

# 대상기초에서 지반반력계수 산정을 위한 재하길이비 Loading Length Ratio for Estimation of Subgrade Reaction Coefficient in Strip Foundation

정진호\* · 변형석\*\*†  
Jin-Ho Jeong\* and Hyung-Suk Byun\*\*†

(Received 19 July 2021, Revision received 18 August 2021, Accepted 18 August 2021)

**Abstract :** When estimating the coefficient of subgrade reaction at the strip foundation such as the buried box structure, the loading area of foundation is defined by the loading length of foundation (L). However, there are no clear design criteria for the loading length to be applied for a given width of foundation in practice. Accordingly, the purpose of this study is to suggest the most appropriate loading length ratio (L/B) of the foundation for the estimation of the coefficient of subgrade reaction, which can produce the most economical structure design in earthquake-resistant design. The main points of this study are as follows: (1) in the ordinary analysis without seismic force, the coefficient of subgrade reaction has little effects on the section forces (shear force and bending moment) of the structure. (2) In the earthquake-resistant design, if the loading length of foundation (L) is largely applied to a given foundation width (B), the value of coefficient of subgrade reaction is evaluated small, and eventually, a reduction ratio corresponding to the appearing section force. To estimate the optimum value of the coefficient of subgrade reaction for the most economical earthquake-resistant design, this study was to suggest setting the loading length of foundation (L) equal to the width of foundation (B); (that is, L/B=1).

**Key Words :** Coefficient of subgrade reaction, Loading length of foundation

## 1. 서 론

지중구조물의 설계에 있어서 지반반력계수는 상시해석에서는 그 효과가 없으나 내진해석에서는 구조물의 단면력(전단력과 모멘트) 산정에는 비교적 현저한 영향을 미치기도 한다. 특히 모드

중첩법<sup>1)</sup> 또는 응답변위법에서 지반반력계수는 구조물 내진하중 산정에 있어서 중요한 변수로 이용되고 있다. 지진하중을 고려하지 않는 상시해석에서 지반반력계수 산정 시 이용되는 구조물기초 재하면적( $B_0$ )<sup>2)</sup>은 기초의 폭(B)과 재하길이(L)에 의해 구해진다. 그러나 실무에서는 기초의 재하길

\*\*† 변형석(ORCID:http://orcid.org/0000-0001-9062-0091) : 차장, (주)건화  
E-mail: hyungsuk80@hotmail.com, Tel. 82-2-6938-7265  
\*정진호(ORCID:http://orcid.org/0000-0001-5721-6548) : 교수, 부경대학교 토목공학과

\*\*† Hyung-Suk Byun(ORCID:http://orcid.org/0000-0001-9062-0091) : Deputy General Manager, Kunhwa Engineering & Consulting Co., Ltd.  
E-mail: xo.byun@gmail.com, Tel. 82-2-6938-7265  
\*Jin-Ho Jeong(ORCID:http://orcid.org/0000-0001-5721-6548) : Professor, Dept. of Civil Engineering, Pukyong National University.

이(L)에 대한 설계상 명확한 범위가 정해진 바가 없어, 기초폭(B)에 대한 길이(L)의 비가 큰 구조물 입에도 불구하고 단위길이(L=1 m) 또는 임의의 길이를 적용하여 지반반력계수를 산정하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 내진설계에 있어서 가장 경제적인 구조물 설계가 될 수 있는 지반반력계수 산정을 위해 가장 적절한 기초의 재하길이비(L/B)를 제안하고자 한다.

## 2. 대상기초에서 종방향 길이가 지반반력계수에 미치는 영향

본 연구에서는 사질토의 지반에서 박스구조물의 폭(B)은 3.0 m로 정해 놓고 구조물의 종방향 길이(L)를 달리하여 지반반력계수를 검토하였다. 지반반력계수 산정식은 도로교설계기준<sup>3)</sup>에서 제시된 식 (1)을 적용하였으며, 변형계수는 N값으로부터 추정(E=2,800 N kN/m<sup>3</sup>)하여 적용하였다.

$$k_v = k_{0.3} \left( \frac{B_v}{0.3} \right)^{-3/4} \quad (1)$$

여기서,

$k_v$  : 연직방향 지반반력계수(kN/cm<sup>3</sup>)

$$k_{0.3} : \frac{1}{0.3} \alpha E_0$$

: 지름 0.3 m의 강체원판에 의한 평판 재하시험의 값에 상당하는 연직방향 지반반력계수

$$B_v : \sqrt{A_V}, A_V : \text{연직방향의 재하면적(m}^2\text{)}$$

: 기초의 환산재하폭(m), 형상이 원형일 경우에는 지름을 사용

$\alpha$  : 지반반력계수의 추정에 사용되는 계수로

$E_0$  : 지반탄성계수

Table 1은 기초지반조건이 느슨한 모래(N=7)를 Case-1, 중간 정도의 모래(N=20)를 Case-2, 조밀한 모래(N=40)인 상태를 Case-3로 설정하였다.<sup>4)</sup> 박스 구조물의 폭(B)을 3.0 m로 정해 놓고, 환산단면적( $B_v$ )을 산정하기 위해 구조물의 재하길이(L)를 단위길이 1 m, 구조물의 폭과 동일한 3 m, 8 m, 30 m,

Table 1 Classification for Review

Soil Condition		Loading Length, (L)	
Case-1	N=7 (Loose sand)	Ⓐ	1 m
		Ⓑ	3 m
Case-2	N=20 (Medium sand)	Ⓒ	8 m
		Ⓓ	30 m
Case-3	N=40 (Dense sand)	Ⓔ	300 m

Table 2 Ratio of subgrade reaction Coefficient (SRC) calculated by Eq. 2.1

	Loading Area of foundation			Coeff. of Subgrade Reaction $k_v$ (kN/m <sup>3</sup> )			Ratio of SRC
	B (m)	L (m)	$B_v$ (m)	Case-1 (N=7)	Case-2 (N=20)	Case-3 (N=40)	
Ⓐ	3	1	1.732	17,540	50,120	100,200	1.51
Ⓑ	3	3	3.000	11,620	33,190	66,390	1.00
Ⓒ	3	8	4.899	8,043	22,980	45,960	0.69
Ⓓ	3	30	9.487	4,899	14,000	28,000	0.42
Ⓔ	3	300	30.000	2,066	5,903	11,810	0.18

그리고 300 m로 정한 후, 각각의 재하길이(L)에 대해 지반반력계수를 검토하기 위한 분류표<sup>2)</sup>이다.

구조물 폭(B=3 m)과 동일한 구조물 길이(L=3 m)에 대한 재하변적을 기준으로 하여 산정된 지반반력계수값의 크기는 재하길이가 1 m일 때는 150% 크게 산정되었고, 반면에 재하길이가 8 m, 30 m, 300 m로 커질 경우에는 각각 69%, 42%, 18%로 지반반력계수가 작게 산정되어진다. 이를 지반반력계수비(Ratio of subgrade reaction coefficient, Ratio of SRC)로 정의한다. 식 (1)에 의한 지반반력계수는 지반의 탄성계수와 재하면적을 고려하고 있으므로 지반조건에 관계없이 지반반력계수비의 변화도 동일하게 된다.

Table 2에서 나타낸 바와 같이 기초재하 길이(L)가 폭(B)의 4배에 이르면 지반반력계수( $k_v$ )는 급격하게 줄어들어 재하길이(L)가 폭과 동일한 경우(L=B)에 대한 지반반력계수의 1/2 수준으로 감소하였다.

### 3. 지반반력계수가 구조물의 단면력에 미치는 영향 검토

#### 3.1 검토 개요 및 기본사항

박스구조물의 단면검토는 콘크리트구조학회기준<sup>5)</sup>(한국콘크리트학회, 2017)에 따르고, 전산수치 해석 프로그램인 MIDAS CIVIL을 사용하여 상시 및 내진시(응답변위법 적용)에 대하여 검토 수행하였다.

지반반력계수는 상시의 경우, 국내에서 단면설계시 가장 통용되는 도로교설계기준에서 제시된 방법을, 내진 시에는 도시철도 내진설계기준<sup>6)</sup>에서 제시된 방법을 적용하였다. Table 3은 내진해석을 수행하기 위한 지층의 구성 및 층두께( $H_s$ ), 각 층의 물성치를 나타낸 것이며, 지하수에 의한 지반반력계수의 영향은 무시하였다.

해석단면으로는 토피가 3 m인 박스 구조물 (폭 3.0 m, 높이 3.0 m, 두께 350 mm)이고, 내진해석시의 기반면은 경암으로 지표로부터 27 m 하부에 있다. Table 4는 박스 부재별 두께(t), 단면적(A), 그리고 단면이차모멘트(I)를 나타낸 표이다.

Table 3 Soil properties of each soil layer

Soil	$H_s$ (m)	Unit weight (kN/m <sup>3</sup> )	Friction angle (°)	N-value	Shear velocity (m/sec)	
Filled soil	2	18.0	30	10	172	
Case	1	10	18.0	30	7	153
	2			30	20	217
	3			30	40	274
Weathered soil	5	20.0	32	40	274	
Weathered rock	5	21.0	33	50	295	
Soft rock	5	24.0	35	-	560	

Table 4 Size and property of each element of the box structure

Element	t(m)	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	$I_s$ (m <sup>4</sup> )
Upper slab	0.35	0.350	0.003573
side wall	0.35	0.350	0.003573
Lower slab	0.35	0.350	0.003573

#### 3.2 동지반반력계수 산정

##### 1) 상시의 지반반력계수

Table 2는 지반조건이 느슨한 지반(Case-1), 중간 정도 조밀한 지반(Case-2), 조밀한 지반(Case-3)에서의 상시에 대한 재하면적에 따라 산정된 구체저판의 연직 지반반력계수를 나타낸 표이다.

##### 2) 내진 시의 지반반력계수

내진해석 시의 지반반력계수로는 지진의 세기와 관련된 기능수행수준(Operating level earthquake, A level) 및 붕괴방지수준(Collapse prevention level earthquake, B level)에 적합한 특성치를 적용하고 있다. 이에 따라 선형해석을 수행하는데 있어서 하중수준에 따른 비선형특성을 감안하기 위해 지반의 전단탄성계수를 보정하여 적용하였다(내진설계기준).

Table 5는 지반조건이 느슨한 지반(Case-1), Table 6은 중간 정도 조밀한 지반(Case-2), Table 7은 조밀한 지반(Case-3)에서의 박스구조물 각 부재에 적용시키는 동지반반력계수(Dynamic Coefficient of Subgrade Reaction)를 나타낸다.

Table 5 Dynamic coefficient of subgrade reaction for Case-1, (kN/m<sup>3</sup>)

Level	L (m)	Upper slab (Shear)	Wall		Lower slab	
			Normal	Shear	Vertical	Shear
A	(A) 1	21,320	63,960	21,320	63,960	21,320
	(B) 3	14,120	42,370	14,120	42,370	14,120
	(C) 8	9,776	29,330	9,776	29,330	9,776
	(D) 30	5,955	17,870	5,955	17,870	5,955
	(E) 300	2,511	7,534	2,511	7,534	2,511
B	(A) 1	8,329	24,990	8,329	24,990	8,329
	(B) 3	5,516	16,550	5,516	16,550	5,516
	(C) 8	3,819	11,460	3,819	11,460	3,819
	(D) 30	2,326	6,979	2,326	6,979	2,326
	(E) 300	981	2,943	981	2,943	981

#### 3.3 하중 산정

박스구조물 각 부재별 단면검토 시 적용할 상시

Table 6 Dynamic coefficient of subgrade reaction for Case-2 (kN/m<sup>3</sup>)

Level	L (m)	Upper slab (Shear)	Wall		Lower slab		
			Normal	Shear	Vertical	Shear	
A	Ⓐ	1	42,890	128,700	42,890	128,700	42,890
	Ⓑ	3	28,410	85,220	28,410	85,220	28,410
	Ⓒ	8	19,670	59,000	19,670	59,000	19,670
	Ⓓ	30	11,980	35,940	11,980	35,940	11,980
	Ⓔ	300	5,052	15,150	5,052	15,150	5,052
B	Ⓐ	1	16,750	50,260	16,750	50,260	16,750
	Ⓑ	3	11,100	33,290	11,100	33,290	11,100
	Ⓒ	8	7,682	23,050	7,682	23,050	7,682
	Ⓓ	30	4,679	14,040	4,679	14,040	4,679
	Ⓔ	300	1,973	5,920	1,973	5,920	1,973

Table 7 Dynamic coefficient of subgrade reaction for Case-3, (kN/m<sup>3</sup>)

Case	L (m)	Upper slab (Shear)	Wall		Lower slab		
			Normal	Shear	Vertical	Shear	
A	Ⓐ	1	68,380	205,100	68,380	205,100	68,380
	Ⓑ	3	45,290	135,900	45,290	135,900	45,290
	Ⓒ	8	31,350	94,060	31,350	94,060	31,350
	Ⓓ	30	19,100	57,300	19,100	57,300	19,100
	Ⓔ	300	8,054	24,160	8,054	24,160	8,054
B	Ⓐ	1	26,710	80,130	26,710	80,130	26,710
	Ⓑ	3	17,690	53,080	17,690	53,080	17,690
	Ⓒ	8	12,250	36,740	12,250	36,740	12,250
	Ⓓ	30	7,461	22,380	7,461	22,380	7,461
	Ⓔ	300	3,146	9,438	3,146	9,438	3,146

하중은 도로교설계기준에 의해 산정하였고, 내진 시 하중은 내진설계기준에 따라 다음과 같이 결정하였다.

1) 지반의 분류

본 지반의 평균 전단파 속도는 280~324 m/sec 로 지반종류  $S_D$ 에 해당한다.

2) 지진계수 산정

지진계수는 지반종류  $S_D$ 의 내진 I 등급을 적용한 지진계수는  $C_a=0.16$ ,  $C_v=0.23$ 이다.

3) 위험도 계수

위험도계수는 기능수행수준(A-level)과 붕괴 방지수준(B-level)에 대해 각각 100년 재현주기의 0.57과 1000년의 재현주기의 1.4를 적용한다.

4) 고유주기,  $T_G$ (m/sec)

Table 8은 고유주기를 나타낸 표로, 식 (2), (3)에 따라 산정하였다.

Table 8 Natural period calculated

Case	$T_G'$						$T_G$	
	Filled layer	Change able layer	Weathe red soil	Weathe red rock	Soft rock	Total		
Shear velocity (m/sec)	Case - 1	0.05	0.26	0.07	0.07	0.04	0.49	0.534
	Case - 2	0.057	0.18	0.07	0.07	0.04	0.41	0.449
	Case - 3	0.05	0.15	0.07	0.07	0.04	0.37	0.407

$$T_G = 1.1 \times T_G' \tag{2}$$

$$T_G' = \sum (4H_i / V_{si}) \tag{3}$$

여기서,  $H_i$  : 층두께

$V_{si}$  : 층별 전단파속도

5) 표준설계속도 응답스펙트럼, SV

지하구조물의 내진설계의 경우 응답변위를 산정하기 위하여 기반면에서의 설계응답스펙트럼을 이용한다.

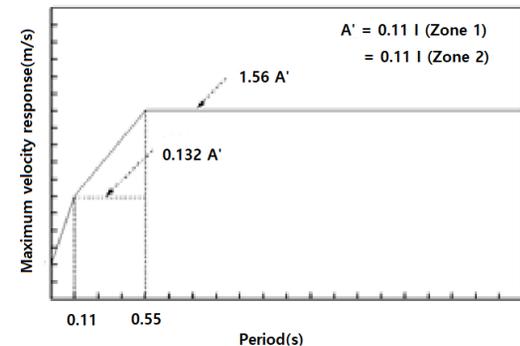


Fig. 1 Standard design velocity response spectrum (5% damping)

Table 9 Design velocity response,  $T_G$  and  $S_v$  for each case

Case	A - level		B - level
	$T_G$ (m/sec)	$S_v$ (m/sec)	$S_v$ (m/sec)
1	0.534	0.094	0.232
2	0.449	0.449	0.190
3	0.407	0.407	0.169

Fig. 1은 ‘송변전설비 내진설계 실무 지침서’(한국전력공사, 2003)에서 제시한 지표층 지반의 고유주기에 해당되는 내진설계기준면 설계속도응답 스펙트럼이다.

Table 9는 각 Case별 산정된 표준설계속도 응답 스펙트럼의 설계속도응답을 수록한 표이다.

6) 지반변위에 의한 토압

Table 10은 지반조건(Case-1, Case-2, Case-3)에 따라 지반변위에 의한 벽체에 작용하는 토압을 나타낸 것이다. 기초의 재하길이(L)가 길어질수록 지반반력계수가 감소되어 작용토압도 감소하는 것을 모든 지반조건에서 동일하게 나타남을 알 수 있다.

7) 외벽면 전단력

Table 11은 기초지반별로 박스구조물의 외벽면에 작용되는 전단력을 위험도계수인 기능수행수준(A level)과 붕괴방지수준(B level)에 대해 수록한 표이다.

8) 구체 관성력

Table 12는 내진 시 발생하는 구체 관성력을 나타낸 표이다.

### 4. 해석결과 검토

콘크리트구조기준(한국콘크리트학회, 2012)에 따라 고정하중, 지하수 유무에 따른 연직, 수평토압, 활하중 및 수압을 박스 각 부재별로 상시 및 내진시의 하중조합을 수행한 후 지반반발계수가 박스 구조물 단면력에 미치는 영향을 검토하였다.

Table 10 Lateral earth pressure (LEP) caused by ground displacement for each case

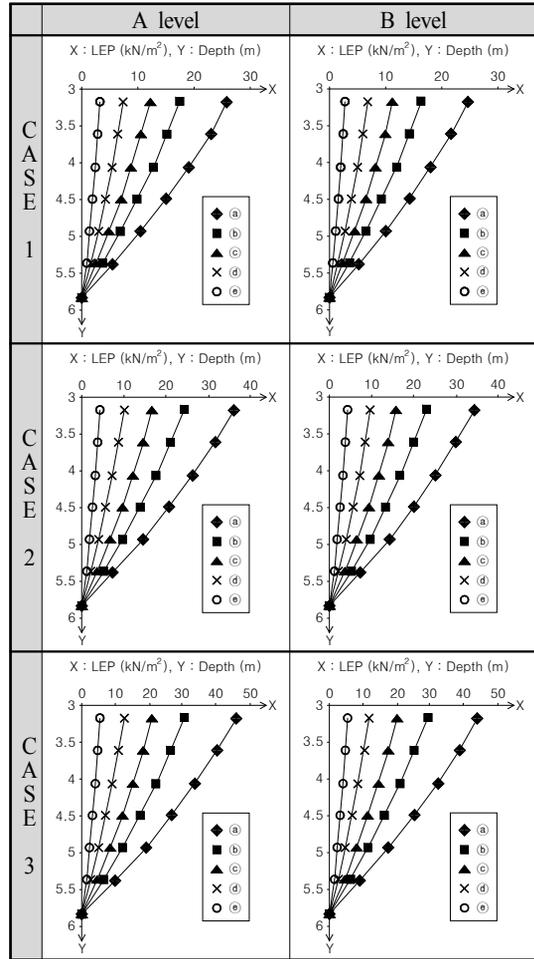


Table 11 Shear forces of each element of box structure

Case	Upper slab (kN/m²)		Lower slab (kN/m²)		Side wall (kN/m²)	
	A level	B level	A level	B level	A level	B level
Case - 1	2.836	2.721	5.585	5.359	4.211	4.040
Case - 2	3.923	3.764	7.727	7.414	5.825	5.589
Case - 3	5.047	4.843	9.942	9.538	7.495	7.191

Table 12 Inertia moment of the box structure

	A level	B level
Application	0.0844 g	0.2072 g

### 4.1 지반조건별 박스구조물 단면력

내진 시 느슨한 모래지반(Case-1)에 놓인 박스 구조물의 기초폭 3.0 m에 대해 기초재하길이(L)의 변화(1, 3, 8, 30, 300 m)에 의해서 산정된 각각의 지반반력계수값들을 적용하여 박스 구조물의 각 부재요소(상, 하부 슬래브 및 측면벽체)의 단면력(전단력과 휨모멘트)을 산정하였다.

Table 13은 지진력이 없는 상시해석에서 각 부재요소에 작용되는 전단력과 휨모멘트를 나타낸 표이다. Table 13에서 알 수 있듯이 지진력이 없는 상시 해석에서는 전단력이나 휨모멘트 모두 재하길이(L), 다시 말해 지반반력계수 값에 관계없이 거의 일정한 값을 보여주고 있다. 이로부터 지반반력계수는 단면력(전단력과 모멘트)에 영향이

Table 13 Sear force and bending moment at each element of box structure calculated in case of no-earthquake force (Case-1)

	L (m)	No-earthquake force						
		Shear force(kN)				Bending moment		
		upper slab	upper wall	lower wall	lower slab	upper slab	side wall	lower slab
Ⓐ	1	164.16	125.52	159.63	174.26	65.70	36.84	74.92
Ⓑ	3	164.16	125.47	159.68	174.48	66.68	36.84	75.03
Ⓒ	8	164.16	125.44	159.71	174.62	66.67	36.84	75.10
Ⓓ	30	164.16	125.41	159.73	174.74	65.66	36.84	75.16
Ⓔ	300	164.16	125.39	159.76	174.85	65.65	36.84	75.21

Table 14 Sear force and shear force ratio at each element of box structure calculated for earthquake force (Case-1)

	L (m)	Shear force(kN)				Shear force ratio (based on Ⓑ)			
		Earthquake resistant				S1	S2	S3	S4
		upper slab S1	upper wall S2	lower wall S3	lower slab S4				
Ⓐ	1	130.77	99.57	121.02	115.67	1.01	1.09	1.07	1.01
Ⓑ	3	129.88	91.65	113.62	114.86	1.00	1.00	1.00	1.00
Ⓒ	8	129.30	90.18	112.33	114.40	1.00	0.98	0.99	1.00
Ⓓ	30	128.73	89.04	109.40	113.99	0.99	0.97	0.96	0.99
Ⓔ	300	128.18	87.96	106.71	113.62	0.99	0.96	0.94	0.99

없음을 알 수 있다.

Table 14는 박스구조물의 기초지반이 느슨한 경우(Case-1)일 때 전단력 변화를 각각의 부재 위치에 따라 나타낸 표이다. 이 표에서 상단슬래브 우측 모서리(S1)에서는 1%, 우측벽체 상단부(S2)에서는 9%, 좌측벽체 하단부(S3)에서는 7%, 하부슬래브 좌측 모서리부(S4)에서는 1%의 최대 전단력 변화가 재하길이(L)가 1 m에서 발생하고 그 외에서는 모두 작게 산정되었다. 이는 본 논문에서 주어진 기초폭(B)은 3 m이며, 재하길이(L)가 3m인 경우를 재하길이기(L/B)가 1이라고 정의하기로 하면, 재하길이기비가 1 이하일 경우는 전단력비가 상대적으로 크게 나타나고 재하길이기비가 1 이상이면 모두 전단력비가 1보다 작은 결과를 보인다.

Table 15는 박스의 상부슬래브 우측 모서리부(M1)에서 3%, 좌측 벽체 중앙부(M2)에서 12%, 하부슬래브 좌측 모서리부(M3)에서 5%의 휨모멘트의 증가율이 재하길이(L)가 1.0 m에서 나타나고 그 외 재하길이(L)에서는 감소율로 나타남을 보인다. 여기서 휨모멘트비는 재하길이기(L/B)가 1인 경우의 휨모멘트 값을 기준으로 하여 각각의 재하길이기(L)에 대한 휨모멘트 값의 비율을 의미하며, 재하길이기(L/B)가 1보다 작은 경우에는 휨모멘트비가 크게 나타나지만 재하길이기비가 1보다 클 경우에는 휨모멘트비가 1보다 작게 나타남을 알 수 있다. 따라서 지반반력계수 산정 시 재하길이기(L)의 선정은 부재의 단면력(전단력과 휨모멘트)에 미치

Table 15 Maximum bending moment and moment ratio at each element of box structure calculated or earthquake force (Case-1)

	L (m)	Bending moment(kN-m)			Moment ratio (based on Ⓑ)		
		Earthquake resistant			M1	M2	M3
		upper slab M1	side wall M2	lower slab M3			
Ⓐ	1	-60.78	-27.09	62.00	1.03	1.12	1.05
Ⓑ	3	-58.63	-24.27	59.02	1.00	1.00	1.00
Ⓒ	8	-57.28	-22.57	57.18	0.98	0.93	0.97
Ⓓ	30	-56.02	-21.07	55.52	0.96	0.87	0.94
Ⓔ	300	-54.82	-19.81	53.97	0.94	0.82	0.91

는 영향이 있으므로 주의가 요구된다고 하겠다.

Fig. 2는 박스구조물이 놓인 지반의 상태가 느슨한 경우(Case-1)일 때, 기초재하길이(L)에 따라 지반반력계수비에 상당하는 휨모멘트비의 변화를 나타낸 그림이다. 휨모멘트비는 박스 상부슬래브 우측 모서리(M1), 좌측벽체 중앙부(M2), 하부 슬래브 좌측 모서리부(M3)에서 구하였고 Fig. 3의 범례에 표기하였다.

여기서 재하길이(L)에 대한 지반반력계수비는 Table 2에서 언급한 바 있다. 재하길이(L)가 구조물의 기초폭(B)인 3.0 m와 동일할 때, 즉 재하길이비(L/B)가 1.0일 때의 지반반력계수비가 1.0이 된다. 지반반력계수비가 1.0보다 커지면 휨모멘트비도 커지고 지반반력계수비가 1.0보다 작아지면 휨모멘트비도 작아짐을 알 수 있는 그림이다. 따

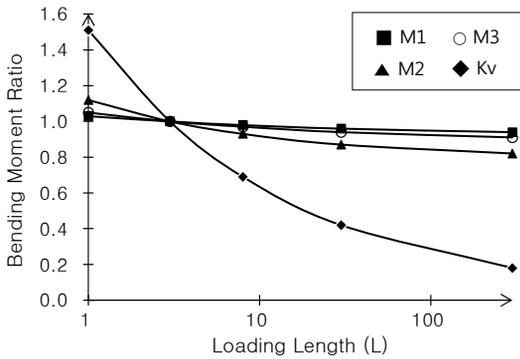


Fig. 2 Bending moment ratios corresponding to ratio of subgrade reaction coefficient, Case-1

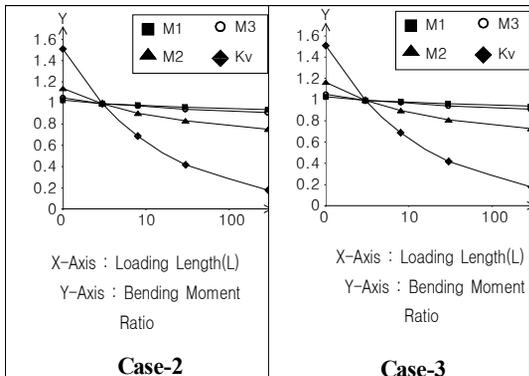


Fig. 3 Bending moment ratios in Case-2 and Case-3

라서 재하길이비(L/B)가 1.0이면 부재의 단면력(전단력과 휨모멘트)이 크게 나타날 수 있는 범위가 한정되므로 그만큼 경제적인 설계가 될 수 있음을 알 수 있다. Fig. 3은 지반조건이 중간 조밀상태(Case-2)와 조밀상태(Case-3)인 경우에 대해 Fig. 2에서와 같은 부재 위치에서 발생하는 휨모멘트비의 변화를 나타낸 그림이다.

이 그림으로부터 Table 2에서 언급된 바와 같이 지반조건에 관계없이 지반반력계수의 변화율은 일정하므로 산정된 지반반력계수비에 대한 휨모멘트비의 변화도 Fig. 2와 유사하게 나타남을 알 수 있다.

기초지반이 중간조밀한 상태(Case-2)일 경우에는 M2에서 12% 높게 산정되었고, 기초지반이 조밀한 경우(Case-3)에서는 M2에서 16%의 변화를 보인다. 따라서 주어진 기초폭(B)에 대해서 기초재하길이(L)를 크게 적용할 경우, 지반반력계수값은 작게 평가되고 결국은 단면력에도 상응하는 감소율이 나타난다는 것을 확인할 수 있다. 이로써 설계 시 가장 경제적인 지반반력계수를 산정할 필요가 있으며, 이를 위해 기초재하길이(L)를 기초폭(B)와 동일한 길이(L/B=1)를 설정하여 지반반력계수값을 산정함이 권장된다고 하겠다.

## 5. 결론

1) 지진력이 없는 정적해석에 이용되는 지반반력계수 산정 시, 기초의 재하길이(L)를 크게 취할수록 지반반력계수는 과소평가되어진다. 기초폭(B)의 3~4배에 이르면 지반반력계수의 값이 급격하게 줄어들어 재하길이(L)가 기초폭과 동일한(L=B) 경우의 지반반력계수값에 비해 대략 1/2수준으로 감소하고, 기초폭의 100배(L=100B)에서는 약 1/5수준으로 작아진다.

2) 정적해석에서는 부재의 단면력(전단력과 휨모멘트)이 지반반력계수 값에 관계없이 거의 일정한 값을 보인다.

3) Table 15는 기초지반이 느슨한 경우(Case-1)일 때, 우측벽체 상단부(S2)에서는 9%, 좌측벽체 하단부(S3)에서는 7%의 전단력 증가율을 보이며,

Table 15는 동일한 지반조건에서 좌측 벽체 중앙부(M2)에서 12%, 하부슬래브 좌측 모서리부(M3)에서 5%의 휨모멘트의 증가율을 재하길이(L), 1.0 m에서 보이고, 재하길이비(L/B), 1.0보다 큰 재하길이(L)에서는 모두 감소율을 보이고 있다. 이는 재하길이비(L/B)가 1 이하일 경우는 전단력비와 모멘트비가 상대적으로 크게 나타나고, 재하길이비(L/B)가 1 이상이면 모두 전단력비가 1보다 작은 결과를 보인다.

4) 이로써 설계 시 가장 경제적인 지반반력계수를 산정할 필요가 있으며, 이를 위해 주어진 기초폭(B)에 대해서 기초의 재하길이(L)를 기초폭(B)와 동일한 길이(L/B=1)를 설정하여 지반반력계수 값을 산정함이 경제적 측면에서 설계상 유리하므로 권장된다고 하겠다.

## 후 기

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2019년)에 의하여 연구되었음.

## Author contributions

J. H. Jeong; Conceptualization. H. S. Byun; Formal analysis.

## References

1. J. H. Jeong, K. Y. Lee and H. S. Kang, 2017, "Effect on Coefficient of Subgrade Reaction on Dynamic Responses of Buried Pipelines", Journal of the Korean Society for Power System Engineering, Vol. 21, No. 2, pp. 83-89. (DOI:10.9726/kspse.2017.21.2.083)
2. J. H. Jeong and H. S. Byun, 2018, "Coefficient of Subgrade Reaction in Dynamic analysis of Underground Structure", Spring Symposium, May 30~June 1, 2018, Korean Society for Power System Engineering.
3. Korean society of civil engineers, Korea Bridge Design & Engineering Research Center. 2008, "Commentary of Korean Highway Bridge Design Code".
4. Korean Society of Geotechnical Engineering, 2009, "Design Manual of Foundations of the Structures".
5. Korea Concrete Institute, 2017, "Korean Structeural Concrete Design Code".
6. Ministry of Land, Infrastructure and Transportation, 2017, "Metropolitan Transit Seismic Design 2009".