보정계수를 이용한 지하외벽의 구조설계

Structural Design of Basement Exterior Wall using Modification Factor

김 동 건* 김 영 찬**

Kim, Dong-Gun Kim, Young-Chan

Abstract

Currently structural design of basement exterior wall is based on the assumption of boundary condition of plate, which may lead to erroneous results. In this study, the behavior of basement exterior wall subject to earth pressure and hydraulic pressure is investigated using linear finite element analysis. Parametric studies are conducted to investigate the variation of moment and shear force according to column-to-wall stiffness and aspect ratios. Using these numerical results, modification factors applicable to the design of basement exterior wall are presented. Design example is illustrated, showing satisfactory results.

keywords : Basement exterior wall, modification factor, plate analysis

1. 서 론

지하외벽의 구조형식은 버팀기둥 없이 각층 바닥에서 지지되는 1방향슬래브로 설계하는 방식과 토압이 과다하거나 건축계획상 벽두께의 제약이 따르는 경우 적당한 간격으로 버팀기둥이나 층 중간에 수평보를 설치하여 2방향슬래브로써 설계하는 방식 등 크게 두가지로 구분할 수 있으며, 일반적으로 슬래브에서와 같이 형상비(λ=L/H)에 따라 1방향해석 혹은 2방향해석으로 구분하여 설계를 수행하고 있다.[1),2),5)]

기존의 설계법[1),2)]은 벽체 상단부의 경계조건을 단순지지, 고정단, 자유단으로 적용하고 있다. 이것은 다층의 지하외벽인 경우의 실제 경계조건과 다르다. 기존의 연구[4)]에서는 벽체설계시 고려하지 않는 벽체와 버팀기둥의 강성비에 대한 개념을 고려하여 기존의 설계법에 대한 문제점을 지적하였으나 다음과 같은 해석시의 조건이 있어 연구결과의 적용이 제한적이다: 형상비가 1~2, 내부경간의 벽체, 벽체상부의 단순지지

* 부경대학교 건축공학부 석사과정

** 정회원, 부경대학교 건축공학부 조교수

E-mail : yckim@pknu.ac.kr 011-9692-8446

• 본 논문에 대한 토의를 2002년 9월 30일까지 학회로 보내주시면 2003년 1월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

경계조건, 토압에 의한 하중만 고려함.

본 연구에서는 기존의 연구[4]와는 달리 벽체상부의 지지조건으로 회전이 구속된 연속단을 적용하고 수압과 토압을 함께 고려하여 모든 재하상태에 대하여 검토하였다. 또한, 3연속스팬의 벽체에서 중앙부 벽체뿐만 아니라 최외단 스팬의 벽체도 고려하여 기존의 설계법[1),2)]과 기존의 연구결과[4]를 비교하였으며 설계시 적용할 수 있는 보정계수를 제시하였다. 설계예를 통해 보정계수의 적용 및 부재력산정의 타당성을 검토하였다.

2. 벽체 모델링

2.1 벽체형상 및 하중

외벽의 경계조건을 보면 벽체의 상단부는 바닥슬래브 및 벽체보에 의해 지지되므로 단순지지보다는 연속단에 가까우므로 회전이 구속된 이동단으로 하였고 하단부는 기초에 의해 고정되어 있는 3연속의 벽체를 고려하였다.(Fig. 1)

외벽에 작용하는 하중으로는 토압과 수압을 고려하였고 지상층에서 내려오는 압축력 및 지진에 의한 면내전단력은 고려하지 않았다. 토압계수[2),3)]는 정지상태로 상정하여 정지토압을 적용하였다. 토층별, 지하수위면에서의 토압[2)]은 식 (1)을 사용하여 계산하였다.

$$\begin{aligned} U &= 1.7L + 1.8H + 1.4D \\ &= 1.7K_0\delta_s + 1.8K_0\gamma H + 1.4\gamma_w H \end{aligned} \quad (1)$$

여기서,

$K_0 = 1 - \sin\phi$: 정지토압계수,

γ: 흙의 단위체적당 중량,

δ_s : 표면재하흙의 단위중량,

γ_w : 물의 단위체적당 중량이다.

2.2 해석방법

기존의 1방향, 2방향에 근거한 평판의 거동을 FEM

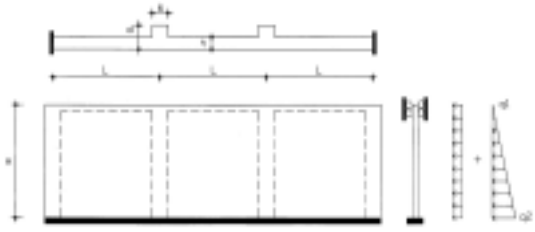


Fig. 1 3연속 벽체의 형상 및 하중조건

해석과 비교하여 차이점을 분석하였다. 1방향해석에서는 형상비가 2.0이상인 경우로 보통 단순지지된 각층의 바닥슬래브를 지점으로 하는 연속보로써 수직 1방향해석을 적용하여 응력을 산정하였다. 2방향해석에서는 형상비가 2.0이하인 경우로 벽체는 각층의 바닥슬래브와 버팀기둥이 지점이 되는 2방향해석을 적용한다. 벽체 단부의 지지조건에 따라 1변, 3변, 4변고정 슬래브로 가정하여 설계한다. FEM해석은 MIDAS[6)]의 판과 보요소를 이용하였으며, 해석벽체 및 기둥의 형상은 다음과 같다.

1) 벽체높이(H)를 5.0m로 하여 Table 1에 주어진 7개의 해석벽체를 선정하였으며 각 형상비에 대하여 벽체강성에 대한 버팀기둥강성의 비가 0.5, 1.0, 2.0, 5.0인 4가지 경우에 대하여 해석을 수행하였다.
2) 벽체의 두께(t)는 300㎜, 버팀기둥의 너비(b)는 500㎜를 기준으로 하였으며, 버팀기둥의 춤(d)는 벽체강성에 대한 버팀기둥의 강성비($s = I_c/I_w$)에 맞춰 산정하였다. 벽체강성(Iw)은 $Lt^3/12$, 기둥강성(Ic)은 $bd^3/12$이다.

Table 1 해석벽체의 형상비 및 강성비

벽체	형상비(H/L)	L(m)	강성비(S)
1	0.5	2.5	0.5, 1.0, 2.0, 5.0
2	0.75	3.75	
3	1.0	5	
4	1.25	6.25	
5	1.5	7.5	
6	1.75	8.75	
7	2.0	10	

3. 해석결과의 비교

벽체 3($\lambda = 1.0$)에 흙의 단위체적당 중량이 1.7 tf/m^3, 표면재하 1.0tf/m^{2}의 하중이 작용할 때, 각 방향별 모멘트 및 전단력에 대한 기존의 해석방법, 기존의 연구, 본 연구의 결과를 비교하였다.

• 수직방향 최대 정모멘트

Table 2에서 본 연구의 중앙벽과 비교했을 때, 1방향해석인 경우는 43~56%, 벽체상부의 지지조건을 단순지지로 한 기존연구의 경우는 6~25%정도 크게 산출되었다. 2방향해석중 경계조건이 3변 고정 1변 자유(이하 3fix-1free)인 경우는 76~130%, 4변 고정(이하 4fix)인 경우는 34~74%정도 부재력을 과소평가하는 결과를 가져온다. 실제 부재력에 대한 이러한 과대, 과소의 오차율 및 강성비간의 오차정도는 형상비가 커질수록 줄어들었다.

부록에 제시한 Table 1-1, Table 1-2의 보정계수는 3차원 평판해석의 부재력을 2방향해석(4fix의 경우)의 부재력으로 나눈 값이다. 부록의 모든 보정계수는 같은 방법으로 구한 것이다. 표면재하와 횡하중에 대한 지하외벽의 거동이 다르기 때문에 계수를 나누어 구하였으며, 따라서 모든 하중상태를 고려할 수 있다. 버팀기둥의 강성이 증가하면 수직방향 최대 정모멘트는 감소하게 되며, 형상비가 작은 벽체일수록 그 영향이 크고 형상비 $\lambda = 1.75$이상인 경우는 그 영향이 아주 적은 것으로 나타났다. 부록의 Table 1-1, Table 1-2의 보정계수를 이용하여 형상비는 동일하고 표면재하, 횡하중 조건이 다른 경우에 적용한 결과, FEM해석 값과 ±2%내외의 오차율을 보였다.

• 수직방향 최대 부모멘트

Table 3에서 본 연구의 중앙벽과 비교했을 때, 1방향해석인 경우는 37~48%, 기존연구의 경우는 11~22%정도 부재력이 과대평가 되고 있다. 2방향해석중 경계조건이 3fix-1free인 경우는 4~26%, 경계조건이 4fix인 경우는 10~33%정도 부재력이 과소평가되는 것을 알 수 있다. 실제 부재력에 대한 이러한 과대, 과소의 오차율 및 강성비간의 오차정도는 형상비가 커질수록 줄어들었으나, 2방향해석중 경계조건이 3fix-1free인 경우는 형상비 증가에 따라 오차율도 함께 증가하여 $\lambda = 2.0$일 때 45%정도의 과대평가 되는 것으로 나타났다. 부록의 Table 2-1, Table 2-2에서 버팀기둥의 강성이 증가하면 수직방향 최대 부모멘트는 감소하게 되며, 형상비가 작은 벽체일수록 그 영향이 크고 형상비 $\lambda = 1.75$이상인 경우는 그 영향이 아주 적은 것으로 나타났다. 부록에 제시한 Table 2-1, Table 2-2의 보정계수를 형상비는 동일하고 표면재하, 횡하중 조건이 다른 경우에 적용한 결과, FEM해석 값과 ±1%내외의 오차율을 보였다.

• 수평방향 최대 정모멘트

Table 4에서 본 연구의 중앙벽과 비교했을 때, 2방향해석중 경계조건이 3fix-1free인 경우는 12~41%, 경계조건이 4fix인 경우는 2~34%, 기존연구의 경우는 21~26%정도 부재력이 과대하게 산출되었다. 실제 부재력에 대한 이러한 과대, 과소의 오차율 및 강성비간의 오차정도는 형상비가 커질수록 줄어들었다. 그러나, 2방향해석중 경계조건이 3fix-1free인 경우는 형상비 증가에 따라 오차율도 함께 증가하여 $\lambda = 2.0$일 때 75~80%정도 과대평가 되었다.

Table 2 수직방향 최대 정모멘트(단위: tf · m)

해석방법 / s	기존해석방법[1),2),5)]				FEM해석		
	1방향해석	2방향해석			기존연구[4)](중앙벽)	본 연구	
		1fix-3free	3fix-1free	4fix		중앙벽	단부벽
0.5	7.20	6.64	1.78	2.35	5.43	4.09	3.59
1.0					4.67	3.75	3.34
2.0					3.99	3.43	3.11
5.0					3.33	3.14	2.95

Table 3 수직방향 최대 부모멘트(단위: tf · m)

해석방법 / s	기존해석방법[1),2),5)]				FEM해석		
	1방향해석	2방향해석			기존연구[4)](중앙벽)	본 연구	
		1fix-3free	3fix-1free	4fix		중앙벽	단부벽
0.5	15.41	42.5	7.72	7.29	12.50	9.72	8.81
1.0					11.30	9.10	8.35
2.0					10.15	8.54	7.94
5.0					9.02	8.01	7.66

Table 4 수평방향 최대 정모멘트(단위: tf · m)

해석 방법 / s	기존해석방법[1),2),5)]			FEM해석		
	2방향해석			기존 연구[4)] (중앙벽)	본 연구	
	1fix-3free	3fix-1free	4fix		중앙벽	단부벽
0.5	0	2.53	2.25	1.90	1.49	2.09
1.0				2.15	1.75	2.20
2.0				2.39	1.99	2.30
5.0				2.64	2.22	2.39

부록의 Table 3-1, Table 3-2에서 버팀기둥의 강성이 증가하면 수평방향 최대 정모멘트는 증가하게 되며, 형상비가 작은 벽체일수록 그 영향이 큰 것으로 나타났다. 부록에 제시한 Table 3-1, Table 3-2의 보정계수를 형상비는 동일하고 표면재하, 횡하중 조건이 다른 경우에 적용한 결과, FEM해석 값과 ±2%내외의 오차율을 보였다.

• 수평방향 최대 부모멘트

다른 부재력과 달리 수평방향 부모멘트는 중앙과 단부스팬벽의 차이가 큰 것을 알 수 있다(Table 5). 2방향해석중 경계조건이 3fix-1free인 경우는 54~85%, 경계조건이 4fix인 경우는 45~82%정도 과대평가 하였으며 기존연구의 경우는 강성비가 1.0이하일 때는 3~4%정도 강성비가 2.0 이상일 때는 2~10%정도 과대평가 하는 것을 알 수 있다. 실제 부재력에 대한 이러한 과대, 과소의 오차율 및 강성비간의 오차정도는 형상비가 커질수록 줄어들었으나, 2방향해석중 경계조건이 3fix-1free인 경우는 형상비 증가에 따라 오차율도 함께 증가하여 $\lambda = 2.0$일 때 78~88%정도 과대평가 되었다.

부록의 Table 4-1, Table 4-2에서 버팀기둥의 강성이 증가하면 수평방향 최대 부모멘트는 증가하게 되며, 형상비가 작은 벽체일수록 그 영향이 큰 것으로 나타났다. 부록 의 Table 4-1, Table 4-2의 보정계수를 형상비는 동일하고 표면재하, 횡하중 조건이 다른 경우에 적용한 결과, FEM해석 값과 ±1%내외의 오차율을 보였다.

Table 5 수평방향 최대 부모멘트(단위: tf · m)

해석 방법 / s	기존해석방법[1),2),5)]			FEM해석		
	2방향해석			기존 연구[4)] (중앙벽)	본 연구	
	1fix-3free	3fix-1free	4fix		중앙벽	단부벽
0.5	0	7.20	6.07	1.03	1.07	4.48
1.0				1.82	1.87	4.42
2.0				2.71	2.65	4.35
5.0				3.64	3.31	4.27

• 수직방향 최대 전단력

전단력의 경우는 다른 부재력에 비해 해석방법간의 오차가 크지 않음을 알 수 있다(Table 6). 1방향해석인 경우는 18~22%, 기존연구의 경우는 1~11%정도 부재력이 과대평가 되고 있다. 2방향해석인 경우는 강성비가 1이하일 때는 0~3%정도 과소평가, 강성비가 2.0이상일 때는 1~3%정도 과대평가 되는 것으로 나타났다. 실제 부재력에 대한 이러한 과대, 과소의 오차율 및 강성비간의 오차정도는 형상비가 커질수록 줄어든다. 하지만, 2방향해석중 경계조건이 3fix-1free인 경우는 형상비 증가에 따라 오차율도 함께 증가하여 $\lambda = 2.0$일 때 27%정도 과대평가 되는 것으로 나타났다.

부록의 Table 5-1, Table 5-2에서 버팀기둥의 강성이 증가하면 수직방향 최대 전단력은 감소하게 되며, 형상비가 작은 벽체일수록 그 영향이 큰 것으로 나타났다. 부록의 Table 5-1, Table 5-2의 보정계수를 형상비는 동일하고 표면재하, 횡하중 조건이 다른 경우에 적용한 결과, FEM해석 값과 ±1%내외의 오차율을 보였다.

Table 6 수직방향 최대 전단력(단위: tf)

해석 방법 / s	기존해석방법[1),2),5)]				FEM해석		
	1방향 해석	2방향해석			기존 연구[4)] (중앙벽)	본 연구	
		1fix-3free	3fix-1free	4fix		중앙벽	단부벽
0.5	17.96	23.38	14.32	14.46	16.55	14.79	14.41
1.0					15.91	14.51	14.13
2.0					15.30	14.25	13.98
5.0					14.70	14.01	13.87

4. 보정계수의 적용

앞에서 구한 보정계수를 이용하여 임의의 형상비와 강성비 그리고 하중조건하에서 구한 부재력을 3차원 평판해석과 비교하여 본 연구에서 제안한 보정계수의 적용성을 검토하였다.

1) 설계조건

- 형상비 $\lambda = 1.7$ (H×L=6m×10.2m)
- 강성비 s= 1.5
- t=0.3m, b=0.5m, d=0.938m
- 지표면 높이 GL=0m, 지하수위 WL=3.3m
- 표면재하흙의 단위중량: δ_s=0.8 tf/m^2
- 토질층 1: 깊이 1.5m, $\phi = 30^\circ$, γ=1.6tf/m^3
- 토질층 2: 깊이 3.3m, $\phi = 30^\circ$, γ=1.9tf/m^3
- 물의 단위중량 γ_w=1.0tf/m^3

2) 외벽에 작용하는 횡하중의 산정

상기의 조건을 식 (1)에 적용하여 지표면, 토질층 1, 지하수면, 토질층 2에서 하중을 산정하면 각각 0.68, 2.84, 5.92, 12.13tf/m^{2}로 계단형의 하중분포(그림 3(a))가 되는데 해석의 복잡성을 피하기 위해 일반적으로 등가의 삼각형분포로 보간한다.[1),2)] 전체 하중의 합이 같도록 하여 다음과 같이 보간된 하중을 구할 수 있다.

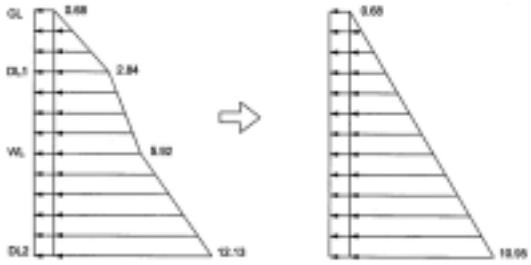
$$\frac{1}{2}[2.16\times1.5+(2.16+5.238)\times(3.3-1.5)+(5.238+11.448)\times(6-3.3)] = \frac{6\times x}{2}$$

$$\therefore x = 10.268 \ tf/m^2$$

따라서, q_1=0.68tf/m^2 q_2=10.95tf/m^2 이다(Fig. 3(b)).

3) 보정계수의 산출

① 중앙벽의 수직방향 최대 정모멘트를 구하기 위해 각각 표면재하(q_1)와 횡하중(q_2-q_1)만이 작용하고 있는 지하외벽에 대한 2방향해석(4fix)을 수행하여 각각 1.22, 7.15tf·m의 부재력을 얻는다.



(a) 원래하중 (b) 선형보간된 하중

Fig. 3 횡하중의 선형보간

② 부록의 Table 1-1에서 표면재하에 대한 보정계수에서 강성비 1.5와 2.0을, 형상비 1.5와 2.0의 보정계수를 직선보간하면 0.8106이고, 횡하중에 대한 보정계수에서 강성비 1.5와 2.0을, 형상비 1.5와 2.0의 보정계수를 직선보간하면 1.0804이다.

③ 앞에서 구한 부재력과 보정계수를 이용하여 계산하면 아래와 같은 중앙벽의 수직방향 최대 정모멘트를 얻을 수 있다.

1.22×0.8106+7.15×1.0814=8.7138tf·m

중앙벽에서 이외의 부재력이나 단부벽에서의 부재력도 상기와 동일한 방법으로 구할 수 있다. FEM해석에 의해서 산정된 부재력과의 오차를 Table 7, 8에 나타내었는데 수평방향 부모멘트는 약 10%의 오차를 보였는데 다른 부재력은 오차가 2%내외여서 보정계수를 이용한 부재력산정은 유효한 결과를 가져다 준다고 생각된다.

Table 7 중앙스팬 벽체의 최대 부재력

부재력	2방향 해석 (a)	FEM 해석 (b)	본 연구 (c)	오차율(%)	
				(a)/(b)	(c)/(b)
수직방향 정모멘트	8.37	8.51	8.71	1.59	2.45
수직방향 부모멘트	19.54	19.78	19.76	1.20	0.07
수평방향 정모멘트	2.45	2.86	2.83	4.21	1.03
수평방향 부모멘트	12.00	6.29	5.67	91.39	9.56
수직방향 전단력	23.68	23.90	23.76	0.90	0.56

Table 8 단부스팬 벽체의 최대 부재력

부재력	2방향 해석 (a)	FEM 해석 (b)	본연구 (c)	오차율(%)	
				(a)/(b)	(c)/(b)
수직방향 정모멘트	8.37	8.44	8.61	0.82	2.04
수직방향 부모멘트	19.54	19.69	19.61	0.75	0.39
수평방향 정모멘트	2.45	3.32	3.34	26.25	0.44
수평방향 부모멘트	12.00	9.01	8.53	33.19	5.33
수직방향 전단력	23.68	23.98	23.83	1.24	0.62

5. 결 론

1) 벽체강성에 대한 버팀기둥의 강성비에 있어서 버팀기둥의 강성이 증가하면 부재력의 흐름이 강성이 큰 버팀기둥쪽으로 흐르게 되어 벽체 수직방향의 모멘트는 감소하고 수평방향의 모멘트는 증가하여 2방향 거동을 하게 된다. 반대로, 버팀기둥의 강성이 감소하면 부재력이 버팀기둥 보다는 슬래브와 기초가 지지점이 되는 1방향 거동을 하게 되어 벽체의 수직방향 모멘트는 증가하고 수평방향 모멘트는 감소하게 된다
2) 연속된 벽체에서 벽체를 구속하고 있는 슬래브의 경계조건에 따라 중앙부 스팬 벽과 단부 스팬 벽에 작용하는 부재력이 큰 차이를 보이므로 설계시 구별할 필요가 있다.
3) 지하외벽설계시 모델링 과정이 복잡하고 많은 시간과 노력을 필요로 하는 3차원 평판해석을 하는 것은 비효율적이므로 기존해석방법으로 해석을 수행한 후, 부록에서 제시한 보정계수를 적용한다면 유한요소의 해에 근접한 결과를 얻을 수 있다.

참고문헌

1. 기술경영사 편집부, “흙과 기초의 설계 계산 연습”, 기술경영사, 1996.
2. 대한주택공사 주택연구소, “극한강도설 계법에 의한 철근콘크리트 구조설계 실 무”, 기문당, 1999.
3. 대한건축학회, “건축물 하중기준 및 해 설”, 태림문화사, 2000.
4. 유병억, 강석규, 조영태, “지하외벽거동에 관한 연구”, 건축지, 대한건축학회, 2000, 3월, pp.35-40.
5. Richard Bares, “Tables for the Analysis of Plates, Slabs and Diaphragms based on the Elastic Theory”, Macdonald and Evans Ltd., 1979.
6. Posdata, “MIDAS GENw”, 2000.

(접수일자 : 2001년 10월 16일)

부록. 2 방향해석(경계조건 : 4변고정)에 대한 각 방향별 최대 부재력의 보정계수

1. 중앙벽의 보정계수

Table 1-1 수직방향 정모멘트

λ / s	표면재하			횡하중		
	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0
0.5	1.2353	0.8469	0.8004	1.9378	1.1486	1.0237
1.0	1.1153	0.8274	0.7981	1.7765	1.1279	1.0221
2.0	1.0061	0.8115	0.7964	1.6302	1.1112	1.0208
5.0	0.9031	0.7978	0.795	1.4926	1.0966	1.0198

Table 2-1 수직방향 부모멘트

λ / s	표면재하			횡하중		
	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0
0.5	1.7024	1.1374	1.0577	1.2821	1.0294	0.9913
1.0	1.5778	1.1207	1.057	1.2029	1.0167	0.9908
2.0	1.4645	1.1072	1.0566	1.131	1.0065	0.9905
5.0	1.3576	1.0954	1.0563	1.0633	0.9976	0.9902

Table 3-1 수평방향 정모멘트

λ / s	표면재하			횡하중		
	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0
0.5	0.458	0.4298	0.4198	0.7447	1.1827	1.2386
1.0	0.5385	0.4868	0.4641	0.8742	1.3356	1.3678
2.0	0.612	0.5331	0.498	0.9921	1.4597	1.4661
5.0	0.6819	0.5736	0.5259	1.1038	1.5705	1.5473

Table 4-1 수평방향 부모멘트

λ / s	표면재하			횡하중		
	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0
0.5	0.2019	0.3601	0.4372	0.1731	0.2664	0.318
1.0	0.3698	0.5371	0.6033	0.2996	0.3925	0.4347
2.0	0.523	0.6811	0.7294	0.4184	0.4945	0.5231
5.0	0.6669	0.8057	0.8326	0.5296	0.5827	0.5954

Table 5-1 수직방향 전단력

λ / s	표면재하			횡하중		
	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0
0.5	1.0719	0.9762	0.9781	1.0153	1.0002	1.0041
1.0	1.0445	0.9792	0.9823	0.9971	1.0027	1.0073
2.0	1.0197	0.9816	0.9855	0.9805	1.0046	1.0097
5.0	0.9966	0.9838	0.9882	0.9651	1.0064	1.0117

2. 단부벽의 보정계수

Table 1-2 수직방향 정모멘트

λ / s	표면재하			횡하중		
	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0
0.5	1.071	0.8215	0.7971	1.7085	1.1213	1.0215
1.0	0.9756	0.8048	0.7959	1.5853	1.1041	1.0206
2.0	0.8975	0.7967	0.795	1.4764	1.0955	1.0199
5.0	0.8368	0.7895	0.7943	1.4034	1.0879	1.0194

Table 2-2 수직방향 부모멘트

λ / s	표면재하			횡하중		
	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0
0.5	1.5211	1.1153	1.0568	1.166	1.0119	0.9907
1.0	1.4298	1.1009	1.0565	1.1069	1.0018	0.9904
2.0	1.3461	1.0941	1.0563	1.0532	0.9966	0.9903
5.0	1.2868	1.0882	1.0561	1.0185	0.9922	0.9901

Table 3-2 수평방향 정모멘트

λ / s	표면재하			횡하중		
	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0
0.5	0.6439	0.5895	0.561	1.0417	1.6368	1.6518
1.0	0.6771	0.5973	0.5612	1.0954	1.657	1.6524
2.0	0.7073	0.6068	0.5614	1.1443	1.6735	1.6527
5.0	0.7361	0.6149	0.5614	1.1908	1.6877	1.653

Table 4-2 수평방향 부모멘트

λ / s	표면재하			횡하중		
	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0
0.5	0.9128	0.9544	0.9555	0.7191	0.6902	0.6838
1.0	0.8949	0.9548	0.9558	0.7062	0.6906	0.684
2.0	0.8785	0.9552	0.9561	0.6943	0.6908	0.6841
5.0	0.863	0.9555	0.9562	0.6831	0.691	0.6843

Table 5-2 수직방향 전단력

λ / s	표면재하			횡하중		
	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0
0.5	1.036	0.9817	0.9849	0.9906	1.0046	1.0093
1.0	1.0093	0.9832	0.987	0.972	1.0058	1.0108
2.0	0.9927	0.9844	0.9886	0.9626	1.0068	1.012
5.0	0.982	0.9855	0.99	0.9554	1.0077	1.013