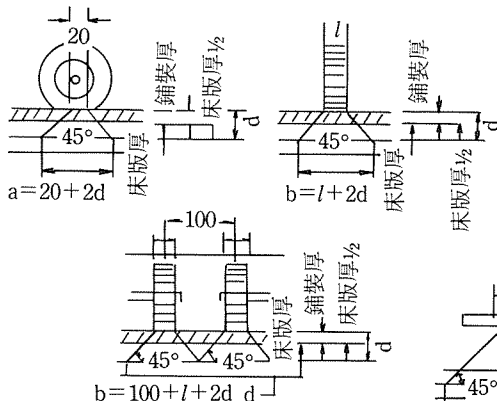


그림 5 (單位 cm)

2. 궤도에 실리는 차량의 윤택중은 궤도 아래면에 작용하는 면적은 길이 100cm와 침목 길이가 이루는 직사각형으로 그림 9와 같고, 이때 침목길이는 210cm 이고 침목높이는 18cm이다.

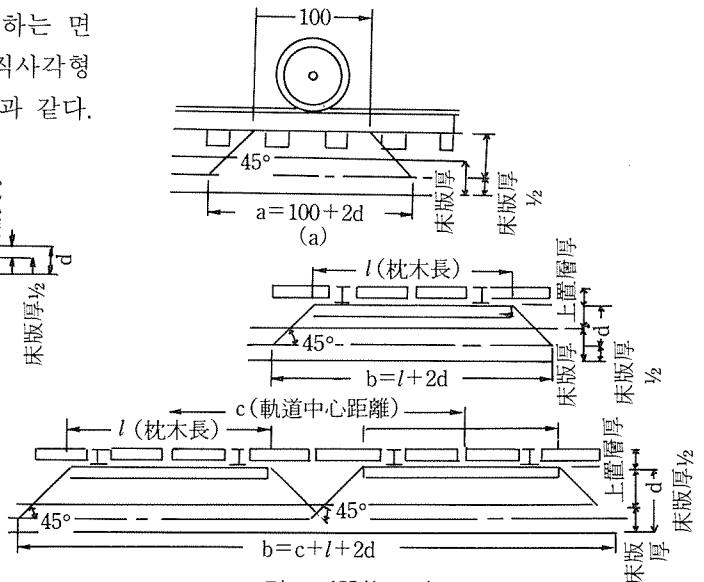


그림 6 (單位 cm)

3. 윤택중의 분포면상에 중복되는 등분포하중은 윤택중의 분포면상에 등분포하는 것이다. (그림 7 참조)

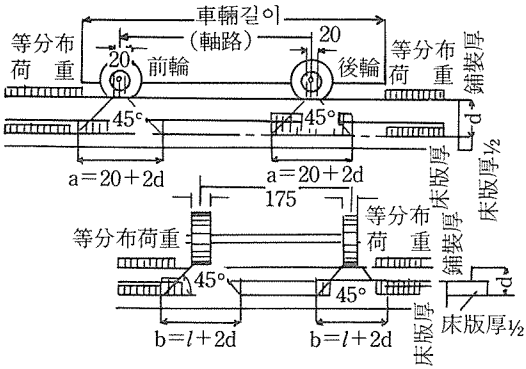


그림 7 (單位 cm)

상판의 유효폭

제24조 윤택중은 철근콘크리트 슬라브 지간에 직각되는 방향으로 다음식에 의하여 산출되는 유효폭상에 등분포하는 것이다.

I 휨모멘트

1. 주철근이 차량진행방향에 직각인 경우

1) 단순지지 슬라브 혹은 연속슬라브인 경우(그림 8 참조)

$$e = 0.7\ell + a$$

$$\leq 200 + a$$

$$\leq \ell_1$$

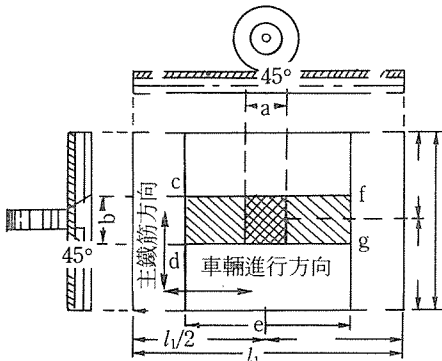


그림 8 (單位 cm)

(주) 철근콘크리트 슬라브 계산에 있어서 윤택중이 앞슬라브의 중앙에 위치해 있고 그림 8과 같이 직사각형 cdgf상에 등분포하는 것이고 그 등분포 되는 하중이 슬라브 휨모멘트가 최대가 되는 것으로 슬라브 지간상에서 이송시켜본다.

2) 캔티레버인 경우(그림 9 참조)

$$e = 1.4\ell + b$$

$$\leq 200 + b$$

$$\leq \ell_1$$

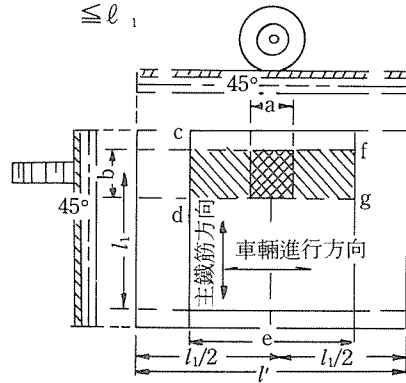


그림 9 (單位 cm)

2. 주철근이 차량진행방향에 평행인 경우

1) 단순지지 슬라브 혹은 연속슬라브인 경우(그림 10 참조)

$$e = 0.7\ell + b$$

$$\leq 200 + b$$

$$\leq \ell_1$$

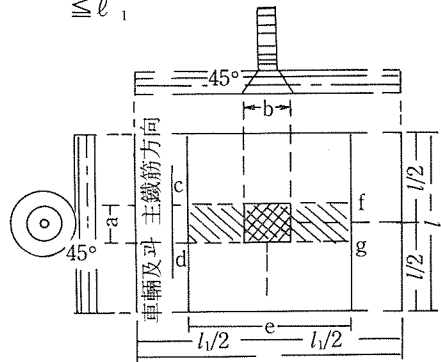


그림 10 (單位 cm)

2) 캔티레버인 경우(그림 11 참조)

$$e = 1.4l' + a$$

$$\leq 200 + a$$

$$\leq l_1$$

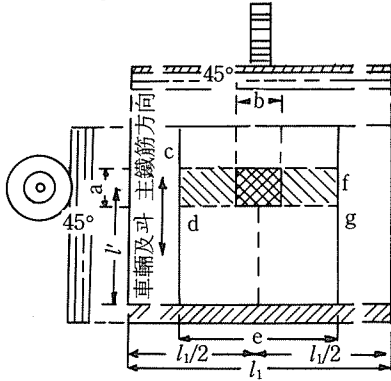
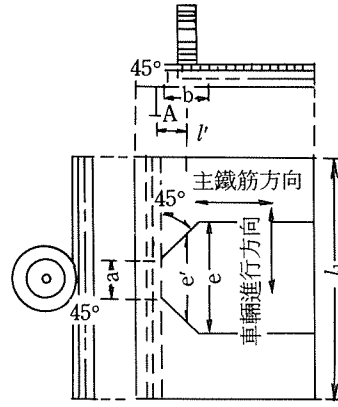


그림 11 (單位 cm)

2) 캔티레버인 경우(그림 13 참조)



$$e = 1.4l' + a$$

$$\leq 200 + a$$

$$\leq l_1$$

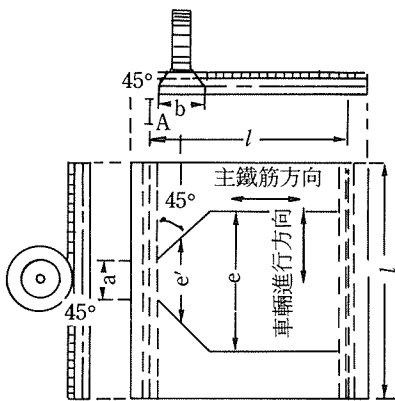
그림 13 (單位 cm)

## II 전단력

1. 주철근이 차량진행방향에 직각인 경우

1) 단순지지 슬라브 혹은 연속슬라브인 경우 (그림 12 참조)

(주) 슬라브 지점 A에 근접된 곳의 유효폭 e'은 윗하중 폭원에 따라 지점 A에서 45도로 확장시키며 그 최대는 e이다. 윗하중이 그림 12와 같이 되는 경우는 유효폭이 e'이다.



$$e = 0.7l + a$$

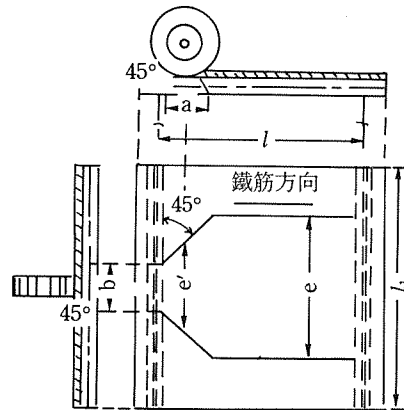
$$\leq 200 + a$$

$$\leq l_1$$

그림 12 (單位 cm)

2. 주철근이 차량진행방향에 평행인 경우

1) 단순지지 슬라브 혹은 연속슬라브인 경우(그림 14 참조)



$$e = 0.7l + b$$

$$\leq 200 + b$$

$$\leq l_1$$

그림 14 (單位 cm)

2) 캔티레버인 경우(그림 15 참조)

$$e = 1.4l' + b$$

$$< 200 + b$$

$$< l_1, b$$



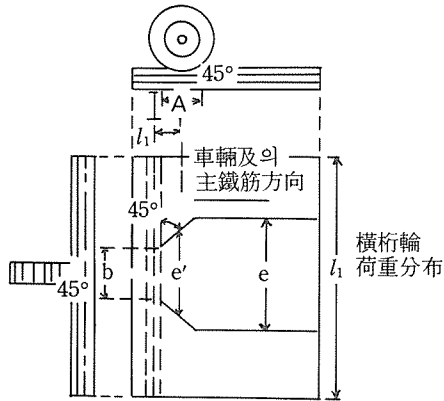


그림 15 (單位 cm)

### 2방향 슬라브

제25조 2방향 x 및 y에 각각 주철근이 있는 구형상판에 재하되는 하중의 x방향에 작용하는 비율은  $l_y^4 / (l_x^4 + l_y^4)$ 이고 y방향에 작용하는 비율은  $l_x^4 / (l_x^4 + l_y^4)$ 이다. 단 지간사이가 장지간의 1/2이하인 경우는 모든하중이 단지간에만 작용하는 것으로 가정하면

$l_x$  = x방향에 대한 슬라브의 지간(m)

$l_y$  = y방향에 대한 슬라브의 지간(m)

### 중방향보에 대한

#### 윤하중 분포

제26조 윤하중이 철근콘크리트 슬라브가 놓이는 횡강성이 동일한 중방향보에 미치는 반력은 슬라브가 단순보로 가정되어 계산된 반력에 다음의 계수가 적용된다.

### I 휨모멘트

#### 1. 내측 길이방향 보

1) 일차선의 경우  $b/1.75$

2) 이차선이상의 경우  $b/1.375$

$b$  = 길이방향보가 1)인 경우 = 1.75m

2) 인 경우 = 1.375m 를 초과하는 경우는 단순보로 가정하는 계수가 적용된다.

#### 2. 외측 길이방향보

외측 길이방향보에서는 앞 항의 계수가 적용된다.

#### 3. 길이방향보 강도의 총계

1구역 혹은 인접 주가로보사이에 놓이는 길이방향보의 강도 총계는 그 간격 사이에 걸리는 활하중 및 사하중을 지지하는데 족한 강성보다 적게 얻어진다.

## II 전단력

전단력의 계산에는 상기의 계수를 적용한다.

### 횡방향보에 대한

#### 윤하중 분포

제27조 중방향보가 있는 횡방향보에 직접 철근콘크리트 슬라브에 접하는 경우에는 윤하중이 횡방향보에 미치는 반력은 상판을 단순보로 가정에서 계산되는 반력에 다음의 계수를 적용한다.

### I 휨모멘트

$$\lambda/1.75$$

$\lambda$  = 횡방향보의 간격(m)

이 경우 등분포하중이 고려된다.

횡방향보 간격이 1.75m를 초과하는 때에는 계수가 적용되고 또 등분포하중을 고려한다.

### II 전단력

전단력의 계산에는 상기의 계수를 적용한다.

