

기 술 검 토 서

NO. 토질 및 기초 — 4

제 목: 암버력쌓기 안정성 검토

2005. 4

강 원 건 설 사 업 소

춘 천 ~ 동 흥 천 기 술 자 문 단

기술검토건명	암버력쌓기 안정성 검토		
공 구	제 2 공구	검 토 구 분	토질 및 기초
검 토 기 간	2005. 4. 6 ~ 2004. 4. 15	검 토 자	오 관 식
		담 당 자	오 성 민
근 거 공 문	구두지시(2005. 4. 6)	회 신 공 문	용마(홍천) 제2005 - 0005호

1. 검토목적

춘천~동홍천간 고속도로 제2공구 관내 절토부 절취와 터널굴착시 다량 발생되는 암버력을 성토재로 사용함에 따라 쌓기 구간에 대해 시공사에서 제출된 검토서의 적정성을 검토하여 장기적인 제체의 안정을 도모코자 함.

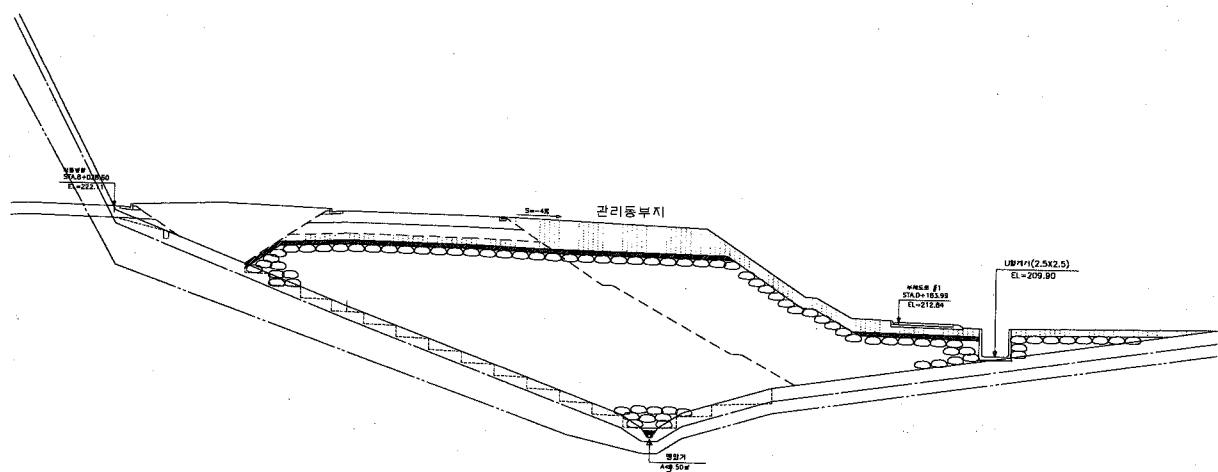
2. 검토내용

가. 현황

시공사에서 제출된 검토내용은 다음과 같다.

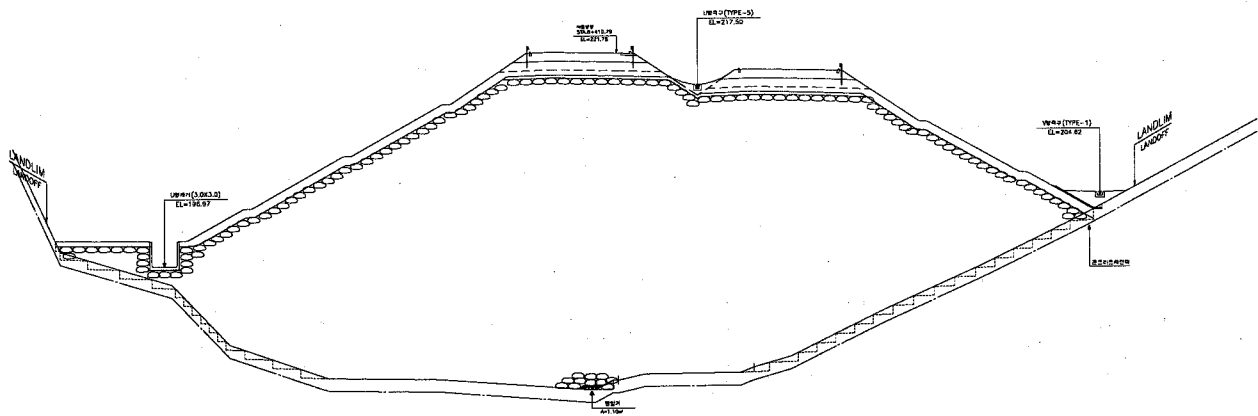
- 1) 암버력 쌓기구간 : STA. 7+800~STA. 8+440 (L=640m, H=10m~40m, 최대4단)
- 2) 검토단면 : 암버력 쌓기 구간중 최대성토가 발생하는 단면과 대표적인 편절·편성 단면에 대하여 검토를 수행함.

※ 금번 검토조건은 시공사 제출 검토서와 동일한 조건으로 검토를 수행함.



STA. 8+020

[그림-1] 검토단면



STA. 8+400

[그림-1] 계속

나. 검토내용

1) 암버력 쌓기부의 침하검토

암버력 쌓기부의 침하는 Sower(1965), Lawton & Lester(1964) 등의 경험식과 수치해석 등에 의해 산정할 수 있으며 본 검토시 사용된 계산식은 다음과 같다.

(1) 오사카 토질시험소(쌓기고 10.0m 기준)

$$S = a \cdot \log_{10} \left(1 + \frac{\Delta P}{P_o} \right) \cdot H$$

여기서, a : 0.01~0.03(use 0.03)

ΔP : 포장층하중, 노상하중, 노체하중, 중간층하중, 상재하중 등

P_o : 암쌓기재 중간의 유효하중

H: 암쌓기고

(2) Lawton & Lester(1964)

$$S = 0.001 \times H^{(3/2)}$$

(3) Sower(1965)

$$S = \frac{a \cdot H}{100} (\log t_2 - \log t_1)$$

여기서, a : 잘 다져진 암쌓기(0.2)

t2 : 50년, t1 : 1년

(4) 암버력 쌓기부의 침하계산 결과

암버력 쌓기부의 침하계산식은 현재까지 제안된 상기 식을 대상으로 검토가 수행되는 실정이며 시공사에서 제출한 검토서는 적절한 것으로 판단되며, 계산결과는 다음과 같다.

[표-1] 쌓기부 계산결과

암버력 쌓기고(m)	침하량(cm)			비고
	오사카 토질시험소	Lawton & Lester	Sower	
6.5	6.5	1.0	2.2	
11.5	7.6	1.7	3.9	
16.5	8.1	2.5	5.6	
21.5	8.4	3.2	7.3	
26.5	8.7	4.0	9.0	
31.5	8.8	4.7	10.7	
36.5	9.0	5.5	12.4	

쌓기부(최대성토고기준)의 침하량은 계산결과 5.5~12.4cm정도 계산되나, 예상침하량은 사질지반의 침하거동과 유사한 탄성침하 즉 시공중에 침하가 거의 완료될 것으로 판단되므로 장기침하에 따른 쌓기부의 안정성에는 문제가 없을 것으로 사료됨.

2) 암버력 쌓기부의 사면안정검토

(1) 성토사면 안전율 기준

국내외에서 적용되는 허용안전율에 대한 설계기준은 1.1~1.5정도의 범위로 비탈면의 안전율은 재하조건하에서 피해의 정도와 경제성에 따라 선택되므로, 금번 비탈면의 안전율은 일반성토 사면과 동일하게 허용안전율은 1.3을 적용하였다.

(2) 암버력 성토체의 강도정수

사면 안정성 해석을 위해서는 지반의 물성치 산정이 중요한 요소이다. 본 검토에서는 한계평형해석 방법에 의해 암버력으로 성토한 경우에 성토체의 강도정수(내부마찰각)를 31°, 34°, 37°, 40°, 43°인 경우에 대하여 암석버력의 단위중량을 2.0t/m³, 2.3t/m³, 2.6t/m³으로 변화시키면서 각각의 경우를 조합하여 검토하였다.

[표-2] 적용 강도정수

구 분	단위중량(t/m ³)	점착력(t/m ²)	내부마찰각(°)	비 고
성토체	2.0, 2.3, 2.6	-	31, 34, 37, 40, 43	암버력
원지반	1.9		30	붕적층

(2) 해석결과

단위중량 및 강도정수를 변화시켜 해석한 결과는 다음표와 같다.

[표-3] 제체 안정성 검토결과(첨부 참조)

구분 단위중량	STA. 8+020				STA. 8+400			
	내부 마찰각	안전율		판정	내부 마찰각	안전율		판정
		설계	자문단			설계	자문단	
2.0	31°	1.620	1.556	O.K	31°	1.241	1.267	N.G
	34°	1.722	1.746	O.K	34°	1.384	1.366	O.K
	37°	1.829	1.817	O.K	37°	1.538	1.525	O.K
	40°	1.944	1.963	O.K	40°	1.703	1.698	O.K
	43°	2.066	2.181	O.K	43°	1.883	1.887	O.K
2.3	31°	1.643	1.556	O.K	31°	1.248	1.268	N.G
	34°	1.748	1.746	O.K	34°	1.393	1.367	O.K
	37°	1.859	1.817	O.K	37°	1.549	1.525	O.K
	40°	1.978	1.963	O.K	40°	1.717	1.699	O.K
	43°	2.106	2.181	O.K	43°	1.899	1.888	O.K
2.6	31°	1.665	1.556	O.K	31°	1.254	1.268	N.G
	34°	1.773	1.746	O.K	34°	1.401	1.367	O.K
	37°	1.888	1.817	O.K	37°	1.558	1.526	O.K
	40°	2.011	1.963	O.K	40°	1.728	1.700	O.K
	43°	2.143	2.181	O.K	43°	1.913	1.888	O.K

해석결과를 분석하면 성토체의 안전율의 변화에 지배인자는 단위중량보다는 강도정도(내부마찰각)인 점을 알 수 있으며, 성토체의 안전율을 만족하는 조건은 단위중량은 2.0t/m³, 내부마찰각은 34° 이상이 되어야 안정한 것으로 판단됨. 따라서 검토결과와 같이 단위중량은 2.0t/m³, 내부마찰각은 34° 이상이 되도록 관리하여 함.

3) 토사유실 방지방안

암버력과 상부 노체, 노상층과 상대적인 입경차이에 의하여 제체 표면에서 유입되는 침투수에 입경이 작은 노상층의 토사가 입경이 큰 하부의 암버력으로 흘러내리는 경우가 발생할 수 있으므로 이에 대한 방지대책으로 필터기능을 갖춘 분리층을 두는 것이 바람직할 것으로 판단됨.

(1) 필터층의 기능

- 간극의 크기가 충분히 작아 인접해 있는 흙의 유실이 방지되어야 한다.
- 간극이 충분히 커서 필터로 들어온 물이 빨리 배수되어야 한다.

(2) 필터조건

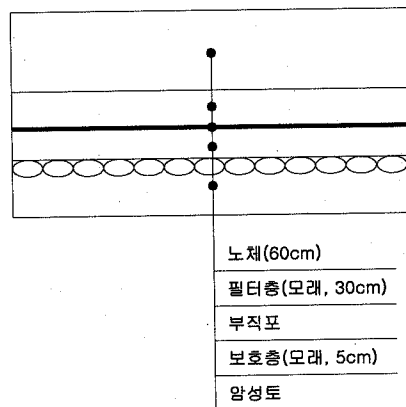
$$- \frac{D_{15f}}{D_{15s}} > 5, \quad \frac{D_{15f}}{D_{85s}} < 5$$

여기서 D_{15} , D_{85} 는 가적통과백분율 15%, 85%일 때의 입경을 의미하며 첨자 f는 필터, s는 필터에 인접한 흙을 표시한다.

- 입도분리를 방지하기 위하여 필터는 3~(7.62cm)보다 작아야 한다.
- 필터는 점착력이 없는 재료로 필터재료가 필터내부에서 이동하는 것을 방지하기 위하여 No.200(0.074mm)번체 통과량이 5%이내이어야 한다.

(3) 필터검토

- 설계 단면



[그림-2] 필터의 설계단면

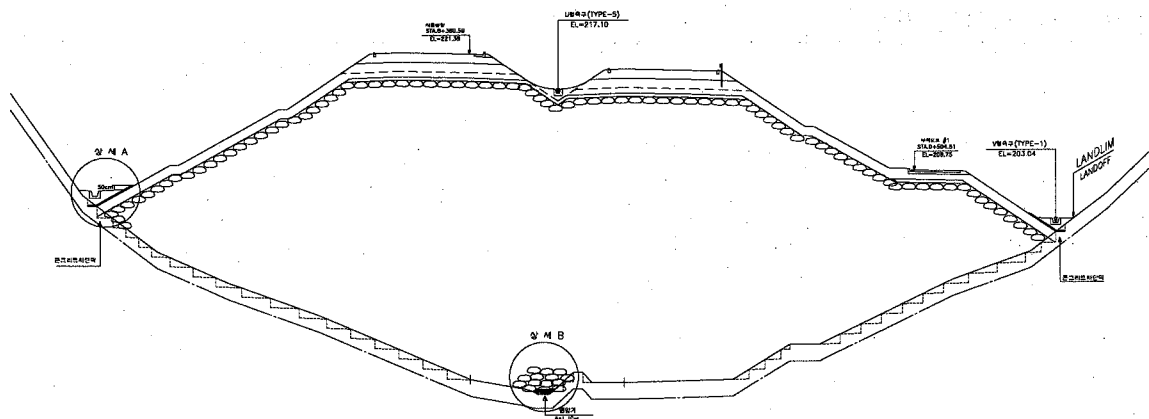
- 설계 단면을 검토한 결과 암성토부분과 필터층 사이에 부직포를 설치하여 필터층의 기능을 극대화하고, 필터층의 두께를 줄이는 효과를 나타내므로 적절한 것으로 판단됨.
- 다만, 암벽력과 부직포사이에 시공시 부직포의 손상을 방지하기 위하여 5cm의 모래층을 포설하게 되어 있으나, 이는 암벽력의 요철 등을 고려할 때 현실적으로 시공성이 어려울 것으로 판단되므로 부직포의 손상을 최소화 할 수 있는 모래의 적정두께 및 재료선정은 다음과 같이 제안함.

[표-4] 필터층의 변경내용

구 분	당 초	제 안
보호층	모래 5cm	10cm(모래와 기능이 유사하고 경제성이 있는 재료 가능)
필터층	모래 30cm	모래 25cm

단, 제안내용은 시험시공을 통하여 적정여부를 확인 후 적용여부를 결정하여야 함.

4) 우수처리 방안



[그림-3] 우수처리 방안 개략도

암벽력 성토제체에 우수 등이 유입되어 포화조건이 되는 경우는 크게 3가지 경우로 나눌 수 있으며 각각의 경우는 다음과 같다.

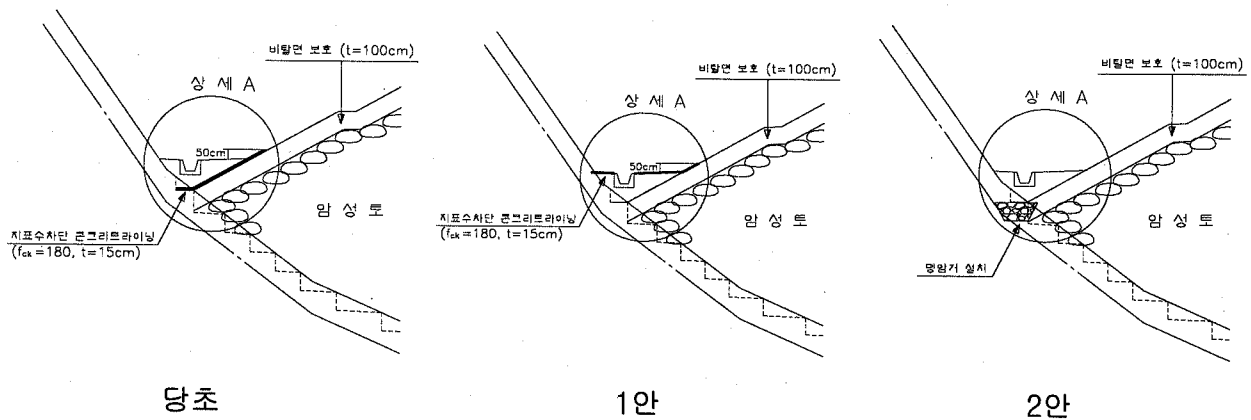
- 계곡수
- 지하수
- 비탈면 표면수

(1) 계곡수 처리방안

- 강우시 성토사면과 경사지반의 경계부에 V형 측구를 설치하여 처리
- 설계강우보다 초과시 도로성토체로의 유입을 방지하도록 지표수차단 콘크리트 라이닝을 설치
- 콘크리트 라이닝 설치높이는 수리계산시 계곡부 수위 상승고를 감안하여 측구상단에서 약 50cm높이로 적용 → 다음표와 같은 사유로 변경시공 제안

[표-5] 계곡수 처리 비교안

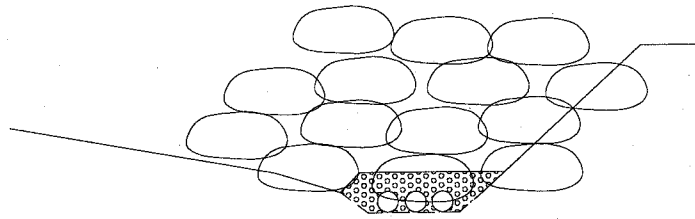
당 초	1안	2안
경사지반과 경계부에 V형 측구 및 지표수 차단콘크리트라이닝을 성토사면에 시공하여 계곡수를 처리	경사지반과 경계부에 V형 측구 및 지표수 차단콘크리트라이닝을 V형 측구에 수평하게 시공하여 계곡수를 처리	경사지반과 경계부에 지표수 차단콘크리트라이닝 대신 맨암거를 설치하여 계곡수를 처리
당초안은 V형 측구시공시 시공장비 등에 의해 기시공된 콘크리트 라이닝의 파손과 시공시 복잡하여 시공이 어려울 것으로 예상되며 또한 도로외측 산지부의 처리가 의문시되므로 경제성 및 시공성 등 현장여건을 감안하여 1안 또는 2안으로 변경 시공함을 제안함.		



[그림-4] 계곡수 처리방안

(2) 지하수 처리방안

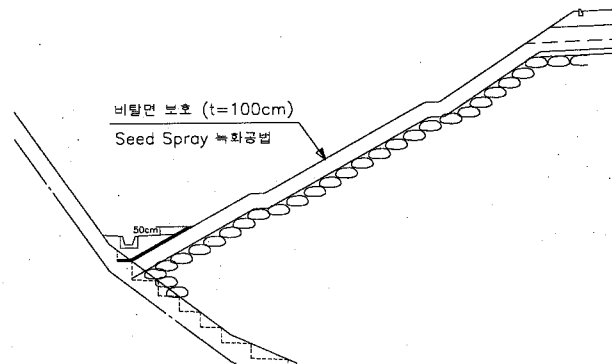
- 도로성토제체로 유입수와 지하수 등을 집수하여 처리하도록 맨암거 설치
- 원지반과 성토제체 사이는 유로 형성이 될 수 있으므로 이에 대한 처리방안으로 맨암거 설치



[그림-5] 지하수 처리방안

(3) 비탈면 표면수 처리방안

- 강우시 비탈면 유실을 방지하기 위하여 식생공(Seed Spray) 적용
- 비탈면 표면에 일반토사 100cm를 피복하여 충분한 다짐 실시



[그림-6] 비탈면 표면수 처리방안

5) 암성토구간 구조물 시공 방안

(1) 횡단구조물 설계현황

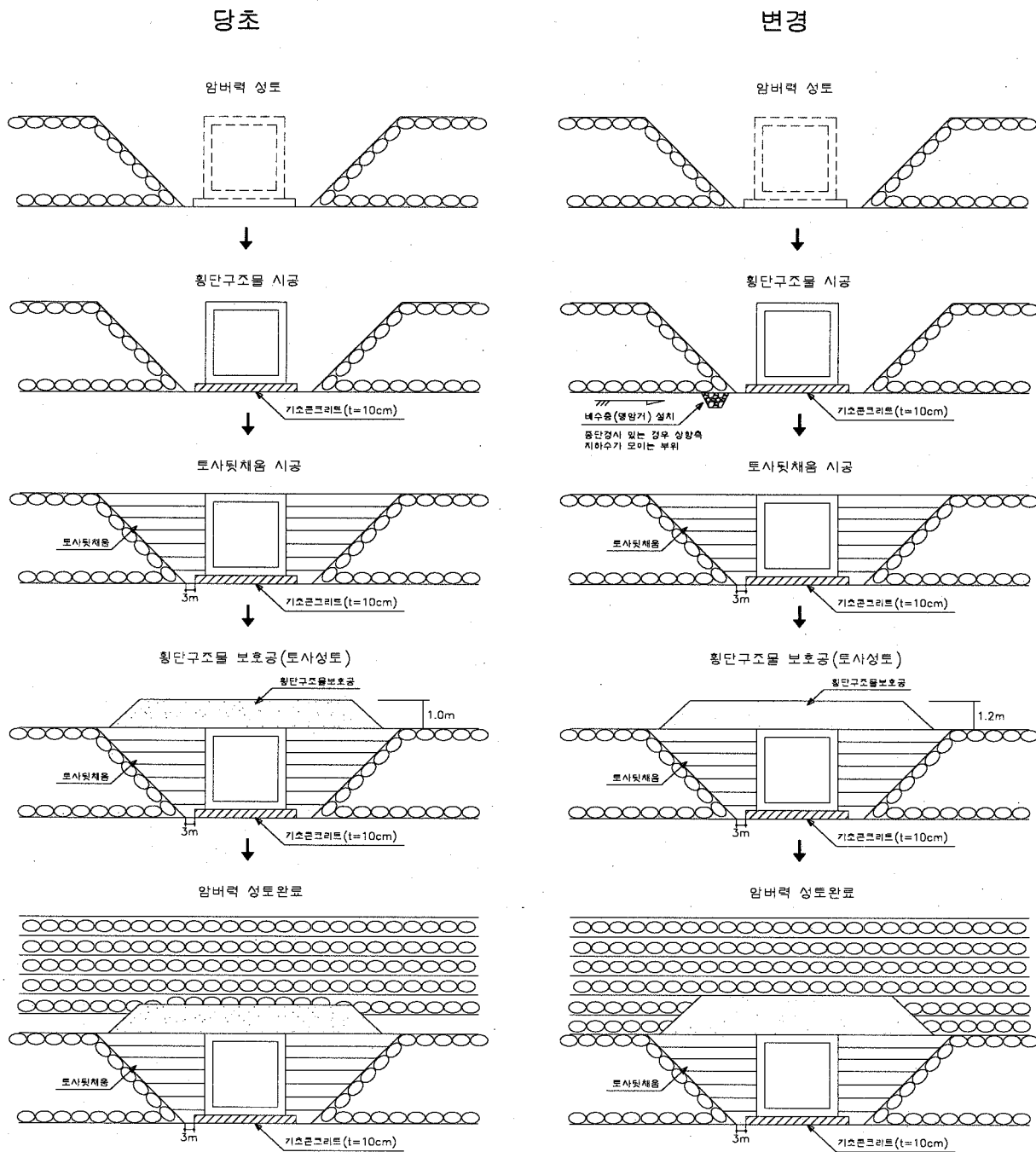
검토구간내의 횡단구조물 현황은 다음표와 같다.

[표-6] 횡단구조물 설계현황

구조물	규격	위치(STA.)	비 고
수로BOX	2.0m×2.0m	7+825(양양방향)	※ 파형강판의 암성토는 전문 업체 등에 의한 검토 및 시공방안을 수립 후 시공하여야 함.
통로BOX	4.5m×4.5m	7+853(양양방향)	
통로BOX	2.5m×2.5m	8+200(양양방향)	
수로BOX	3.0m×3.0m	8+346(양양방향)	
파형강판	4.5m×4.5m	8+400(양양방향)	

(2) 암성토구간 구조물 시공 방안 검토

설계에서 제시한 횡단구조물 시공방안은 우수 유입에 대한 대책이 필요하고 시공성 측면에서 다소 보완하여야 할 부분이 있어 아래 순서도로 변경시공을 제안함.



[그림-7] 암성토구간 구조물 시공 방안

[표-7] 횡단구조물 시공시 보완내용 정리

보완내용		사유
당초	보완	
암버력 성토시 또는 토사 뒷채움 시공시 별도의 배 수시설이 없음	암버력 성토시 또는 토사 뒷채움 시공시 종방향 경 사를 고려하여 지하수가 몰리는 부분은 별도의 지 하배수 맨암거시설을 설치	우수 유입 및 지하수처리를 위하여 배수시설(맨암거 등)을 설치
횡단구조물 보호공(토사성 토)의 높이를 1.0m로 설계	횡단구조물 보호공(토사성 토)의 높이를 1.2m로 변경	암버력의 입경이 30~60cm이 므로 시공성을 고려하여 토사 성토의 높이를 최대암성토 높 이의 2배정도인 1.2m로 변경 하여 다짐시공관리가 유리하 도록 시공

6) 암성토구간 품질관리 방안

- (1) 암버력을 이용한 흙쌓기는 노체 완성면 60cm하부에서만 허용될 수 있으며 이때 최대치수는 60cm이하이어야 한다. 단 풍화암이나 이암, 셰일, 실트스톤, 천매암, 편암 등 암석의 역학적 특성에 의해 쉽게 부수어지거나 수침 반복시 연약해지는 암버력의 최대치수는 30cm이하로 한다.
- (2) 암쌓기시에는 간극이 충분히 메워질 수 있는 재료를 선정하여 포설 후 다짐을 해야 한다.
- (3) 전부 암으로만 시공하는 흙쌓기부는 암의 대·소치수가 고르게 섞이도록 하고, 큰 덩이가 고르게 분산되도록 하여 간극을 충분히 메워야 한다.
- (4) 암버력 쌓기시 1층의 다짐완료 후 두께는 60cm이하를 표준으로 하며, 1층의 두께를 증가시키고자 할 경우 시험시공을 실시하여 사용 다짐장비에 의한 다짐효과를 입증하고 감독관의 승인을 받아야하며, 이때에도 1층의 최대두께는 90cm를 초과할 수 없다.

- (5) 암버력에 의한 흠쌓기 경우에는 석축 쌓는 부분을 제외하고 흠쌓기부 비탈면에 암버력이 노출되지 않도록 양질의 토사를 1m 이상 덮어 식생이 가능하도록 조치해야 하며, 비탈면 다짐을 실시해야 한다.
- (6) 말뚝박기를 할 지점은 암버력 쌓기를 해서는 안된다.
- (7) 암쌓기시에는 암쌓기 재료를 고르게 포설한 후 규격이상의 암괴는 규정에 맞게 파쇄하고, 다짐효과 및 암파쇄 효과를 증진시키기 위해 대형진동다짐 장비(824, 825 compactor, 탬핑 로울러 등)를 이용하여 다짐한다.
- (8) 암버력 흠쌓기 작업시 다짐은 도로의 평판재하시험(KSF 2310)에 의한 지지력계수(K_{30})가 침하량 0.125cm일 때 20kgf/cm^3 이상이 되도록 균질하게 다져야 한다.

3. 검토결론

- 1) 암버력 쌓기제체의 침하량 검토결과 검토단면(최대성토단면 : 8+400)에서 제안공식에 따라 5.5~12.4cm로 산정되었으며, 이 침하량은 이론적인 침하량으로 설계높이까지 일시에 성토한 경우의 침하량이고, 실제시공시에는 성토 다짐작업을 반복작업하여 제체성토를 시행하므로 실제 침하거동은 계산된 침하와는 다소 차이가 있을수 있으며, 또한 계산된 침하는 대부분이 탄성침하로 시공중 침하가 거의 완료되어 제체의 안정성에 악영향을 미치지 않으며 원지반이 연약하지 않으므로 장기침하는 발생하지 않을 것으로 판단됨.
- 2) 토사유실 방지방안은 설계시 충실한 검토가 수행되었으나, 일부 보완사항으로 부직포의 손상을 최소화 할 수 있는 모래의 적정두께 및 재료선정(모래와 기능이 유사하고 경제성이 있는 재료)은 시험시공을 통하여 결정하는 방안이 합리적인 것으로 판단됨.
- 3) 우수처리 방안은 계곡수, 지하수, 비탈면 표면수 등 각각의 경우에 대한 처리시 일부 보완사항을 고려하여 시공하는 것이 적정한 것으로 판단됨.(“4) 우수처리 방안 항 (1) 계곡수 처리방안” 참고)

- 4) 암성토구간 구조물 시공방안은 “ [표-4] 횡단구조물 시공시 보완내용 정리”를 참고하여 시공하는 것을 제안함.
- 5) 암버력 쌓기에 대한 현장관리방안은 “6) 암성토구간 품질관리 방안” 항목을 고려하여 관리항이 적절할 것으로 판단됨.
- 6) 암성토 구간은 시공위치 및 계획고 등 관련 기록을 정리 보관하여 추후 유지관리 및 추가 확장계획 등의 수립시 참고가 가능하도록 관리하여야 할 것으로 판단됨.
- 7) 기타 사항은 암성토에 관련된 시방내용에 준해서 시공 요망.
- 8) 시공시 유의사항
 - 암쌓기부의 제체는 암과의 Interlocking에 의해 안정성이 확보되므로 풍화암이나 이암, 셰일, 실트스톤, 천매암, 편암 등 암석의 역학적 특성에 의해 쉽게 부수어지거나 수침 반복시 연약해지는 암버력의 최대치수는 30cm이하로 관리하는 등 현장유용암의 관리를 철저히 하여야 한다.
 - 암쌓기의 종점부는 공구간의 경계지점이므로 공구간 쌓기방법, 시공마감방법, 시공순서 등의 협의를 통해 원활한 시공이 이루어져야 함.
 - 도면검토시 지하수 처리를 위해 설치한 맹암거는 종방향으로 계속 배수시키는 것으로 검토되므로 지반의 Level을 고려 자연배수가 가능하도록 현장여건을 감안하여 시공하되, 말단부는 노출처리하여 측구에 연결하는 등의 적정 배수방안이 수립되어야 함.