

“상시토사퇴적 및 유송잡물을 고려한 수리계산”에 대한 설계법 및 프로그램의 활용

1. 배포목적

수해 등으로 인해 2003년 발간된 “도로배수시설 설계 및 유지관리 지침”에 제시된 “상시토사퇴적 및 유송잡물을 고려한 수리계산”의 활용 및 사용법의 요구사항이 증대되고 있고, 기존 수리계산 법과의 상이한 사용법 및 설정 등으로 인해, 설계적용상에 어려움이 있어 이를 활용함에 참고가 되고자 본 자료를 배포합니다.

2. 프로그램 활용 시 금번 업그레이드에서 달라진 점

2006년 8월 31일자 업그레이드에는 “상시토사퇴적 및 유송잡물을 고려한 수리계산”에 대한 초기 적용상의 문제점이 발견되어, 프로그램의 로직과 수리계산 방법을 대폭 수정하여, 당사에서 자체 Test 후 배포하고 있습니다.

금번 업그레이드에서 달라진 점은 다음과 같습니다.

- 1) 기존 “일정한 단면”과 “일정하지 않은 단면”의 설정을 사용자가 직접 하던 것을 입력된 자료 즉 기존수로의 폭원, 경사, 설치되는 암거의 경사 및 폭원 등을 프로그램에서 자동 판단하여 수리계산을 수행합니다.
- 2) 기존수로의 폭원이 설치되는 암거보다 작을 때, 단면적 90%에 해당되는 입력 Error를 없애고, 단면 확대 또는 축소에 대한 손실 수두 값을 자동적용 함으로써 프로그램의 활용성을 높였습니다.
- 3) 일부 균형에서 유입부 수두의 계산이 잘못되어, 단면결정시 N.G의 판단이 잘못되는 현상이 있어 이를 수정하였습니다.
- 4) 기존수리계산 한 DATA를 “토사퇴적을 고려한 수리계산”으로 변경할 때 일부 DATA 손실이 있는 것을 수정 하였습니다.
- 5) “상시토사퇴적 및 유송잡물을 고려한 수리계산”에서 적용되는 6가지 수리형태의 판단 근거를 명확히 하여 수리형태의 판단을 강화하였습니다.

3. “기존수리계산과 토사유적수리계산”에서 달라진 점 (특징 및 장점)

구 분	기존 수리계산법	새로운 수리계산법	비 고
상시 토사퇴적 고 려	없음	상시토사퇴적을 고려한 여유분 α_1 을 수리계산에 적용	암거높이 = ($1 + \alpha_1 + \alpha_2$) × 유입부 수위
유송잡물 고 려	없음	유송잡물 및 기타상황에 대처하는 여유분 α_2 를 수리계산에 적용	
기존 수로 고 려	없음	기존수로의 경사, 폭 등을 고려한 수리계산	
유입부 및 유출부 잠수	설계 허용 (1군 4형식, 2군 전체)	유입부 및 유출부가 잠수되는 상황을 배제하여 안전성 확보	$h_1 + Z_1 < \text{성토고}$
암거 내 만수위	설계 허용 (2군 6형식, 7형식)	암거내 수위가 최대 암거 높이까지 상승하여도 α_1, α_2 에 의한 여유분을 반영하여 안전성 확보	유입부수심 < 암거높이
단면 급축소 고 려	없음	기존수로와 신설암거의 폭비율에 따른 에너지 손실 반영	에너지 손실계수 ε 산정
필요단면 제 시	불가능	설계자 및 시공자가 필요 단면 선택 가능	
수위검토	유입부 수위만 검토 가능	기존수로, 유입부, 암거내 유출부 등 각 단면 별로 수위 산출 가능	각 단면에 대한 에너지 방정식 이용

4. 토사유적수리계산을 수행할 경우 참고할 사항 및 유의점

2003년 12월에 "도로배수시설 설계 및 유지관리지침"이 건교부에서 나왔습니다.

여기에는 기존의 수리계산법이외에도, 토사퇴적 및 유송잡물을 고려한 수리계산법이 제시되어 있습니다.

이는 2002년 대풍 루사 등의 재해가 발생하였을 경우, 도로에 설치되는 횡배수구조물에 상시로 퇴적되어있는 토사와 집중호우 시 유입되는 유송잡물(돌, 유목 등)을 고려하여 그만큼의 안전율을 고려하여 횡배수관의 규격을 결정하는 방식입니다.

요즘 수해로 인해 각지방청 및 발주기관에서 이 계산법으로 규격결정을 요구하고 있는 예가 늘어나고 있어, 관심은 많이 증대 되었으나, 기존의 방식과 비교하여 볼 때 설계자가 적용하기에 어려운 점이 있는 것으로 생각됩니다.

- 1) 그중하나는 실제로 적용하는 것에 대한 문의 사항입니다. 즉 이것으로 적용하라는 것인지, 기존 설계방식을 적용하라는 것인지에 대한 질문입니다.

이는 당사에서 결정할 문제는 아니라고 생각되어집니다. 다만, 유지관리지침이 현재 도로설계에서 적용되는 최상위 배수지침이라는 것입니다.

토사퇴적 및 유송잡물을 고려한 수리계산법을 모두 적용 시켜서 설계를 하라는 말은 없습니다. 그리고 이러한 것을 고려하지 않은 상황에서 설계를 하지 않은 것이 기존의 설계방식입니다.

그러나 많은 설계자분들이 기존 수리계산에서도, 안전율이 고려되어 있다고 말씀을 하시고 계시지만, 이는 잘못 알고 계신 것입니다. 0.75D, 0.8D라는 것을 예로 들어 많이들 말씀하시지만, 이는 기존수리계산법에서 2군의 6형과 7형식, 즉, 암거가 관수로의 형태를 보일 때의 흐름의 유지조건이지, 안전율은 아니라는 것입니다. 2군의 6형식과 7형식이외에는 어디에도 이러한 0.75D, 0.8D는 적용되지 않고 있습니다.

따라서 기존수리계산법에서는 안전율이라고 하는 부분을 정의하기에는 다소 무리가 있습니다. 그러나 토사퇴적 및 유송잡물을 고려한 수리계산법에는 상시 토사퇴적을 고려한 안전율과 유송잡물을 고려한 안전율을 각기 정하고 있어, 안전율을 필요로 하는 부분에 대해서는 감독관과 협의 하에 적용하시길 바랍니다.

- 2) α_1 , α_2 에 대한 기준

토사퇴적 및 유송잡물을 고려한 수리계산법에는 두 가지 안전율 계수가 들어있습니다. α_1 은 상시 토사퇴적을 고려한 안전율로써 이는 20%로 명시되어 있습니다만, α_2 는 유송잡물의 유입을 고려한 안전율로써 이는 유지관리 지침에서 명확하게 명시되어 있지 않습니다.

토사퇴적은 상시로 일어나기 때문에 어느 정도의 평균값은 구할 수 있는데 비해, 유송잡물의 유입은 횡배수관이 설치되는 위치, 주변여건 등에 대해 각기 다르므로, 이를 정의하고 있지 않습니다. 그러나 많은 설계자분들이 이에 대한 가이드라인을 요구하고 계십니다. 정확하게 말씀드리면, 이는 설계자 판단사항입니다. 배수구조물 조사를 할 때 주변여건, 주민들의 의견 등을 수렴하셔서, 유입부에 유송잡물에 영향을 받을 가능성이 있는 배수관에 대해서 적용하셔야 합니다. 물론 이러한 것을 모두 파악하기엔 무리가 있습니다만, 현재의 기준이 그렇습니다.

다만, 현재 당사에서는 이에 대한 가이드라인 연구를 건교부에 요청을 해놓은 상황이며, 이에 대한 연구가 조만간 진행될 것 입니다.

당사에서 이 부분에 대한 프로그램을 만들면서 테스트 해본결과, 각 STA.마다 상황은 다를 것입니다. 나무가 많고, 활엽수가 많은 지역은 30%정도, 기존 수로가 콘크리트 등으로 정비되어 있을 경우는 10-20%정도 적용하여 계산을 해본결과 규격이 과대단면으로 나오는 부분은 어느 정도 해소될 수 있었습니다. **다만, 이수치는 당사에서 임의로 적용한 수치이지, 어떠한 구속력을 가지고 있는 것은 아닙니다. 업무에 참조 바라오며, 각각의 배수관에 대한 기준은 설계자와 감독관과 협의 하에 적용하시는 것이 바람직합니다.**

3) 토사유적 및 유송잡물을 고려한 수리계산 적용시기

근래 수해가 문제가 되고 있고, 각지방청에서 이를 적용하여, 검토하라는 이야기가 있는 것으로 알고 있습니다. 이로 인해 적용하는 시점에 대한 문의가 많습니다. 이는 당사에서 뭐라고 말씀드리기 정말 곤란한 문제입니다. 각각의 프로젝트별로 발주처에서 요구하는 것이 다르기 때문입니다. 그러나 한 가지 분명한 것은 2003년 12월 "도로배수시설 설계 및 유지관리 지침"에 본 수리계산법이 제시되어 있으며, 이는 2003년 12월 이후에는 적용하는 것으로 보는 것이 타당하다는 것이 당사의 의견입니다.

본 유지관리지침의 제정 및 실시 목적이 이러한 유송잡물 및 배수시설의 강화에 있기 때문입니다.

4) 기존 수리계산과의 관계

지금까지 도로 횡배수관의 수리계산은 도표를 찾는 것에 의존한 것이 사실입니다. 그러나 이는 수리학적인 근거에 의해 만들어진 수리계산이며, 당사에서 프로그램화 한 것처럼, 정확한 수리학적인 근거에 의해 만들어져 있는 것입니다. 당사에서 교육을 받으신 분들은 알고 계실 것입니다. 토사퇴적 및 유송잡물을 고려한 수리계산법은 기존수리계산법과 수리학적인 근거는 거의 비슷합니다. 전혀 다른 수리계산법이 아니라는 것입니다.

물론, 유도방식과 적용되는 에너지 방정식은 다르지만, 원리는 같은 것입니다.

5. “상시토사퇴적을 고려한 수리계산” 을 설계적용 할 경우 유의사항

1) 기존 수로 단면의 결정

기존수리계산의 수행 시, 많은 설계자분들이 기존수로를 고려해야 함에도 불구하고 기존수로를 고려하지 않고, 설계 해온 것이 사실이었습니다. 따라서 당사에서는 로드택 V1.0에서 기존수로의 단면을 간단하게나마, 고려하는 방식을 취했습니다. 그러나 대부분의 설계자들이 기존수로와 암거와의 관계를 명확하게 알지 못하고 있는 것이 또한 현실입니다.

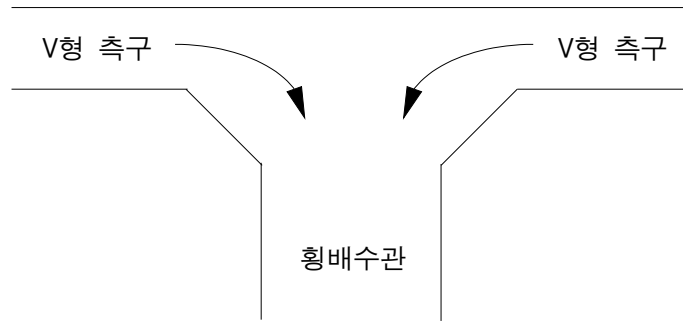
그러나 토사유적수리계산에서는 기존수로와 설치되는 암거와의 관계에서 기존수로의 역할과 제원이 중요한 변수로 작용합니다. 따라서 이에 대한 설정에 대해 말씀드리겠습니다.

우선 현재 제시되어 있는 수리계산방법 즉, 기존수리계산법과 토사퇴적을 고려한 수리계산법 모두 기존수로에서 설계유량(Qd)을 받아서, 설치되는 암거로 통과될 때의 수리검토를 하는 것을 전제로 하고 있습니다.

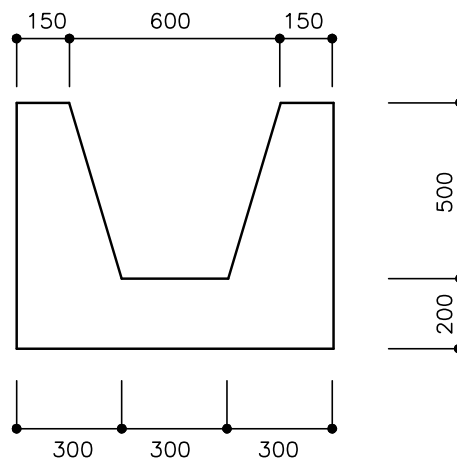
그러나 실제 설계에서는 이렇게 자연수로에서 유량(Qd)을 직접 받아서, 배수암거를 통과하는 경우 이외에도, V형측구로 부터 유량(Qd)을 받는 경우, 배수관 앞에 집수정이 설치되는 경우, 유입부에 깔기부 도수로 및 유출부에 도수로가 설치되는 경우 등 여러 가지 형태의 배수구조물이 설치될 수 있습니다. 이러한 경우에는, 원래의 수리계산상으로는 횡배수관 수리계산을 하는 것에는 현재의 설계법상으로는 검토가 되지 못하는 부분이 있습니다.

그러나 현재 이러한 상황에서의 수리검토에 대한 상황은 제시되어 있지 않고 있고, 외국사례도 없는 것이 현실이므로, 유지관리지침에서 제시된 횡배수관 수리계산을 하는 수밖에 없습니다. 따라서 집수정, 도수로, V형측구 등의 인접구조물이 횡배수관 구조물 전·후에 설치 될 경우에는 기존수로를 가정하여 주셔야 합니다. 일정한 단면으로 수리계산을 원하실 경우에는 설치되는 암거와 기존수로의 저판폭, 그리고 경사를 설치되는 암거와 비슷하거나, 동일하게 입력하여 주시고, 일정하지 않은 단면으로 계산을 하고자 할 경우에는 동일하지는 않으나, 설치되는 암거보다는 조금 크게 기존수로를 가정해 주시는 것이 좋습니다. 많은 분들이 집수정이나, 도수로, V형측구 등에서 횡배수 시킬 때, 설치되는 구조물의 사이즈를 기존수로 폭원을 입력하시는데 이는 잘못된 것임을 말씀드립니다.

예를 들어, V형측구 로부터 유입되는 우수를 횡배수관으로 통과시킬 경우에는 다음과 같은 형상이 될 것입니다.



위와 같은 경우에는 횡배수관 유입부에서, 설치되는 암거만큼의 수로폭과, 경사가 이미 날개벽 등으로 확보가 되어 있는 것으로 보는 것입니다. 그러나 아래와 같은 V형측구가 횡배수관에 아래의 단면 형태로 설치된다고 생각하시어 아래와 같은 V형측구 단면의 제원만을 입력하시면 수리계산이 된다 할 지라도 정확한 값으로 보기 힘듭니다. 집수정이나 도수로도 마찬가지입니다. 주의하여 주십시오

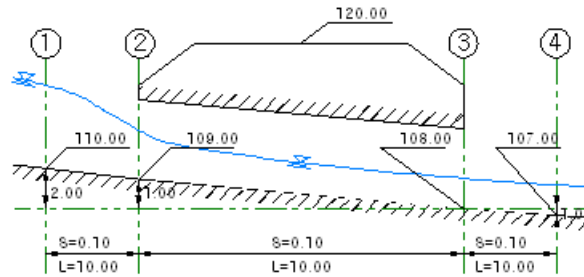


다시한번 강조드리지만, 기존수로가 아닌 인접 배수구조물로 부터 설계유량이 유입될 경우는 기존수로가 있는 것으로 가정하여 설계 적용해 주십시오.

2) 기존수로의 가정 시 주의사항

설치되는 횡배수 구조물 전후에 V형 측구, 집수정, 도수로 등의 배수구조물이 설치되는 경우 기존수로를 가정하여 수리계산을 수행하여야 합니다.

이 경우는 현재 “토사퇴적을 고려한 수리계산”에서의 횡단면도 입력을 할 때 다음의 상황에 주의하여 입력하여 주십시오



위 그림에서 ①과 ②사이에 EL 값과 L_{1-2} 의 연장을 입력할 경우 설치되는 암거의 S (경사)와 동일한 수준으로 가정하여 입력하는 것이 좋습니다.

물론 ①과 ②사이의 경사를 설치되는 암거와 다르게 가정하여도 상관없으나 깎기부 도수로와 같이 경사가 급한 구조물에서 유입되는 것으로 가정이 된다면 이는 점변류에서 수리 형상이 결정되고 에너지 방정식을 적용해야 하는 개수로에서는 적절하지 못한 입력값이기 때문에 수리 계산의 신뢰성이 없어져 버립니다.

또한 ③과 ④ 단면에서도 마찬가지입니다. 유입부에서 암거 구조물을 통과한 설계유량이 유출부에서 쌓기부 도수로 등을 만날 때도 급변류로 수리 형상이 변하게 되므로 ③과 ④의 단면설정시도 설치되는 암거 경사와 너무 크게 차이나도록 설정하는 것은 바람직하지 않습니다.

참고) 본 프로그램에서 ①과 ② 그리고 ③과 ④ 단면사이에 연장을 10m로 가정한 것은 프로그램 입력의 편의를 위한 것이므로 기존 수로의 연장과 경사도등을 고려하여 조정하여 사용하시기 바랍니다.

3) 설치 결정시 OK, NG의 판단

“상시토사퇴적을 고려한 수리계산”에서의 OK 또는 NG의 판단은 기존수리계산과는 다르다는 것을 말씀드립니다. 기존수리계산에서는 AHW와 HW의 관계에서 설치결정을 하지만, ‘상시토사퇴적 및 유송 잡물을 고려한 수리계산’에서는 다음과 같은 조건으로 판단됩니다.

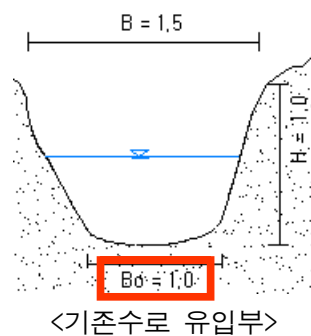
- ① 수면이 암거상면에 접하지 않는다.
- ② 암거 상류측 수심이 암거높이의 1.5배를 넘지 않는다. $D > (h_1 + Z_1 - Z_2)/1.5$
- ③ 암거 상류측 수위가 쌓기부 높이를 넘지 않는다. $h_1 < (\text{쌓기부높이})$

< 도로배수시설 설계 및 유지관리 지침 P208 >

4) “일정한 단면”과 “일정하지 않은 단면”의 구분

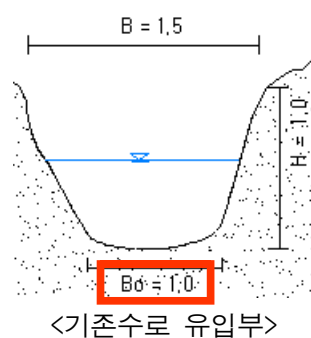
“상시토사퇴적을 고려한 수리계산”에서는 “**일정한 단면**”과 “**일정하지 않은 단면**”으로 구분되어 수리계산을 수행합니다. 이러한 구분에서 가장 중요한 요인은 기존수로와 설치암거와의 제원에서, 단면급 축소에 대한 **손실수두(ϵ)**를 적용하느냐, 않느냐에 대한 여부입니다. 또한 이에 따라서 적용되는 에너지방정식과 적용 프로세스가 달라져서 수리계산을 수행하게 됩니다.

본 프로그램에서는 기존수로의 저판폭과 설치되는 암거의 폭원이 같고, 경사도 일정할 경우에는 “**일정한 단면**”으로 수리계산을 수행하며, 그 이외의 경우에는 “**일정하지 않은 단면**”으로 수리계산을 자동 수행하도록 프로그램을 수정하였습니다.



구분	시산형태	Qd	구 격		수 두 계 산							소 견	비 고	
					Ho4	Hc2-3	Sc2-3	TYPE	ε	h1	h2			V3
■	PIPE	4.293	φ	1000	0.539	0.984	0.029	1 형식	-	0.459	0.563	10.119	O,K	

< 일정한 단면 >



구분	시산형태	Qd	구 격		수 두 계 산							소 견	비 고	
					Ho4	Hc2-3	Sc2-3	TYPE	ε	h1	h2			V3
☑	PIPE	1.594	φ	900	0.311	0.746	0.008	1 형식	0.012	0.92	0.746	10.254	O,K	

< 일정하지 않은 단면 >



5) “상시토사퇴적을 고려한 수리계산”시 적용되는 수리형태

기존수리계산에서는 2군 8형식 즉, 8가지 형태로 수리형상을 구분하여 설계에 적용하였습니다. (도로 배수시설 설계 및 유지관리지침 Page 175, 786 참조)

그러나 “상시토사퇴적을 고려한 수리계산”에서는 6가지 수리 형상(도로배수시설 설계 및 유지관리 지침 P.218)으로 수리형상을 구분하고 있습니다.

또한 1형식의 경우 유입부 수두는 **한계수심**을 사용하며, 2형식에서의 유입수두는 **등류수심**을 사용하는 것입니다. 착오 없으시길 바랍니다. (유지관리지침 P.214)