

흙막이 가시설의 설계 및 시방의 주요사항



홍석우
동의대학교
교수/공학박사



김태형
한국해양대학교
교수/공학박사



박이근
(주)지오알앤디
대표이사/공학박사



김향은
(주)지오알앤디
이사/공학박사

1. 서론

본 기술강좌에서는 흙막이 가시설의 설계 및 시방의 주요사항에 대해서 기술하고자 한다. 본 강좌에서 참고하는 국가건설기준은 지반설계 일반사항(KDS 11 10 05 : 2016), 가설흙막이 설계기준(KDS 21 30 00 : 2016), 지반조사(KDS 11 10 10 : 2016), 앵커 설계기준(KDS 11 60 00 : 2016), 지반공사 일반사항(KCS 11 10 05 : 2016), 앵커(KCS 11 60 00 : 2016), 네일(KCS 11 70 05 : 2016) 등을 대상으로 하고자 한다.

또한, 국가건설기준은 기본사항을 위주로 하고 있어 세부사항을 필요로 하는 경우에는 기존 설계기준, 표준시방서 등의 내용을 참고하여 설명을 돕고자 한다.

2. 국가건설기준에 대한 이해

건설기술개발 및 관리 등에 관한운영규정 제42조를 2013년 7월 개정하고, 이를 근거로 2013년 9월6일, 건설공사의 설계 또는 시공 시에 준수해야 하는 건설기준의 제정 또는 개정 등 국가건설기준의 체계적 운영·관리하기 위한 컨트롤타워로서의 국가건설기준센터가 설립되었다.

국가건설기준센터에서는 2016년6월30일 국가건설기준을 제정하여 고시하고 있으므로 향후 건설기

술자는 이 기준에 의거하여 설계, 시공을 수행하여야 하므로 이하에서 간략히 소개해 둔다. 상세한 사항은 국가건설기준센터(www.kcsc.re.kr)에 접속하여 충분한 이해를 쌓기 바란다.

국가건설기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였으며, 기본사항을 제시하고 있다.

국가건설기준의 규정을 기준으로 해당공사의 공사시방서를 작성하도록 하고 있으며, 서로 상이한 경우에는 해당공사의 시방서를 우선하도록 하고 있다.

국가건설기준은 [표 1]에서와 같이 설계와 시방에서 그 코드가 공통, 지반, 구조, 내진, 가시설, 교량, 터널, 설비, 조경, 건축, 도로, 공항, 철도, 하천, 댐, 상수도, 하수도, 항만 및 어항, 농업생산기반 등의 19개 코드로 대분류되어 있으며, 내진과 공항에서는 시방이 다루어지지 않는다.

표 1. KDS: 설계기준 / KCS: 표준시방서(계속)

대분류	코드	전문분야		코드수	
공통	KDS 10 00 00	설계일반		1	
	KCS 10 00 00	시공일반		15	
지반	KDS 11 00 00	지반 조사 및 계측	지반설계, 연약지반설계, 공동구설계, 기초설계, 앵커설계, 비탈면설계, 옹벽설계	23	
	KCS 11 00 00		토공사, 연약지반개량공사, 배수공사, 기초공사, 앵커공사, 비탈면공사, 옹벽공사	50	
구조	KDS 14 00 00	콘크리트구조설계, 콘크리트구조 안정성 평가, 강구조설계, 강구조 내진내화설계		32	
	KCS 14 00 00	콘크리트구조공사, 콘크리트 재료, 강구조공사		33	
내진	KDS 17 00 00	내진설계		1	
가시설	KDS 21 00 00	가설교량 및 노면복공, 가시설 구조설계, 가설 휴막이		5	
	KCS 21 00 00			18	
교량	KDS 24 00 00	교량설계, 교량내진설계, 교량 기타시설 설계		16	
	KCS 24 00 00	콘크리트교량공사, 콘크리트 가설공사, 강교량공사, 교량부대시설공사, 교량계측시설		15	
터널	KDS 27 00 00	터널 일반(조사, 계측, 계획 등), 터널 내진, 터널 굴착, TBM, 터널 지보재, 터널 라이닝, 터널 보강 및 안정	터널 설비	13	
	KCS 27 00 00		터널, 작업환경	12	
설비	KDS 31 00 00	공기조화설비, 급배수위생설비, 자동제어설비, 가스설비, 냉동냉장설비, 전원설비, 배선및부하설비, 조명설비, 제어및통신설비, 건축물 방재설비(소방), 산업환경설비,공동(보온,배관,덕트)설비, 내진설비, 신재생에너지, 반송설비		51	
	KCS 31 00 00			130	
조경	KDS 34 00 00	부지조성 및 대지조형, 식재기반조성, 식재, 조경시설, 조경포장, 생태조경, 조경 기타시설, 조경유지관리		37	
	KCS 34 00 00			34	
건축	KDS 41 00 00	공통(건축), 콘크리트구조(건축), 강구조(건축), 건축구조	방수방습, 방수방습타일, 단열, 방화내화, 미장, 도장, 수경전장온돌, 외벽창호유리, 지붕	29	
	KCS 41 00 00			131	
도로	KDS 44 00 00	도로포장, 교통·안전시설		도로설계	26
	KCS 44 00 00			도로시공	27
공항	KDS 46 00 00	공항포장, 공항전기통신		약20	

대분류	코드	전문분야	코드수
철도	KDS 47 00 00	철도노반(지반, 터널), 철도노반(교량)철도궤도, 철도전력 및 신호제어 정보통신시스템, 철도건축	64
	KCS 47 00 00	철도노반공사(지반, 터널), 철도노반공사(교량), 철도궤도 공사, 철도건축 공사	26
하천	KDS 51 00 00	하천조사·계획, 이수시설, 치수시설, 수로터널·생태·환경·친수	36
	KCS 51 00 00		21
댐	KDS 54 00 00	댐 수리학 및 기타시설, 성토댐·흙댐, 콘크리트댐	12
	KCS 54 00 00		17
상수도	KDS 57 00 00	상수도관로시설, 정수처리시설, 상수도기계·전기·계측설비	10
	KCS 57 00 00		64
하수도	KDS 61 00 00	하수관로시설, 하수도전기계측제어설비	하수처리시설
	KCS 61 00 00		9
항만 및 어항	KDS 64 00 00	항만 공통(지반, 구조 등), 항만 설비, 항만시설 등	34
	KCS 64 00 00		62
농업 생산 기반	KDS 67 00 00	농업용 댐, 취입보, 용배수로, 농업용 관수로, 양배수장, 농도, 농 지관개, 농지배수, 경지정리, 발기반 정비, 개간, 해면간척, 농지보전, 농촌지역 개발, 농업 수질 및 환경	97
	KCS 67 00 00		48

3. 설계 및 시방 기준의 주요사항에 대한 고찰

이하의 박스내용은 국가건설기준의 각 절과 항에 대한 필자의 소견이므로 국가건설기준과 함께 살펴 보아야 하며, 실무자들께서는 향후 설계업무에 참고하시기 바란다. 다른 의견이 있으신 경우에는 상호 의견 교환하여 더 나은 지반설계가 이루어질 수 있는 장이 마련되길 희망한다.

지반설계 일반사항(KDS 11 10 05 : 2016)

4.2 설계원칙

- (1) 지반설계는 재해에 대해서도 안정성이 확보될 수 있도록 하여 붕괴로 이어지는 등의 대규모 사고발생은 방지하도록 할 것을 제시하고 있는 것으로 지반 사고 시 그 원인이 자연재해가 되지 않도록 하라는 것으로 계획하는 구조물과 시설물이 자연재해의 가능성이 있는 기간에 시공될 경우 등을 대비하여 설계할 필요성이 높아졌다.
- (2) 굴착 후 지반은 풍화를 겪게 마련이므로 풍화진행에 따른 지반강도 저하, 외력의 증가 등에 대한 설계가 이제는 고려되어야 할 것으로 판단된다. 또한, 지형, 지세, 지하수 흐름 및 변동 등을 충분히 고려하여 설계하여야 할 것으로 판단된다.

4.4 설계정수

- (1) 지반설계정수를 정함에 있어서 특히 민간공사에서는 시추에 의한 N치, 지층구분으로 지반정수를 결정하는 경우가 많은데, 대상지반에 대해 시험을 직접 수행하여 지반정수를 결정할 것으로 제시하고 있다.
- (5) 시험에 의해 구해진 지반정수도 그 평균치를 주로 사용하고 있는 현실인데, 표준편차를 적용하여 안전측으로 가감할 것을 제시하고 있다.
- (6) 지반조사 위치를 제한적으로 하여 대상층에 대해 특정위치에서 구한 값을 전 구간에 대푯값으로 사용하는 것을 경계하고 있다. 지형 지세, 고지형도 등을 분석하여 대상사업지에 대한 지반조사 위치의 선정, 지층별 시험 등을 면밀히 계획하여야 할 것으로 판단된다.

4.5 설계하중

- (4) 벽체와 지반의 상호거동(주동, 정지, 수동 변위)을 고려하여 토압(주동, 정지, 수동 토압)을 결정하는 것이 바람직하다. 예로, 레이커(경사고임대)의 지지구조에 있어서 벽체의 배면은 주동토압, 레이커 지지체 측은 수동토압을 고려하고 있는데 이는 적합하지 않은 토압의 설정이 되는 것이다. 즉, 배면은 주동변위가 발생하도록 토압을 산정하고 그를 지지하는 기초부(지지체인 키커블록 측은 수동변위가 발생하도록 토압을 산정하는 방식의 토압결정은 오류가 되므로 주의를 요한다.

가설흙막이 설계기준(KDS 21 30 00 : 2016)

1.3.2 토압

- (2) 경험토압은 계측에 의한 것으로, Peck, Tschebotarioff 등의 것이 있으며, 벽체 배면의 수압은 고려하지 않은 것이므로 차수를 겸한 가설 벽체의 경우는 수압을 별도로 고려하여야 한다. 부재단면 검토에 있어서 굴착 단계별, 굴착 완료, 해체 시, 사용 시까지 전 과정에 걸쳐 적용할 토압과 해당토압에 대한 변위를 함께 고려하여 설계토록 하는 것이 바람직하다.

3.3.2 부재 단면의 설계

- (1), (2) 흙막이벽체(엄지말뚝 포함) 검토에 있어서 합성응력에 대한 검토를 수행하지 않는 경우가 많은데 이에 대한 검토를 제시한 것이며, 암반구간에 설치된 엄지말뚝에 대해서는 수평토압이 거의 없는 지

반이라고 하여 무지지 상태로 계획하는 경우가 종종 있고 이로 인해 가시설 구조의 변형이 야기되는 사례에 대해 경계한 것이므로 설계 시 주의를 요한다.

(6) 지하연속벽

⑧ 지하연속벽은 대부분 연약한 지반에 대규모 굴착에서 본 구조물로 주로 사용되고 있어 설계 시 적용 토압, 발생변위 등에 대한 면밀한 검토가 필요하다. 시공 중에는 굴착면 상단 기설치된 버팀대(slab)와 지반의 가상지점 간의 장시간으로 불리한 편이고, 시공 완료 후에는 버팀대와 버팀대 간은 상대적으로 단시간이 되어 토압이 증가하더라도 안전하게 검토되는 것이 대부분인 것에서 상기의 활증을 두는 편이다. 그러나, 층고가 높은 경우에는 반대로 나타날 수 있으므로 이를 유의하여 검토하여야 한다.

⑨ 상기의 벽체 부재력을 활증함에 있어서 벽체의 변위, 주변에의 변위 영향을 면밀히 고려하여야 하고, 벽체 자체의 변위를 직접 확인하기 위해 지중경사계를 벽체 내에 두도록 하고 있으므로 설계자는 계측계획 시 도면에 명기하여 시공관리자에 제공하여야 한다. 또한, 지중경사계의 설치심도는 부동층까지 설치하는 것이 대원칙이므로 계획구조물의 부동층이 되는 심도까지 지중경사계를 설치하도록 설계도서에 명기하도록 한다. 그리고 연약지반에서의 굴착은 굴착지반의 교란, 수동토압을 전부 고려하는 현 설계개념 등의 불합리함이 있으므로 주변에의 변위 영향을 확인하기 위해서는 변형해석(유한요소법, 유한차분법 등)을 실시하는 것이 바람직하며, 이를 위해 지반조사 시 공내재 하시험 등의 현장시험을 수행할 필요성이 높다.

3.3.6 버팀대의 설계

(3) 사보강재의 설계

※ '사보강재'는 '경사버팀대'로 수정하고, 3.3.7의 '경사 버팀대(레이커)'는 '경사고임대(레이커)'로 표기하는 것이 바람직함.

③~⑤ 경사지게 설치하는 버팀대에는 실제로는 두 방향의 힘이 발생하는 데 맞지 않게 설계 시 구조계산에서는 축력만을 검토하고 있으므로 상기의 규정이 제시되고 있으며, 시방에서는 설치각도가 45°를 초과하여 설치한 경사버팀대는 유효하지 않다고 하고 있음을 인지하여야 한다.

⑥ 경사버팀대는 두 방향의 힘 중 띠장에 수직한 힘은 벽체측으로 전달되어 저항체가 될 수 있으나, 띠장에 수평한 힘은 엄지말뚝과 띠장 사이의 홈메우기부를 전단(활동)하는 힘이 발생하게 되면 구조적 불안정이 발생하므로 이에 대해 고려할 것을 제시하는 것이다. 이러한 구조적 불안정을 방지하기 위해서는 띠장이 폐합되도록 하는 것이 바람직하다.

3.3.7 경사 버팀대(레이커)의 설계

- (1) 레이커(경사고임대)에는 상하방향으로 경사지게 설치되는 구조부재로 두 방향의 힘이 발생한다. 띠장에 수직하는 힘은 띠장과 흠메우기, 엄지말뚝을 통해서 벽체 측으로 전달되지만 띠장을 밀어 올리는 힘에 대해서는 저항부재가 설치되지 않아 사고로 이어지는 사례가 종종 있었다. 이에 대한 구조적 보완이 필요하다는 규정이므로 설계자의 주의를 요한다.

3.3.8 지반앵커의 설계

3.3.8의 사항은 향후 앵커 설계기준인 **KDS 11 60 00**에 포함되어야 한다.

- (1), (2) 앵커의 설계에 있어서 부식에 대해서는 대부분 고려하고 있지 않고 있어 경계하는 규정이다. 정착구와 강선을 일체가 되게 하는 것은 썩기인데, 썩기 이빨이 강선의 일부분을 파고들어 강선의 인장력을 유지토록 하고 있음에도 불구하고 부식이 발생하게 되면 인장력이 손실되는 사항을 설계 시 전혀 고려하지 않고 있는 현실정임으로 설계자는 이에 대해서도 향후 대책을 제시하여야 할 것이다.
- (3) 제거형 앵커가 제대로 제거되지 않아 수년이 흐른 뒤 소송으로 이어지게 되는 경우도 있으므로 제거방식에 대한 면밀한 검토가 필요하다.
- (6), (7) 앵커는 그 정착지반이 양호한 상태여야 초기 긴장력이 지속 유지될 수 있는데, 약한 지반(향후 물, 진동 등의 영향이 가해지는 지반인 경우 포함)에 정착한 경우 정착면에서 슬립(slip), creep이 발생하여 앵커력 손실, 벽체 변형 등이 유발하는 경우가 많으므로 정착지반의 상태에 대한 면밀한 분석이 요구된다.
- (10) 앵커 구조상 정착부가 압축을 받는 압축형 앵커에서는 진행성 파괴가 발생하지 않는다고 알려져 있으나, 정착부가 인장을 받는 인장형 앵커에서는 앵커력이 집중되는 자유장 가까운 부분의 정착부에서 단면감소가 진행되면서 앵커력이 손실되어가는 진행성 파괴를 유발하는 것으로 알려져 있으므로 설계 시 이에 대해 고려할 것을 제시하는 것이다. 참고로 인장형 앵커는 그 구조적 불리함으로 인해 사용하지 않는 것이 일반화되어 가고 있는 추세임을 알려둔다.
- (14) 크리프가 우려되는 지반에 정착을 하여야 하는 경우에는 크리프 시험을 실시하여 최종 앵커력을 제시하는 것이 바람직하며, 한 본당 큰 앵커력보다는 앵커 수를 증가시키는 것이 바람직하다 판단된다.
- (15) 앵커 정착장 설계 시 주로 사용하고 있는 극한주면마찰저항력은 일본에서 1960년대 현장실험을 거쳐 제시된 값이며, 그라우트도 가압방식으로 한 실험결과이다. 우리나라 지질특성에 적합한 사항이 아닌 것으로 설계를 수행하고 있는 셈이므로 설계 시 추정된 값을 현장에서 시공전 확인하여 설계정착장의 적정성을 확인하여 시공정착장을 최종 결정하도록 하여야 안전한 시공이 이루어질 수 있을 것이다.

앵커 설계기준(KDS 11 60 00 : 2016)

1.7.2 앵커의 설계원칙

- (1) 앵커로 보강된 지반구조물이 설계수명기간 동안 유지되게 하기 위해서는 앵커 자체, 정착구, 정착구 부분의 강선 등의 부식이 방지되어야 하며, 정착장에서의 손실을 대비하여 재긴장할 수 있는 구조가 제시되어야 한다.

1.8 설계고려사항

- (5), (6) 앵커의 최소 자유장과 최소 정착장을 모두 4.0m로 규정하고 있다. 이 규정 이전에는 외국 규정으로 3.5, 4.5 등 혼란스러움이 있었으나 이번에 국내 규정이 제시되었다.
- (7) 앵커 정착장을 10m 이내로 제시하는 것은 진행성 파괴의 문제가 아니라 앵커 정착장을 10m 보다 길게 하여도 앵커력 증가효과가 없다는 것이 하중전이시험에 의해서 밝혀진 결과에 의한 것이다. 진행성 파괴에 대해서는 상기 3.3.8의 (10)에 대한 소견 부분을 참고하기 바란다.
- (8) 앵커의 최소 설치각도를 10°로 규정하고 있는 것은 중력식 주입 그라우팅이 정착장에 채워질 수 있는 최소각도를 제시한 것이다.

3.2.1 긴장재와 정착구

- (1) 긴장재는 그 항복강도, 파단강도 등의 크기와 범위가 매우 중요(재료의 균질성)하므로 이들에 대해 명확히 공인된 제품을 사용하여야 하고 재사용 재료가 사용되어서는 아니 된다.
- (2), (3) 정착구는 강선을 정착구에 고정하는 썸을 포함하는 것으로 썸과 강선, 나사와 너트 등이 긴장력 전달에 바람직하여야 하며, 재긴장(앵커력 손실 시), 완화(앵커력이 강선능력 초과 시)가 가능할 수 있도록 한 것이다. 그러나, 긴장력 완화에 있어서는 앵커력이 증가하는 경우에 이를 완화하면 구조물의 변위로 이어질 수 있기 때문에 이견이 있다. 완화보다는 추가 설치의 개념이 더 바람직할 것으로 판단된다.
- (4) 긴장재와 정착구는 대기와 물의 영향 등을 고려하여 부식을 방지할 수 있는 대책을 제시하여 유지관리 하도록 하여야 한다.

4.2 안전율 기준

사용기간에 따른 안전율이 있는 것은 가설(가시설에 사용하는) 앵커는 부식에 대해 크게 고려하고 있지 않는 것인데, 부식환경이 있는 경우에는 2년 이내에도 정착구부의 강선이 부식될 수 있기 때문에 이의 고려는 별도로 하여야 한다. 또한 가설이라 할지라도 그 사용기간이 2년을 초과하는 경우에는 영구앵커로 설계하고 부식에 대한 예방대책을 제시하여야 한다.

2. 조사 및 계획

향후 앵커의 설계에 요구되는 지반조사를 제시하여야 한다. 기본적으로 KDS 11 10 10(지반조사)을 따르되, 앵커 설계에 요구되는 조사 즉, 극한주면마찰저항력(인발시험)을 구한 상태에서 설계하는 것을 원칙으로 하고 설계 시 수행되지 않았을 경우에는 시공 전에 실시하도록 하는 것이 바람직하다. 조사위치(구간 설정 등), 지층별, 물의 영향 여부 등에 대한 조사계획이 요구된다.

지반조사(KDS 11 10 10 : 2016)

1.4 내용 및 결과

(1) 설계, 시공의 대상이 되는 현장과 그 주변의 지반 및 지하수 상태와 관련된 모든 자료를 얻을 수 있도록 계획을 수립하고 조사하도록 하고 있으므로, 과거와 같이 단순히 시추조사에 의한 지층 구분, N치확인, 암강도 확인 수준의 조사방식은 지양하고, 지표 및 지중에서의 물의 흐름, 물의 영향 여부, 물의 영향에 의한 지반의 약화 가능성 여부 등을 면밀히 파악하여 보다 안정적인 지반설계가 될 수 있도록 조사계획을 수립하고 실시할 것을 규정하는 것이다.

1.5 단계별 지반조사 내용

(3) 설계단계에서 민원 등의 사유로 면밀히 계획한 조사가 시행되지 못한 경우 또는 시공 중 급격한 지층변화로 인해 조사가 필요한 경우 시공 중 조사를 수행하도록 하고 있으므로 설계자는 이러한 경우 예산에 반영해 두어야 한다.

2.1.2 본조사

실무적으로 시추조사는 기반암을 기준 2m에서 3m 이상으로 규정하고 있어 주의를 요하며(표 2.1 참고), 실내 및 현장 시험도 규정하고 있으므로 참고 바란다.

지반공사 일반사항(KCS 11 10 05 : 2016)

1.1 적용범위

(3), (4) 지반공사의 재료, 시공, 품질 등을 만족하기 위해 제시되고 있는 기본사항은 국가기준을 따르도록 하고, 이를 기준으로 각 해당공사에 적합한 별도의 공사시방서를 작성하여 품질관리 하도록 하고 있다.

1.3 설계도서 검토

(1), (2) 공사 수급인은 공사 착수 전에 설계도서를 면밀히 검토하고 설계도서의 오류, 누락 등으로 공사가 잘못되거나 공기가 지연되는 일이 없도록 조치하도록 하고 있으므로 설계대로 시공한다는 것보다는 안전하고 품질이 확보되는 공사가 될 수 있도록 하여야 한다.

가설 흙막이 공사(KCS 21 30 00 : 2016)

3.6.2 엄지말뚝

- (1) 엄지말뚝의 연직도는 1/100~1/200로 제시되고 있으나, 지하구조물의 합벽, 비합벽 여부에 따라서는 보다 엄격하게 관리되어야 할 필요성도 있으므로 시공조건에 맞추어 시공하도록 한다.
- (2) 말뚝의 이음부는 현장이음으로 불량한 상태가 될 가능성이 것이 연속성을 갖지 않도록 하는데, 엄지말뚝 반입시 그 길이가 다른 것을 반입하도록 적절히 계획하여야 할 것이다.
- (7) 엄지말뚝 설치를 위한 공내 채움에 관한 것으로 장기적인 관점에서도 배면지반 침하, 함몰 등에 대한 대비이며, 배면에 차수공법을 병행하는 경우에는 차수재가 지반 내 잘 스며들도록 하기 위함인데, 이때 모래는 적합하지 않다. 공내 채움이 불량하거나 모래, 쇄석과 같은 입상재료가 공채움되었을 경우에는 차수재가 공 내부로 스며들고 차수를 필요로 하는 지반 내의 공극에는 주입되지 않기 때문에 소일시멘트(빈배합의 슬러리 상태)로 채움하는 것이 바람직하다.

3.6.3 흠막이판

흠막이판 시공에 따른 굴착 후 배면지반의 이완, 유실 등을 방지하기 위한 조치사항을 제시한 것으로 배면지반함몰, 흠막이의 안정성을 확보하도록 하여야 한다. (5)의 '흠막이판 하단은 지정된 굴착면보다 깊게 근입하여야 한다.'라는 항목이 잘 지켜지지 않으므로 설계자는 지반상태를 고려하여 이러한 사항을 도면에 반영하고 예산서에도 포함시켜야 한다.

3.7.1 CIP 공법

- (2) 엄지말뚝의 연직도 관리보다 엄격한 것은 콘크리트 구체 내에 말뚝이 위치하도록 하기 위한 것이다.
- (4) CIP 벽체와 띠강 사이의 공간이 비어 있을 경우, 말뚝과 말뚝 사이의 어떤 위치에 버팀대가 위치하느냐에 따라 띠강에 전단변형, 휨변형이 야기되어 벽체 변형으로 이어지는 사례가 발생하게 되므로 이에 대한 조치를 요구하는 것이다. 토압에 대한 불확실성, 버팀대를 동일길이로 설치하기 어려운 점 등에 의해 시공된 버팀대에는 설계에서 예측한 값 이상이 발생할 수 있다는 점을 유의하여야 한다.

3.7.2 SCW 공법

- (9) 3.7.1의 (4)에 대한 소견을 참고하기 바람.

3.7.3 지하연속벽 공법

- (10) 지하연속벽의 피복에 대한 사항으로 아래의 설계기준을 함께 참고하도록 한다.

콘크리트 구조설계기준(2007 5.4)

5.4.5 특수 환경에 노출된 콘크리트

- (1) 콘크리트가 다음과 같은 조건하에 있는 경우에는 피복두께를 5.4.5(2)에 따라 증가시켜야 한다.
 - ① 고내구성이 요구되는 구조체의 경우
 - ② 해안에서 250m 이내에 위치하는 구조체로서 추가의 표면처리 공사를 수행하지 않고 직접 외부에 노출되어 염해를 받는 경우
 - ③ 유수 등에 의한 심한 침식 또는 화학작용을 받는 경우
- (2) 5.4.5(1)에서 규정한 경우에는 다음 값 이상의 피복두께를 확보하여야 한다.
 - ① 현장치기 콘크리트
 - (가) D16 이하의 철근을 사용한 벽체, 슬래브 50mm
 - (나) (가)외의 모든 부재 80mm

도로교 설계기준(2008 4.3.3)

- (3) 부식이나 염해 등에 영향을 받는 콘크리트는 피복 콘크리트의 밀도와 수밀성을 증가시키는 방법 또는 다른 방법으로 부식방지 성능을 적절히 증가시켜야 한다. 부식을 방지하는 다른 방법으로는 에폭시 도막칠근, 특수 콘크리트 피복, 그리고 불투수막을 사용하거나 또는 이들을 조합하는 방법을 들 수 있다.

3.9.2 띠장(wale)

- (1) 상기 3.7.1의 (4)에 대한 소견을 참고하기 바람.
- (2)는 띠장 폐합과 관련한 사항으로 경사버팀대에 의해 띠장의 밀림을 방지하고자 하는 규정이다.
- (5) 단일띠장으로 앵커를 지지할 경우 앵커 시공위치, 시공각도 등의 차이로 인하여 앵커력이 띠장에 불균형되게 전달되어 벽체의 안정성이 저해되는 경우를 방지하고자 하는 규정으로 설계자는 이를 반드시 지키도록 하는 것이 바람직하다.
- (7) 우각부에 설치되는 띠장이 2방향 힘을 받는 경우 띠장의 폐합 구조, 지지구조를 확보하도록 하는 규정이다. 이 위치에서 구조적 불안정으로 흠막이벽체의 변형, 붕괴로 이어지는 경우가 많으므로 설계자의 면밀한 검토가 요구된다.

3.9.3 버팀대(strut)

- (6) 버팀대에 수평가새를 설치하지 않아 버팀대의 좌굴로 인해 벽체 변형, 붕괴가 발생하는 경우를 방지하고자 하는 규정이다.
- (7) 최근 온도변화가 큰 편인데 비해 온도 축력은 12ton을 적용토록 하고 있어 설계 시 실제 온도변화, 버팀대 길이에 대한 별도의 검토가 요구되므로 설계기준의 변경, 설계자의 현실에 맞는 검토가 요구된다. 온도에 의한 축력증가로 버팀대가 변형을 일으키는 사례가 많은 편이므로 적극적인 반영이 요구된다.

3.9.5 까치발

- (2), (3) 까치발의 각도가 45°를 초과하거나 좌우 길이를 다르게 설치하거나 좌우대칭이 이뤄지지 않을 경우에는 버팀대 연결부에 편심하중이 발생하여 버팀대 불안정성을 야기하므로 버팀대 배치계획 시 유의하여야 한다.
- (4) 까치발이 설치되면 띠장에는 2방향 힘이 발생하게 되어 수평분력에 의해 띠장이 밀리는 힘이 발생하므로 이에 대한 보강 필요성을 고려하여야 한다.

3.10.1 지반앵커 해체와 인장재(PC strand)의 제거

- (1) 제거형 앵커의 경우 사용완료 후에는 제거하게 되는데, 제거 시 인장재를 최대 8m이하로 절단하여 반출토록 하여야 한다. 재사용되는 경우 임의 현장에서는 인장재의 불량으로 사고로 이어질 수 있기 때문이다.
- (2), (3) 설계자는 구조물 시공과 제거 작업의 간섭으로 인해 제거가 불가능하게 해서는 안 되며, 미제거로 인해 향후 소송으로 이어지는 경우도 있으므로 앵커 설치위치와 구조물 시공 관계를 도면화 하여 면밀히 검토하는 것이 바람직하다. 또한, 앵커 제거에 따른 구조 안정성을 검토하여야 하며, 굴착과정에서 벽체의 변위가 크게 발생한 경우는 배면지반이 이완되었다고 보아야 하므로 앵커 제거에 따른 흠막이 안정성 검토 시 지반상태를 고려하는 것이 바람직하다.
- (4) 제거형 앵커의 인장재가 그리스가 도포되어 있는 경우에는 피복 내에 그리스가 잔존하게 되고 그로 인해 지반오염으로 인한 환경문제, 경우에 따라서는 소송으로 이어질 수도 있으므로 그리스 도포된 인장재를 사용하는 제거형 앵커 사용 여부에 대해 신중하여야 한다.

3.13.1 프리스트레스 도입

3.13.1 네일에 프리스트레스를 도입한다는 것은 네일의 시공방법과 비교해 볼 때 적절하지 않는 행위로 판단된다. 네일은 전 길이가 그라우트와 일체로 시공되어 가상활동면 내에서도 인발저항하는 구조가 되는데 인장강도를 안정성검토에 도입하는 것이 타당하지 않은 것으로 판단된다. 즉, 네일 설치로 인해 보강되는 전단저항과 가상활동면 외부의 마찰저항력에 의한 인발저항력 둘 중 작은 값 하나만을 안전율 증가에 기여하는 것으로 검토하는 것이 바람직하다 판단되므로 설계자의 고민이 요구된다.

또한, 네일은 상부에 먼저 설치한 네일과 굴착 진행하면서 그 하부에 설치하는 네일의 저항능력이 다르게 되는데 굴착 및 네일 시공 단계를 반영한 검토 후 각 네일의 지지능력을 결정하는 것이 바람직하다.

3.16.4 계측위치 선정

3.16.4 계측의 목적은 ①시공 중 안정성 관리, ②설계사항의 적정성 확인으로 볼 수 있다. 따라서 (1)항의 의미는 계측기가 설치된 위치는 당 현장 시험시공위치라는 개념으로 계측기 설치계획을 수립할 것을 제시하는 것이다.

또한, 설계사항의 적정성 확인의 목적, 지중경사계의 측정원리 측면에서 보면 지중경사계는 부동층 근입이라는 것과 흠막이벽체 계획심도보다 더 깊게 설치하는 것이 원칙이므로 주의를 요한다. 대부분의 현장에서 이를 지키지 않고 있어 흠막이벽체의 거동을 제대로 파악할 수 없는 문제점이 나타나고 있다.

3.16.5 계측자료 수집 및 분석

3.16.5 계측보고서에는 계측목적에 맞게 설계시 추정된 값, 실제 측정된 값이 비교분석되어야 하며, 설치한 계측항목의 값들을 상호관련시켜 종합적으로 분석한 결과 이상이 없다고 판단될 때 다음 굴착을 진행하여야 한다.

예를 들면, 지중경사계의 어떤 심도에서의 변위와 그 위치 주변에 설치된 앵커하중계의 값에 있어서, 앵커력은 감소되고 변위는 증가하는 상태이면 앵커가 인발되고 있는 상황이며, 앵커력과 변위가 증가하는 상태이면 앵커가 저항능력을 가지나 앵커력이 부족한 상태, 앵커력은 증가하고 변위는 유지 수준이면 앵커능력이 충분히 발휘되고 있는 상태이고 인장재의 강도 초과 여부를 검토하여야 하는 등이다.

3.16.6 계측결과의 활용

3.16.6 계측결과만을 나열하는 식의 계측보고서를 종종 보게 되는데, 계측 결과 여부에 따라 역해석에 의한 흙막이 구조물의 안정성 판단이 필요한 경우도 있으므로 계측보고서에는 반드시 상기의 규정들이 충족될 수 있도록 시공관리하여야 한다.

3.16.7 유의사항

3.16.7 계측에 의한 시공관리의 중요성이 최근 특히 부각되고 있는 현실이므로 설계치와 실측치를 보다 정도 높게 상호 비교하기 위해서는 터파기 이전에 반드시 계측기 설치 및 초기치가 측정되어야 한다.

3.17.3 말뚝빼기

- (3), (5) 강널말뚝뿐만 아니라 가시설 말뚝이 지중에 매몰되어야 할 경우 매몰현황도는 향후 관리에 중요한 자료가 된다.
- (9) 말뚝 인발 후 그 공내부를 충실히 전 깊이에 걸쳐 채움하지 않으면 지반함몰의 원인이 되므로 이에 대한 사항도 전 과정을 감리확인서로 제출하는 것이 바람직하며, 인발할 말뚝에 대해서는 설치 시 미리 공채움 계획을 수립하는 것이 좋다.

3.17.4 되메우기

KCS 10 20 25의 해당 요건에 정하는 바에 따르고, 그 외 사항은 이 기준을 따른다.

- (1) 구조체에 유해한 영향을 미치는 큰 요인 중의 하나가 편토압인데, 편토압은 지형적인 단차 외에 편 굴착, 편성토 등에 의해서도 발생하게 되므로 유의하여야 한다.
- (2) 되메움상태가 불량하게 되면 버팀대 해체에 따른 흠막이 구조의 불안정이 가중되어 가시설 해체 중 변형, 붕괴사고로 이어지게 되므로 유의하여 시공하여야 한다.
- (3) 협소한 되메움 공간은 다짐이 불가하므로 빈배합의 소일시멘트로 충실히 채움하도록 하여야 향후 지반함몰의 문제를 해소할 수 있다.

앵커(KCS 11 60 00 : 2016)

2.3.1 인장책

- (3) 인장시 특정 인장재에 하중이 집중되는 것을 방지하기 위해 인장책의 직선성을 확보하고자 하는 것으로 앵커 성능 확보를 위해 중요한 규정이다.

3.1 시공조건 확인

- (7) 앵커 하중계는 대표적인 판단에 불과하고 하중계가 설치되지 않은 다수의 앵커 상태를 시공 중 면 밀히 육안관찰하는 관리를 반드시 하여야 한다.
- (8) 앵커공 내로 지하수 유출이 지속되면 배면지반 침하, 앵커력 감소, 벽체 불안정이 야기되므로 부직포, 패커 등으로 차수나 세립분 유실 방지 등의 대책이 요구된다.

3.3.1 천공

- (2), (3) 천공 과정에서 천공경 외의 토사유실, 공벽붕괴가 발생하게 되면 배면지반 침하, 앵커력 미발휘 등의 문제가 발생하므로 지반조건, 천공상태 등에 따라 적절한 대책을 수립하여야 한다.
- (5) 천공보고서를 매 공마다 확인하여야 천공에 대한 비용정산, 앵커력 확보 및 유지 여부 판단 등이 가능하게 되므로 반드시 작성토록 한다.

(11) 공내에 슬라임이 제거되지 않으면 앵커력 확보가 어려워지므로 반드시 공청소를 실시하고 청소과정에서 공벽이 보호되지 않을 경우에는 별도의 대책이 마련되어야 한다.

3.6.2 시험 일반

(1), (2), (3) 인장시험, 확인시험, 크리프시험의 계획 최대시험하중은 설계하중의 1.2~1.3배로 하는데 대부분의 앵커에 해당되는 확인시험의 경우 이를 지키지 않는 경우가 많아 주의를 요한다.

네일(KCS 11 70 05 : 2016)

3.3.1 깎기

(2) 시공기준에 있어서 토사지반에서 단계별 연직 깎기 깊이는 최대 2m로 제한하고 있고, 그 상태로 1~2일간 자립할 수 있는 범위로 하고 있으나, 5~6m로 연직 깎기깊이를 행하고 있는 경우도 많아 주의를 요한다. 또한, 네일은 지반의 변위가 동반되어야 네일 기능이 발휘되는 구조이므로 변위를 허용할 수 있는지 여부에 따라 적용 여부를 결정하여야 한다.

3.6.3 계측관리

3.6.3 네일이 설치되는 사면의 경우 네일 전면판뿐만 아니라 지반 전체의 거동도 살필 수 있는 (지중)경사계가 설치되는 것이 바람직하나 이를 누락하는 사례가 많아 주의가 요구된다.