

현장 안전관리를 위한 계측 활용방안(下)

남 순 성 / (주)은진건설eng. 대표이사
토질 및 기초기술사

제3장 계측관리 기준치

3.1 각종 구조물의 관리기준

(1) 피해정도 분류 및 정량화 기법

1) 인접구조물 및 지중매설물의 영향 판단

도심지내 굴착공사시 흙막이 벽체는 어느 정도 변형이 발생되므로 주변에 인접한 건물에 침하, 균열등의 영향을 미치게 된다. 인접건물에서 발생할 수 있는 피해를 최소화하기 위해 굴착공사시 적극적으로 거동량을 정량화하여야 한다.

한편 굴착의 영향으로 인한 침하발생으로 주변에 매설된 매설물(지중선, 매설관, 한전 Box)은 파손되거나 경사도가 변화하여 기능이 상실될 수가 있다. 피해형태는 다양하나 주로 상재하중에 의한 축방향 파괴, 축직각방향의 보(Beam)파괴, 연결부의 전단파괴 및 파열, 지내력파괴등으로 구분할 수 있다. 또한 매설물의 강성정도, 이음상태등에 따라 피해정도가 차이가 날 수 있다. 이와같이 피해가 어느 한 원인에 의해서 발생하는 것이 아니라 굴착의 영향 및 매설물의 특성등이 복합적으로 작용하여 나타나므로 유발요인을 분석할 때 주원인을 규명

하기가 곤란한 경우가 있다.

2) 성토구조물의 영향판단

연약지반상에 성토 구조물을 구축하는 경우 성토에 의한 영향으로 활동파괴, 침하 및 변형, 액상화등이 발생한다. 연약지반이 점성토인 경우에는 침하발생양상은 완만하고 장기적이며, 사질토의 경우에는 급격하게 침하가 발생한다. 또한 지진하중과 같이 반복하중이 작용하면 점성토의 경우에는 별다른 문제가 없으나 느슨한 사질토의 경우에는 액상화가 발생한다.

이러한 지반의 전단파괴에 대한 대책으로 사전에 지반개량을 실시하거나 문제발생시 실시하게 된다. 당초 설계시 지반특성치의 차이, 이론의 가정조건과 실제 현장조건의 차이로 인한 불확실성 때문에 성토에 의한 활동파괴, 침하, 변형, 액상화등에 대한 대책방안인 지반개량의 효과도 충분히 확인해야 한다.

또한 지반개량의 영향으로도 추가적인 지반변형이 발생하는 경우가 종종 있으므로 이에 대한 문제점들도 함께 고려하여 현장 시공의 최적화를 도모할 수 있어야 한다.

3) 터널구조물의 영향판단

도심지내 지하에 터널구조물을 축조하는 경우 터널통과지층의 암질과 토피두께, 암피복두께,

터널의 형상 및 크기, 1일 굴진장, 굴착 단면적, 굴착방법에 따라 터널 주변지반 및 상부 인접건물들에 피해가 발생하므로 터널굴진시 막장 진행상황, 막장관찰결과, 계측결과를 통해 그 영향정도를 파악해야 한다.

터널의 지보패턴 및 내공여유량을 사전에 숙지하여 막장관찰결과 계측결과, 시고상황 등이 설계조건과 위배되는지 여부를 기록, 유지하여 피해발생시 적극적인 대책을 수립할 수 있어야 한다. 특히 막장관찰결과와 지보패턴의 변경이라든지 1일 굴진장의 증감여부에 즉각적으로 적용할 수가 있으므로 막장 진행시 반드시 실시하여야 한다.

실제 터널굴착시에는 막장진행에 따른 내공변위 및 천단침하의 변위발생, 주변지반의 이완, 지보공의 응력분담, 지하수위에 의한 용출수, 터널상부의 인접건물들의 피해등이 발생하므로 지질조사 및 현장관찰을 통하여 피해 영향범위 및 피해정도를 사전에 파악, 예측하여 이에 따른 대책으로 보조공법의 실시여부라든지 실시

후 보강효과를 확인하여야 한다.

4) 교대기초구조물의 영향판단

연약지반상에 설치된 교대의 기초는 교량부와 토공부의 점점에 접해 있기 때문에 통상적인 설계계산 및 연약지반의 압밀침하에 따른 영향외에 연약지반의 측방유동에 따른 영향도 고려할 필요가 있다. 배면성토등의 편재하중에 의해 발생하는 측방유동의 결과는 대부분 시공시 또는 준공직후에 발생하는 경향이 많으며, 구조물에 영향을 끼쳐 교대의 변위, 경사 및 기초말뚝의 부가응력이 발생하게 된다.

측방유동은 지반의 소성변형에 기인하기 때문에 일단 발생하게 되면 거의 원상복구가 되지 않으므로 대책방안을 선택하는데도 많은 문제점이 도출되게 된다.

교대의 측방유동은 연약지반의 측방유동과 함께 말뚝등의 구조물과 지반의 상호작용에 관계되기 때문에 현상해석이 여의가 않으므로 발생 가능성이 있는 모든 변형 및 파괴유형을 고려하여야 한다.

시공중 현장계측을 실시하여 설계치를 확인하고, 변형될 가능성이 있는 경우의 시공속도 및 순서를 조절할 수 있는 자료를 입수토록 하여야 한다.

(2) 각종구조물별 허용기준치

1) 인접구조물

인접건물에 피해를 유발할 수 있는 거동형태는 침하, 상대변형, 각변위, 수평변형률로 구분하고 이를 종합적으로 다음의 표 3-1과 그림 3-1과 같은 허용기준치를 적용하여 관리하게 된다. 이러한 기준치는 일반적인 수치로서 구조물의 중요도, 노후정도 및 지반조건등에 따라 다소 수정할 필요가 있다. 표 3-1과 그림 3-1은 여러가지 구조물에 대해 허용할 수 있는 침하량

표 3-1. 여러가지 구조물의 최대허용 침하량 (Sowers, 1962)

침하형태	구조물의 종류	최대침하량	
전체 침하	배수시설	15.0~30.0cm	
	출입구	30.0~60.0cm	
	부동 침하	석적 및 벽돌구조 빠대 구조	2.5~5.0cm
			5.0~10.0cm
가능성	굴뚝, 싸이로, 매트	7.5~30.0cm	
진도	탑, 굴뚝	0.004S	
	물품적재	0.01S	
	크레인 레일	0.003S	
부동 침하	빌딩의 벽돌 벽체	0.0005~0.002S	
	철근 콘크리트 빠대구조	0.003S	
	강 빠대구조(연속)	0.002S	
	강 빠대구조(단순)	0.005S	

S : 기둥사이의 간격 또는 입의의 두점사이의 거리

과 각변위에 대한 일반적인 기준을 나타낸 것이다. 여기서 사질토의 경우 즉시 침하형태로 일시에 발생하므로 적용상의 어려움은 없을 것으로 판단된다. 점성토의 경우 굴착의 영향이 침하형태로 즉시 나타나는 것이 아니라 일정기간 경과후 나타나므로 단순히 침하량만을 기준으로 할 수가 없으며 압밀등의 추가적인 영향을 함께 검토할 필요가 있다.

아울러 기준치로 활용하기 위해서는 굴착공사에 앞서 영향범위내에 있는 구조물에 대하여 미리 기준점을 설정하고 현상태를 관찰한 후 굴착에 따른 영향정도를 정량화하는 것이 중요하다. 지중매설물의 경우는 상태의 파악이 곤란하므로 시공기록등을 미리 확보하여 관리하여야 한다.

2) 성토구조물

성토구조물의 경우 대부분 연약한 점성토 지반상의 성토시 발생하는 문제는 크게 활동과파, 침하 및 변형 등이 있으며, 거동특성이 전단변형과 압밀변형이 복합적으로 발생하여 복잡한

거동을 하기 때문에 이를 파악하기 위해서는 성토안정해석, 압밀침하해석, 2차 압밀검토, 침하 및 변형해석 등을 실시하여 이상유무를 파악해야 한다.

압밀침하의 경우 시공전에 실내 압밀시험결과에 의한 최종압밀량을 추정하여 이를 공사초기의 관리기준치로 활용한다. 시공중에는 성토단계별로 시료채취를 하여 압밀침하를 추정하여 잔류침하량을 산정하고 계측기를 설치하여 이를 확인하여 초기 관리기준치와의 접근 정도에 따라 시공속도 및 성토높이를 조절할 수 있도록 한다.

표 3-2는 성토구조물 축조시 적용관리기준치를 나타낸 것으로 과거의 시공을 참고로 하여 2단계로 설정한 것이다.

관리기준 및 변형예측은 주로 지반침하, 수평변위등의 변형자료를 근거로 하여 이뤄지는 것은 지반응력을 측정하기가 곤란하고 토질조사를

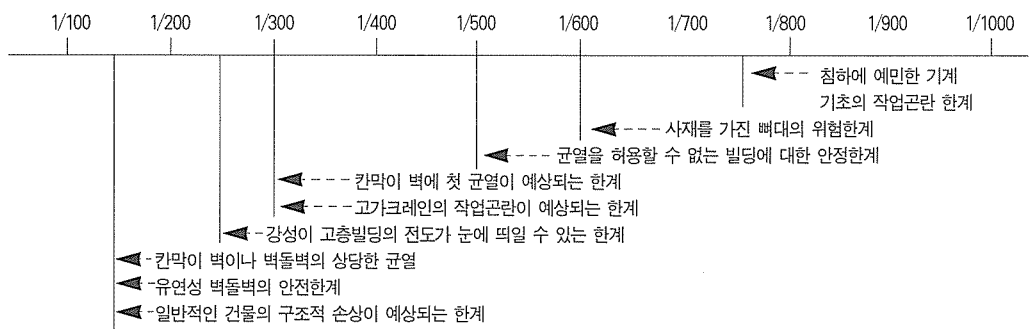


그림 3-1. 여러가지 구조물에 대한 각변위 한계(Bjerrun, 1963)

표 3-2. 성토구조물 축조시 적용관리기준치

관 리 방 법	제1차 관리기준치	제2차 관리기준치
수평변위속도 ($\angle SH/\angle t$)	$\angle SH/\angle t=1.0\text{cm/day}$	$\angle SH/\angle t=2.0\text{cm/day}$
수평변위/연직변위 (Sh/St)	Sh/Sv=0.2	Sh/Sv=0.25
(Sh/Sv)/Sv	P/Px=0.7	P/Px=0.8

수시로 실시하기가 곤란하기 때문이다.

3) 터널구조물

일반적으로 터널굴착시 막장진행에 따른 내공 변위 및 천단침하, 록볼트축력, 지중변위, 슛크리트응력등의 관리기준치는 설계시 수치해석결과, 과거 시공실적을 토대로 한 경험치, 시험구간의 계측결과 등을 사용할 수가 있다.

설계시 수치해석결과는 해석조건과 시공조건과 상이한 경우에는 관리기준치의 이용이 곤란한 경우가 많으므로 해석조건에 맞는 시공을 실시하든지 시공조건을 충분히 고려한 해석이 되어야 한다. 더우기 갱구부 또는 보조공법실시에 따른 관리기준치 활용은 해석방법을 변경하여 새로이 실시하여 관리기준치를 설정해야 한다.

과거 시공실적을 이용한 경험적인 방법은 터널의 지보패턴과 암중 그리고 계측결과와의 상호 관련성을 찾아내어 이용하는 방법으로 서울시 지하철의 경우 표준지보패턴에 의한 시공실적이 풍부하므로 터널통과구간이 통화암내지 연암에 대한 계측결과를 종합정리하여 사용할 수가 있다.

시험구간의 계측결과와의 이용은 해당 지보패턴 구간내에 시험구간을 선정하여 계측을 통하여 변위특성을 파악하여 잔여구간에서의 관리기준치로 활용하는 것으로 해당 현장에서의 적용성이 높다. 이때 막장관찰결과를 함께 기록·유지하여 잔여구간의 막장진행시 수집된 막장관찰결과와 비교하여 계측변위를 어느정도 예상할 수가 있도록 한다.

4) 교대기초구조물

배면성토등의 편재하중에 의해 발생하는 측방 유동의 결과는 대부분 시공시 또는 준공직후에 발생하는 경향이 많으며, 특히 교대완성후 뒷채움 작업에 의한 영향이 커서 교대 및 말뚝기초 구조물에 영향을 끼쳐 교대의 변위, 경사 및 기

초말뚝의 부가응력이 발생하므로 사전에 측방유동이 발생가능한지 여부를 확인하고 필요시 지반보강을 실시한다. 현재 통일된 설계, 시공방침이 없는 관계로 다음의 표 3-4 관련 제안방법들을 이용하여 측방유동의 가능성을 검토하는 것이 바람직하다. 국내에서는 원호활동시 안전율이 1.4~1.5 이상이면 측방유동에 대해서는 안전하다는 연구결과가 있으므로 이를 이용할 수 있을 것으로 본다.

시공중 관리기준치는 수치해석을 통한 교대 및 기초말뚝, 지반의 변위와 침하량을 기준치로 하고 관련 계측항목들을 투입하여 수집된 계측결과와 수치해석결과를 비교하여 시공속도 및 순서를 조절할 수 있도록 하여야 한다. 특히 수치해석시에는 교대완성시, 뒷채움 완료시까지를 여러 단계로 분류하여 계측결과에 의한 대책방안을 수립할 경우에 공사기간이 허용하는 범위 내에서 시공속도 및 순서를 조절할 수 있도록 배려해야 한다.

표 3-4. 교대 측방이동 발생여부 판단기준

도로교 시방서	$F_s \leq 1.0$
수도고속도로공사	$F_p \leq 1.2$ 및 $S_v > 50\text{cm}$
도로공사	$F = \frac{C}{D \times r \times H}$
토목연구소	$I = \frac{D}{L} \frac{b}{B} \frac{D}{A} \frac{rH}{C} \leq 1.5$

3.2 각종 구조물의 거동분석

(1) 지반거동에 따른 인접구조물의 거동

1) 분석기법

굴착으로 인해 침하가 발생하여 각변위나 수평변형이 발생하면 지표면이나 지중매설물의 내 구성에 영향을 미치게 된다. 인접구조물의 거동

을 분석을 할 경우에는 지반이 지니는 잔류강도와 구조물의 강성으로 발생하는 지반 손실량이 구조물에 100% 전달되는 것으로 보고하며, 이것이 안전측이다.

2) 매설구조물의 거동

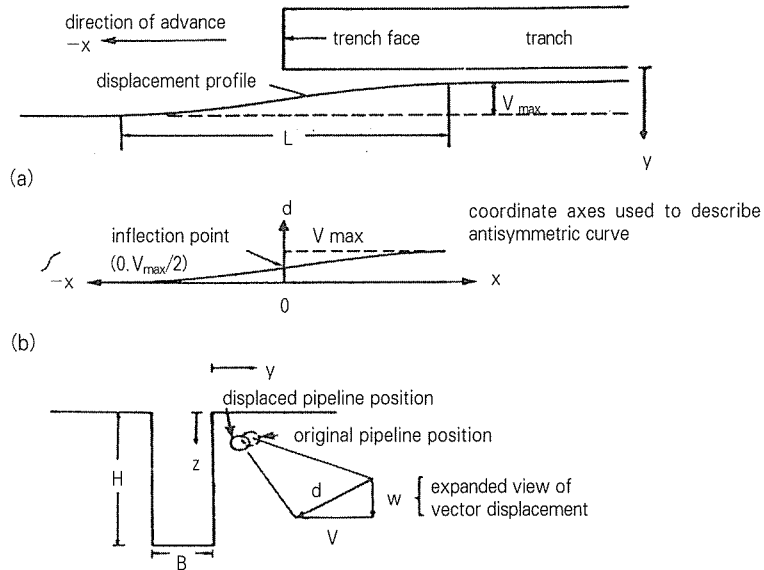
매설구조물중 매설관로의 변형형태를 분석하는 경우에는 매설관로가 굴착현장 방향으로 거동하고 굴착바닥방향, 즉 하향으로 거동하는 것으로 본다. 이 때 거동방향은 수평, 수직방향의 거동속도 및 크기에 따라 달라지며, 피해정도는 변위속도와 관의 강성, 이음부의 상태에 따라

지배받게 된다. 따라서 굴착공사전에 현장주변에 매설구조물의 위치, 제원, 노후정도 및 연결부위 상태등을 상세히 조사하여 안정성 여부를 확인할 필요가 있다. 기초지반이 침하될 때 연성인 매설관로인 경우 침하와 매설관로의 거동을 동일시하면 허용경사각은 다음식으로 규정하여 침하각과 비교하는 것이 합리적이다.

$$S=0.573(Ln/Bc) (^{\circ}) : \text{소켓형 이음관}$$

$$S=1.1476(Ln/BC) (^{\circ}) : \text{슬리브형 이음관}$$

위 식에서 L(mm)은 관의 유효길이이며, Bc(mm)는 관의 직경이다.



3) 도로 포장체의 거동

포장체의 파괴형태는 구조적 파괴와 기능상 파괴로 구분할 수 있다. 연성포장체는 표면피로, 기초지반의 압밀침하 및 지지력부족에 의해 하자가 발생하게 된다. 파괴형태는 포장체의 피로에 의한 지도형태 균열, 기초지반의 강성부족에 따른 전단파괴와 종방향 균열, 동상에 의한 균열, 기후 및 포장재료에 의한 Bleeding등으로 구분할 수 있다. 강성포장체의 파괴형태는 강성

부족에 의한 실균열 및 연결부 이탕, 건조수축에 의한 균열, 과하중 재하에 의한 구조파괴, 기초지반강성부족에 의한 파괴등으로 구분할 수 있다.

굴착공사 현장에 인접한 포장체에서 발생하는 하자는 기초지반의 침하와 장비하중에 의한 균열 등으로 연성포장의 경우 침하와 동시에 임의 방향 균열이 발생한 후 갈라지게 되고 강성포장의 경우 자체의 강성으로 인해 일정기간 침하에

저항하다가 일시에 일방향 균열의 형태로 발생하는 것이 일반적이다.

포장재에서 발생하는 균열위치는 굴착공정과 연관성을 갖게 된다. 즉 침하영향거리, 앵커인장부의 연결선, 굴착에 따른 지하수위면등에 영향을 받아 균열부가 형성되므로 공사중 정기적으로 균열발생 및 진행현황을 파악하여 공정진행에 참고하는 것이 필요하다.

(2) 성토구조물의 거동

1) 분석기법

일반적으로 연약 점성토 지반에서 성토하중에 의한 지반내부의 변형은 전단 및 압밀에 의한 것으로 매우 복잡한 거동을 보인다. 압밀 및 전단변형에 영향을 미치는 연약지반의 두께 및 압밀특성, 성토단계별 높이 등을 충분히 파악하여 실내시험과 수치해석을 통하여 시공전에 압밀 및 전단변형량을 추정하며, 시공중 실시한 계측결과를 비교하여 성토높이, 시공순서, 시공속도 등을 조절할 수 있도록 한다.

계측결과로부터 압밀거동이 탁월하면 안정상태, 전단변형이 탁월하면 불안정 상태로 분류한다. 시공중 수집된 계측결과로부터 시간경과에 따른 연직변위와 수평변위의 관계로부터 안정, 불안정여부를 판단할 수가 있는데 이들 방법에는 Tomonaga법, Kurihara-Inchimoto법, Matsuo-Kawemura법, Shibata-Sekiguchi법 등이 있다.

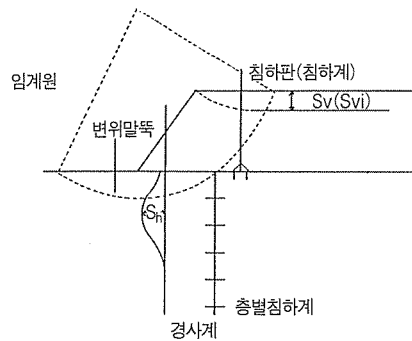
Tomonaga법은 연직변위(S_v)와 수평변위(Sh)의 관계로부터 안정여부를 판단하는 방법으로 연직변위(S_v)가 큰 경우는 압밀침하중인 것으로 안정상태로 판단하며, 수평변위(Sh)가 더 큰 경우에는 불안정 상태로 판단하여 성토높이의 감소를 고려할 수가 있다.

Kurihara-Ichimoto법은 연직변위(S_v)와 1

일 수평변위량(Sh/day)과의 관계를 구하여 안정여부를 판단하는 방법으로 1일 수평변위량이 일정한 값(관리기준치)보다 크면 불안정한 것으로 판단하여 성토높이의 감소를 고려할 수가 있다.

Matsuo-Kawemura법은 연직변위(S_v)와 수평변위/연직변위(Sh/S_v)의 관계를 구하여 안정여부를 판단하는 방법으로 경험적인 방법이다.

Shibata-Sekiguchi법은 성토하중(q , 또는 성토두께, H)과 수평변위(Sh)의 관계로부터 안정여부를 판단하는 방법이다.



2) 성토구조물의 거동

거동특성이 전단변형과 압밀변형이 복합적으로 발생하여 복잡한 거동을 하기 때문에 이들 변형특성을 충분히 파악하여야 한다. 압밀시험 및 수치해석을 실시하고 계측결과를 수집하여 성토안정해석, 압밀침하해석, 2차 압밀검토, 침하 및 변형해석 등을 실시하여 이상유무를 파악해야 한다. 이러한 해석을 실시하여도 해석결과와 실측치와는 많은 차이를 보이게 되는데 이는 압밀이론의 가정조건, 지반의 불균질성, 토질정수의 변화 등에 의한 것이 대부분이다.

이를 극복하기 위해서는 계측된 데이터를 기본으로 하여 침하를 예측하여야 하며, 시공관리

에 반영하기 위해서는 침하예측방법을 도입하여야 한다. 대표적인 침하예측방법에는 Asaoka법, 쌍곡선법, Hoshino법 등이 있다.

Asaoka법은 Terzaghi의 압밀이론에 근거한 방법이며, 쌍곡선법은 평균침하속도가 쌍곡선으로 감소하는 것에 착안한 방법이며, Hoshino법은 전단에 의한 측방유동을 포함하여 전침하가 시간의 평방근에 비례하는 것을 이용한 방법이다.

성토단계별 잔류침하량을 구하고자 할 경우에는 압밀도에 의해 산정할 수가 있는데 이때에는 성토단계별 토질시험결과와 계측결과를 이용하여 실측침하, 선행압밀하중, 일축압축강도, 실측과잉간극수압등을 구하고 이를 이용하여 압밀도를 구할 수가 있다.

(3) 터널구조물의 거동

1) 분석기법

국내 지하철공사시 터널공사는 토피두께, 압피복두께, 터널의 크기등에 따라 지보패턴 별로 분류하여 시공을 하므로 지보패턴별로 막장진행 상황, 막장관찰결과, 계측결과를 참고하여 막장진행에 따른 변위특성을 파악한다.

변위의 크기와 수렴시기를 파악하여 해석결과 또는 시험구간에서의 계측결과와 비교하고 그

차이점을 원인을 찾아 안정성과 시공성 향상에 적극 반영할 수 있도록 한다.

2) 터널구조물의 거동

터널굴착시 수집되는 모든 정보를 종합하여 변위발생크기 및 수렴시기, 이완영역의 범위, 지보공의 안전여부등을 조사하여 터널의 안전성과 굴진장의 증감여부, 지보패턴의 변경등과 같은 시공성 향상에 충분한 자료가 될 수 있도록 하여야 한다.

터널에서 계측수행과 함께 막장관찰결과 기록 유지하여 문제발생시 근본적인 대책을 제시할 수 있도록 하여야 한다. 막장관찰결과로부터 암질분류, 용출수 정도, 절리상태 등의 정보를 수집하면 계측기 설치이전에 지보패턴의 변경, 보조공법의 실시여부 등을 결정할 수 있으므로 적극적으로 이를 활용하여야 한다.

수집된 계측결과로부터 막장진행에 따른 변위특성과 수렴시기, 암질분류를 함께 고려하여 1일 굴진장의 증설여부 및 지보패턴의 변경여부를 결정할 수 있다.

설계시 또는 지보패턴 시점부에 설치된 B계측지점에서의 계측결과를 수치해석결과와 비교하여 이완영역의 범위, 록볼트길이의 증설여부와 효과, 슛크리트의 안정성 여부를 파악하여 시공에 적극 활용하도록 한다.

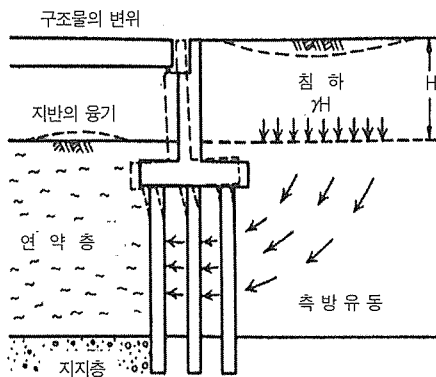


표 4-1. 관리 항목

대항목	중항목	소항목	관 리 사 항
관리계측 데이터에 기초한	데이터 관 리	유지관리	계측체계의 확보
		신뢰성 관 리	계측치의 정도, 신뢰 성의 파악
안전관리	안 전 관 리	일 상 적 인 관 리	안전성의 판단, 시공 의 계속 중지 중점안 전관리의 필요성
		중 점 안 전 관 리	안전성, 적정의 판단 시공계획의 계속 수정

(4) 교대기초구조물의 거동

1) 분석기법

측방유동은 지반의 소성변형에 기인하기 때문에 일단 발생하게 되면 거의 원상복구가 되지 않으므로 대책방안을 선택하는데도 많은 문제점이 도출되게 된다.

측방유동의 특성을 충분히 파악하기 위해서는 연약지반의 압밀침하와 말뚝기초의 거동을 압밀시험과 수치해석을 통하여 분석을 해야 하며, 시공이력등을 고려하여 시공중 시공속도와 시공 순서등을 조절할 수 있어야 한다. 측방유동 특성상 원상복구가 곤란하므로 수치해석시 시공조건과 교대배면의 뒤채움재료에 의한 연약지반의 압밀침하속도, 압밀침하량, 말뚝기초의 거동을 시공단계별로 파악할 수 있도록 분류, 실시하여 시공중 계측결과와 비교하여 이상변위발생시 지반개량 및 하중경감 등의 대책을 실시할 수 있

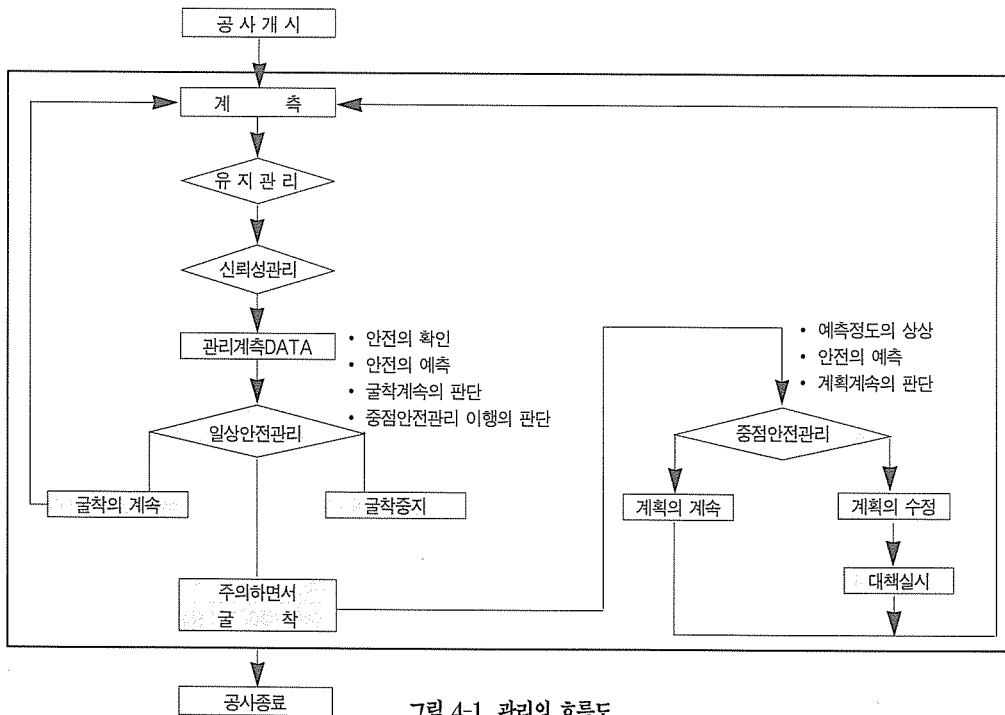
도록 하여야 한다.

2) 교대기초구조물의 거동

지질조사 및 실내시험을 통하여 압밀시험을 실시하며, 압밀시험결과에 의한 실제 지반 조건에서의 연약층 두께 배수조건을 고려하여 압밀침하량을 산정하여야 한다. 산정한 압밀침하량과 계측결과를 비교하여 그 차이점과 원인을 규명한다.

말뚝기초의 거동은 수동말뚝해석법으로 검토하고 시간경과에 따른 계측결과와 변화추이와 1일 변위속도등을 조사하고 이를 수치해석결과와 비교하여 원인을 분석하고 지반개량 및 하중경감등의 대책방안을 제시할 수 있도록 하여야 한다.

제4장 계측치에 의한 공사관리



계측결과를 토류벽공사의 안전확인 및 예측에 유효하게 이용하기 위해서는 다음과 같은 관리를 할 필요가 있다.

표 4-1은 관리항목을 나타낸다.

표 4-1의 관리항목을 적절히 결합시켜 관리체계를 확립할 필요가 있는데 그림 4-1은 관리의 흐름을 나타낸다.

4.1 데이터 관리

데이터 관리는 계측체계를 유지하는 '유지관리'와 계측치의 신뢰성을 '신뢰성관리'로 나누어지며, 필요한 경우 정기적으로 관리한다.

4.2 안전관리

안전관리는 데이터 관리에 따라서 체크된 계측 데이터와 미리 정해진 관리기준치를 이용하여 안전확인 및 예측을 하므로써 공사에 반영시키는 것이다. 이것은 공사의 계속, 중단 등 중요 안전관리의 필요성을 판단하는 '일상 안전관

리'와 시공계획의 계속, 수정을 판단하는 '중점 안전관리'로 나누어 생각할 수 있다.

안전관리에 있어서는 현상을 충분히 파악하여 예측을 가능한 정확하게 함으로서 공사진척에 따른 적절한 판단을 내릴 수 있게 된다. 이때 판단의 기준이 되는 것이 계측 데이터와 관리기준치이다. 계측 데이터는 그 값의 크기와 변화에 의해 평가되므로 관리기준치의 예로는 아래의 두 값과 같이 설정할 수 있다.

(1) 관리치 I (허용치에서 설정한 것)

이 값은 발생하고 있는 계측치의 안전률을 파악하는 기준이 된다. 토류 부재의 계측 항목별 허용치와 그 신뢰성을 표 4-2에 나타내었다.

(2) 관리치 II (예측계산에 의해 계산된 것)

이 값은 발생될 계측치의 최대치 크기, 발생위치 및 변화방향을 나타내는 것이며 예측 정도를 파악하는 기준이 된다. 그러나 관리치 I, II가 설정될 수 있는 항목(예를 들면, 토류벽의 휨모멘트)에 대한 일상관리는 안전률과 예측정

표 4-2. 허용치 일람표

계 측 항 목			허용치의 구분				허용치		비 고
			재료의 파괴에 대한 허용치		기능, 미관, 환경 등에 대한 허용치		설정치	추정치	
			직접 항목	간접 항목	직접 항목	간접 항목	A	B C	
토 류 벽 부 재	벽 체	축 압	○				○	벽체, 지보공이 파괴되지 않는 토압(설계용 토압)	
		수 압	○				○	벽체, 지보공이 파괴되지 않는 수압(설계용 수압)	
					○	●	○	주변구조물에 영향을 주지 않는 수압(압밀계산수위)	
		응 력					○	증기허용응력도	
		변 형			○		○	기설구조물에 대한 클리어	
					○		○	주변구조물에 영향을 주지 않는 토압(거동해석 설계치)	
	지보공 응력	○				○	증기허용응력도		

● : 주변구조물의 소유자로부터 규정이 있는 장소

도를 안전판단의 기준으로서 활용한다.

안전률(관리치 I/계측치)이란 관리치 I 과 계측치를 비교한 값으로, 발생하고 있는 계측치의 안정성을 파악하는 것이다. 또한 예측정도(관리치 II/계측치)는 관리치 II와 계측치를 비교한 값으로 계측치가 예측치에 따라서 거동하고 있는가를 파악하는 것이다. 안전률이 충분히 확보되는 경우에는 예측정도가 다소 나빠져도 문제는 안되지만, 안전율이 적은 경우는 예측정도가 높아야 적절한 판단을 할 수 있다. 이외에도 계측치에 관한 정상적인 거동을 사전에 충분히 파악하여 이상한 데이터의 식별이 가능하도록 하여야 한다. 표 4-3은 토류벽의 휨모멘트에 관한 판단기준을 보여준다.

표 4-3. 토류벽의 휨 모멘트 안전 판단 기준

판 단 지 표			대 처	
a. 안전율 관리치 I 계측치 (안전확인)	b. 예측정 관리치 II 계측치 (안전계측)	c. 정상적 지표 일반적 인 계측치의 거동과 비교	굴착의 계 속	중점안전관 리의 필요 성
2.0이상	0.5이상 0.5이하		계 속	중점안전 관 리
2.0~1.2	0.65이상	안 정 불안정변화	계 속	중점안전 관 리
	0.65이하	안 정 불안정변화		
1.2~1.0	0.8이상	안 정 불안정변화	계 속 중 단	중점안전 관 리
	0.8이하			
1.0이하				

1) 토류벽 공사

표 4-4. 토류벽 공사시 관리체계

관리체계	절대치 관리기준	계 측 관 리 체 제	시공관리 및 대책
정상시	계측치 ≤ 제1관리치	- 정상계측 및 보고	- 주변침하정도, 토류벽체 균열여부 - 인접건물의 균열정도
제1단계	제1관리치 < 계측치 ≤ 제2관리치	- 보고 - 계측기기의 점검 및 재측정 - 요인 분석	- 주변침하, 토류벽체 균열정도 - 인접건물의 균열정도 - 대책공의 검토준비
제2단계	제2관리치 < 계측치 ≤ 제3관리치	- 계측체제의 강화 → 측정빈도의 증가 - 요인 분석 - 관리기준치 검토 - 해당구간의 계측 및 측정 추가	- 현장상황의 점검 강화 - 대책공의 실시 → 토류벽 배면의 그라우팅 → 버팀보, 락의 보강 → 건물 주변의 지반보강, 차수공법
제3단계	계측치 > 제3관리치	- 계측체제의 강화 - 요인분석 - 예측관리기법 채택 - 재설계, 대책공 실시, 확인	- 공사중지, 현장점검 - 대책공의 실시결과 검토 - 예측관리기법에 의한 대책 → 버팀재 설치간격의 변경 → 시공법의 변경 → 굴착깊이의 감소

주) 제 1관리치는 설계서에 나타난 허용치의 80%이며, 제2관리치는 허용치의 100%이며, 제3관리치는 허용치의 120%이다(변위계(S/G))
주) 대책공의 실시는 계측치 발생단계가 정상시, 제1단계인 경우라도 토류벽체의 균열, 버팀재의 변형, 주변건물의 균열발생등의 조짐 및 출현시에 시행해야 한다.

2) 성토공사

표 4-5. 성토 공사시 관리체제

관리체제	절대치 관리기준	계 측 관 리 체 제	시공관리 및 대책
평 상 시	계측치 ≤ 제1관리치	- 정상계측 및 보고	- 주변지반의 변형정도 - 성토사면의 균열정도
제 1 단계	제1관리치 < 계측치 ≤제2관리치	- 보고 - 계측기기의 점검 및 재측정 - 요인 분석	- 주변지반의 변형정도 - 성토사면의 균열정도 - 대책공의 검토준비
제 2 단계	제2관리치 < 계측치 ≤제3관리치	- 계측체제의 강화 → 측정빈도의 증가 - 요인 분석 - 관리기준치 검토 - 해당구간의 계측기 및 측정 추가	- 현장상황의 점검 강화 - 대책공의 실시 → 성토단계별 성토높이 경감 → 성토사면 하부의 압성토실시 → 성토사면 하부의 지반보강
제 3 단계	계측치 > 제3관리치	- 계측체제의 강화 - 요인 분석(토질조사 실시) - 관리기준치 검토 - 예측관리기법 채택 - 재설계, 대책공 실시, 확인	- 공사중지, 현장점검 - 대책공의 실시결과 검토 → 성토단계별 성토높이 경감 → 성토사면 하부의 압성토실시 → 성토사면 하부의 지반보강

주) 제 1관리치는 설계서에 나타난 허용치의 80%이며, 제2관리치는 허용치의 100%이며, 제3관리치는 허용치의 120%이다(변위계(S/G))
 주) 대책공의 실시는 계측치 발생단계가 평상시, 제1단계인 경우라도 토류벽체의 균열, 버팀재의 변형, 주변건물의 균열발생등의 조짐 및 출현시에 시행해야 한다.

3) 터널공사

표 4-6. 터널공사시 관리체제

관리체제	절대치 관리기준	계 측 관 리 체 제	시공관리 및 대책
평 상 시	계측치 ≤ 제1관리치	- 정상계측 및 보고 - 보고	- 갱내 막장 및 지보관찰 - 작업주시 지시
제 1 단계	제1관리치 < 계측치 ≤제2관리치	- 계측기기의 점검 및 재측정 - 요인 분석	- 막장관찰 강화 - 대책공의 검토
제 2 단계	제2관리치 < 계측치 ≤제3관리치	- 계측체제의 강화 → 측정빈도의 증가 - 요인 분석 - 관리기준치 검토 - 해당구간의 계측기 및 측정 추가	- 현장상황의 점검 강화 - 대책공의 실시 → 슛크리트 및 록볼트의 증설 → 막장면 Seal 슛크리트 → 막장면 록볼트
제 3 단계	계측치 > 제3관리치	- 계측체제의 강화 - 요인 분석(토질조사 실시) - 관리기준치 검토 - 예측관리기법 채택 - 재설계, 대책공 실시, 확인	→ 슛크리트에 의한 상반 가인버트 - 막장 정지 및 막장후방의 점검 - 대책공의 실시결과 검토 → 슛크리트 및 록볼트의 증설 → 막장면 Seal 슛크리트 → 막장면 록볼트 → 슛크리트에 의한 상반 가인버트 → 주입등에 의한 지반보강

주) 대책공의 실시는 계측치 발생단계가 평상시, 제1단계인 경우라도 막장면의 지질상태, 용출수의 피더등의 조짐 및 출현시에 시행해야 한다.

4) 교대기초공사

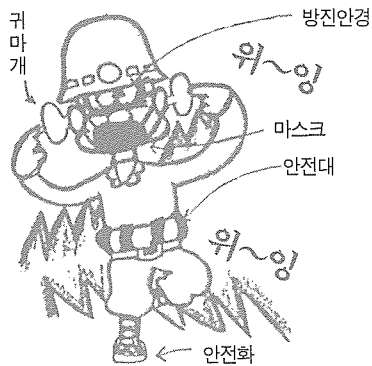
표 4-7. 교대기초공사시 관리체계

관리체계	절대치 관리기준	계 측 관 리 체 제	시공관리 및 대책
정상시	계측치 ≤ 제1관리치	- 정상계측 및 보고	- 교대의 변위 및 이동관찰 - 작업주의 지시
제1단계	제1관리치 < 계측치 ≤ 제2관리치	- 보고 - 계측기기의 점검 및 재측정 - 요인 분석	- 육안관찰 강화 - 대책공의 검토 - 현장상황의 점검 강화
제2단계	제2관리치 < 계측치 ≤ 제3관리치	- 계측체제의 강화 → 측정빈도의 증가 - 요인 분석 - 관리기준치 검토 - 해당구간의 측정추가	- 대책공의 실시 → 시공속도 경감 → 뒷채움재료의 경량화 경량화 공법선정
제3단계	계측치 > 제3관리치	- 계측체제의 강화 - 요인분석 - 관리기준치 검토 - 해당구간의 측정추가 - 대책공의 실시후 확인	- 공사정지 및 교대의 균열점검 - 대책공의 실시 → 뒷채움재료의 경량화 경량화공법선정 → 경량화 공법실시

주) 제1관리치는 설계서에 나타난 수치해석결과의 60%이며, 제2관리치는 수치해석결과의 80%이며, 제3관리치는 수치해석결과의 100%이다.

주) 대책공의 실시는 계측치 발생단계가 정상시, 제1단계인 경우라도 교대의 변위 및 이동이 발생한 경우에는 시행해야 한다.

만화로 배우는 안전 (3)



기타의 보호구

- 용접작업에서는 차광안경, 보호장갑을 사용한다.
- 필요에 따라서는 방진안경, 귀마개, 마스크, 고무장갑(감전방지용), 안전화(발끝방지)를 사용한다.
- 수상에서 작업을 할 때에는 구명조끼를 사용한다.