교면배수구 설치기준 개선검토

제공처 : 한국도로공사 설계처

출처 : 2005년도 고속도로 설계 실무자료집(2006, 한국도로공사)

1. 일반현황

고속도로 교량 노면부의 원활한 배수처리를 위하여 길어깨부에 배수구를 설치하고 있으나, 곡선부 중앙분리대측의 배수설계 기준이 부재하고, 「도로설계기준(’03.8)」의 노면배수시설 설계발생빈도가 상향조정됨에 따라 교면배수구 설치기준을 재검토, 적정기준을 수립하여 고속도로의 기능향상을 도모코자 함

2. 현황 및 문제점

2.1 설계적용현황

(1) 교면배수시설의 국·내외 제 기준

구 분		일 반 사 항	비 고
국내	도로교 설계기준	• 원활한 교면배수를 위한 횡단경사 배치(1.5~2.0%) • 종단 및 횡단경사, 폭을 고려하여 일반적으로 20m 이하로 배치 • 교량구간에 오목곡선이 있을 경우 그 최저부에 배수구를 설치하고 그 부근 간격은 3~10m • 신축장치 부근에 배수구 설치	
	도로설계 요령	• 배수구 간격 20m 이하 • 종단곡선이 오목하게 된 경우 중앙에 배수구 설치 • 완화곡선 구간 및 S곡선 구간의 변곡점 부근의 횡단경사가 수평 또는 수평에 가까운 곳에는 차도 양측에 배수구 설치 • 신축장치 상류측에 배수구 설치	
일본	도로교 시방서	• 원활한 교면배수를 위한 횡단경사 배치 • 노견측에 필요한 간격으로 충분한 크기의 배수구 설치 • 교량구간에 오목구간이 있을 경우 그 최저부에 배수구를 설치하고 그 부근 간격은 3~10m • 신축장치 부근에 배수구 설치	
	도로공단 설계요령	• 배수구 간격은 수리계산에 의해 설계 • 종단곡선이 오목하게 된 경우 중앙에 배수구 설치. • 완화곡선 구간 및 S곡선 구간의 변곡점 부근의 횡단경사가 수평 또는 수평에 가까운 곳에는 차도양측에 배수구 설치. • 신축장치 상류측에 배수구 설치	
미국	AASHTO	• 교면 유출수를 충분히 배수할 수 있는 규격 및 간격으로 설치	
	연방 도로국 (FHWA, HEC 21)	• 원활한 교면배수를 위한 횡단경사 배치(0.5~1.0%) • 횡경사가 5% 이하이면 전·후 배수구 사이에 종단경사 설치	

(2) 현 교량 배수시설 적용기준

배수구 형태	배수구 설치 간격 (m)		
	최대간격	일반구간	완화곡선, Sag부
사각 집수구 (250mm×250mm)	20	10~20 (5m 단위로)	3~10 (정수 단위로)

2.2 현행 기준의 문제점

(1) 교량 노면부 배수설계는 통상 「교면 배수구 설치기준 검토(설계일16210-222호, '97.6.27)」 및 도로설계요령의 기준을 참고하여 설계를 하고 있으나, 곡선부 교량의 중앙분리대부는 세부 설계기준이 없는 실정임

(2) 다차로 고속도로 증가 및 노면배수시설 설계강우 발생빈도 기준 상향조정(5년→10년)으로 강우강도가 11~26% 증가되어 통수용량 증대 필요

(3) 교량의 배수시설 일반기준(최소간격 3m)을 중앙분리대부 배수설계에 적용하고 있으나 최소 배수구 간격이 3m 미만으로 발생되는 교량은 통수용량 부족으로 차도 물고임 현상 발생 우려

3. 개선내용

3.1 개선방안 검토

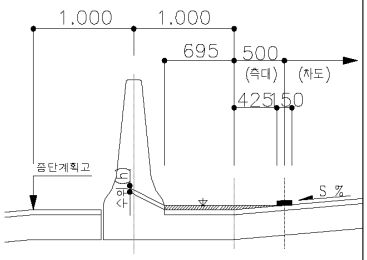
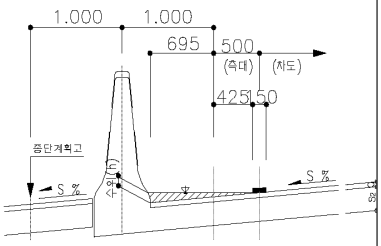
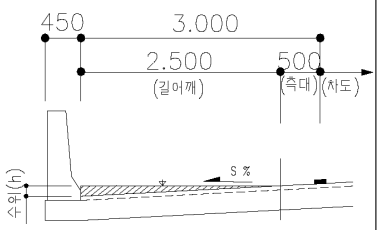
(1) 개선방향

(1.1) 곡선부 교량의 교면 배수구 설치기준의 검토로 합리적인 교량 배수설계 기준 정립

(1.2) 횡단경사, 배수로 규격 및 설치간격 등 배수로 개선 검토

(1.3) 교량내 물고임 및 차도부 유입방지로 고속주행차량의 안전성 및 쾌적성 증진

(2) 개선내용

구 분		현 행	개선방안	비 고
중앙분리대부	개요	· 중앙분리대 길어깨측은 level적용 · 집수구 규격: 250mm×250mm	· 중앙분리대 길어깨측을 차도와 동일 경사 적용 · 집수구 폭을 500mm까지 확대적용: 250mm×500mm (장변을 교축직각방향으로 설치)	
	배수단면			
	장·단점	· 배수 속도가 느리고 통수 단면이 적어 배수효율이 낮음 · 곡선부 편경사 설치 구간내 물고임 및 차도부 유입으로 고속주행 차량의 안전상 문제점 내포	· 통수단면 및 집수구 효율 증가로 배수효과 개선 · 호우시 신속한 배수처리 · 배수구 설치 수량감소로 경제성 향상 · 시공성 및 유지보수 유리	
우측 길어깨부	개요	· 집수구 규격 : 250mm×250mm	좌 동	
	배수단면			
	장·단점	· 표준횡단경사(2%)이상 일 경우 경제성 우수 · 표준횡단경사(2%)미만 일 경우 다소 비경제적		

3.2 배수를 감안한 교량계획시 고려사항

(1) 곡선부 교량에서 강우강도와 통수단면 등을 고려할 경우 집수구 간격이 조밀하

게 계획되는 바, 배수를 고려한 선형(종 · 횡단경사) 계획 수립

(2) 곡선부 교량의 종단경사는 효과적인 노면배수를 위해 가급적 최소 1% 이상 되도록 설계

(3) 교량구간내에서 Sag부 및 S-Curve 변곡부 발생시 가급적 선형을 조정하여 토공부에서 처리

(4) 우측 길어깨부 집수구 규격은 현행 교면 배수구 설치기준 적용

(5) 분리대 구간을 차도와 동일 경사로 처리함에 따른 차로이탈 방지 및 집수구 보호를 위해 곡선부 내측 차로는 필요시 돌출차선으로 설치 고려

4. 결론

4.1 검토결론

(1) 분리대 구간을 차도와 동일 경사로 설계

(2) 분리대내 집수구 규격은 신속한 배수처리 및 경제성을 고려하여 250mm×500mm으로 확대 적용

(2.1) 집수구 주철근 절단율을 고려하여 집수구 장변을 교축직각방향으로 설치

(3) 현 배수시설 설계기준을 고려하여 집수구 간격을 3~20m로 적용하되, 배수계산 결과 집수구 간격이 3m미만인 교량에 대해서는 수리검토 결과를 토대로 집수구 간격 조정

(4) 토공구간과 교량구간의 접속부 방호시설(중앙분리대 및 방호벽)높이차 조정

(4.1) 중앙분리대 : 교량 구간 내에서 하단부 바닥판 높이로 단차 조정

(4.2) 방호벽 : 접속슬라브 구간 내에서 단차 조정

4.2 적용방안

(1) 설계중인 구간 및 설계완료후 미발주 구간 : 본 방침 적용

(2) 시공중인 구간 : 현장여건에 따라 적용

5. 기타

5.1 배수구 유출량에 따른 설치기준

5.1.1 기본원리

(1) 유량구분

(1.1) Q = Qi + Qb

여기서, Q : 길어깨에 집수되는 총유량

Qi : 집수구로 유출되는 유량(Qintercepted)

Qb : 집수구로 유출되지 않고 증방향으로 흐르는 유량(Qbypassed)

(1.2) Qi = E × Q

= Q × [Rf · Eo + Rs (1-Eo)]

여기서, Q : 길어깨에 집수되는 총유량(㎥/sec)

Rf : 집수구 전면으로 흐르는 유량(Qw)중 집수구로 유출되는 유량의 비율

= 1 - 0.09(V - Vo)

Eo : 전체 길어깨 유량에 대한 집수구 전면흐름 유량의 비율

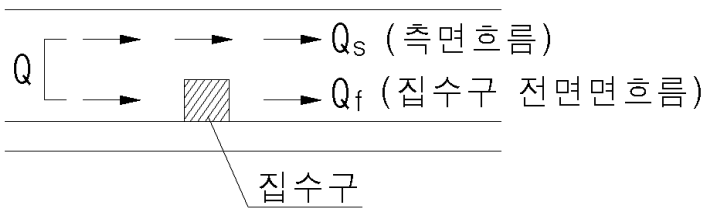
= $1 - (1 - W/T)^{2.67}$

W : 배수구 폭 (m)

T : 전체 수로폭(m)

Rs : 측면흐름유량(Qs)중 집수구로 유출되는 유량의 비율

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



(2) 길어깨 최대 통수량중 실제로 집수구로 유출되는 유량(Qi)에 의한 집수구 간격 결정

(2.1) 초기 집수구 설치위치 = $\frac{\text{길어깨최대통수량}}{\text{단위길이당유량}}$

(2.2) 집수구 간격 = $\frac{\text{집수구유출량}(Qi)}{\text{단위길이당유량}}$

5.1.2 세부계산

(1) 길어깨 최대 통수량

(1.1) $Q_{\max} = A \times V = 0.8 \times 1/n \times A \times R^{2/3} \times I^{1/2}$

여기서, n : 조도계수(=0.015)

A : 길어깨 최대 통수단면적(m^2)

R : 동수반경(A/P)

I : 수로경사(%)

(2) Rf 결정 : 그레이트 집수구의 유출효율

(2.1) 집수구 길이(L) = L1 × 1ft / 0.3048 cm

(2.1.1) 여기서 L1 : 집수구 교축방향 유효길이 (m)

(2.2) 길어깨 유속(V)

$V = 1/n \times R^{2/3} \times I^{1/2}$

(3) Eo 결정

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

여기서, w : 배수구 폭, T : 수로폭

(4) Rs 결정 : 그레이트 집수구의 측면흐름 효율

(4.1) $Rs = \frac{1}{(0.5 \cdot V^{1.8}) / (S_x \cdot L^{2.3})}$

여기서, V : 길어깨 유속(ft/sec)

Sx : 수로 횡경사

L : 집수구 길이 (ft)

(5) 유출량(Qi) 결정

(5.1) $Qi = Qx[Rf \cdot Eo + Rs(1 - Eo)]$

(6) 초기 집수구 위치

(6.1) $Q = 1/3.6 \times C \times r \times A \times 10^{-6} = 1/3.6 \times C \times r \times W \times S \times 10^{-6} (m^3/\text{sec})$
$\rightarrow S = 3.6 \times 10^6 \times Qmax / C \times r \times W(m)$

C : 유출계수 → 0.9(포장부)

r : 강우강도 → 10년 빈도

W : 교량폭원 → 4차로 : 12.455m

6차로 : 16.055m

8차로 : 19.655m

(7) 배수구 설치간격

(7.1) $Q = 1/3.6 \times C \times r \times A \times 10^{-6} = 1/3.6 \times C \times r \times W \times S \times 10^{-6} (m^3/\sec)$
$\rightarrow S = (3.6 \times 10^6 \times Qmax)/(C \times r \times W)$

C : 유출계수 → 0.9(포장부)

r : 강우강도 → 10년 빈도

W : 교량폭원

5.1.3 배수구 간격 검토결과

(1) 중앙분리대측

구 분	현 행 (측대부 level 경사일 때)	개 선 (차도와 동일 level일 때)	비 고
사각 집수구 (250mm× 250mm)	· 횡단경사 5% 이상 : 5m~20m · 횡단경사 4%~5% 미만 : 3m~10m · 횡단경사 4% 미만 : 0.1~8.0m	· 횡단경사 4% 이상 : 5m~20m · 횡단경사 3% ~4% 미만 : 3m~15m · 횡단경사 3% 미만 : 0.2~10.0m	
사각 집수구 (250mm× 500mm)	· 횡단경사 5% 이상 : 3m~20m · 횡단경사 4%~5% 미만 : 3m~20m · 횡단경사 4% 미만 : 0.1m~10.0m	· 횡단경사 4%이상 : 5m~20m · 횡단경사 3% ~4% 미만 : 5m~20m · 횡단경사 3% 미만 : 0.2m~15.0m	

(2) 길어깨측

구 분	현 행 (250mm×250mm)	개 선 (250mm×500mm)	비 고
사각 집수구	· 횡단경사 4% 이상 : 20m · 횡단경사 2%~4% 미만 : 10m~20m · 횡단경사 2% 미만 : 0.8~20m	· 횡단경사 3% 이상 : 20m · 횡단경사 2% ~3% 미만 : 10m~20m · 횡단경사 2% 미만 : 1.0~20m	