교량 미관 개선 및 내구성 증진을 위한 교면 배수구 설치간격 개선

설계처-3401
(2017.09.20)

1 검 토 배 경

□ 교면 배수구는 교량 미관 저해 및 제설 염화물 침투에 따라 **구조물 열화의 원인**을 제공하고 있으나,

□ 그간 교면 배수구 설계는 수리적 용량, 차량의 교통안전, 교량 구조의 취약부 배제, 유지관리 및 미관 등을 종합적으로 고려하여야 하나, **수리적 용량을 주로 고려**하여 (최대 간격 20m 이하) 시행하였음.

□ 따라서, 위 전반적인 사항을 고려한 개선방안을 마련하고자 함.



교량 미관 저해



배수구 주위 콘크리트 열화발생

2 국내외 기준 검토

(국내)

□ **'97. 6 : 교면배수구 설치기준 검토**(도로공사)

o 배수구 배수능력 및 수리계산에 의한 배수구 설치간격 결정

□ '05. 3 : 교면배수구 설치기준 개선검토(도로공사)

o 중앙분리대측 배수 개선

: (규격) 250×250 → 250×500 (노면 경사) level → 차도 동일 경사

□ '12. 11 : 도로 배수시설 설계 및 관리지침(국토해양부)

o 배수구 간격은 20m 이하로 하고, SAG부와 그 양측에 각각 3~5m 정도 떨어져 배수구를 설치

o 수리계산 결과 3m 미만인 경우 수리계산에 따라 간격 조정

□ '16. 6 : 교량기타시설설계기준(KDS 24 90 10, 국토교통부)

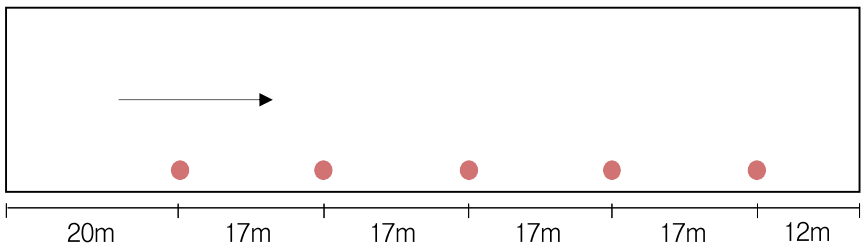
: 배수구 간격에 관한 별도 기준 없음

□ 국내 설계 적용 현황 및 문제점

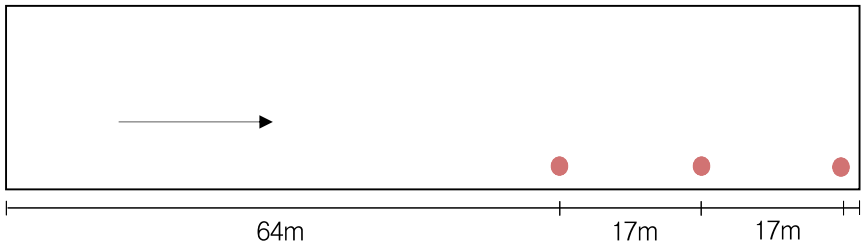
: 배수구 최대 간격 20m 이하 규정으로 인해 초기 배수구 위치를 고려하지 않아 과다한 교면 배수구 설치

ex) 교량 조건 : 편도 2차로, 표준횡단경사, 종단경사 1%,
연장 100M, 강우강도 184mm/hr

1) 관련 규정에 따른 배치



2) 수리 계산 결과에 따른 배치



(국외)

☐ 일본 도로공단 설계요령

o 배수구 **간격**은 설계 계산에 의한 것이 원칙임
(붙임 #2 일본 도로교량의 배수구 간격 조사 결과 20m 이상 다수)

o 신축이음장치 근처에 배수구를 설치하여 신축이음장치로 유입수가 최소화되도록 권고

☐ Design of Bridge Deck Drainage (1993, 미국 FHWA)

o 배수구 설치에 대한 두 가지 관점 제시

- 수리적 관점 : 배수구는 많이 설치되고, 크게 설치되어야 함.
  ☞ 원활한 배수
- 구조적 관점 : 배수구는 설치는 가능한 피하고, 가급적 작은 규격으로 적은 수가 설치되어야 함 ☞ 교량 보호

o **수리계산**에 의한 배수구 설치 (붙임 #3 참조)

3 검 토 방 향

☞ **수리계산에 근거**하는 교면 배수구 설치
: 초기 교면 배수구 + 그 외 교면 배수구

☞ 유지관리, 미관개선 및 구조물 보호를 위한 **배수구 간격 및 배수시스템 검토**

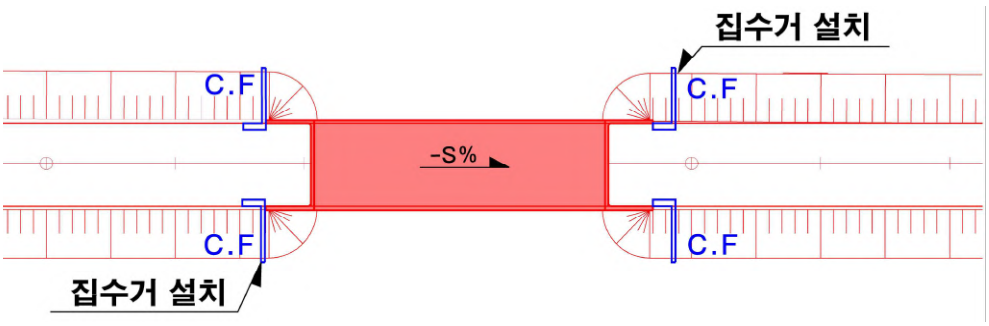
4 개선 방안 검토

1 초기 배수구 위치에 따른 교면 배수구 최소화

구분	초기 배수구 위치가 **교량 밖**에 있는 경우	초기 배수구 위치가 **교량 안**에 있는 경우
	<그림 2>	**<그림 3>**
(기존)	최대 20m 이하로 교면 배수구 설치	
(개선)	· 교면 배수구 미 설치	· 초기 배수구 위치를 계산하여 설치 · 그 이후는 20m 이하로 설치
- 수리계산 결과에 의한 배수구 간격 결정 - 현행 "국토부 지침"에 위배되지 않도록 최대 간격 20m 준수		

(설치 방법)

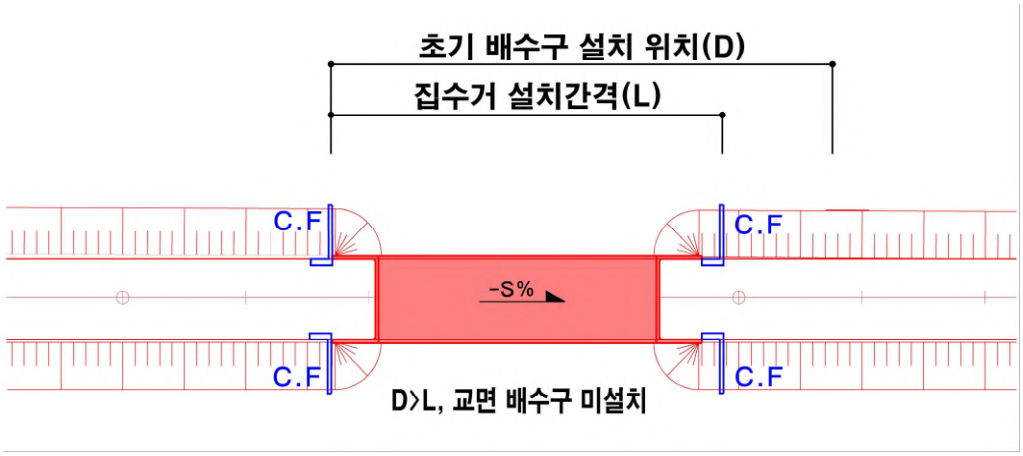
① 교량 전·후 토공부에 집수거 설치



<그림 1>

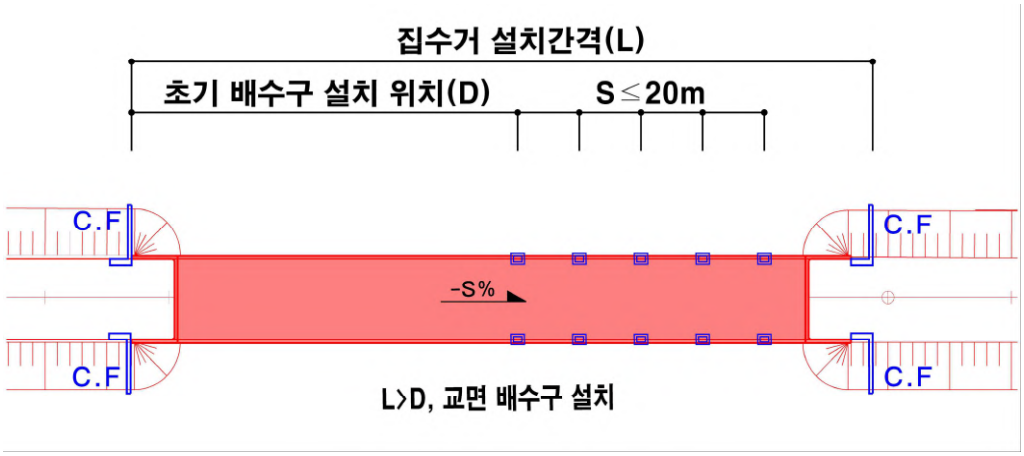
② 교량 종·횡단경사를 고려하여 초기 배수구 위치(D) 결정

③ 초기 배수구 위치(D)가 토공 집수거 설치간격(L)보다 클 경우 교면 배수구를 설치하지 않음.



<그림 2>

④ 초기배수구 위치(D)가 집수거 설치 간격(L)보다 작은 경우 배수구 설치 간격(S)에 따라 배수구 설치



<그림 3>

※ 배수구 설치 간격(S)이 20m 이상인 경우 20m이하로 설치

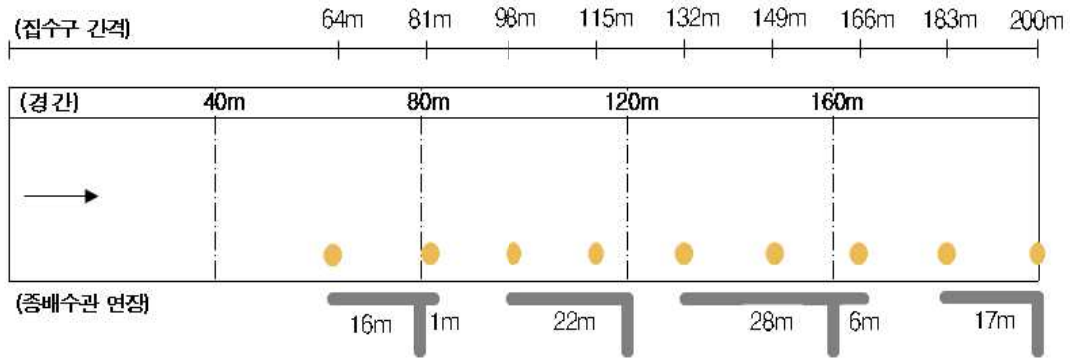
2 종배수관 최소화를 위한 배수구 간격 조정 검토

o 교각(교대) 근처 배수구 설치로 최소화 가능

ex) 연장 5@40 = 200m,

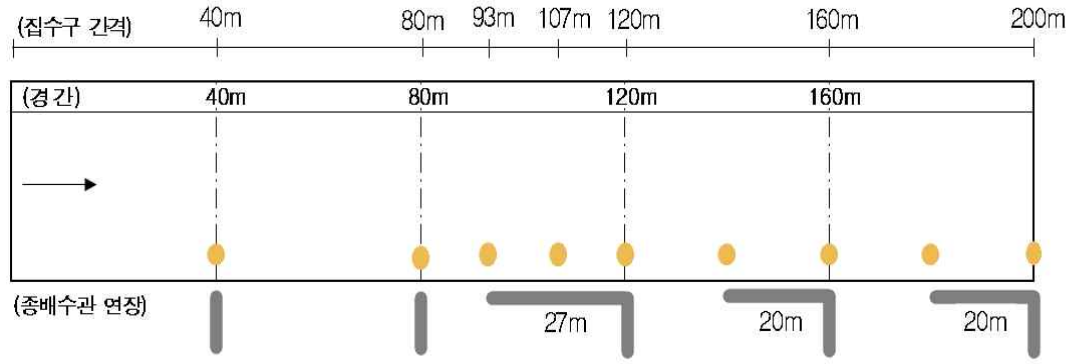
- 초기 배수구 위치 계산값 64m
- 그 이후 구간 17m

1) 간격 조정 없는 경우



종배수관 총 연장 : 90m

2) 간격 조정 하는 경우



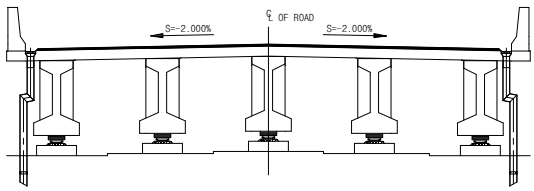
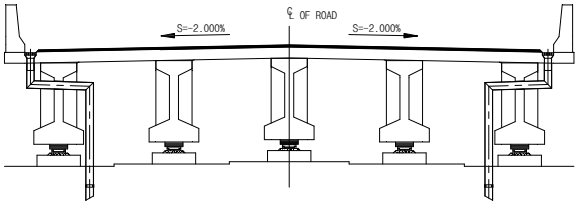
종배수관 총 연장 : 67m

3 미관 개선을 위한 배수시스템 개선방안

o 적용 대상 : 미관이 강조되는 고속도로 횡단교량 등

o 수리계산 결과에 의한 배수구 설치(선배수 → **점배수**)

o 종배수관을 내측 거더로 유도하는 배수시스템 도입

<table>
<tr>
<td>(기 존) : 종배수관 외측 유도

</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>(개 선) : 종배수관 내측 유도

</td>
<td></td>
</tr>
</table>

: 거더 **개구부** 발생에 따른 **보강 상세도** 작성 필요

5 검 토 결 론

□ 초기 배수구 위치 계산을 고려한 배수구 설치

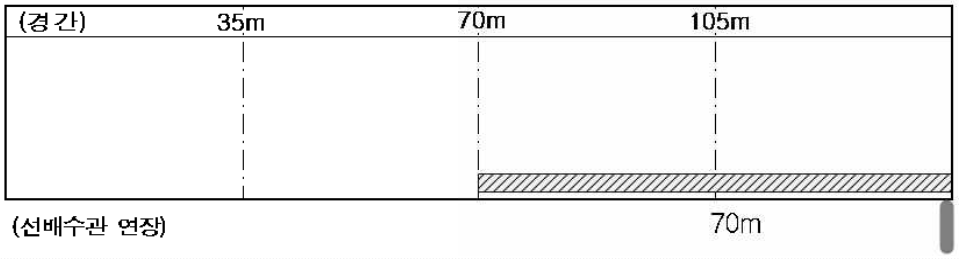
(case1) [초기 배수구 위치 계산값 > 교량 연장]

☞ 선배수를 포함하여 모든 배수시설을 교량에서 배제

(case2) 초기 배수구 위치 계산값 ≤ 교량 연장 **and**
선배수 설치가 가능한 곳

☞ 초기 배수구 위치 이후 구간에 **선배수** 설치하되,
외부 미관을 고려하여 인접 교각(교대) 기준으로 하여 구분

ex) 교량 연장 4@35 = 140m
초기 배수구 위치 계산 값 : 80m
그 이후 : 선배수



(case3) 초기 배수구 위치 계산값 ≤ 교량 연장 **and**
선배수 설치가 부적합 곳
중분대측, 방음벽 설치구간, 미관 고려대상 등

☞ 초기 배수구 위치 이후 구간에 **점배수**를 설치하며,

☞ 종배수관 최소화를 위해 **배수구 위치**를 교각(교대) 근처에 설치하되, 미관이 강조되는 구간은 가급적 내측으로 유도,

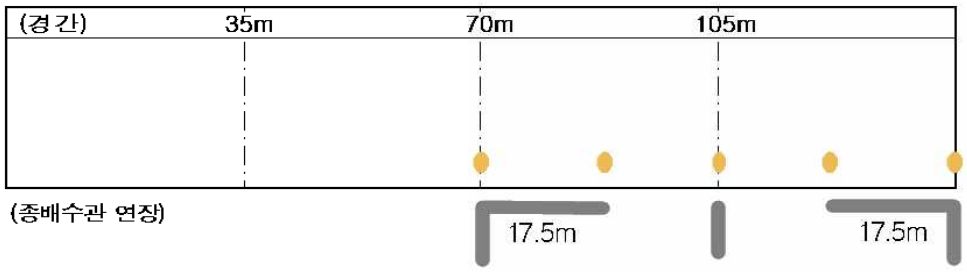
☞ **최대 간격** 20m 이하로 설치

ex) 교량 연장 4@35 = 140m

초기 배수구 위치 계산 값 : 80m
그 이후 배수구 간격 : 19m

간격 조정 ⟹

초기 배수구 설치 위치: 70m
그 이후 배수구 간격 : 17.5m



6 적용방안

□ **(설계단계)** 설계 중 또는 완료 후 미발주 노선 본 방침 적용

□ **(시공단계)** 공사주관(시행)부서에서 필요시 본 방침 적용

- 시공현황 등 고려하여 공사주관(시행)부서에서 판단하여 적용

(붙임) 1. 배수구 간격 수리계산 예

2. 일본 도로교량의 배수 간격 조사 현황

3. “Design of Bridge Deck Drainage” 일부 발췌

4. 김포~파주 문산천교외 1개소 배수구 설치 도면 (당초/변경)

5. 예산 절감 산출 근거

붙임 #1

배수구 설치 간격 계산

1. 기본원리

$Q = Q_i + Q_b$

여기서, Q : 길어깨에 집수되는 총유량

Q_i : 배수구로 유출되는 유량(Intercepted)

Q_b : 배수구로 유출되지 않고 종방향으로 흐르는 유량(Bypassed)

$Q_i = E \times Q = Q \times \{R_f E_0 + R_s(1 - E_0)\}$

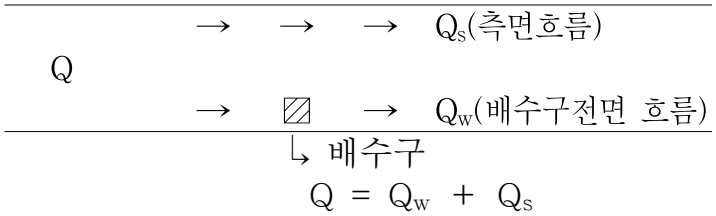
여기서, Q : 길어깨에 집수되는 총유량(m^3/sec)

R_f: 배수구 전면으로 흐르는 유량(Q_w)중 배수구로 유출되는 유량의 비율(배수구 덮개의 효율)

$=1-0.09(V-V_0)$

R_s: 측면 흐름 유량(Q_s)중 배수구로 유출되는 비율

$$=1/\left(1+\frac{0.15\,V^{1.8}}{S\times L^{2.3}}\right)$$



$Q = Q_w + Q_s$

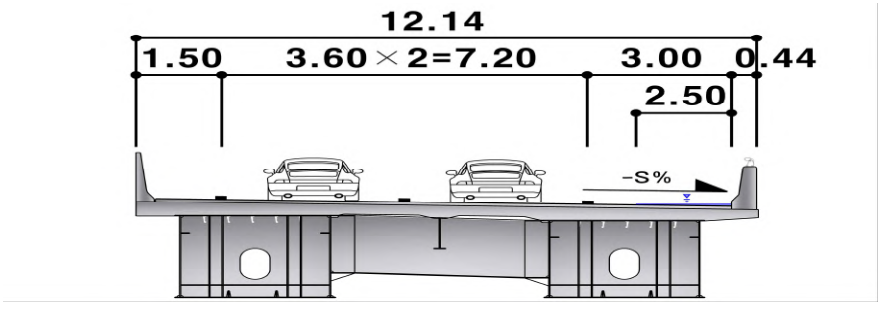
E_0: 전체 길어깨 유량에 대한 배수구 전면 흐름 유량의 비율

$=1-(1-W/T)^{2.67}$

여기서, W: 배수구 폭(m), T: 전체 수로폭(m)

※ 교면 배수 수로폭은 길어깨의 일부 또는 전체를 사용할 수 있음
: Caltrans(캘리포니아교통국) 교면 배수설계 참조

2. 배수구 간격 계산 예



편도 2차로 횡단구성

(초기배수구 설치 위치 계산)

$$D = \frac{\text{길어깨 최대통수량}(Q)}{\text{단위길이당 유량}}$$

$$= \frac{3.6\times10^{6}\times Q}{C\times I\times W}$$

여기서, D : 초기배수구 설치위치(m)

Q : 길어깨에 집수되는 총유량(m^3/sec)

C : 유출계수 → 0.9

I : 강우강도 → 180mm/h(△△지역, 20년 빈도)

W : 집수폭 → 12.14m(편도2차로)

: **초기 배수구** 설치위치 계산 결과(D, 본선)

종단 / 횡단	0.5%	0.7%	1.0%	1.5%	2.0%	2.5%	3.0%
2%	45	54	64	79	91	102	112
3%	89	105	126	154	178	199	218
4%	143	169	202	248	286	320	351
5%	206	244	292	357	413	461	505
6%	278	328	393	481	556	621	680

(그 외 구간 배수구 설치간격 계산)

$$S = \frac{\text{배수구 유출량}(Q_i)}{\text{단위길이당 유량}}$$

$$= \frac{3.6 \times 10^6 \times Q_i}{C \times I \times W}$$

여기서, S : 배수구 설치간격(m)

Q_i : 배수구로 유출되는 유량(m^3/sec)

C : 유출계수

I : 강우강도(mm/h)

W : 집수폭(m)

: **그 외 구간** 배수구 설치 간격 계산 결과(S, 본선)

종단 / 횡단	0.5%	0.7%	1.0%	1.5%	2.0%	2.5%	3.0%
2%	12	14	17	20	23	26	28
3%	25	28	33	39	45	50	55
4%	39	45	53	63	73	81	88
5%	57	65	76	92	105	116	127
6%	77	88	103	123	141	157	171

※ 별첨 수리계산서

사장교 신설시 유지관리 접근성 향상방안

구조물처-2366 (2017.10.18)

1 목 적

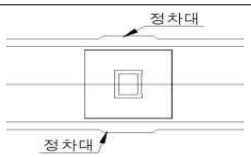
건설중인 사장교의 유지관리를 위한 접근시설 설계반영이 상이함에 따라 문제점 분석을 통해 개선하고자 함

2 우리 공사 사장교 현황

□ 서해대교 준공 이후 최근 4개 사장교 건설중

교량명	연장	주경간장	위치	설계년도	준공년도	전 경	비고
서해대교 (서해안선)	7,310m	470m	충남 당진	1993	2000		공용중
낙동대교 (부산외곽순환선)	1,440m	180m	경남 김해	2011 (대안입찰)	2017 (예정)		건설중
배방대교 (아산-천안선)	2,530m	190m	충남 아산	2016 (기술제안)	2022 (예정)		〃
고덕대교 (세종-포천선)	1,725m	540m	서울 강동구	2016 (일괄입찰)	2022 (예정)		〃
회암천교 (파주-양주·포천선)	1,276m	200m	경기도 양주시	2017년 (기술제안)	2023 (예 정)		〃

3 사장교 주요 접근시설

시설명	용 도	사 진	비고
곤돌라	o 주탑 상단에 설치하여 주탑 외부 및 인근 케이블에 대한 점검·보수시 활용 (점검자 탑승, 자재 인양)		서해대교 배방대교 고덕대교
승강기	o 주탑 내부에 설치하여 사람, 자재 상·하 이동		전교량
사다리 (계단)	o 주탑 내부에 승강기와 별도로 설치하여 상·하 이동		전교량
출입문	o 주탑 내부 진·출입용		전교량
점검구	o 주탑, 거더에 설치한 소규모 통로로 내·외부 이동		전교량
고정식 점검시설	o 주탑, 교각의 교량받침 등에 접근		배방대교 고덕대교 회암천교
이동식 점검대차	o 교량점검차 등으로 거더 하부에 접근 곤란시 거더 하부 접근용		서해대교
교면정차대	o 길어깨를 확폭하여 점검·보수 차량 정차		회암천교
박스 내부 점검시설	o PC박스 내부 높이가 4m를 넘는 경우 상부면 및 벽체 점검시 활용		낙동대교 배방대교 회암천교

4 문 제 점

□ 사장교 유지관리시설에 대한 방문 조사 및 설계 검토

o **방문 조사** : 공용중 3개교, 건설중 1개교 ('17. 6 ~ 9)

* 공용중 : 서해대교, 목포대교(익산청), 대동화명대교(부산시), 건설중 : 낙동대교

o **설계 검토** : 낙동대교 등 건설중 4개교 ('17. 8 ~ 9)

□ 사장교 유지관리시설 설치기준 부재로 교량별 접근여건 상이

o 일반적인 교량 점검시설에 대한 기준은 있으나, **사장교에 대한 구체적인 유지관리시설**(점검·보수용) **설치기준은 부재**

o 설계자, 설계심의 의견에 따라 사장교 **유지관리시설 반영 상이**

- 점검·보수시 이동 불편 및 접근 곤란

※ 낙동대교 준공전 유지관리여건 조사결과

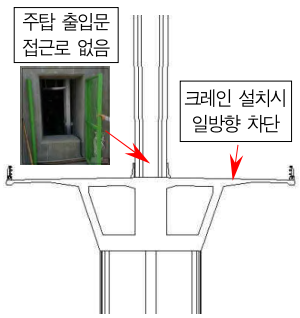
['17. 8, 구조물처, 초장대사업단, 지역본부]

· 중앙분리대 사이에 있는 주탑에 접근로 없음

☞ 문형식 횡단시설(길어깨~중앙분리대) 설치 (검토중)

· 주탑에 인양장비가 미설치되어, 추후 유지보수 작업시 크레인 설치로 인한 일방향 차단

☞ 크레인 작업시 교통소통 위한 중앙분리대 공간 활용 (검토중)



[낙동대교 주탑]

□ 사장교 등 구조물 설계시 유지관리부서 의견 수렴 미흡

o 설계시 유지관리부서 의견수렴 절차를 설계처에서만 운영

- 건설처 등 타부서에서 구조물 설계시(대안입찰, 기술제안 등) 미적용

※ 실시설계 단계별 유지관리부서 참여절차

[유지관리를 고려한 실시설계 시행방안(설계처-1606, 2014.6.24)]

단계별 설계성과품	→	유지관리성 검토	→	의견 제시	→	검토 및 반영
(설계처)		(유지관리부서)		(유지관리부서)		(설계처)

5 개 선 방 안

□ 사장교 유지관리시설(점검・보수용) 설치기준 마련

o **개선방향**

사장교에 대한 **접근 용이성** 및 접근시설의 **안전성** 확보

o **주요 점검・보수용 시설 반영**

- **(주탑)** 곤돌라, 승강기, 사다리(계단), 출입문 등
  - ・곤돌라 : 크레인 사용 곤란시 설치(높이제한, 정체 발생 등)
  - ・승강기, 사다리(계단) : 주탑 내부 전구간 설치(추락방지용 난간 등 포함)
  - ・출입문 : 길어깨 ~ 주탑간 이동 통로 확보
- **(거더)** 점검구, 이동식 점검대차, 정차대 등
  - ・점검구 : Cell간 이동 및 주탑 이동에 제약 없도록 배치
  - ・이동식 점검대차 : 교량점검차 등 사용 곤란시(접근 한계 등)
  - ・정차대 : 슬라브 확폭 가능시
- **(기타)** CCTV, 전기시설(조명, 콘센트) 등

<별첨> 사장교 유지관리시설(점검 및 보수용) 설치기준(안)

□ 사장교 등 구조물 설계 완료전 유지관리부서 의견 수렴

o 구조물 **설계 전부서**(설계처, 건설처 등)로 **의견수렴 절차 확대**

단계별 설계성과품	→	유지관리성 검토	→	의견 제시	→	검토 및 반영
(설계 전부서)		(유지관리부서)		(유지관리부서)		(설계 전부서)

6 향후 조치사항

□ 사장교 설계시

o 설치기준 반영 및 유지관리부서 의견 수렴

□ 건설중인 사장교

o 공정 및 여건에 따라 적용 가능한 부분 적용

첨부 : 사장교 유지관리시설(점검 및 보수용) 설치기준(안) 1부

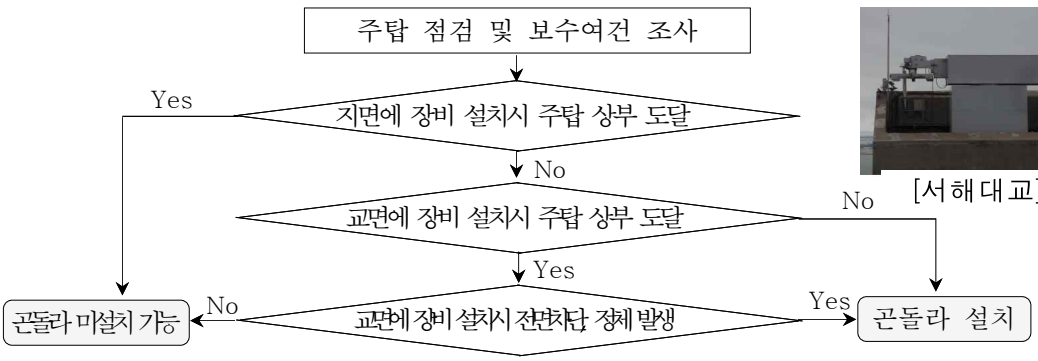
사장교 유지관리시설(점검 및 보수용) 설치기준

1. 주탑 상단부

□ 곤돌라

o 주탑, 케이블 점검·보수시 장비(크레인 등)의 접근성, 교통제한 등을 고려하여 반영

[곤돌라 반영 검토 절차]



[서해대교]

<정체 : 서비스수준 F>

※ 국내 공용중 사장교 일부(51개교중 10개교)에 곤돌라 설치(기준 부재)

주경간장	계	~199m	200~299m	300~399m	400~499m	500m ~	비고
사장교	51	22	14	5	6	4	
곤돌라 설치	10		1		5	4	

※ 우리 공사 곤돌라 설치(반영) 현황 (설계가 : 약 6억원/대)

- 공용중 : (설치) 서해대교
- 건설중 : (반영) 배방대교, 고덕대교, (미반영) 낙동대교, 회암천교

※ 서해대교 곤돌라 활용 및 유지관리 실적

구 분	2015년	2016년	2017년	비고
활용일수	12일	21일	61일	연평균 31일
활용내역	· 케이블 화재 복구공사(12일)	· 더미강선 제거(1일) · 정밀안전진단(20일)	· 피뢰침 운반(1일) · 더미강선 교체(60일)	매년 활용 실적 상이

- 분기별 곤돌라 정기점검(6백만원/년), 로프 교체('17년, 3백만원)

* 곤돌라 용량 초과하는 자재 인양 필요시 곤돌라 활용하여 윈치(큰 하중 인양용) 설치

※ 중앙분리대 사이 주탑 : 중앙분리대에 크레인 아웃트리거(폭 8~12m) 설치 일부 공간 확보 검토

※ 크레인 : 메인붐에 보조붐 추가시 접근 높이 증가 가능
(크레인 보조붐 추가 연결시 최대길이 예 : 500톤 - 126m, 300톤 - 102m)

구분	주탑높이(m)	지표면(수면)~교면(m)	교면~주탑 상단부(m)	주탑 위치
서해대교	182.3	66.3	116.0	해상
낙동대교	94.0	16.0	78.0	육상
고덕대교	167.0	44.7	122.3	수중
배방대교	116.5	36.5	80.0	수중
회암천교	105.1	25.1	80.0	육상

□ 피뢰침, 항공장애등 접근용 사다리

o 주탑 피뢰침, 항공장애등에 접근 곤란시 계단 또는 사다리 설치


[주탑 상단부에 접근 곤란]


[항공장애등(좌) 및 피뢰침(우)]

□ 주탑 형상

o 경관 등을 고려한 주탑 설계시 점검·보수가 용이하도록 설계

2. 주탑 내부

□ 주탑 승강기

o 주탑 전구간(기초 상면 ~ 주탑 상단부) 운행되도록 설치하되, 전구간 설치가 곤란한 사유 있을시 단축 가능

※ 우리 공사의 사장교 주탑 승강기 설치(반영)현황

교량명	주탑		주탑 승강기		비 고
	형상	주탑수	대수	설치 구간	
서해대교	H형	2	4	기초 상면 ~ 상단 10m 아래	 <서해대교>
낙동대교	I형	1	1	교면 12m 위 ~ 상단 30m 아래	
배방대교	I형	1	1	교면 ~ 상단 30m 아래	
고덕대교	I형	2	2	교면 ~ 상단부	
회암천교	I형	1	1	교면 ~ 상단부	

□ 고정식 사다리(계단) 및 발판

o 주탑 내부 전구간을 추락위험 없이 점검·보수할 수 있도록 고정식 사다리(공간 여유시 계단) 및 발판 설치

- 고정식 사다리

· 사 다 리 : 주탑 전구간, 엇갈리게 설치
· 등받이울 : 사다리 높이 2.5m 이상 지점부터
· 발　　판 : 최대 높이 5m 이내,
케이블 정착구 마다(최소간격 2m,
필요시 일부 발판폭 축소 가능)



<고정식 사다리>

- 개구부(승강기 통로, 발판 축소부) : 난간, 출입문 설치(추락방지)

※ 참조 : 산업안전보건기준에 관한 규칙 제3장 통로



[미흡사례 : 주탑 가로보의 급경사 계단]



[미흡사례 : 작업발판, 승강기옆 개구부 추락 위험]

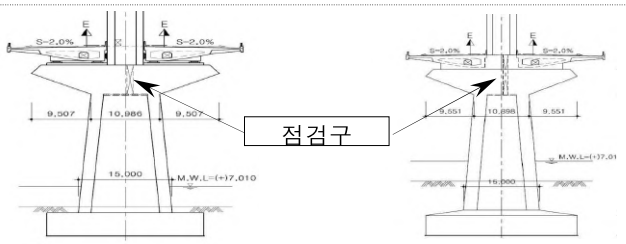
o 접근 쉽고, 비좁지 않도록 주탑 내부 공간 확보 및 시설(사다리, 계단, 승강기, 발판 등) 배치

□ 점검구

o 주탑 점검 및 보수시 이동이 쉽도록 점검구 배치

- 주탑 상단면 출입용 점검구
- 항공장애등 관리용 점검구 : 주탑 측면 접근 곤란시
- 주탑 코핑 내부 점검구 : 사다리(여유시 계단), 승강기(하부 설치시) 통과


[주탑 상단면 점검구]



[I형 주탑 점검구(좌-교량받침 설치, 우-강결부]

3. 주탑 외부

□ 주탑 고정식 점검시설

o 보강거더와 강결된 주탑에 교량점검차 등이 접근 못하는 곳, 교량받침 있는 주탑에 고정식 점검시설 설치

- 이동식 점검대차 설치시 제외 가능

o 사장교 구간의 길어깨에서 고정식 점검시설에 쉽게 접근할 수 있도록 고정식 점검시설의 양방향에 출입계단 설치

□ 출입문

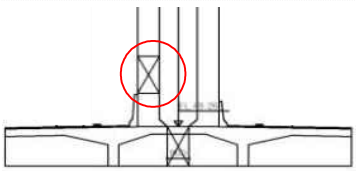
o 길어깨에서 주탑 출입문까지 안전하게 접근할 수 있도록 주탑 출입문 위치 선정

- I형 주탑 : 교면에서 케이블 방향으로 주탑을 통과할 수 있도록 주탑의 시점 및 종점에 출입문 2개 설치(곤란시 1개)

o 우물통 기초 상단부 등 : 필요시 설치(전기방식시설 관리 등)



[I형 주탑 출입문 설치 사례]

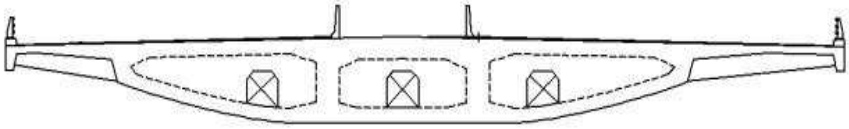


[부적정 사례 : 중앙분리대 상단에 출입문 설계]

4. 보강거더 및 슬라브

□ 박스형 보강거더 내부 점검구

o 종방향(주행 방향), 횡방향(다수의 내부 칸(cell) 존재시)으로 쉽게 이동할 수 있도록 충분한 점검구 배치(단부, 주두부 등)

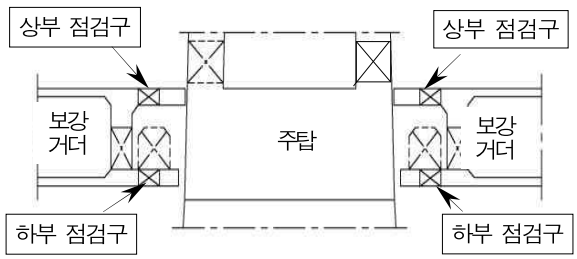


[3개 cell 다이아프램의 점검구 예]

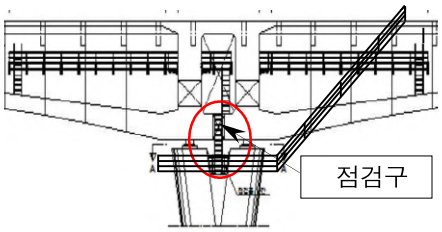
□ 박스형 보강거더 상·하면 점검구

o 주탑 주변 교면(I형 주탑인 경우), 하부 점검시설로 접근 용이하도록 점검구 배치(커버 및 시건장치 포함)

- 상부 : 우수유입 방지, 하부 : 주두부 설치시 미설치 가능



[상·하면 점검구 예]



[주두부 점검구 예]

o 사장교 구간 길어깨에서 박스형 보강거더 내부까지 출입로를 1개소 이상 확보(주탑 또는 인근 교각)

□ 보강거더 하부 이동식 점검대차

o 교량점검차 등을 사용시 보강거더에 접근 곤란 여부, 본선 교통 혼잡도 및 하부도로 영향(교통소통, 안전) 등을 고려하여 설치

※ 교량점검차 점검가능 폭원 : 최대 20m ~ 25m(장비별 상이)

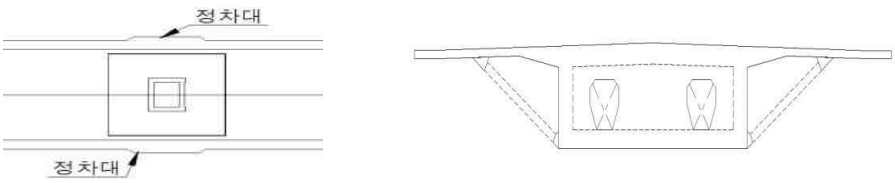
※ 혼잡도 : 서비스수준 F



[보강거더 하부에 이동식 점검대차 설치 사례]

□ 교면 정차대

o 사장교 구간(주탑, 인근 교각)에 유지관리용 정차대를 설치하되, 구조적, 시공 여건상 곤란시 제외



[주탑에 정차대 설계 사례(연장 12m, 확폭 1m)]

□ F.C.M 내부 점검시설

o 박스 내부 형고가 4m 이상인 경우 기존 방침에 따라 설치

※ 참조 : 교량 점검시설 누락방지 방안(구조물처-1738, 2012. 8. 23)

5. 기 타

□ CCTV

o 케이블 관찰 등을 위하여 필요한 곳(주탑 등)에 설치

□ 전기시설

o 조명등, 콘센트(계측기 등 필요한 곳) 등 설치