

# “케이블 강교량 설계지침”

2006. 11.10

IABSE한국지회/교량설계핵심기술연구단 WORKSHOP

## 목 차

---

1. 케이블강교량 지침 추진경위
2. 활하중의 재하
3. 케이블 파단
4. 충돌보호공
5. 부반력 검토

## 케이블강교량 지침 추진경위

### ■ 개요

- 발주 기관 : POSCO/RIST
- 연구 기관 : 대한토목학회
- 연구 기간 : 2003.1~2005.6(30개월)
- 책임자 : 장승필 (서울대학교 교수)

### ■ 조직도

- 대한토목학회 강구조위원회 케이블강교량 소위원회

### ■ 목적

- 케이블 강교량 설계, 해석, 시공 및 제작 전 분야에 걸친 전문가 협의체 구성으로 기술 자립화 및 선진화 유도

### ■ 주요활동

일시		주요 활동	비고
2003	01. 04	케이블강교량설계지침(안) 작성 집필진 구성 및 집필 시작	
2004	04. 21	대한토목학회 강구조위원회 산하 케이블강교량소위원회 발족	협의체 구성
	10. 21	대한토목학회 학술발표회 특별세션을 통한 지침안 소개 (13편)	
2005	04. 28	1차 공청회 실시 (활하중)	1차 공청회
	05. 09	대한토목학회 실무자토론회(케이블교량 설계/시공기술 발전방안)	
	05. 23	2차 공청회 실시 (내풍설계, 내진설계, 케이블설계)	2차 공청회
	06. 30	케이블강교량설계지침(안) 발표	지침(안) 공표
	08. 26	케이블강교량 신기술 국제 세미나에서 지침(안) 발표	
2006	02. 17	3차 공청회 실시 (2006 해상교량국제심포지엄, 전라남도)	3차 공청회
	09. 15	케이블강교량설계지침(안) 개정안 발표	지침(안) 개정안 공표
	09. 20	케이블강교량설계지침(안) 설명회 (전라남도)	여수산단 프로젝트 적용
	10. 25	케이블강교량설계지침 심의회의 (대한토목학회)	지침 확정안 심의

## 활하중의 재하 차로수 산정

### ● 도로교설계기준

구 분	설 계 기 준 요약				비 고
	$W_c$ 의 범위		$W_c$ 의 범위		
도로교 설계기준 (2005)	$6.0 \leq W_c < 9.1$	2	$23.8 \leq W_c < 27.4$	7	$W_c$ : 연석간의 교폭
	$9.1 \leq W_c < 12.8$	3	$27.4 \leq W_c < 31.1$	8	
	$12.8 \leq W_c < 16.4$	4	$31.1 \leq W_c < 34.7$	9	
	$16.4 \leq W_c < 20.1$	5	$34.7 \leq W_c < 38.4$	10	
	$20.1 \leq W_c < 23.8$	6			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 설계차로폭 <math>W = W_c / N \leq 3.6m</math></li> <li>· 설계차로폭을 침범하지 않는 범위내에서 설계부재에 가장 불리한 응력을 발생시키도록 동시 재하</li> <li>· 하중점유폭 : 3.0m</li> <li>· 동시재하 차로수에 대한 감소계수 적용</li> </ul>				

## 활하중의 재하 차로수 산정

### ● AASHTO LRFD

구 분	설 계 기 준 요약	비 고
AASHTO (2000) (LRFD,2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 설계차선수 <math>N(\text{정수}) = W_c / 3.6m</math></li> <li>· 설계차로폭 3.6m 마다 설계 부재에 가장 불리한 응력을 발생시키도록 동시 재하</li> <li>· 하중점유폭 : 3.0m</li> <li>· 동시재하 차로수에 대한 감소계수 적용</li> </ul>	$W_c$ : 연석간의 교폭 또는 연석과 중분대간의 교폭

## 활하중의 재하 차로수 산정

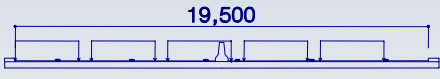
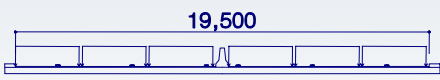
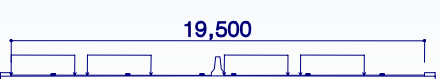
### ● 도로시설기준에 의한 최소기준 적용시 도로의 폭

(도로의 구조 시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 2000)

도로의 구분 (지방지역)		차로폭	중앙분리시설	갓길(우)	갓길(좌)
고속도로		3.5m	유 (0.6m)	3.0m	1.2m
일반 도로	80km/hr 이상	3.5m	유 (0.6m)	2.0m	0.75m
		3.5m	무 (0.5m)	2.0m	-
	80km/hr 미만	3.25m	유 (0.6m)	1.5m	0.5m
		3.25m	무 (0.5m)	1.5m	-

## 활하중의 재하 차로수 산정

### ● 각 기준에 따른 재하차로수 (예 - 여수산단 기본계획)

설계기준	각 기준에 따른 재하차로수	
도로교 설계기준 (2005)	 <p>19,500</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. <math>W_c = 19.5m, N = 5</math></li> <li>. <math>W = 3.9m \geq 3.6m</math></li> <li>. 표준차로폭 3.6m 점유폭 3.0m</li> <li>. <b>5차로 재하</b></li> </ul>
케이블강교량 설계지침 (안)	 <p>19,500</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. <math>W_c = 9.45m, N = 3</math></li> <li>. <math>W = 3.15m \leq 3.6m</math></li> <li>. 표준차로폭 3.15m 점유폭 3.0m</li> <li>. <b>6차로 재하</b></li> </ul>
AASHTO (2000) & 최종확정	 <p>19,500</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. <math>W_c = 9.45m</math></li> <li>. 표준차로폭 3.6m 점유폭 3.0m</li> <li>. <b>4차로 재하</b></li> </ul>

## 바닥판(틀) 설계시의 활하중의 재하 (1)

### ● 기준검토

구분	내용
도로교 설계기준 (2005)	차도부분에는 DB하중을 재하한다. DB하중은 한 개의 교량에 대하여 종방향으로는 차로당 1대를 원칙으로 하고, 횡방향으로는 <b>재하 가능한 대수를 재하하되 설계부재에 최대 용력이 일어나도록 재하</b> (도로교설계기준해설 p.21)
	... 교축 직각방향으로는 <b>대수에 제한이 없는 것으로 보고 고려하고 있는 점 또는 부재에 가장 불리한 용력을 주도도록 재하한다.</b> (도로교설계기준.해설 p.24)
외국 기준	AASHTO, BS5400, EURO Code에서는 횡방향 부재설계를 위한 별도의 활하중 재하기준은 제시되어 있지 않음.

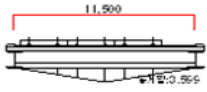
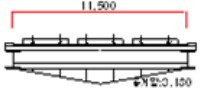

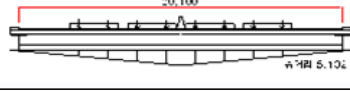
## 바닥판(틀) 설계시의 활하중의 재하 (2)

### ● 기준검토

구분	내용
설계 관행	바닥판과 바닥틀 설계시 DB, DL하중의 하중점유폭에 별도기준제시는 없으나, 아래 그림에 표시된 DB하중의 점유폭(3m)을 설계차로폭으로 고려하여 <b>3.0m마다 연속시켜 재하</b> 하는 것이 현재 설계관행임 (설계차로수와 다르게 적용)
비고	<p>The diagram illustrates a truck with a wheel spacing of 420 units and a total length of V = 420 ~ 900 units. It shows three design lane configurations with their respective load values:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>DL-24:</b> <math>P_m = 10,800\text{kgf}</math> (moment), <math>P_s = 15,600\text{kgf}</math> (shear), <math>w = 1,270\text{kgf/m}</math></li> <li><b>DL-18:</b> <math>P_m = 8,100\text{kgf}</math> (moment), <math>P_s = 11,700\text{kgf}</math> (shear), <math>w = 950\text{kgf/m}</math></li> <li><b>DL-13.5:</b> <math>P_m = 6,080\text{kgf}</math> (moment), <math>P_s = 8,780\text{kgf}</math> (shear), <math>w = 710\text{kgf/m}</math></li> </ul>

## 바닥판(틀) 설계시의 활하중의 재하 (3)

### ● 가로보 설계 예 (M-max)

구분		횡방향 재하도	동시재하 감소계수	$M_{max}$ (tonf.m)
왕복2차로 (B=11.5m)	설계관행		0.9 (3차선재하)	48.5
	표준차로폭 (3.6m) 유지		0.9 (3차선재하)	42.9
왕복4차로 (B=20.1m)	설계관행		0.75 (6차선재하)	70.4
	표준차로폭 (3.6m) 유지		0.75 (4차선재하)	57.6
비고		. 가정사항 : 가로보 C.T.C 5m, 충격계수 I=0.3		

## 바닥판(틀) 설계시의 활하중의 재하 (4)

### ● 검토의견

- ☑ 재하차로수(횡방향)는 전체계 설계시의 재하차로수 산정결과와 동일
- ☑ 단, 이 때의 설계차로폭은 3.0m (차량점유폭과 동일)로 하고 설계대상부 재하에 가장 불리한 응력을 발생시키도록 재하
- ☑ 재하차로수의 일관성 유지 및 종래의 설계관행에 따른 과설계 방지

## 케이블 파단 검토지침 (1)

### 해석결과

[Unit : tonf, m, sec]

대상교량	파단케이블	고유주기	감쇠비	케이블 장력	정적변위	동적변위	동적효과
청풍대교	측경간	3.047	5%	277.6	0.051	0.080	<u>1.575</u>
	중앙경간	3.046	5%	254.4	0.024	0.040	<u>1.645</u>
제2진도대교	측경간	2.681	2%	107.8	0.034	0.058	<u>1.702</u>
	중앙경간	2.681	2%	190.4	0.020	0.034	<u>1.736</u>
거가대교	측경간	3.914	5%	429.6	0.066	0.115	<u>1.741</u>
	중앙경간	3.816	5%	338.6	0.026	0.045	<u>1.750</u>
마창대교	측경간	3.287	5%	498.9	0.113	0.200	<u>1.778</u>
	중앙경간	3.225	5%	426.1	0.049	0.087	<u>1.779</u>
소록대교	측경간	2.980	2%	91.4	0.009	0.015	<u>1.590</u>
	중앙경간	2.917	2%	127.1	0.046	0.092	<u>1.999</u>

## 케이블 파단 검토지침 (2)

### 검토결과

- 구조물의 고유주기가 클수록 동적효과가 다소 크게 나타남

대상교량	고유주기	동적효과
청풍대교	3.046~3.047	1.575~1.645
거가대교	3.816~3.914	1.741~1.750

- 중앙경간부로 갈수록 행어에 의한 탄성 지지영향이 감소되어 동적효과가 증가하게 됨

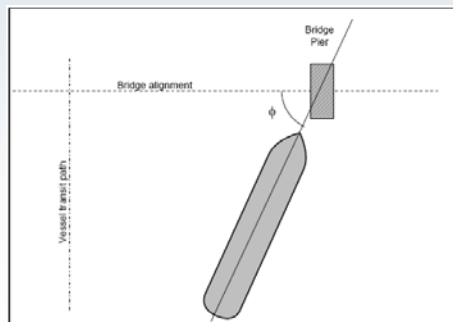
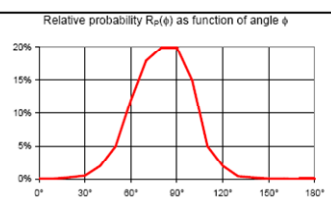
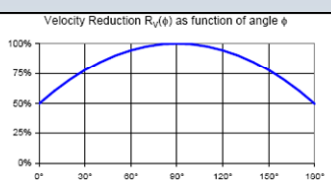
- $D + 0.5(I+I) + 2.0*(-\text{Cable Force})$  ; 허용응력할증 150%

# 충돌보호공의 설계

- 위험도 분석
  - 충돌보호공 배치, 수량, 규모 결정
  
- 설계조건
  - 10만톤급 선박(길이=247m, 목표통행량=2040년)
  - 파괴확률 : 연간 1/10,000
  - 충돌속도 : 10knot, 1.4knot
  - 선박통행 : 양방향, 일방향 모두 검토
  - 수로 : 625m
  - 표류확률(PA)= $0.7 \times 10^{-4}$

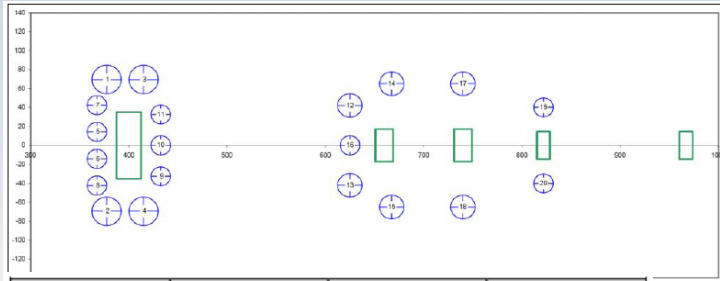
## 충돌보호공 - 충돌각 영향

Impact Angle $\phi$	Velocity Reduction $R_v(\phi)$	Relative probability $R_p(\phi)$
0°	50%	0.020%
10°	60%	0.040%
20°	70%	0.239%
30°	78%	0.406%
40°	85%	1.990%
50°	90%	4.976%
60°	94%	11.943%
70°	98%	17.914%
80°	99%	19.904%
90°	100%	19.904%
100°	99%	14.928%
110°	98%	4.976%
120°	94%	1.990%
130°	90%	0.398%
140°	85%	0.199%
150°	78%	0.050%
160°	70%	0.024%
170°	60%	0.004%
180°	50%	0.002%
All		100.00%

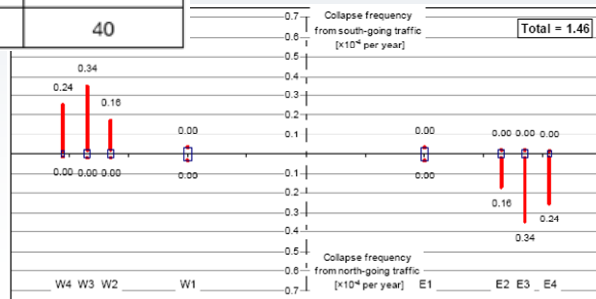




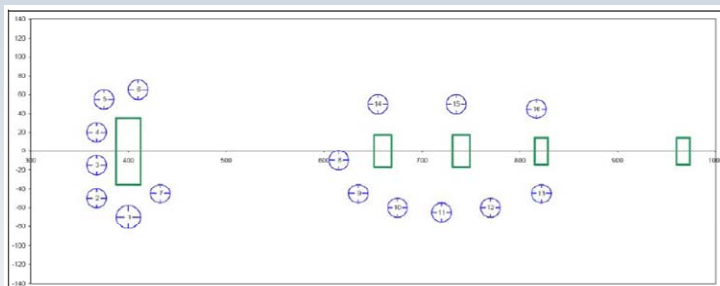
## 충돌보호공 - 시나리오1



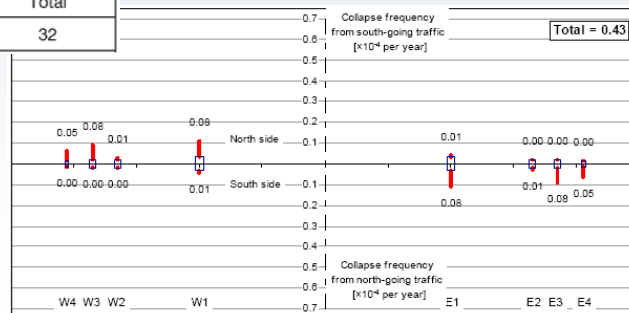
30m Dolphins	25m Dolphins	20m Dolphins	Total
8	20	12	40



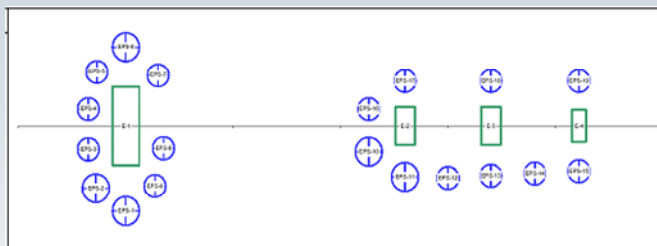
## 충돌보호공 - 시나리오2



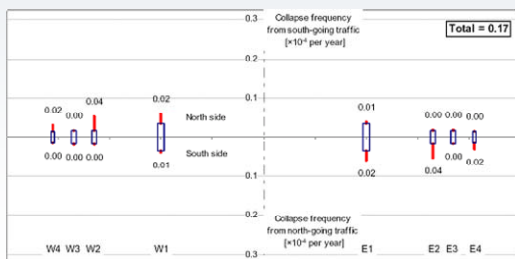
30m Dolphins	25m Dolphins	20m Dolphins	Total
-	2	30	32



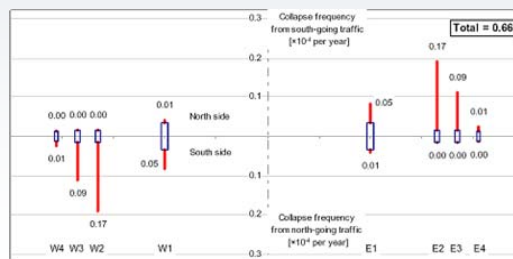
## 충돌보호공 - 시나리오3



30m 돌핀	25m 돌핀	20m 돌핀	총 수량
-	10	28	38



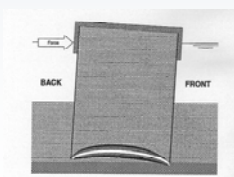
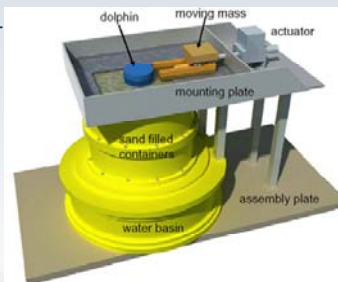
양방향



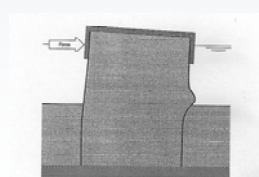
일방향

## Dolphin의 모형실험

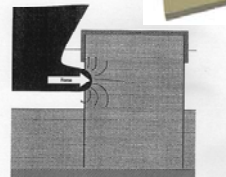
- 돌핀의 정지능력 결정 및 교각과 돌핀의 배치거리 검토
- 충돌시 돌핀의 국부응력 및 변형을 계산
- 원심가속실험으로 검증



Global Failure



Buckling Failure

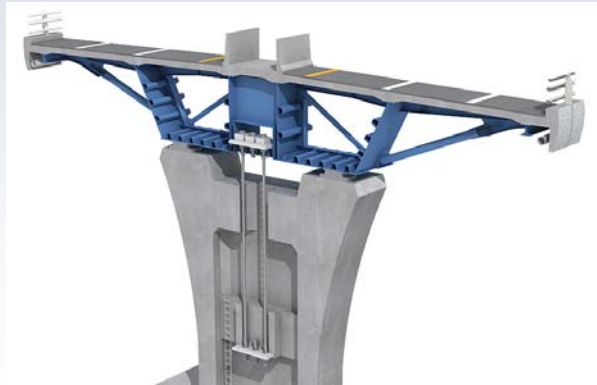


Local/Punching Failure

## 부반력 검토

### 타이다운 케이블 (Tie-down Cable)

- 구 성 : 타이다운 강선, 정착구, 정착판 및 보강재 등



#### • 초과하중 및 초과하중조합 도입

- ① 활하중 조합 중 활하중과 충격계수를 100% 증가시켜 산출된 부반력의 100%
- ② 기타 사용하중조합으로 산출된 부반력의 150%

구분	하중조합		증가계수
부 반 력	12	D+2.0×Li+PP+T	1.50
	13	1.5×(D+Li+PP+T)	1.50
	14	1.5×(D+PP+W+T(W))	1.50
	15	1.5×(D+PP+EQ+L(EQ)+T)	1.50

- 허용응력을 1.5배 할증해 검토 (중복할증 불가)
- 할증된 허용응력이 다음을 초과해서는 안된다.
  - 축력만 작용할 경우  $0.65f_{pu}$
  - 축력과 휨이 작용할 경우  $0.75f_{pu}$

• 적용 개념

구분	적용 절차
필요성 판단	• 초과하중 조합으로 부반력이 발생하면 부반력 제어장치 도입
본체 및 부속물 설계	• 초과하중 조합중 최대 부반력에 대해서 1.5배 할증된 허용응력으로 검토
타이다운 긴장력	• 최대 부반력시 상부구조가 들뜸 허용 • 사용하중 조합에 부반력이 발생하지 않도록 타이다운의 초기 긴장력을 정함
중량물의 설계	• 초과하중 조합에서 부반력이 발생되지 않도록 중량을 정함 • 중량물은 일종의 고정하중으로 취급

**지침 특징**

- 기존 하중조합에 초과하중 개념을 도입해 설계법의 일관성 유지 가능
- Extreme Event에 해당하는 할증을 1.5를 적용해 합리적 설계 가능

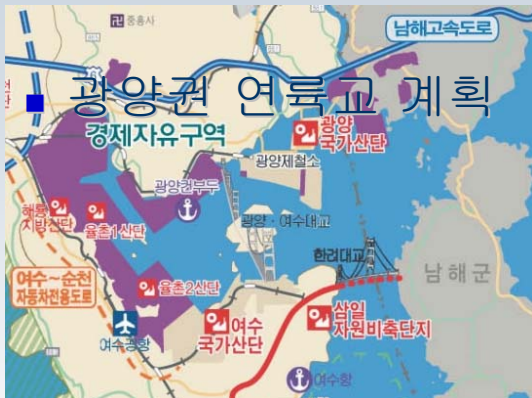
**지침 결과 비교**

- 설계 부반력이 10% 정도 증가해 다소 안전한 설계 가능
- 부반력 제어장치 단면은 종류에 따라 다르나 기존의 50~105% 수준
- 타이다운 적용시 받침용량이 60~80% 정도로 줄어 비효율성 상당 개선

구분	적용 설계	서해대교(kN)	진도대교(kN)
발생 부반력 (kN)	도로교 허용조합 : $R=2R_{L+1}+R_D$	28,595 (100%)	11,917 (100%)
	도로교 극한조합 : $R=1.3R_D+2.15R_{L+1}$	33,482 (117%)	13,794 (115%)
	지침 : $R=1.5(R_D+R_{L+1}+R_{PP}+R_T)$	32,821 (114%)	12,566 (105%)
타이다운 면적(mm <sup>2</sup> )	도로교 설계기준	25,622 (100%)	10,678 (100%)
	지침	27,147 (105%)	10,393 (97%)
받침 용량 (kN)	도로교 설계기준	30,405 (100%)	7,912 (100%)
	지침	23,841 (78%)	4,654 (59%)



## 큰섬지역 도로망 확충계획



사업명	연장(m)	형식
삼일-묘도 (삼일대교)	1,610	사장교
묘도-광양 (묘도대교)	3,620	현수교
여수-남해 (한려대교)	3,100	현수교
거문도서도-동도	520	아치교