감 사

★◉기안	과 장	부 장	처 장	본부장	부사장	사 장
협 조	도로연구소장 :			기술심사실장 :		

교량기초 지반조사방법 개선

2002. 12.

문서번호	설계구13201-714
보존기간	10년
결재일자	2002. .

부 장	협 조
설계기준부장	
도로설계부장	

한국도로공사

KOREA
HIGHWAY
CORPORATION

目　　次

1. 검　토　배　경

2. 검　토　목　적

3. 현행 지반조사 방법
　　및 문제점

4. 개　선　방　안

5. 적　용　방　안

붙　임 :　실시설계 일반과업지시서(안) 교량부

1. 검 토 배 경

가. 지층의 변화가 심하거나 풍화대가 깊은 경우 **설계된 직접기초 심도와 시공시 재하시험결과로 결정한 심도가 불일치**하여 이에 따른 **내진 설계변경 발생**

나. 풍화대가 깊은 경우 직접기초의 설계는 침하량 예측이 중요하나 기존의 지반조사방법으로는 **신뢰성있는 침하량 산정을 위한 지반조사 자료 부족**

다. 교량기초 하부에 공동이 다수 존재하는 경우에 대한 **구체적인 지반조사 방법 정립 필요**

라. 교량기초가 급경사지에 위치하여 기초 터파기로 인한 대규모 사면붕괴가 유발되는 경우 사면안정 검토필요

2. 검 토 목 적

가. 현장여건을 충분히 고려하여 **교량기초 지반조사의 신뢰도를 높이고**, 직접기초 푸팅 심도 변화에 따른 **시공시 설계변경 최소화**

나. 구조물 기초 위치에 **지하공동이 다수 존재하는 지역의 지반조사 방안을 구체적으로 제시**하여 **실시설계단계에서 최적의 기초공법 선정이 가능토록함.**

다. 교량의 기초가 급경사지에 위치하는 경우 터파기 경사면의 사면안정 분석을 하여 대책 수립

3. 현행 지반조사 방법 및 문제점

가. 구조물 기초 조사 및 설계 흐름도

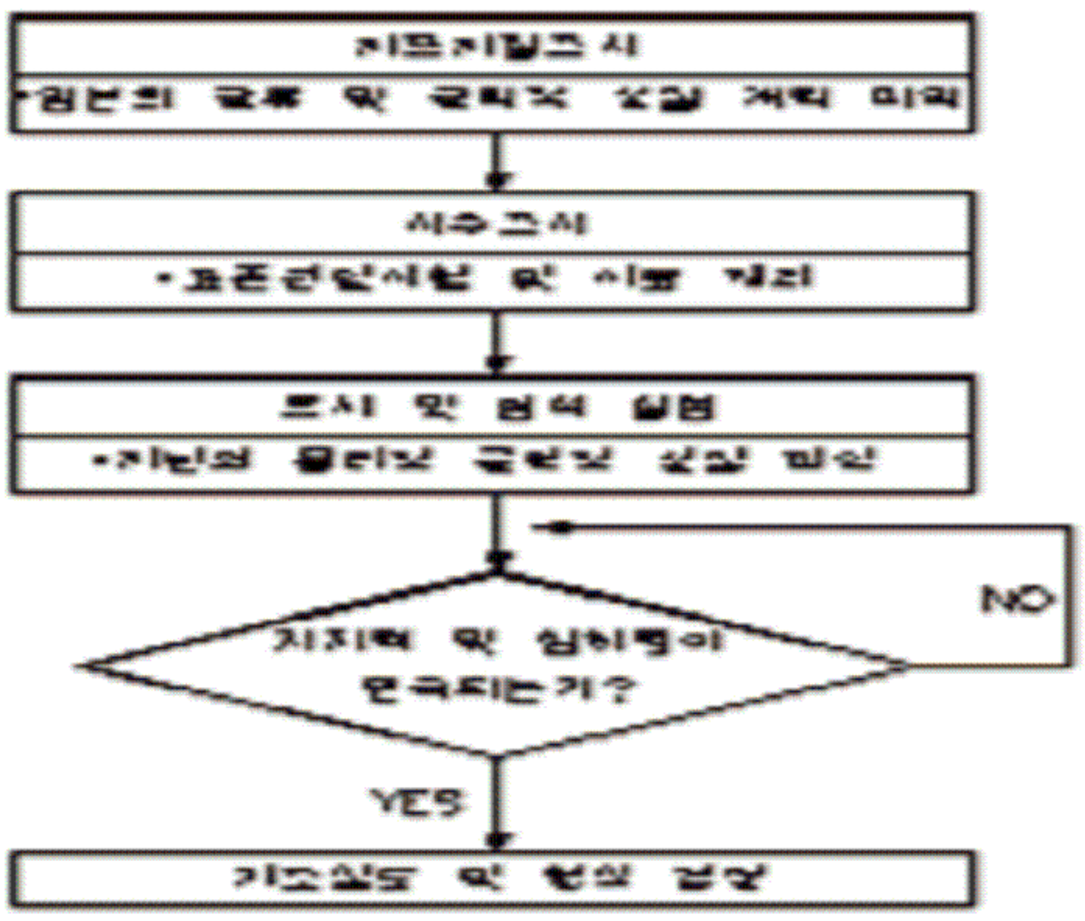


그림1. 구조물 기초조사 및 설계 흐름도

나. 구조물기초 지반조사 항목

구 분		지반조사 빈도	비고
시추조사	빈 도	• 교대 및 교각마다 1개소(NX) • 상하행선 분리 시 모두 시행	
	심 도	• 경암 1m, 연암 3m, 풍화암 7m 중 택일 • 필요시 감독원과 협의하여 조정 • 풍화암층이 깊을 경우 교량 당 1개소이상 암층 심도까지 확인	
표준관입시험		• 1.5m 간격	
기타현장시험		• 토모그래피탐사, 전기비저항탐사 (공동 발견시)	
실내시험	토질시험	• 함수비 • 비중 • 액성한계 • 소성한계 • 입도분석	
	암석시험	• 일축압축강도	

다. 현행 교량기초 지반조사의 문제점

1) 각 교대 및 교각마다 시추조사를 1공 실시하고 각 지층이 지표면과 평행하다고 추정하여 설계하므로 지지층이 지표면 경사와 상이하거나 지층변화구간에서는 시공시 직접기초 심도가 변경될 가능성이 많음
2) 풍화암층이 두꺼운 경우에도 표준관입시험 결과로부터 지반의 탄성계수를 추정하여 사용하므로 침하량 산정의 신뢰성이 부족하여 시공시 직접기초 심도가 변경될 가능성이 많음
3) 기초위치에 공동이 존재하는 경우 1개소의 시추결과만으로는 공동의 규모 및 분포상황을 파악하기 곤란함
4) 교량기초가 급경사지에 위치하는 경우에도 기초 터파기면의 사면 안정검토를 미시행하여 기초시공을 위한 터파기시 대규모 사면 붕괴 및 교각의 횡방향 변위 발생 우려

4. 개 선 방 안

■ 지반에 공동이 존재하지 않는 경우

가. 말뚝기초로 예상되는 경우

1) 현행 시험 기준과 동일하게 수행

나. 직접기초로 예상되는 경우

1) 급 경사지에 위치하는 경우

◎ 기초 터파기시 사면의 안정성 검토가 필요하다고 판단되는 경우 → **시추공 영상 촬영시험 수행**

2) 시추조사시 인접 교각간의 암반 심도차이가 매우 크거나 지반여건상 풍화암 심도가 매우 불규칙하다고 판단되는 경우 → **탄성파 탐사 또는 전기비저항 탐사 시행**

◎ 물리탐사 수행방법 : 탄성파 탐사의 경우 지오폰의 간격을 3m이하로 하고 음원을 3개소 이상의 위치에서 발생시켜 시험을 수행하며, 전기비저항 시험의 경우 고밀도 2차원 영상법을 적용하여 충분한 정밀도를 갖도록 시험을 수행하여야 함.

◎ 측선배치

■ 다수의 푸팅을 조사해야 하는 경우 : 교축방향으로 2회 실시하며 보링위치와 물리탐사 측선을 가능한한 일치시킬 것(단, 필요시 교축직각 방향 추가 탐사수행)

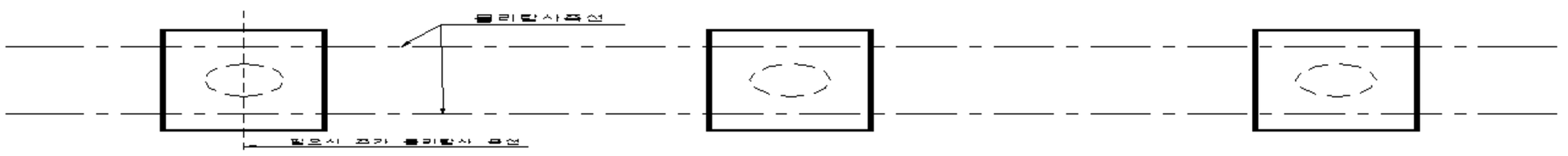


그림2. 다수의 푸팅을 조사해야 하는 경우의 물리탐사 측선

■ 1개의 푸팅을 조사해야 하는 경우 : 지형에 따라 교축방향 및 교축직각 방향으로 모두 실시하거나 한 방향에 대하여 실시

(단, 측선 길이는 푸팅폭(L 또는 B)+1.5D×2 이상 확보)

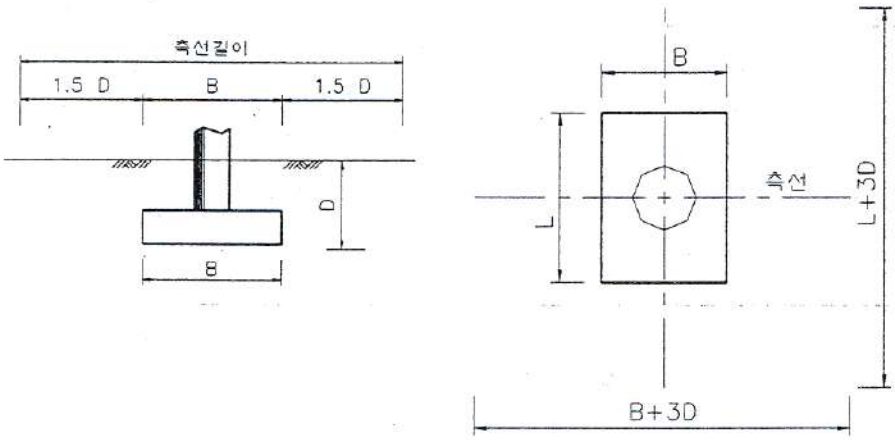


그림 3. 1개의 푸팅을 조사하는 경우 측선 길이 및 배치

3) 풍화암층이 두꺼워 직접기초 심도 결정시 침하량 산정이 필요한 경우

→공내재하시험(Pressuremeter시험)을 수행(침하량을 산정할 수 있는 지반의 탄성계수 측정)

◎ 공내재하시험(Pressuremeter시험)방법 : 여러번의 재하 및 제하 과정을 거쳐 지반의 탄성계수 및 변형계수를 측정해야함

◎ 공내재하시험(Pressuremeter시험) 수행 심도

■ 직접기초 예상심도 하부 2L깊이까지 표준관입 시험치가 점진적으로 증가하는 경우 → 직접기초 예상심도 직하부에서 실시

■ 풍화암층 하부 2L 이내에서 표준관입 시험치가 급변하는 경우

→ 직접기초 하부 2L 이내에서 최소 및 최대 표준관입 시험치를 나타내는 심도에서 실시

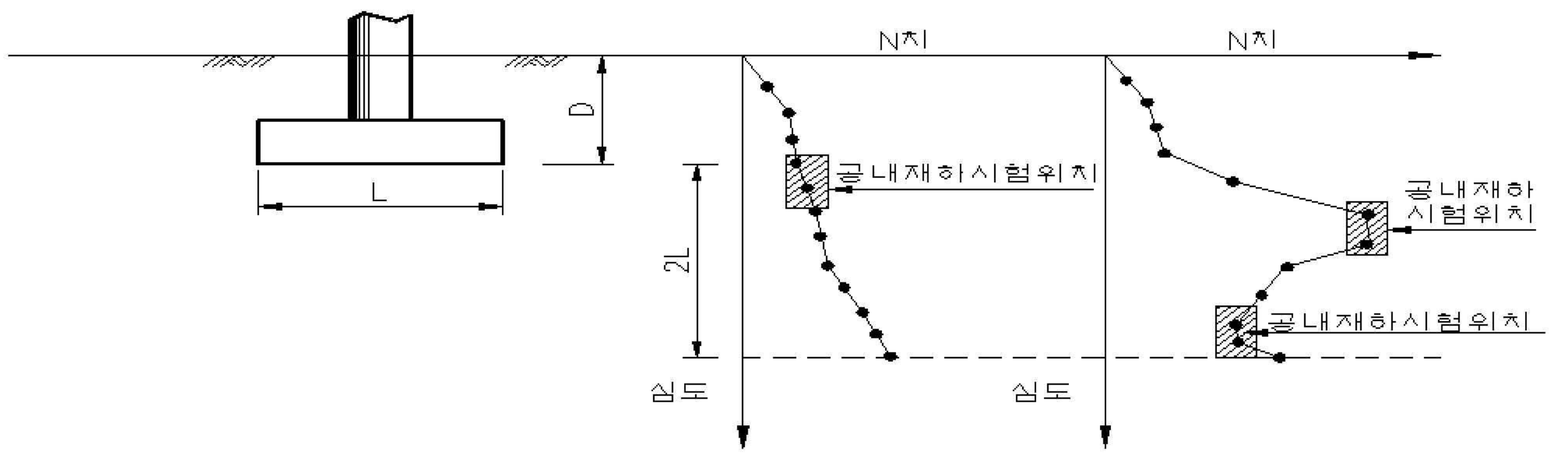


그림 4. 직접기초 하부 풍화암층의 Pressuremeter시험 수행 심도

※ 2L의 근거 : Boussinesq의 방정식으로 유도한 pressure bulb상에서 상부의 작용력이 약 10% 미치는 범위

■ 석회암 지역으로 인근에 공동이 다수 출현되는 지역 또는 시추조사시 공동이 발견된 지역

가. 개요

도로 선형 결정시 전반적인 공동의 분포 파악이 필요한 경우 교축 방향으로 교량의 심도까지 지반의 상태를 파악할 수 있는 방법으로 물리탐사를 수행할 수 있으며, 선정된 교량기초 하부의 공동 분포를 상세히 파악하기 위하여는 토모그래피 탐사를 수행함.

나. 지반조사 심도

각 지층의 공학적 성질과 응력이 미치는 범위를 고려하여 적정 지반심도를 결정하는 것을 원칙으로 하며 지반이 특이하지 않은 경우 다음과 같은 기준을 따름.

◎ 말뚝기초로 예상되는 지역

■ 말뚝 선단하부 공동 출현부에서 푸팅폭(L)의 1~3배 깊이까지 공동의 존재 여부 조사

- 푸팅폭(L) 1배까지 조사 : 주면마찰력이 충분히 발휘된다고 판단되는 경우

- 푸팅폭(L) 3배까지 조사 : 주면마찰력이 전혀 발휘되지 않는다고 판단되는 경우

◎ 직접기초로 예상되는 지역

■ 기초하단 및 말뚝기초 하단 예상 심도에서 기초폭의 3배(3L) 깊이까지 공동의 존재여부 조사

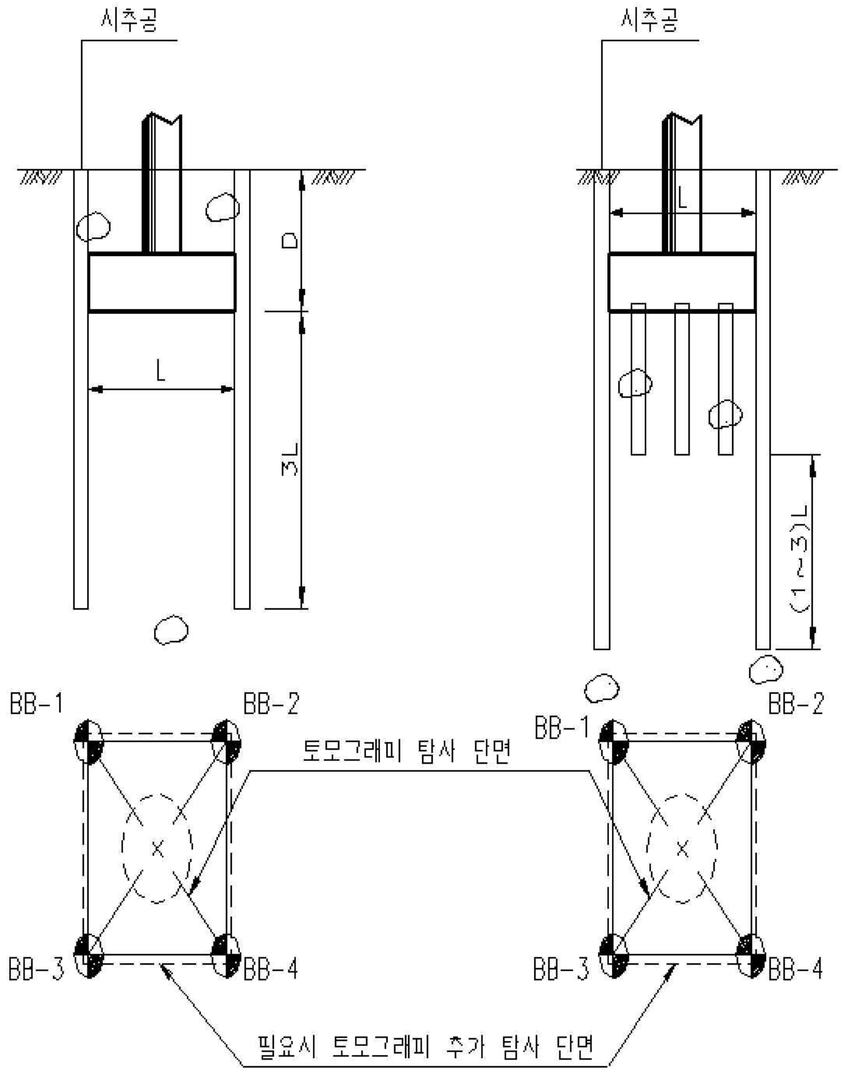


그림 5. 기초 하부에 공동이 있는 경우 토모그래피 탐사 심도

※ 3L의 근거 : 도로교 표준시방서(1996) pp613~614

"직접기초 변위량을 계산하기 위해서는 가능하면 기초폭의 3배 정도까지 지반의 상태를 파악할 필요가 있다."

다. 지반조사 방법

◎ 푸팅 주변의 4개소에 시추조사 후 토모그래피 탐사(탄성파, 전기비저항, 레이다 탐사 등)를 수행함

5. 적 용 방 안

가. 적용시기 : 2003년 발주하는 실시설계부터 적용하되 현재 실시설계중인 노선은 설계단계을 고려하여 결정

붙 임: 실시설계 일반과업지시서(안)-교량부

제4장 토질조사 및 시험

다. 교량기초 및 터널부

1) 주요 교량 및 터널에 대해서는 보링, 표준관입시험 등 설계에 필요한 시험을 실시해야 한다. 교량기초 하부에 공동이 예상되는 지역 및 직접기초로 예상되는 지역의 지지층 깊이 변화가 큰 경우에는 물리 탐사를 이용하여 공동 및 지지층의 분포를 파악하여야 한다. 기초가 급사면에 위치하여 터파기로 인하여 사면붕괴가 우려되는 경우 사면안정검토를 할 수 있도록 시추공 영상촬영시험을 수행하여야 한다.

2) 교량 가설계획 지점에 대해서는 매 교각 및 교대에, 터널은 개소당 3개소 이상 및 300m당 1 개소이상 보링을 하여야 하며 보링위치 및 개소에 대해서는 "갑"과 사전협의 후 시행하여야 한다. 또한 보링공 내 1.5m 간격으로 표준관입시험을 실시하여 교량기초 형식결정 자료로 활용할 수 있어야 한다.

3) 시추는 평면도상에서 시추계획 위치를 선정하고 굴착심도는 경암층 1m까지를 원칙으로 하되 예상되는 기초의 형식등을 고려하여 증감시키고 자연시료채취, 코아채취 및 시추공내 수위측정등 필요한 시험을 실시하여야 한다. 풍화암층이 두껍고(소요 말뚝직경의 5배이상) 대부분의 지지력이 이 층에서 발휘되는 경우 Triple core barrrel을 사용하여 불교란 시료를 채취하고 일축압축강도 시험 또는 점하중 시험을 실시한다. 또한 직접기초 심도결정시 침하량을 정확하게 파악하여야할 필요가 있는 경우 Prerssuremeter시험을 실시하여 풍화암 변형계수 또는 탄성계수를 측정하여야 하며, 지지층의 심도 변화가 매우 심한 경우 탄성파 탐사 또는 전기비저항 탐사를 수행하여 지지층의 분포를 파악해야 한다. 이 경우 탄성파 탐사는 지오폰의 간격을 3m 이하로 작게 하고 음원을 다양하게 하여야 하며, 전기비저항 탐사의 경우도 충분한 정밀도를 갖도록 수행하여야 한다. 교각 및 교대하부에 공동이 예상되는 위치에 대해서는 전기비저항 탐사, 탄성파 탐사, 그리고 레이다 탐사의 방법을 이용하여 토모그래피 탐사중 현장조사에 적합한 방법을 이용하여 공동의 크기를 파악할 수 있다.

4) 터널부 보링조사는 ~ **"중략"** ~ 한다.

가) 터널구조 해석을 위한 조사 자료

· 내부마찰각(Angle of Internal friction)

" 중략 "

· 암판정(General Geological Determination : Name of Rock, Age 등)

5) 터널구간의 암을 골재로 유용하기 위해서는 이에 따른 제반시험을 실시하여야 한다.

바. 위치별 현장조사 빈도

조사위치	조사항목	최소 조사빈도	심 도	비 고
1) 성토부 · 일반구간	· Test Pit · Auger-Boring	500m 500m	1 ~ 2m 3 ~ 5m	*조사빈도 및 심도는 현장여건을 고려하여 변경가능
· 연약지반	· Auger-Boring · Boring · 피에조콘 관입시험	250m 100m 100m	3 ~ 5m 필요깊이까지 필요깊이까지 (연약지반 연장이 200m 이상인 경우 적용)	
2) 절토부	· Test Pit · Boring · 탄성파 또는 전기비저항 탐사	· 250m · 절토부 개소당 1개소 이상(지역등급별 분류에 따라 조정)	1 ~ 2m 계획고하 1m	*붙임#1참조 *충분한 가탐심도가 있어야 함
3) 구조물부 · 교량부	· Boring	· 교대 및 교각마다 1개소(NX) · 상·하행선 분리시 모두시행	경암 1m, 연암3m, 풍화암 7m중 택일하는 것을 원칙으로 하고 증감 필요시 감독원과 협의하여 조정	· 예상되는 기초의 형식 및 교량의 특성을 고려하여 개소 및 심도증가(풍화암층이 깊을 경우라도 교량당 1개소이상 암층심도까지 확인) · 6차로 이상 및 엇교일 경우는 필요여부 판단에 따라 개소 증가
	· SPT	· 1.5m마다	풍화암층까지	
	· 탄성파 또는 전기비저항 탐사 (직접기초위치의 풍화암심도가 급변하는 경우)	· 교축방향 2개 측선 또는 교축 및 교축 직각방향	직접기초 예상심도 이상 깊이 까지	· 탄성파 탐사의 경우 지오폰의 간격을 3m 이하로 하고 음원을 3개소 이상의 위치에서 발생시켜 시험을 수행하며, 전기비저항 시험의 경우 고밀도 2차원 영상법을 적용하여 충분한 정밀도를 갖도록 시험
	· 토모그래피 탐사	· 공동발견시	직접기초의 경우 푸팅 폭의 3배 깊이 까지, 말뚝기의 경우 기초폭의 1~3배 깊이 까지	
· 터널부	· Boring · 탄성파 또는 전기비저항 탐사	· 터널 개소당 3개소 및 300m당 1개소 · 터널상하 입출구부 각1개소 (Cross hole Test)	계획고하 2m	*충분한 가탐심도가 있어야 함
4) 재료원 · 석 산 · 하천골재원 · 토취장	· Boring	필요시 2개소 이상	필요깊이까지	
	· Boring · 시료채취	필요시		
	· Boring · Test Pit	필요시 2개소 이상 5개소 이상		

※ Boring은 NX 규격으로 시행

붙 임#2

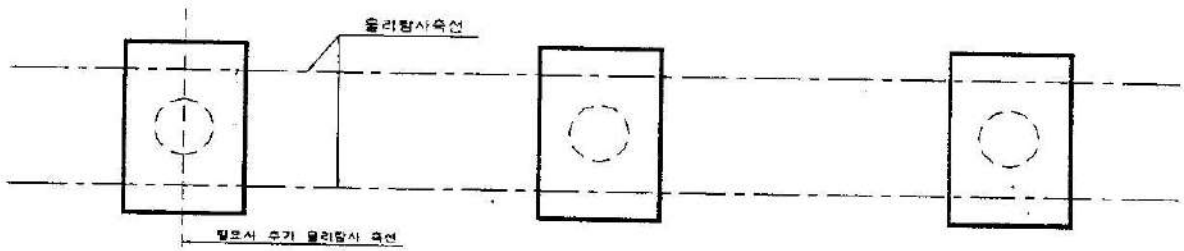
▣ 교량기초 물리 탐사 및 공내재하시험(Pressuremeter시험) 조사기준

■ 지반에 공동이 존재하지 않는 경우

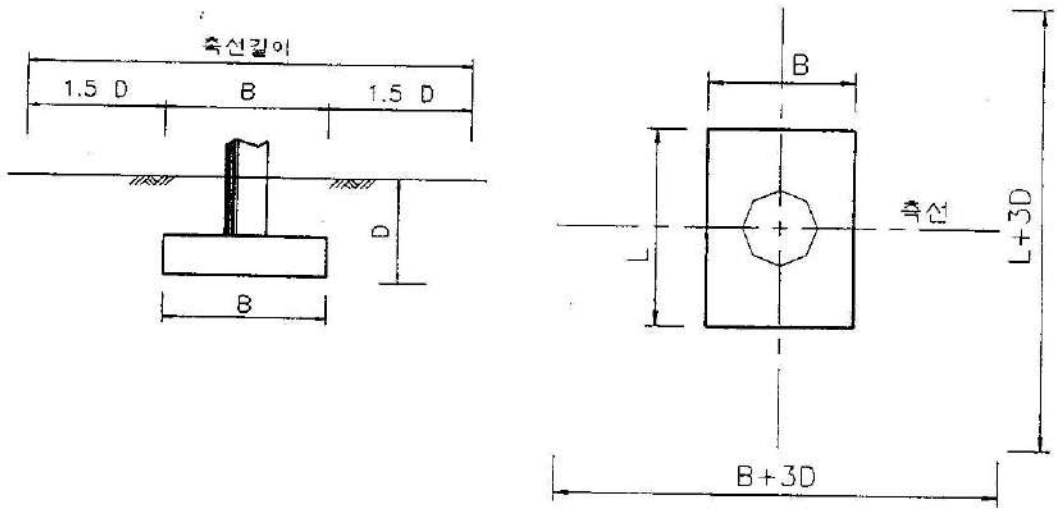
구 분 \ 기초 형식	직접기초	말뚝기초	비고
급경사지로 터파기시 사면 안정검토가 필요한 경우	시추공 영상 촬영 시험		
풍화암 심도가 매우 불규칙하다고 판단되는 경우	탄성파 탐사 또는 전기비저항 탐사 수행 • 탄성파 탐사 : 지오폰 간격 3m 이하, 음원 3개소 이상에서 수행 • 전기비저항 탐사 : 고밀도 2차원 영상법 적용	-	
풍화암 심도가 매우 깊어 심도결정시 침하량이 푸팅 심도 결정 요소인 경우	공내재하시험(Pressuremeter시험) 수행 ※ 푸팅 폭의 2배 이내에서 1~2회 적용 - N치가 점증하는 경우 : 1회 - N치의 변화가 매우 큰 경우 : 2회	-	

◎ 물리 탐사 측선배치

■ 다수의 푸팅을 조사해야 하는 경우 : 교축방향으로 2회 실시하며 보링위치와 물리탐사 측선을 가능한한 일치시킬 것(단, 필요시 교축직각 방향 추가 탐사수행)



■ 1개의 푸팅을 조사해야 하는 경우 : 교축방향 및 교축직각방향으로 실시
(단, 측선 길이는 푸팅폭(L 또는 B)+1.5D×2 이상 확보)



사. 조사항목 및 실내시험

1) 시추조사

시험항목	절토부	연약지반	터널부	교량부	비 고
함수비시험	○	○		○	
비중시험	○	○		○	
체분석시험	○	○		○	
입도분석시험	○	○		○	
액·소성한계시험	○	○		○	
일축압축시험				○	
직접전단시험		○(삼축압축시험불가시)			
압밀시험		○			
삼축압축시험		○			
암석시험	○ 대절토구간		○		
시추공 화상정보 시험	○			○(터파기시 사면안정검토가 필요한 경우)	
pressuremeter 시험				○(풍화대가 깊어 직접기초 심도결정시 침하량을 정확히 산정할 필요가 있는 경우)	
피에조콘 관입시험		○			연약지반 200M 이상인 경우 피에조콘시험 수행시
간극수압 소산시험		○			
Vane시험		○			피에조콘 시험 수행시

※ 20m이상 대절토부에 대한 암석시험시 사면안정 해석에 필요한 물성치의 정확도를 확보할 수 있도록 유의하여야 한다.

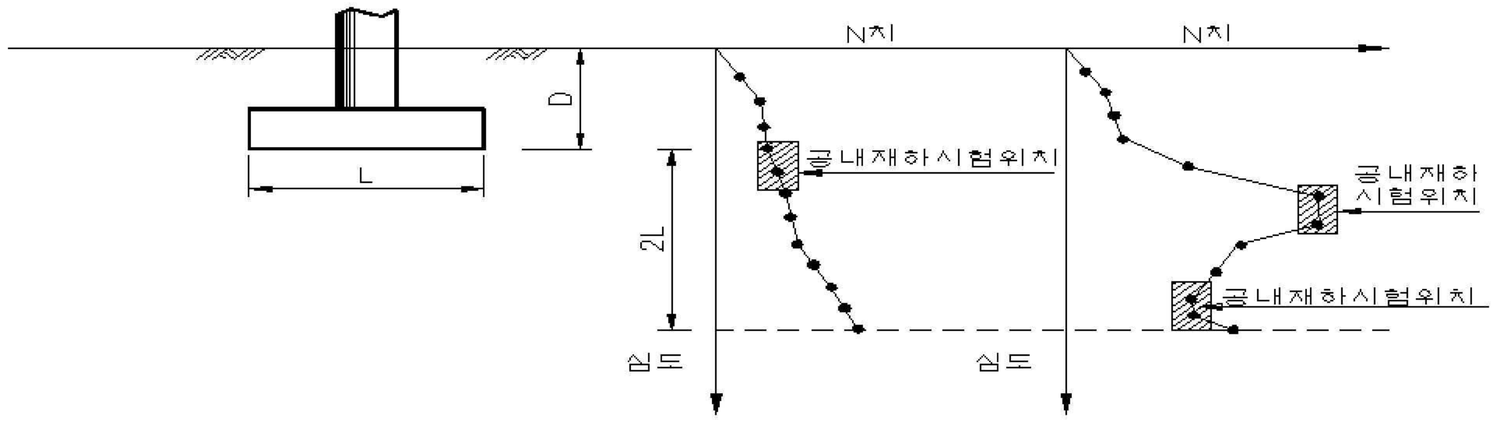
◎ 공내재하시험(Pressuremeter 시험) 수행 심도

■ 직접기초 예상심도 하부 2L깊이까지 표준관입 시험치가 점진적으로 증가하는 경우

→ 직접기초 예상심도 직하부에서 실시

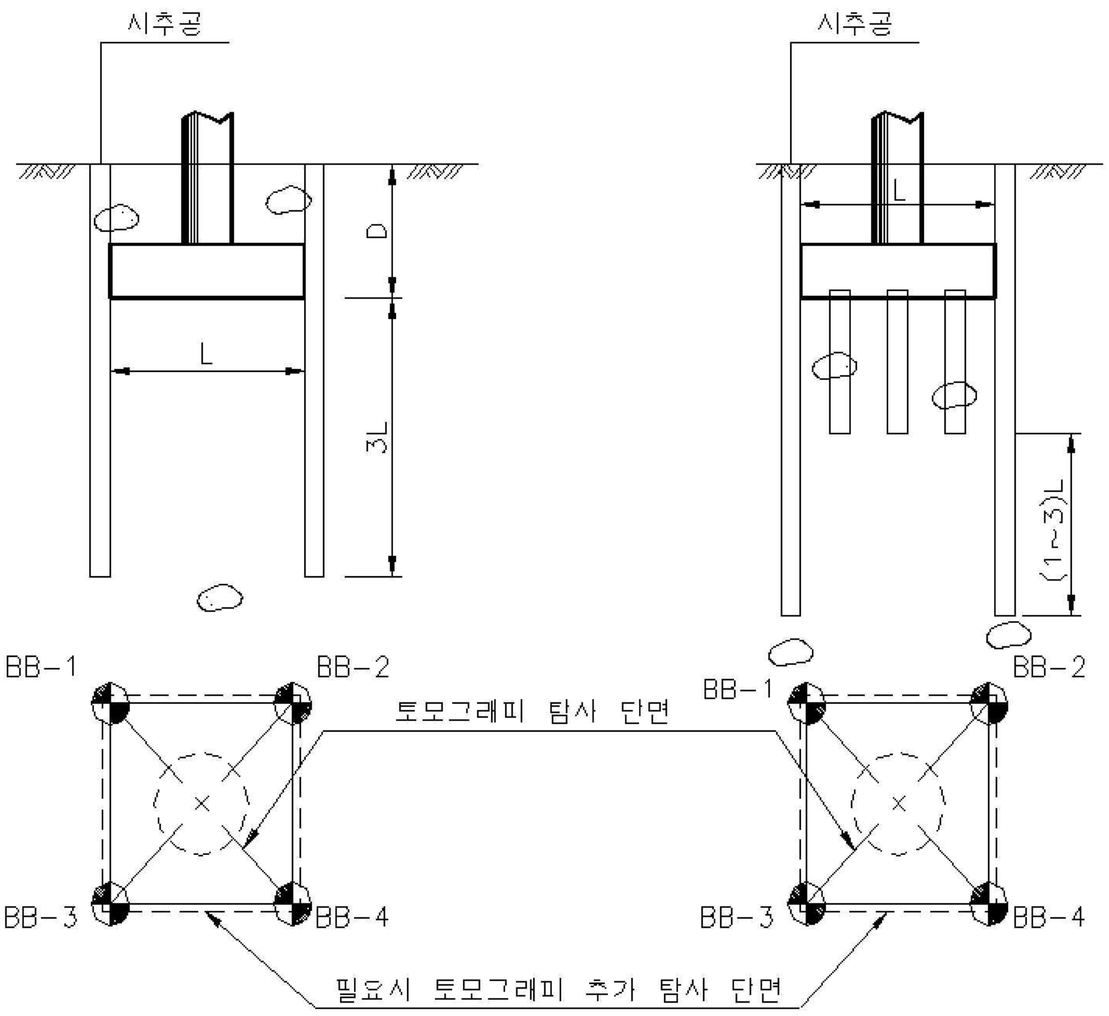
■ 직접기초 예상심도 하부 2L 이내에서 표준관입 시험치가 급변하는 경우

→ 직접기초 하부 2L 이내에서 최소 및 최대 표준관입 시험치를 나타내는 심도에서 실시



■ 지반에 공동이 존재하는 경우

구분	기초 형식		직접기초	말뚝기초	비고
석회암과 같이 인근에 공동이 다수 출현되는 지역 또는 시추조사시 공동이 발견된 지역	개략조사	조사방법	필요시 교축방향으로 공동의 개략적인 분포를 조사함. (전기비저항 탐사 적용)		
	정밀조사	조사방법	푸팅 외곽에 보링을 4개소 시행하고 토모그래피 탐사 수행 (탄성파, 전기비저항, 레이다 탐사 이용가능)		
		조사심도	공동 발견된 심도 하부에서 기초폭의 3배 이상 심도까지	▪ 주면마찰력이 충분히 발휘되는 경우 : 푸팅폭 깊이 까지 ▪ 주면마찰력이 발휘되지 못하는 경우 : 푸팅폭의 3배까지	



토모그래피 탐사 측선 및 깊이