

교량용 LRB 설계 프로그램의 개발과 적용  
The Development and Application of Bridge LRB Design Program

정 운<sup>1)</sup> 임진석<sup>2)</sup> 김남식<sup>3)</sup> 유문식<sup>4)</sup>  
Jeong, Woon Yim, Jin Suk Kim, Nam Sik Yoo, Moon Sik

ABSTRACT

In this study, the standardized design methods and procedures are proposed for bridge LRB(Lead Rubber Bearing) design. The bridge LRB design program is developed according to these methods and procedures, on the basis of "AASHTO Guide Specifications for Seismic Isolation Design, 1999". This program is applied to Young-Dong bridge.

1. 서론

LRB(Lead Rubber Bearing)은 적층 고무의 중앙부 공동에 납을 압입하여 제작한 것으로서 적층 고무의 전단 변형 시에 내부의 납봉이 소성변형을 하여 에너지를 흡수하는 댐퍼 내장형 면진 장치이다. 교량에 사용되는 LRB는 지진에 의해 발생하는 에너지를 일부 흡수하므로 교량의 밀면 전단력이나 전도모멘트를 상당히 저감시킬 수 있다.

교량용 LRB의 설계는 미국이나 일본 등의 설계 및 제작 회사들간에 서로 다른 기준과 설계식에 의해 설계되고 있고, 국내의 지침이 아직까지 나와있지 않기 때문에 국내 교량 적용에 있어 혼란이 우려된다. 이에 본 연구에서는 교량용 LRB 설계에 대한 기초를 "AASHTO Guide Specifications for Seismic Isolation Design, 1999"에 두면서 표준적인 설계방법과 절차를 제안하여 일괄적, 경제적 설계를 하고 이를 반영할 수 있는 설계 프로그램을 개발, 적용하고자 한다.

이 프로그램은 신규 교량의 면진설계뿐만 아니라 기존의 비내진 설계교량의 내진성능개선을 위한 면진화 설계에도 적용시킬 수 있어, 예제교량으로서 1973년도에 설계된 영동대교를 선택하여 검토하였다.

2. LRB 설계 프로그램 개발

2.1 개요

본 LRB 설계 프로그램은 총 6단계로 구성되어 있으며 상세 설계 부분은 총 5단계로 구성되어 있다. 그리고 MS사의 Excel에서 연동되며 사용언어는 VBA(Visual Basic for Application)이다.

1) : (주)현대건설 기술연구소 주임연구원  
2) : (주)케이알 기술연구소 주임연구원  
3) : (주)현대건설 기술연구소 책임연구원  
4) : (주)케이알 기술연구소 수석연구원

## 2.2 설계방법

본 연구에서는 AASHTO Guide Specifications(1999)에 의한 등가정적하중법(Uniform Load Method)으로 설계한다. 교량에서의 밀면전단력을 얼마나 감소시킬 것인가를 의미하는 하중감소계수( $R_f$ )와 시스템 감쇠비( $\beta$ )를 가정한 후 LRB를 설계한다.

## 2.3 설계가정

교량의 상부구조는 강체(Rigid Body)로 가정하며 교각과 교대의 강성은 무시한다. 비면진교량의 주기는 모든 지점이 고정단인 것으로 간주하여 계산한다.

## 2.4 설계절차

전체 설계 순서도는 다음 그림 1과 같다.

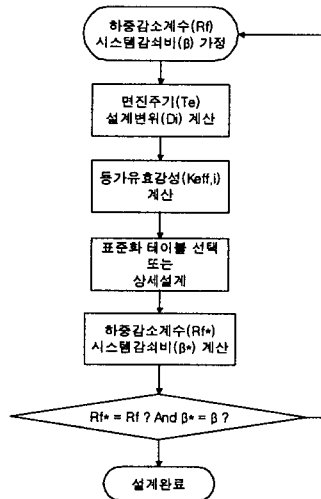


그림 1. 전체 설계 순서도

### 2.4.1 설계인자 입력

1 단계(그림 2)에서는 교량의 경간수, 지진구역, 내진등급, 지반종류, 시스템감쇠비( $\beta$ ), 하중감소계수( $R_f$ ), 비면진교량의 주기( $T_s$ ), 교량 상부 구조의 허용이동량( $\delta$ )을 입력한다.

### 2.4.2 각 교각, 교대별 설계조건 입력

2 단계(그림 3)에서는 각 교각과 교대별 강성, 하중, 사용 LRB 개수, 온도변위, 상시수평반력, 상시수평이동량, LRB가 지지해야하는 최대 수직하중을 입력한다.

### 2.4.3 각 교각, 교대별 LRB의 외경과 납 직경 계산

3 단계(그림 4)에서는 각 교각, 교대에서 한 개의 LRB가 지지해야 하는 상시수평반력( $H_i$ )이 납의 특성강도( $Q_d$ )와 같도록 하여 최소한 필요한 납 직경( $D_p$ )을 구하고, 최대수직하중( $W_i$ )에 대하여 LRB의 적층고무가 지지할 수 있는 면압이 적층고무의 허용면압과 같도록 하여 최소한 필요한 외경( $D_o$ ; 고무피복 제외)을 계산한다.

### 2.4.4 면진주기와 설계변위 계산

4 단계(그림 5)에서는 등가정적하중법(Uniform Load Method)에 의한 교량의 탄성지진응답계수( $C_s, C_i$ )와 면진주기( $T_e$ ), 설계변위( $D_i$ )를 계산한다.

### 2.4.5 LRB 선택 및 설계

5 단계(그림 6)에서는 4 단계에서 구해진 면진주기에 따른 LRB의 최소한의 등가유효강성을 다음 식 (1)에 의해 계산한다.

$$K_{eff,i} = \frac{W_d}{g} \left( \frac{2\pi}{T_e} \right)^2 \quad (1)$$

여기서,  $W_d$ 는 사하중

그리고 나서 계산된 등가유효강성과 주어진 상시수평반력, 상시수평이동량에 적합한 LRB를 표준화된 LRB 테이블에서 선택(그림 7)하거나 필요하다면 상세설계(그림 8)를 한다. 표준화 테이블 설계 순서도와 상세설계 순서도는 아래의 그림 9,10과 같다.

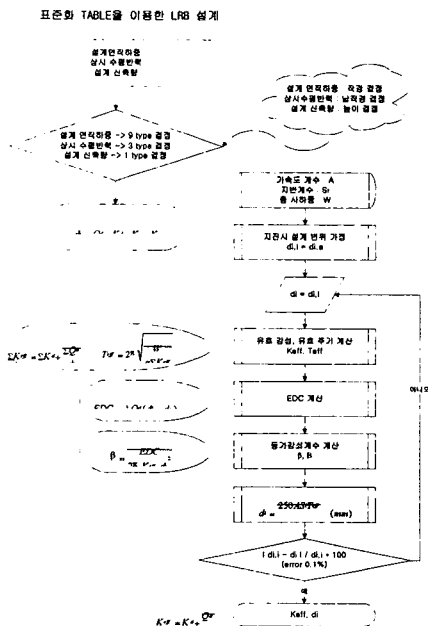


그림 9. 표준화 테이블 설계 순서도

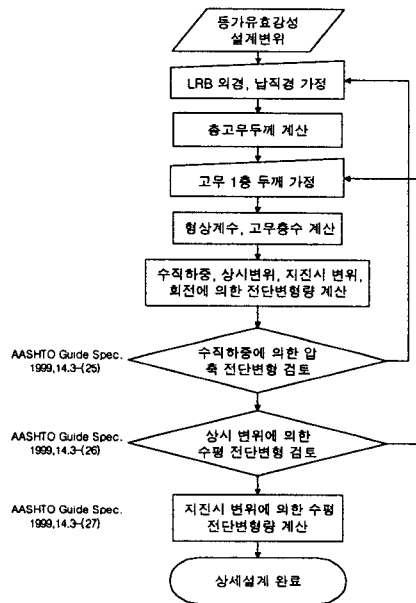


그림 10. 상세설계 순서도

### 2.4.6 설계된 면진교량에 대한 평가

6 단계(그림 11)에서는 설계된 면진교량에 대한 총등가유효강성, 면진주기, 설계변위를 계산하고 비면진교량, 설계된 면진교량 각각에 대한 주기, 설계변위, 시스템 감쇠비를 비교한다.

### 2.4.7 밀면전단력 비교

최종 단계(그림 12)에서는 비면진교량, 설계된 면진교량 각각에 대한 밀면 전단력을 비교한다. 그리고 계산서를 출력한다.

## 3. 적용예

### 3.1 영동대교

영동대교는 1973년 11월 8일에 완공된 교장 1040m, 교폭 25m, 설계하중 DB 18의 교량이다. 일반도는 다음 그림 13과 같으며 3경간 연속 Plate Girder인 5개의 지간과 2경간 연속 Plate Girder인 1개의 지간 그리고 접속교로 구성되어 있다.

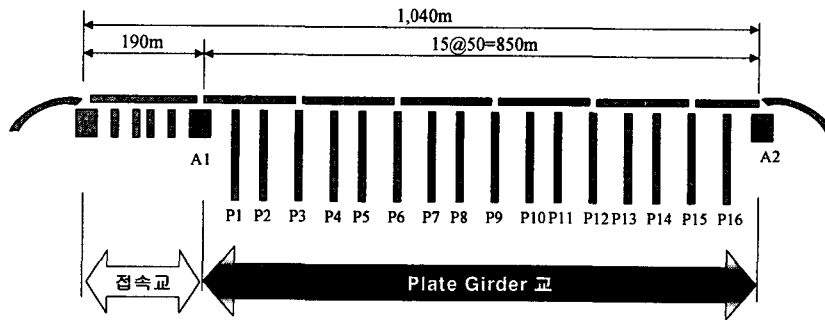


그림 13. 영동대교 일반도

상부공과 하부공은 다음 그림 14와 같다.

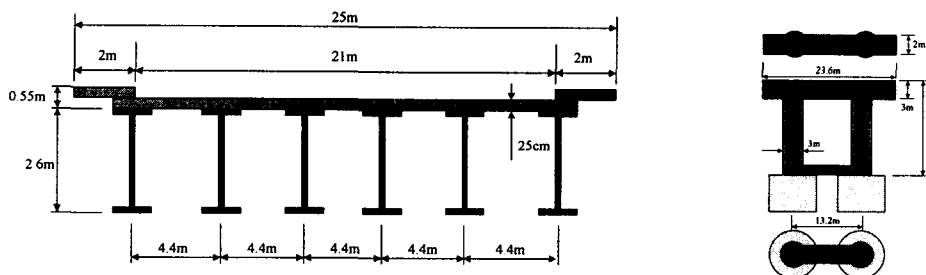


그림 14. 상부공과 하부공

### 3.2 LRB 설계

Plate Girder교 부분의 3경간 1지간(A1-P1-P2-P3)을 각 교각마다 Girder에 한 개씩의 LRB를

설치, 교각당 총 6개의 LRB를 설치하여 면진설계를 한다.

설계인자는 다음 표 1,2와 같다.

가속도 계수(A)	0.154
지반종류	II
비면진주기( $T_s$ )	0.325 sec
허용 교량 이격( $\delta$ )	20cm

표 1. 설계인자

위 치	Girder	사하중 tonf	활하중 tonf	사용하중 tonf	설계하중 tonf	총하중 tonf	수평이동량 cm	온도변위 cm	합 계			
									사하중	활하중	사용하중	설계하중
A1	g1	53.1548	27.79802	80.9528	128.867	25.93861	7.4	2.7	478.83	266.1332	744.9632	1194.665
	g2	135.0915	70.10183	205.193	326.338							
	g3	51.1687	35.16674	86.3354	142.128							
	g4	51.1687	35.16674	86.3354	142.128							
	g5	135.0915	70.10183	205.193	326.338							
	g6	53.1548	27.79802	80.9528	128.867							
P1	g1	147.9918	66.17256	214.164	334.66	61.61094	3.9	0.9	1324.279	591.3748	1915.654	2993.019
	g2	377.8547	163.5022	541.357	842.741							
	g3	136.2931	66.01265	202.306	319.108							
	g4	136.2931	66.01265	202.306	319.108							
	g5	377.8547	163.5022	541.357	842.741							
	g6	147.9918	66.17256	214.164	334.66							
P2	g1	147.9918	66.17256	214.164	334.66	61.49554	3.9	0.9	1324.279	591.3748	1915.654	2993.019
	g2	377.8547	163.5022	541.357	842.741							
	g3	136.2931	66.01265	202.306	319.108							
	g4	136.2931	66.01265	202.306	319.108							
	g5	377.8547	163.5022	541.357	842.741							
	g6	147.9918	66.17256	214.164	334.66							
P3	g1	53.1548	27.79802	80.9528	128.867	25.51891	7.4	2.7	478.83	266.1332	744.9632	1194.665
	g2	135.0915	70.10184	205.193	326.338							
	g3	51.1687	35.16674	86.3354	142.128							
	g4	51.1687	35.16674	86.3354	142.128							
	g5	135.0915	70.10184	205.193	326.338							
	g6	53.1548	27.79802	80.9528	128.867							

표 2. 설계인자 (여기서, 사용하중은 사하중+활하중이고 설계하중은  $1.3 \times$  사하중 +  $2.15 \times$  활하중이다.)

초기 하중감소계수는 3, 시스템 감쇠비는 30%로 가정한다. 그리고 각 교각에 필요한 등가유효 강성이 구해지면 표준화 테이블에서 선택하거나 상세설계를 한다.

### 3.2.1 표준화 테이블 선택 결과

면진주기 $T_a$ (sec)	1.005	<table border="1"> <tr> <th>위 치</th> <th>표준 LRB ID</th> <th>외경(피복제외)(cm)</th> <th>납직경(cm)</th> </tr> <tr> <td>A1, P3</td> <td>CLRB400A2</td> <td>71</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>P1, P2</td> <td>CLRB900A1</td> <td>107</td> <td>14</td> </tr> </table>	위 치	표준 LRB ID	외경(피복제외)(cm)	납직경(cm)	A1, P3	CLRB400A2	71	9	P1, P2	CLRB900A1	107	14
위 치	표준 LRB ID		외경(피복제외)(cm)	납직경(cm)										
A1, P3	CLRB400A2		71	9										
P1, P2	CLRB900A1		107	14										
설계변위 $D_i$ (cm)	4.05													
시스템 감쇠 $\beta$ (%)	18.54													
하중감소계수( $R_t$ )	2.44													

표 3. 표준화 테이블 선택 결과

### 3.2.2 상세설계결과

면진주기 $T_a$ (sec)	1.103	<table border="1"> <tr> <th>위 치</th> <th>외경(피복제외)(cm)</th> <th>납직경(cm)</th> </tr> <tr> <td>A1, P3</td> <td>65</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>P1, P2</td> <td>104</td> <td>12</td> </tr> </table>	위 치	외경(피복제외)(cm)	납직경(cm)	A1, P3	65	8	P1, P2	104	12
위 치	외경(피복제외)(cm)		납직경(cm)								
A1, P3	65		8								
P1, P2	104		12								
설계변위 $D_i$ (cm)	4.801										
시스템 감쇠 $\beta$ (%)	14.93										
하중감소계수( $R_t$ )	2.48										

표 4. 상세설계결과

### 3.2.3 밀면전단력 비교

위치	비면진 (ton)	표준화 테이블 (ton)	상세설계 (ton)
A1, P3	184.35	75.665	74.219
P1, P2	509.847	209.236	205.263

표 5. 밀면전단력 비교

## 4. 결론 및 향후 연구방향

본 연구에서는 교량용 LRB 설계 프로그램을 개발하였으며, 이 프로그램으로 간략한 설계를 할 수 있음을 보였다. 향후 교각, 교대의 강성을 고려하고 타사의 프로그램과 비교할 필요가 있으며 교량의 LRB 설계 최적화에 대한 연구를 할 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 (주)케이알 기술연구소와 공동으로 수행되었으며 이에 감사의 뜻을 표합니다.

### 참고문헌

1. AASHTO Guide Specifications for Seismic Isolation Design, Washington D.C., 1999, 71pp.
2. AASHTO Design Procedures For Seismically Isolated Bridges, Dynamic Isolation Systems, Berkeley, March 1992, 47pp.
3. 한국지진공학회, “도로교의 내진설계”, 제 6회 기술강습회, 한국지진공학회, 서울, 2000, 372pp.
4. 건설교통부, “도로교설계기준”, 건설교통부, 서울, 1999

LEPROM Step1

### Step 1 Structural and Seismic Conditions

▶ Project ID | 영동대교

▶ No. of Spans | 3

▶ Acceleration Coeff.(A)

- Seismic Zone | I
- Seismic Level | I
- Seismic Zone Coeff. | 0.11
- Seismic Risk Coeff. | 1.4
- Acceleration Coeff.(A) | 0.154

▶ Soil Profile Type | II

- Soil Coeff.(S) | 1.2
- Isolated Soil Coeff.(SI) | 1.5

▶ Isolation System Damping ( $\beta$ ) | 30 %

- Damping Coeff.(B) | 1.7

▶ Force Reduction Factor (Rf) | 3

▶ Conventional Period (Tc)  
(all supports fixed) | 0.325 sec

▶ Allowable Deck Movement ( $\delta$ ) | 20 cm

[Open Data input file] Step 2 ->

그림 2. 설계인자 입력

LEPROM Step2

### Step 2 Input Load Data

Structure	Stiffness (ton/cm)	Dead Load (ton)	Live Load (ton)	Design Load (ton)	No. of Bearings (ea.)	Temp. Disp. (cm)	Hori. Reaction (ton)	Hori. Mov. (cm)	Max. Vert. Load/Brg. (ton)
ABUTMENT1	418.83	266.1332	1194.66538		6	2.7	25.096	7.43	326.338
PIER1	1324.279	591.3748	2993.01862		6	0.9	61.6109	3.9	842.741
PIER2	1324.279	591.3748	2993.01862		6	0.9	61.4955	3.9	842.741
ABUTMENT2	478.83	266.1332	1194.66538		6	2.7	25.5189	7.43	326.338

Structure	Stiffness (ton/cm)	DL per Pier (ton)	LL per Pier (ton)	No. of Brg. (ea.)	Temp. Disp. (cm)	Hori. Reaction (ton)	Hori. Mov. (cm)	Max. Vert. Load/Brg. (ton)
ABUTMENT1	418.83	266.1332	1194.66538	6	2.7	25.096	7.43	326.338
PIER1	1324.279	591.3748	2993.01862	6	0.9	61.6109	3.9	842.741
PIER2	1324.279	591.3748	2993.01862	6	0.9	61.4955	3.9	842.741
ABUTMENT2	478.83	266.1332	1194.66538	6	2.7	25.5189	7.43	326.338

Load Factor | 1.3 | DL \* | 2.15 | LL = Design Load

<-Step 1 | Step 3->

그림 3. 각 교각 교대별 설계조건 입력

LEPROM Step3

### Step 3 Select LRB Size

▶ Allowable Rubber Stress | 100 kg/cm<sup>2</sup>

▶ Yield stress of Lead Plug(oyl) | 84.5 kg/cm<sup>2</sup>

Structure	Dead Load/Brg.(Wd) (ton)	Design Load/Brg.(Wi) (ton)	Bearing Dia.(D0) (cm)	Hori. Reaction/Brg.(Hi) (ton)	Lead Dia.(Dp) (cm)
ABUTMENT1	79.805	326.338	65	4.323	8
PIER1	220.713	842.741	104	10.268	12
PIER2	220.713	842.741	104	10.249	12
ABUTMENT2	79.805	326.338	65	4.253	8

<-Step 2 | Step 4->

그림 4. 각 교각 교대별 LRB 의경과 납 직경 계산

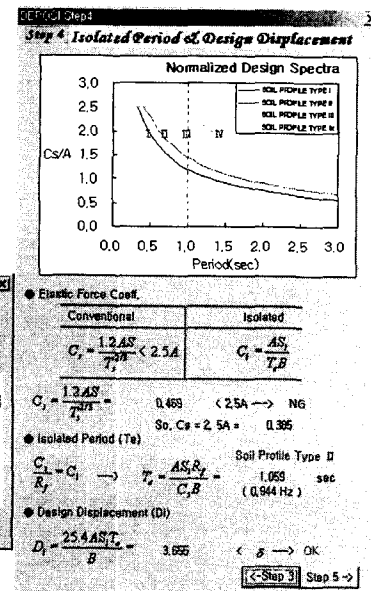


그림 5. 먼진주기와 설계변위 계산

Step 5 Horizontal Effective Stiffness

Structure	Keff./Brg. (ton/cm)	Design Load/Brg.(W) (ton)	Bearing Dia.(D0) (cm)	Hori. Reaction/Brg.(Hi) (ton)	Lead Dia.(Dp) (cm)	Hori. Mov. (NSD) (cm)	Temp. Disp. (cm)	Product ID
ABUTMENT1	2.864	326.338	65	4.323	8	7.43	2.7	
PIER1	7.92	842.741	104	10.249	12	3.9	0.9	
PIER2	7.92	842.741	104	10.249	12	3.9	0.9	
ABUTMENT2	2.864	326.338	65	4.253	8	7.43	2.7	

$$K_{eff} = \frac{W_d}{\delta} \left( \frac{2\pi}{T_r} \right)^2$$
 Keff./Brg. (ton/cm)

Standardized Table    <-Step 4    Step 6->  
 Detail Design    Save Data Input file.

그림 6. LRB의 선택과 설계

Standardized Table

ABUTMENT1	Effective Stiffness (Keff)	Design Load/Brg. (W)	Bearing Dia. (D0)	Hori. Reaction/Brg. (Hi)	Lead Dia. (Dp)	Hori. Mov. (NSD)	Temp. Disp.	Product ID
CLRB400A2	2.864 ton/cm	3.25	73	4.323	8	7.43	2.7	

Product	NSA Disp. (cm)	SA Disp. (cm)	U (cm)	b (cm)	W (cm)	H (cm)	dv (cm)	Qd (ton)
CLRB400A3	12	26	73	1.1	93	27.5	0.858	5.407
CLRB400B1	12	26	73	1.1	93	27.5	0.858	5.407
CLRB400B2	20	36	73	1.1	93	33.6	1.2012	13.085
CLRB400B3	25	36	73	1.1	93	41.1	1.6302	13.085
CLRB400C1	12	26	73	1.1	93	27.5	0.858	21.63
CLRB400C2	20	36	73	1.1	93	33.6	1.2012	21.63
CLRB400C3	25	36	73	1.1	93	41.1	1.6302	21.63

SELECT

그림 7. 표준화 테이블에서 LRB 선택

Step 5 Horizontal Effective Stiffness

Structure	Keff./Brg. (ton/cm)	Design Load/Brg.(W) (ton)	Bearing Dia.(D0) (cm)	Hori. Reaction/Brg.(Hi) (ton)	Lead Dia.(Dp) (cm)	Hori. Mov. (NSD) (cm)	Temp. Disp. (cm)	Product ID
ABUTMENT1	3.25	326.338	71	4.253	9	7.43	2.7	CLRB400A2
PIER1	9.204	842.741	107	10.249	14	3.9	0.9	CLRB900A1
PIER2	9.204	842.741	107	10.249	14	3.9	0.9	CLRB900A1
ABUTMENT2	3.25	326.338	71	4.253	9	7.43	2.7	CLRB400A2

$$K_{eff} = \frac{W_d}{\delta} \left( \frac{2\pi}{T_r} \right)^2$$
 Keff./Brg. (ton/cm)

Standardized Table    <-Step 4    Step 6->  
 Detail Design    Save Data Input file.

그림 7. 표준화 테이블에서 LRB 선택(계속)

Detail 1

▶ Total Thickness of Rubber

- Keff./Brg. (kg/cm) = 2.864 ton/cm
- Bearing Type(D0) = 65 cm
- Diameter of Lead Plug(Dp) = 8 cm
- Bonded Area of Rubber(Ab) =  $\frac{D^2 - D_p^2}{4} \pi = 3268.042 \text{ cm}^2$
- Design Displacement(DI) = 3.655 cm
- Increasing Factor(I) = 1.0
- Shear Modulus of Rubber(G) = 7 kg/cm<sup>2</sup>
- Yield stress of Lead Plug(σy1) = 84.5 kg/cm<sup>2</sup>
- Yield strain of Lead Plug(εy) = 0.078

$$T_r = \frac{7GA}{(K_{eff} - \frac{A_p \sigma_{y1}}{D_p})}$$
 13.441 cm

▶ Rubber

- Thickness of 1 layer (t) = 1.2 cm
- Number of Rubber layers (ni) = 11.2 → 11 ea.
- Recalculate Tr ni = 13.2 cm

▶ Steel Reinforcing Plates

- Number (ns) = 10 ea.
- Thickness of 1 layer (ts) = 0.4 cm

▶ Steel Load Plates

- Thickness (t) = cm

$$D = D_0 + 2.0 = 67 \text{ cm}$$

$$A_p = \frac{D_p^2}{4} \pi = 50.265 \text{ cm}^2$$

LRB size

Overall Height of LRB (H) = cm

- Rubber Layers 11 @ 1.2 = 13.2 cm
- Steel Reinforcing Plates 10 @ 0.4 = 4 cm
- Steel Load Plates cm

<- Step 5    Detail 2 ->

그림 8. LRB 상세설계



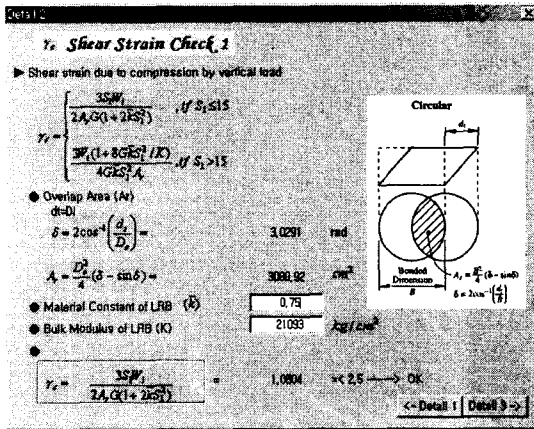


그림 8. LRB 상세설계(계속)

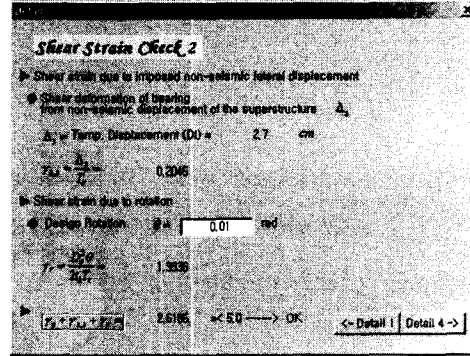


그림 8. LRB 상세설계(계속)

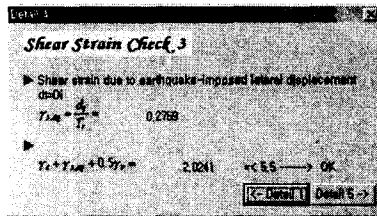


그림 8. LRB 상세설계(계속)

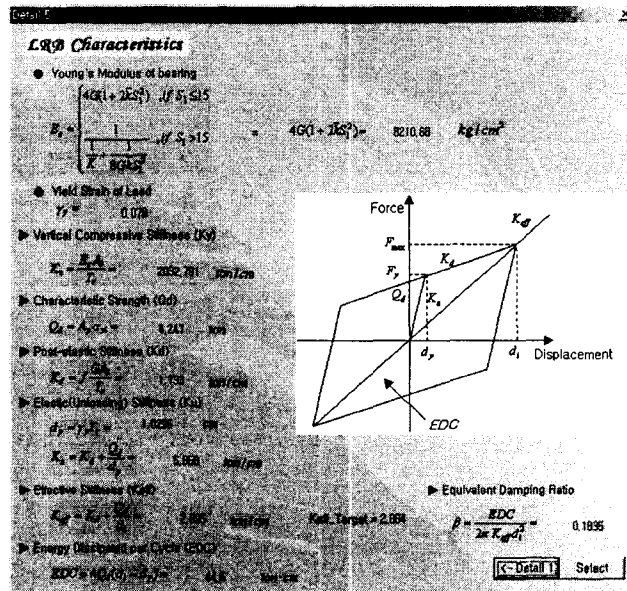


그림 8. LRB 상세설계(계속)

**Step 3 Horizontal Effective Stiffness**

LRB Design Data

Structure	$K_{eff}/Brg.$ (ton/cm)	Design Load/Brg.(W)	Bearing Dia.(D)	Horl. Reaction/Brg.(H)	Lead Dia.(D <sub>p</sub> )	Horl. Mov.	Temp. Disp.	Product ID
ABUTMENT1	7.95	326.338	65	4.32	8	7.43	2.7	DETAIL
PIER1	7.949	842.741	104	10.269	12	3.9	0.9	DETAIL
PIER2	7.949	842.741	104	10.249	12	3.9	0.9	DETAIL
ABUTMENT2	2.655	326.338	65	4.253	8	7.43	2.7	DETAIL

$K_{eff} = \frac{W_d}{\delta} \left(\frac{2\pi}{L}\right)^2$   
 $K_{eff}/Brg. (ton/cm)$

Standardized Table | < Step 1 | Step 6 >  
 Detail Design | Save Data Input No.

그림 8. LRB 상세설계(계속)

Step 6 Recalculation for Isolation Design

- Isolated Period  
 $W = \sum W_i = 3605.218 \text{ ton}$   
 $K_{sp} = \sum K_{sp,i} \times \text{No. of Bearings} = 143.936 \text{ ton/cm}$   
 $T_s = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{sp} g}} = 1.005 \text{ sec}$
- Design Displacement  
 $D_s = \frac{25.4 A S T_s^2}{B} = 4.05 \text{ cm}$
- Force Reduction Factor  
 $C_1 = \frac{A S}{T_s B} = 0.158$      $R_2 = \frac{C_2}{C_1} = 2.4367$
- Isolation System Damping  
 $EDC^* = \sum EDC_i \times \text{No. of Bearings} = 2744.187 \text{ ton-cm}$   
 $\beta^* = \frac{EDC^*}{20 C_1^2 D_s^2} = 0.185444$
- Summary for Isolation Design

	Conventional	Isolated(Target)	Isolated(Final)
T (sec)	0.325	1.004	1.005
Df (cm)	-	4.045	4.05
Rf	-	2.4367	2.4367
$\beta$ (%)	-	18.5444	18.5444

Iteration Finished    Iteration: <-Step 5| Step 7->

그림 11. 설계된 면진교량에 대한 평가 (표준화 테이블)

Step 6 Recalculation for Isolation Design

- Isolated Period  
 $W = \sum W_i = 3605.210 \text{ ton}$   
 $K_{sp} = \sum K_{sp,i} \times \text{No. of Bearings} = 119.21363554 \text{ ton/cm}$   
 $T_s = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{sp} g}} = 1.103 \text{ sec}$
- Design Displacement  
 $D_s = \frac{25.4 A S T_s^2}{B} = 4.901 \text{ cm}$
- Force Reduction Factor  
 $C_1 = \frac{A S}{T_s B} = 0.158$      $R_2 = \frac{C_2}{C_1} = 2.4839$
- Isolation System Damping  
 $EDC^* = \sum EDC_i \times \text{No. of Bearings} = 2571.619 \text{ ton-cm}$   
 $\beta^* = \frac{EDC^*}{20 C_1^2 D_s^2} = 0.149236$
- Summary for Isolation Design

	Conventional	Isolated(Target)	Isolated(Final)
T (sec)	0.325	1.106	1.103
Df (cm)	-	4.814	4.901
Rf	-	2.4839	2.4839
$\beta$ (%)	-	14.9236	14.9236

Iteration Finished    Iteration: <-Step 5| Step 7->

그림 11. 설계된 면진교량에 대한 평가(계속) (상세설계)

Step 6 Comparison of Base Shear Force

Structure	Dead Load (ton)	Base Shear F <sub>s</sub> (ton)	Base Shear F <sub>l</sub> (ton)	Base Shear F <sub>+</sub> (ton)
ABUTMENT1	478.83	184.35	75.655	75.655
PIER1	1324.275	509.847	209.236	209.236
PIER2	1324.275	509.847	209.236	209.236
ABUTMENT2	478.83	184.35	75.655	75.655

$F_s = C_1 W_s$      $F_l = C_1 W_l$      $F_+ = C_1 W_+$     <-Step 6| Calculation Sheet

그림 12. 밀면전단력 계산 (표준화 테이블)

Step 6 Comparison of Base Shear Force

Structure	Dead Load (ton)	Base Shear F <sub>s</sub> (ton)	Base Shear F <sub>l</sub> (ton)	Base Shear F <sub>+</sub> (ton)
ABUTMENT1	478.83	184.35	74.219	74.219
PIER1	1324.275	509.847	205.263	205.263
PIER2	1324.275	509.847	205.263	205.263
ABUTMENT2	478.83	184.35	74.219	74.219

$F_s = C_1 W_s$      $F_l = C_1 W_l$      $F_+ = C_1 W_+$     <-Step 6| Calculation Sheet

그림 12. 밀면전단력 계산(계속) (상세설계)