암거상단 상재토 단위체적중량 적용 검토

제공처 : 한국도로공사 설계처

출처 : 2012년도 고속도로 설계 실무자료집(2013, 한국도로공사)

1. 일반현황

1.1 검토목적

(1) 암거설계시 암거 표준도(2008년, 국토해양부)를 원칙으로 적용

(1.1) 표준도의 조건 및 내용과 상이한 조건의 경우 별도 검토 수행

(2) 상재토 단위중량은 토사기준(19kN/m3)으로 적용하나, 현장여건상 암성토 시행 등을 고려 상재토 단위체적중량 적용방안 검토 필요

1.2 관련기준

(1) 단위체적당 중량

(단위 : kN/m³)

구 분	암거표준도(국토해양부, 2008)	구조물 기초설계기준, 도로설계요령
자갈섞인모래	19.0 (토사)	20.0
모 래		19.0 ~ 20.0
사 질 토		19.0
점 성 토		18.0

(2) 단면검토시 적용하중[암거표준도(국토해양부, 2008)]

구 분	단 면 검 토	비고
상・하 슬래브	- 휨(모멘트만 고려) 적용	
벽 체	- 휨(모멘트만 고려) + 축력 병행 적용	

(3) 표준도 적용범위[암거표준도(국토해양부, 2008)]

(3.1) 토피 1.0~10.0m 적용

(3.1.1) 1.0m미만 또는 10.0m 초과시 별도 검토 시행

(3.2) 암거의 설계기준강도와 재료의 설계정수가 표준도와 상이한 경우 별도 검토 또는 설계 시행

(3.3) 연약지반, 경사지반 또는 부등침하우려구간, 지반조건 상이지반(절성경계부)과 직접기초 아닌 경우(Pile 기초 등), 지하수 영향이 있을 경우 별도 검토 시행

2. 현황 및 문제점

(1) 설계시 현장여건 고려없이 일률적으로단위체적중량을토사로 적용

(1.1) 순성토공구의고성토구간, 터널 · 입출구부근접구간 암성토 시공 빈번

(1.1.1) 상재토로 암성토 적용시 단위중량 증가(19→20)에 따라 암거 휨강도 부족 우려

※ 상주영덕 ○○공구 : 상·하부 슬래브 및 벽체 휨강도 부족

구 분	공사이정	규 격	토 피	검토결과	비고
통로암거	5+254	4.0×4.0	2.60m	상·하부슬라브 휨강도 부족	
통로암거	5+403	4.5×4.5	2.40m	상부슬라브 휨강도 부족	
수로암거	3+203	2.5×2.5	24.80m	상·하부슬라브 휨강도 부족	

☞ 현장여건, 상재토 종류 등을 고려 단면 등 구조검토 필요

(2) 설계자별 암거표준도 적용이 상이

(2.1) 설계조건과 동일하고 토피고(1.0m~10.0m)인 경우에도 별도 최적설계 시행

구 분	단면 검토시		벽체 검토시 고려하중	
	표준도 적용	최적화 적용	휨(모멘트)	휨(모멘트)+축력
부산외곽, 상주-영덕, 언양-영천		○		○
울산-포항	○			○

【표준도 작성목적】

○ 설계빈도가 많고 공법 및 설계기준 등이 동일한 경우가 많아 설계조건별, 규격별로 구조를 표준화함으로써 설계기간과 품질관리의 적정성을 도모

☞ 설계시 암거표준도 적용범위 등 세부기준 마련 필요

(3) 현장여건 변경시 별도 구조검토 미시행 우려

(3.1) 설계시의 설계조건을 설계도서에 명기하지 않음에 따라 공사시 현장여건이 변경되는 경우에도 추가 구조검토 미시행 우려

(3.2) 설계도면에 설계조건 등 명기 필요

[설계조건 (국토부 표준도, 2008)]

1. 사용재료(재료중량, 사용재료의 강도, 뒷채움재), 2. 지진계수
3. 노면활하중, 4. 수압(미고려), 5. 하중조합, 6. 기초지반
7. 구조세목에 의한 적용범위, 8. 표준도 적용의 제한범위 등

3. 개선내용

3.1 현장조건에 따라 상재토 단위체적중량 구분 적용

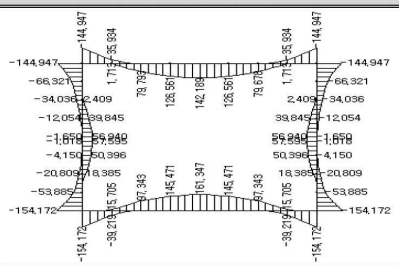
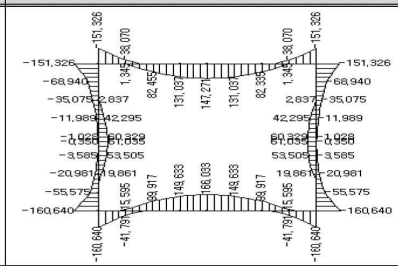
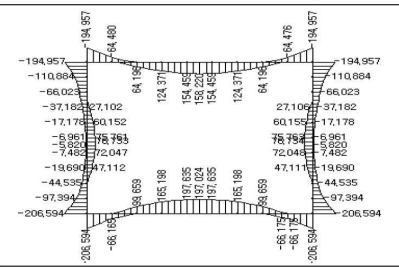
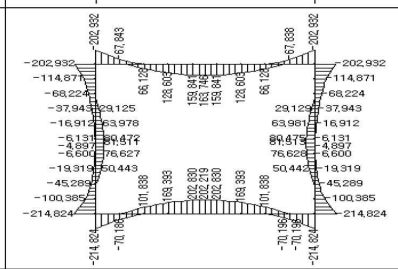
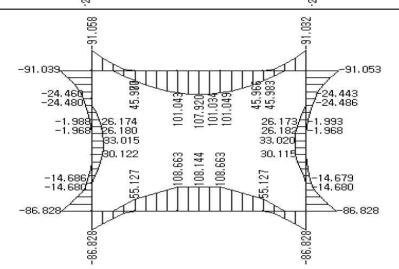
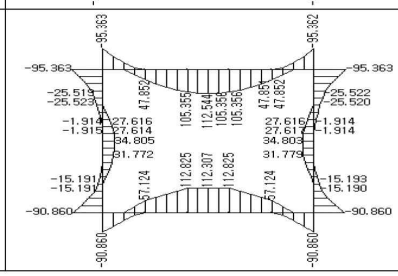
(1) (실시설계) 토공유동, 터널 인접구간 등을 고려 단위체적중량 적용

상재토	토사성토	암성토
단위체적중량	19kN/m³	20kN/m³

(1.1) 설계도 '암거 일반도 및 배근도' 상단에 단위체적중량 명기

(1.2) 단위체적중량 증가에 따른 공사비 증가는 미비(10,199~70,114원/m)

규 격	철근량		가공조립비용	
	19kN/m³	20kN/m³	19kN/m³	20kN/m³
4.0×4.0	H16-8EA=0.644	H19-8EA=0.652	820,975	831,174
4.5×4.5	H16-8EA=0.788	H19-8EA=0.843	1,004,547	1,074,661
2.5×2.5	H16-4EA+H13-4EA=0.381	H16-8EA=0.395	485,701	503,548

구 분	19kN/m³	20kN/m³
4.0×4.0 (FH=2.6m)		
4.5×4.5 (FH=2.4m)		
2.5×2.5 (FH=5.3m)		

【검토결과】 휨모멘트가 4~7kN 증가하며 단면력이 부족하거나, 최소철근비에 의해 철근 직경이 증가

3.2 실시설계시 암거 표준도 적용기준 명확

(1) 적용범위 내의 경우 표준도(2008. 국토부) 적용을 원칙

(1.1) 1.0m미만, 10.0m이상 : 암거표준도 설계조건에 의거 별도 검토 시행

(2) 토피고(1.0m~10.0m) 암거표준도 준용 최적설계 시행

(2.1) 토피고별 단면은 국토부 암거표준도를 준용하고 철근량을 조정

(3) 벽체 검토시 휨모멘트 + 축력 적용

(3.1) 휨모멘트 적용시보다 더 경제적으로 최적설계 가능

구 분	휨+축력		휨	
	철근량(ton/m)	가공조립비용(원/m)	철근량(ton/m)	가공조립비용(원/m)
4.0×4.0	0.652	831,174	0.680	866,868
4.5×4.5	0.843	1,074,661	0.852	1,086,135
2.5×2.5	0.395	503,548	0.395	503,548

3.3 설계도서에 설계조건 명기

(1) 공사중 현장여건과 다른 경우 별도 구조검토 시행 가능토록 설계조건, 적용의 제한범위 등 명기

(1.1) 수록위치 : 설계도 배수구조물도 수로암거 또는 통로암거 첫페이지

【수록내용(별첨#1)】

1. 적용범위(일반적 적용범위, 설계조건 및 구조세목에 의한 적용범위, 적용의 제한범위)
2. 참고기준
3. 암거규격(내공단면 결정조건)
   - 통로암거

구조물 규격	적용기준
6.0m×4.5m (규격은 검토후 반영)	기존도로 폭원 고려, 교량 설치 불합리한 곳 또는 경제성 확보 필요 위치
4.5m×4.5m	현재 대형차량이 통행하고 있거나, 장차 통행 가능성이 있는 곳
4.0m×4.0m	위의 규정에서 부득이 축소해야 할 경우
3.5m×3.5m	산간지대에서 차량의 통행이 없는 곳 또는 위의 기준에 만족하는 우회도로가 있는 곳
3.0m×3.0m	위의 기준외에 부득이한 곳

   - 수로암거
     ① 계획유량, 계획홍수량을 통과시킬 수 있는 단면으로 계획
     ② 내공높이는 H.W.L+여유고 이상일 것
     ③ 침사지를 두는 경우 토사유출량을 산정하여 높이 결정
     ④ 산악지 도로의 횡단암거는 상시로 퇴적되는 토석류 및 유송잡물 고려 규격 산정
4. 설계조건
5. 구조세목 및 주의사항

4. 결론

(1) 최근 설계노선이 산악지 등을 통과하여 암거 상단에 암성토 시행이 많을 것으로 예상됨에 따라

(1.1) 토공유동 등을 고려 상재토에 따라 적정 단위체적중량을 적용하고,

(1.2) 실시설계시 토피고 등에 따라 국토부 암거표준도에 대한 적용범위를 명확히하며

(1.3) 설계도서에 설계조건 및 적용범위를 명기함으로써 현장여건 변동시 별도의 구조검토 시행이 가능하도록 함이 타당

(2) 적용방안

(2.1) 설계중인 노선 : 본 방침 적용

(2.2) 공사중인 노선 : 공사주관(시행)부서 판단 후 적용

(3) 기대효과

(3.1) 설계조건 명기, 적용기준 정립으로 현장 오류 최소화

(3.2) 최적설계 추진으로 예산절감 가능(약 42,000원/m절감 가능)

(3.3) 부산외곽선(48.8km, 118개소/4,514m) 기준 212백만원 절감

5. 기타

5.1 암거의 일반사항

5.1.1 적용범위

5.1.1.1 일반적 적용범위

(1) 도로와 일체 또는 부대시설로서 수로 및 통로암거의 설계 · 시공에 적용하여야 한다.

(2) 표준도의 적용토피는 1.0m~10.0m 사이로 토피두께 1m 단위로 구분하였고 10m이하의 토피에만 적용하여야 한다.

(3) 본 표준도는 범용적으로 사용할 수 있는 설계조건을 기준으로 작성되었으므로 표준도의 내용과 상이한 조건에서는 별도 검토 수행하여야 한다.

5.1.1.2 설계 조건에 의한 적용범위

다음과 같은 조건과 상이한 경우에는 별도의 구조검토를 수행 후 설계하여야 한다.

(1) 재료중량

(1.1) 철근콘크리트 = 24.5 kN/㎥

(1.2) 포장 = 22.5 kN/㎥

(2) 사용재료의 강도

(2.1) 콘크리트 강도(fck) = 24 MPa

(2.2) 콘크리트 탄성계수(Ec) = 27000 MPa

(2.3) 철근(SD400) (fy) = 400 MPa

(2.4) 철근 탄성계수(Es) = 200000 MPa

(3) 토사

(3.1) 흙의 단위중량 (γt) = 19.9 kN/㎥

(3.2) 내부마찰각 (Φ) = 30.0 °

(3.3) 토압계수(정지토압계수)= $1 - \sin\Phi$ = 0.5

(4) 지진계수

(4.1) 내진등급 : 2 등급(위험도 계수 : 1.0)

(4.2) 지진구역 : I 구역(지진구역 계수 : 0.11)

(4.3) 지반종류 : Sd

(4.4) 붕괴방지수준

(5) 노면활하중 : DB-24 적용

(6) 수압 : 미고려

(7) 하중조합 : 콘크리구조설계기준(2007)적용

(8) 기초지반 : 표준도에서 제시한 지반반력이상의 지지력을 갖고 있는 지반에 적용(도면참조)

5.1.1.3 구조세목에 의한 적용범위

(1) 피복두계 : 암거의 방수방법, 무늬거푸집 사용등 기타 다른 이유에 의해 부득이 피복두께를 변경시에는 관련 설계기준에 따라 별도 검토한다.

(2) 정착 및 이음 : 콘크리트 구조설계기준 및 도로교 설계기준 등에서 제시하고 있는 방법에 따라 합리적으로 변경할 수 있다.

5.1.1.4 표준도 적용의 제한

아래와 같은 조건에서는 표준도를 그대로 적용할 수 없으며, 조건에 따라 별도 검토 또는 설계하여야 한다.

(1) 암거의 설계기준 강도 및 재료의 설계정수가 표준도와 상이한 경우

(2) 하중조합에 대한 사항 : 본 표준도는 콘크리트구조설계기준에 의한 하중조합을 적용하였으므로 기타 다른 기준에 의한 설계시에는 별도 검토 후 적용

(3) 하중에 대한 사항

(3.1) DB-24를 초과하는 노면 활하중이 작용하는 경우

(3.2) 암거에 지하수의 영향에 의한 수압이 작용하는 경우

(3.3) 표준도에 적용한 하중의 종류와 크기가 명백히 다른 경우

(4) 기초지반에 대한 사항 : 연약지반과 경사지반 또는 부등침하의 우려가 있는 지반에 설치되거나 지반조건이 상이한 구간(절성경계)에 걸쳐 설치되는 암거의 경우. 단, 연약층을 완전히 제거하고 양질의 재료로 치환한 경우나, 지반개량을 암거 시공전 시행하는 경우에는 본 표준도를 적용할 수 있다.

(5) 기초형식 : 직접기초가 아닌 경우(Pile 기초 등)

(6) 기타

(6.1) 암거의 주철근을 사각으로 배치하는 경우

(6.2) 토피가 1.0m 이내인 경우

5.1.2 참고기준

(1) 건설교통부 제정 도로암거표준도 종합보고서(2003. 건설교통부)

(2) 건설교통부 제정 콘크리트 구조 설계기준(2007, 한국콘크리트학회)

(3) 건설교통부 제정 도로교 설계기준(2005, 한국도로교통협회)

(4) 건설교통부 제정 도로 설계기준(2005, 한국도로교통협회)

5.1.3 암거규격

5.1.3.1 내공단면 결정 조건

(1) 통로암거

(1.1) 도로의 시설한계 이상일 것

(1.2) 필요한 경우 배수시설과 매설관(통신, 전기등)등의 설치공간 확보할 것

(1.3) 도로와 개수로가 병행할 경우 도로의 시설한계 및 수로 통수단면 유지할 것

구조물 규격	적 용 기 준
6.0m×4.5m (규격은 검토후 반영)	기존도로 폭원고려, 교량설치 불합리한 곳 또는 경제성 확보 필요위치
4.5m×4.5m	현재 대형차량이 통행하고 있거나, 장차 통행 가능성이 있는 곳
4.0m×4.0m	위의 규정에서 부득이 축소해야 할 경우
3.5m×3.5m	산간지대에서 차량의 통행이 없는 곳, 또는 위의 기준에 만족하는 우회 도로가 있는 곳
3.0m×3.0m	위의 기준외에 부득이한 곳

(2) 수로암거

(2.1) 계획유량, 계획홍수량을 통화시킬 수 있는 단면으로 계획할 것

(2.2) 내공높이는 H.W.L+여유고 이상일 것

(2.3) 침사지를 두는 경우 토사유출량을 산정하여 높이 결정

(2.4) 산악지 도로의 횡단암거는 상시로 퇴적되는 토석류 및 유송잡물을 고려하여 규격 산정

5.1.3.2 도로암거 표준도 규격

구 분	1련암거(B×H)	2련암거(B×H)	3련암거(B×H)
통로암거	3.0m×2.5m 3.0m×3.0m 3.5m×3.5m 4.0m×4.0m 4.5m×4.5m 5.0m×4.5m 6.0m×4.5m	3.0m×2.5m 3.0m×3.0m 3.5m×3.5m 4.0m×4.0m 4.0m×4.5m 4.5m×4.5m 5.0m×4.5m	
수로암거	2.0m×1.5m 2.0m×2.0m 2.5m×2.0m 2.5m×2.5m 3.0m×2.5m 3.0m×3.0m 3.5m×3.5m 4.0m×4.0m 4.5m×4.5m 5.0m×5.0m	2.0m×1.5m 2.0m×2.0m 2.5m×2.0m 2.5m×2.5m 3.0m×2.5m 3.0m×3.0m 3.5m×3.0m 3.5m×3.5m 4.0m×4.0m	2.0m×1.5m 2.5m×2.0m 3.0m×2.5m 3.0m×3.0m 3.5m×3.0m 3.5m×3.5m 4.0m×4.0m

5.1.4 도로암거 표준도 설계조건

5.1.4.1 사용재료

(1) 재료의 설계기준 강도

(단위 : MPa)

구 분	철근콘크리트	버림콘크리트	철근(SD400)	비 고
강 도	24	16	400	

(2) 재료의 단위중량

(단위 : kN/m³)

구 분	철근콘크리트	버림콘크리트	아스팔트포장	비 고
강 도	24.5	23.0	22.5	

(3) 뒷채움재

내부마찰각	단위중량	토압계수	비 고
Φ = 30.0°	γt = 19.0 kN/m³	K_o = 0.50	배수가 용이한 SB-1 이상의 재료

5.1.4.2 설계하중

(1) 노면 활하중

(1.1) 토피두께 1.0m≤D＜4.0m인 경우

(1.1.1) Bo ≤ W_1 인 경우

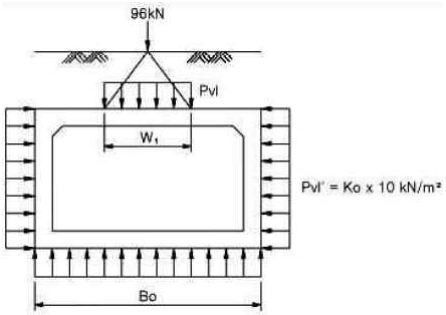
$$Pvl = \frac{2Pr(1+i)}{B \cdot W_1} = \frac{Pr(1+i)}{1.5(0.2+2D)} (kN/m^3)$$

(1.1.2) Bo ＞ W_1 인 경우

$$Pvl = \frac{2Pr(1+i)(Bo-D-0.1))}{Bo^2} (kN/m^2)$$

(1.1.3) 충격계수

토피두께(D)	0.15m≤D≤1.0m	1.0m<D≤2.0m	2.0m<D≤3.0m	3.0m<D
충격계수(i)	0.3	0.2	0.1	0



(1.2) 토피두계 4m 이상인 경우(D≥4.0m)

Pvl = 10 kN/㎡

(2) 측벽에 작용하는 토압은 구조물의 강성을 고려하여 정지토압을 적용한다.

(3) 암거의 뒷채움 재료를 배수가 용이한(SB-1) 재료로 적용하여 수압의 영향을 배제하고, 접속 배수처리토록 하여 수압이 작용하는 것을 최소시켜 수압작용을 무시함. 단, 수압의 영향을 배제할 수 없는 경우에는 수압의 영향을 고려하여 별도 검토하여야 한다.

(4) 내진설계 : 성능에 기초한 내진설계 개념을 도입하여 성능수준은 붕괴방지수준을 적용하였으며 내진등급 2등급, 지진구역 I 구역, 지반종류 Sd을 채택하였다.

5.1.5 구조세목 및 주의사항

(1) 기초공

(1.1) 기초시공시 기초지반 다짐을 시행하고 구조물 시공이 원활하도록 10cm의 버

림 콘크리트를 타설하도록 한다.

(1.2) 연약지반에 암거를 설치할 경우에는 암거 시공전에 선재하공법, 배수공법 등에 의해 지반 개량을 한다.

(1.3) 연약층의 두께가 얇을 때는 연약층을 양호한 지반면까지 제거하고 양질의 재로로 치환한다. 치환 재료는 뒷채움재 이상으로 하고, 지하수가 있는 경우는 알맞게 섞은 쇄석 등 양질의 재료를 사용한다.

(2) 신축이음 : 신축이음의 방향은 측변에 직각으로 하는 것을 원칙으로 하고 토피 두께가 작을때(암거의 상면이 노상에 위치 할 경우)는 중앙분리대의 위치 또는 차선표시방향으로 하는 것이 좋다. 그러나 도로성토 중앙부에 지반응력이 크므로 제반조건이 불량한 경우에 신축이음의 위치는 도로 중앙부를 피해야 한다. 신축이음부에는 충분한 방수처리를 하여야 한다. 신축이음의 간격은 15~20m 이하로 하여야 한다.

(3) 뒷채움공 : 뒷채움공은 암거에 접속한 부분의 노면 침하에 영향을 미칠뿐 아니라 토압이 작용을 좌우한다. 그러므로 뒷채움 할 때는 편토압이 작용하지 않도록 양측의 진행상태를 맞춰 성토재, 절토재의 혼입의 우려가 적게 시공하고, 충분한 배수처리가 필요하다. 뒷채움 재료는 토목공사 표준 일반시방서 제2장 2절에 따르고, 한층의 마무리 두께는 20cm 이하로 충분히 다져야 한다.

(4) 본체공의 타설이음 : 콘크리트 타설시 타설이음의 위치는 설계와 응력분포를 고려하여 결정하여야 한다.

(5) 암거사각부 : 암거사각부는 경사지간방향으로 보강철근을 배치하여야 한다.

5.2 관련 설계기준

5.2.1 암거표준도(국토부, 2008) 설계조건

구 분	설 계 조 건
(1) 재료중량	- 철근콘크리트 = 24.5kN/㎥ - 포장 = 22.5kN/㎥
(2) 사용재료의 강도	- 콘크리트 강도(f_{ck}) = 24 MPa - 콘크리트 탄성계수(E_c) = 27000 MPa - 철근(SD400) (f_y) = 400 MPa - 철근 탄성계수 (E_s) = 200000 MPa
(3) 토사	- 흙의 단위중량 (γ_t) = 19.0 kN/㎥ - 내부마찰각 (∅) = 30.0° - 토압계수(정지토압계수)=1-sin(∅)= 0.5
(4) 지진계수	- 내진등급 : 2 등급 (위험도 계수 :1.0) - 지진구역 : Ⅰ구역 (지진구역 계수 :0.11) - 지반종류 : S_d - 붕괴방지수준
(5) 노면활하중	- DB-24 적용
(6) 수압	- 미고려
(7) 하중조합	- 콘크리트 구조설계기준(2007)적용
(8) 기초지반	- 기초 저면에서의 지반반력은 저면지반의 허용 지지력을 초과하지 않는 범위에서 적용

5.2.2 도로설계요령 등 타 설계기준

<table>
<tr><th>구 분</th><th>설 계 조 건</th></tr>
<tr><td>(1) 재료중량</td><td>- 철근콘크리트 = 2,500kg/㎥
- 아스팔트 포장 = 2,300kg/㎥</td></tr>
<tr><td>(2) 사용재료의 강도</td><td>- 콘크리트 강도(f_{ck}) = 24 MPa
- 콘크리트 탄성계수(E_c) = $0.0077 m_c^{1.5} \sqrt[3]{f_{cu}}$ MPa
- 철근(SD400) (f_y) = 400 MPa
- 철근 탄성계수 (E_s) = 200000 MPa</td></tr>
<tr><td>(3) 토사</td><td>- 흙의 단위중량 (γ_t) = 19.0 kN/㎥ (∅= 30.0°)
- 흙의 단위중량 (γ_t) = 20.0 kN/㎥ (∅= 35.0°)</td></tr>
<tr><td>(4) 노면활하중</td><td>- DB-24 적용
노면 활하중 (D/Bo≥0.5) (단위 : kN/m²)
<table>
<tr><th>토피두께 (D, m)</th><th>노면활하중 (Pvi,kN/m²)</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>1.0</td><td>39</td><td rowspan="6">• 토피의 중간 값은 노면활하중 상위의 값을 적용</td></tr>
<tr><td>1.5</td><td>25</td></tr>
<tr><td>2.0</td><td>18</td></tr>
<tr><td>2.5</td><td>14</td></tr>
<tr><td>3.0</td><td>11</td></tr>
<tr><td>3.5이상</td><td>10</td></tr>
</table>
노면 활하중 (D/Bo<0.5) (단위 : kN/m²)
<table>
<tr><th>D/Bo</th><th>노면활하중 (Pvi× D, kN/m²)</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>0.1</td><td>17</td><td rowspan="4">• D/Bo의 중간 값은 Pvi× D의 상위의 값을 적용
• 노면활하중 (Pvi)은 표의 값을 D로 나누어 구함</td></tr>
<tr><td>0.2</td><td>27</td></tr>
<tr><td>0.3</td><td>33</td></tr>
<tr><td>0.4이상</td><td>36</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>(5) 지진계수</td><td>- 지진구역 : Ⅰ,Ⅱ구역으로 구분
- 지반종류 : S_a, S_b, S_c, S_d, S_e 로 구분</td></tr>
</table>

주) 검토 설계기준 : 도로교설계기준(국토해양부, 2010), 도로설계편람(국토해양부, 2008), 도로설계요령(한국도로공사, 2009), 콘크리트 설계기준·해설(한국콘크리트학회, 2007)

5.2.3 하중조합 비교

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>암거 표준도(2008)</th><th>콘크리트 설계기준(2007)</th></tr>
<tr><td rowspan="3">하중조합</td><td>공통</td><td colspan="2">· α_H : 토피의 두께에 따른 연직방향 하중 H_v에 대한 보정계수
h ≤ 2.0m 에 대해서, α_H=1.0
h > 2.0m 에 대해서, α_H=1.05-0.025h (≥ 0.875)</td></tr>
<tr><td>상시</td><td>· 1.2D+1.6($\alpha_H H_v$+L+H_h)
· 0.9D+1.6($\alpha_H H_v$+H_h)
· 1.2D+1.6($\alpha_H H_v$+L)+0.8H_h</td><td>· 1.4(D+H_v)
· 1.2(D+T)+1.6($\alpha_H H_v$+L+H_h)
· 1.2D+1.0L
· 1.2(D+T)+1.6($\alpha_H H_v$+L)+0.8H_h
· 0.9D+1.6($\alpha_H H_v$+H_h)</td></tr>
<tr><td>지진시</td><td>· 1.0(D+Hv+L+H_h+E)</td><td>· 1.2D+1.0L+1.0E
· 0.9D+1.6(α_HHv+H_h)+1.0E</td></tr>
</table>

5.2.4 단위체적중량

(1) 국도건설공사 설계실무요령(국토해양부, 2008)

종 류		상 태		지하수위 이상 흙의 단위체적중량 (kN/m^3)
흙쌓기	자갈섞인모래	다져진 것		20
	모래	다져진 것	입도가 좋은 것 입도가 나쁜 것	20 19
	사 질 토	다져진 것		19
	점 성 토	다져진 것		18
자연지반	자 갈	조밀한 것 또는 입도가 좋은 것 조밀하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것		20 18
	자갈섞인 모 래	조밀한 것 조밀하지 않은 것		21 19
	모 래	조밀한 것 또는 입도가 좋은 것 조밀하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것		20 18
	사 질 토	조밀한 것 조밀하지 않는 것		19 17
	점 성 토	단단한 것(손가락으로 세게 눌러 약간 들어감, N=8~15) 약간 연한 것(손가락으로 보통 힘으로 눌러 들어감, N=4~8) 연한 것(손가락이 쉽게 들어감, N=2~4)		18 17 16
	점토 및 실트	단단한 것(손가락으로 세게 눌러 약간 들어감, N=8~15) 약간 연한 것(손가락으로 보통 힘으로 눌러 들어감, N=4~8) 연한 것(손가락이 쉽게 들어감, N=2~4)		17 16 14

(2) 구조물 기초설계기준(국토해양부, 2009)

(2.1) 흙의 종류별 일반적인 토성치(Hough. 1969)

흙의 종류	입경(mm)		건조단위중량 (tf/m^3)			습윤단위중량 (tf/m^3)	
	D_{max}	D_{min}	최소	다짐 100%	최대	최소	최대
조립토							
(1) 균등한 흙							
균질하고 균등한 모래 (세립 또는 중립)	-	-	1.33	1.84	1.89	1.35	2.17
균등한 무기질 실트	0.05	0.005	1.28	-	1.89	1.30	2.17
(2) 입도가 양호한 흙							
실트질 모래	2.0	0.005	1.39	1.95	1.95	1.41	2.27
균질한 세립내지 조립모래	2.0	0.05	1.36	2.11	2.21	1.38	2.38
운모질 모래	-	-	1.22	-	1.92	1.23	2.22
실트질 모래와 자갈	100	0.005	1.43	-	2.34	1.44	2.47
혼합토							
모래질 또는 실트질 점토	2.0	0.001	0.96	2.08	2.16	1.60	2.35
자갈 또는 암편 섞인 실트질 점토	250	0.001	1.35	-	2.24	1.84	2.42
입도가 양호한 자갈, 모래, 실트와 점토 혼합토	250	0.001	1.60	2.24	2.37	2.00	2.50
점질토							
점토(점토 30~50%)	0.05	0.5μ	0.80	1.68	1.79	1.51	2.13
콜로이드 점토(2μ 이하 50%)	0.01	10Å	0.21	1.44	1.70	1.14	2.05
유기질토							
유기질 실트	-	-	0.64	-	1.76	1.39	2.10
유기질 점토 (점토 30~50%)	-	-	0.48	-	1.60	1.29	2.00

(3) 도로공사 실무요령(한국도로공사, 2009)

(3.1) 토공재료의 개략적인 단위중량(표준품셈)

종 별	형 상	중량(kN/m^3)	비 고
암 석	화강암 안산암 사 암 현무암	26~27 23~27 24~28 27~32	자연상태
자 갈	건 조 습 기 포 화	16~18 17~18 18~19	자연상태
모 래	건 조 습 기 포 화	15~17 17~18 18~19	자연상태
점 토	건 조 습 기 포 화	12~17 17~18 18~19	자연상태
점질토	보 통 역이 섞인 것 역이 섞이고 습한것	15~17 16~18 19~21	자연상태
모래질 흙 자갈 섞인 토사 자갈 섞인 모래 호박돌		17~19 17~20 19~21 18~20	자연상태
사 석 조약돌		20 17	자연상태

※주의사항

① 지하수위 이하에 있는 흙의 단위체적중량은 각각의 값에서 1.0을 뺀 값으로 한다.

② 단위체적줄량의 값을 결정하는 경우 다음 사항에 주의한다.

◦터널 버럭이나 암괴등은 입경이나 간극에 따라 다르기 때문에 과거의 실적이나 현자 실험에 의하여 결정한다.

◦자갈혼입 사질토나 자갈혼입 점성토는 자갈 혼합비율 및 상태에 따라 적절히 정한다.

③ 내부마찰각 및 점착력의 값은 압밀 비배수 전단강도에 의한 개략적인 값이다.

④ 굳은 것(N치=8~15), 약간 무른 것(N치=4~8)을 기준으로 한다.

(3.2) 토공재료의 개략적인 토질정수(일본)

종 류		재료의 상태		단위체적 중량 (kN/m³)	내부 마찰각 Φ(°)	점착력 C (kN/m³)	분류기호 (통일분류)
흙쌓기	자갈 및 자갈 섞인모래	다진 것		20	40	0	GW, GP
	모 래	다진 것	입도가 좋은것	20	35	0	SW, SP
			입도가 나쁜것	19	30	0	
	사질토	다진 것		19	25	30이하	SM, SC
	점성토	다진 것		18	15	50이하	ML, CL MH, CH
자연지반	자 갈	밀실한 것, 입도가 좋은 것		20	40	0	GW, GP
		밀실하지 않은 것, 입도가 나쁜 것		18	35	0	
	자갈 섞인 모래	밀실한 것		21	40	0	GW, GP
		밀실하지 않은 것		19	35	0	
	모 래	밀실한 것, 입도가 좋은 것		20	35	0	SW, SP
		밀실하지 않은 것, 입도가 나쁜 것		18	30	0	
	사질토	밀실한 것		19	30	30이하	SM, SC
		밀실하지 않은 것		17	25	0	
	점성토	굳은 것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감)		18	25	50이하	ML, CL
		약간 무른 것(손가락 중간정도의 힘으로 들어감)		17	20	30이하	
		무른 것(손가락이 쉽게 들어감)		17	20	15이하	
	점토 및 실트	굳은 것(손가락으로 세게 눌러 조금 들어감)		17	20	50이하	MH, CH ML
		약간 무른 것(손가락 중간정도의 힘으로 들어감)		16	15	30이하	
		무른 것(손가락이 쉽게 들어감)		14	10	15이하	

5.3 암거 안정성 검토결과

(1) 암거 안정성 검토 결과

구 분	공사이정	규 격	토 피	변경단위 체적중량	검토결과	표준도
통로암거	5+254	4.0×4.0	2.60m	20kN/m^3	상,하부슬라브 휨강도 부족	적용
통로암거	5+403	4.5×4.5	2.40m	20kN/m^3	상부슬라브 휨강도 부족	적용
수로암거	3+203	2.5×2.5	5.30m	20kN/m^3	상,하부슬라브 휨강도 부족	적용
수로암거	4+245	2.0×2.0	24.80m	20kN/m^3	하부슬라브, 벽체 휨강도 부족	없음
수로암거	4+513	3.0×3.0	18.70m	20kN/m^3	상부슬라브 휨강도 부족	없음
수로암거	4+685	2.0×2.0	15.0m	20kN/m^3	상부슬라브 휨강도 부족	없음
수로암거	5+032	2.0×2.0	13.10m	20kN/m^3	상부슬라브 휨강도 부족	없음

(2) 암거별 철근적용 분석

구 분	위치	재검토 철근적용	표준도 (FH=2.00)	표준도 (FH=3.00)	비 고
통로 암거 5+254 4.0×4.0 2.60m	상부슬래브 : 단지점부(좌측)	H16 - 8.0EA	H19 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	
	상부슬래브 : 중앙부	H16 - 8.0EA	H16 - 8.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	휨강도 부족 부분
	상부슬래브 : 단지점부(우측)	H16 - 8.0EA	H19 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	
	하부슬래브 : 단지점부(좌측)	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	
	하부슬래브 : 중앙부	H16 - 8.0EA	H16 - 8.0EA	H16 - 8.0EA	휨강도 부족 부분
	하부슬래브 : 단지점부(우측)	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	
	좌측벽체 : 상부	H16 - 8.0EA	H19 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	
	좌측벽체 : 중앙부	H19 - 4.0EA	H16 - 4.0EA	H16 - 4.0EA	
	좌측벽체 : 중앙부(부모멘트)	H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA	H19 - 4.0EA	
	좌측벽체 : 하부	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	
	우측벽체 : 상부	H16 - 8.0EA	H19 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	
	우측벽체 : 중앙부	H19 - 4.0EA	H16 - 4.0EA	H16 - 4.0EA	
	우측벽체 : 중앙부(부모멘트)	H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA	H19 - 4.0EA	
	우측벽체 : 하부	H19 - 4.0EA +H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA +H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA +H16 - 4.0EA	

구 분	위치	재검토 철근적용	표준도 (FH=2.00)	표준도 (FH=3.00)	비 고
통로 암거 5+403 4.5×4.5 2.40m	상부슬래브 : 단지점부(좌측)	H19 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	
	상부슬래브 : 중앙부	H16 - 8.0EA	H16 - 8.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	휨강도 부족 부분
	상부슬래브 : 단지점부(우측)	H19 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	
	하부슬래브 : 단지점부(좌측)	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	
	하부슬래브 : 중앙부	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	
	하부슬래브 : 단지점부(우측)	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	
	좌측벽체 : 상부	H19 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	
	좌측벽체 : 중앙부	H19 - 4.0EA	H16 - 4.0EA	H16 - 4.0EA	
	좌측벽체 : 중앙부(부모멘트)	H19 - 4.0EA	H19 - 4.0EA	H19 - 4.0EA	
	좌측벽체 : 하부	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	
	우측벽체 : 상부	H19 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	
	우측벽체 : 중앙부	H19 - 4.0EA	H16 - 4.0EA	H16 - 4.0EA	
	우측벽체 : 중앙부(부모멘트)	H19 - 4.0EA	H19 - 4.0EA	H19 - 4.0EA	
	우측벽체 : 하부	H19 - 4.0EA + H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA +H16 - 4.0EA	H19 - 4.0EA +H16 - 4.0EA	

구 분	위치	재검토 철근적용	표준도 (FH=5.00)	표준도 (FH=7.00)	비 고
수로 암거 3+203 2.5×2.5 5.30m	상부슬래브 : 단지점부(좌측)	H16 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H13 - 8.0EA	H13 - 8.0EA	
	상부슬래브 : 중앙부	H16 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H16 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H16 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	휨강도 부족 부분
	상부슬래브 : 단지점부(우측)	H16 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H13 - 8.0EA	H13 - 8.0EA	
	하부슬래브 : 단지점부(좌측)	H16 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H13 - 8.0EA	H13 - 8.0EA	
	하부슬래브 : 중앙부	H16 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H16 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H16 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	휨강도 부족 부분
	하부슬래브 : 단지점부(우측)	H16 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H13 - 8.0EA	H13 - 8.0EA	
	좌측벽체 : 상부	H16 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H13 - 8.0EA	H13 - 8.0EA	
	좌측벽체 : 중앙부	H16 - 4.0EA	H13 - 4.0EA	H13 - 4.0EA	
	좌측벽체 : 중앙부(부모멘트)	H16 - 4.0EA	H13 - 8.0EA	H13 - 8.0EA	
	좌측벽체 : 하부	H16 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H13 - 8.0EA	H13 - 8.0EA	
	우측벽체 : 상부	H16 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H13 - 8.0EA	H13 - 8.0EA	
	우측벽체 : 중앙부	H16 - 4.0EA	H13 - 4.0EA	H13 - 4.0EA	
	우측벽체 : 중앙부(부모멘트)	H16 - 4.0EA	H13 - 8.0EA	H13 - 8.0EA	
	우측벽체 : 하부	H16 - 4.0EA + H13 - 4.0EA	H13 - 8.0EA	H13 - 8.0EA	