

N치와 토질정수



류 기 승

대동엔지니어링(주) 고문

1. 서 언

구조물을 시공할 때 일반토목 기술자는 원위 치시험의 일종인 표준관입시험에 의한 “N치”를 이용하여 경도, 연약정도, 조밀한 정도 등 기초 지반의 상태를 대략적으로 판단하는 경우가 많다. 이 “N치”는 질량 64kg의 해머를 76cm 자유 낙하 시켜 표준관입시험용 스플릿배럴샘플러(겉지름 5.1cm)를 예비타격을 하여 15cm 관입시킨 후 다시 30cm 관입 하는데 소요되는 타격회수를 나타내며, 표준관입시험법은 한국산업규격 KS F 2318에 규정되어 있다.

표준관입시험에서는 N치 측정과 함께 샘플러로 그 지층의 흙을 채취하여 판별분류를 할 수 있으므로 입도조성이나 함수비 등 물리특성을 동시에 알 수 있다. 현재 조사·설계·시공 업무가 각각 분리된 상태에서 구조물이 만들어지는 경우가 많으므로 지반조사시에 조사자가 경험을

바탕으로 파악한 지반상황이 설계자와 시공자에게 100% 전달되지 않는 예가 종종 생기기 때문에 안전하고 좋은 구조물을 만드는데 문제점이 되고 있다.

그런데 1948년에 Terzaghi가 제안한 표준관입 시험을 하여 구하는 N치는 여러 연구자에 의하여 토질정수인 일축압축강도, 내부마찰각 등의 관계가 규명되어 현재 설계에 사용하기 쉬운 형태로 정리되어 널리 활용되고 있다. 따라서 본고에서는 이 N치와 토질정수 등과의 관계를 간단히 기술하고자 한다.

2. N치에 의한 연약층·지지층의 판별

구조물을 시공할 때 시공기술자는 먼저 지반 조사보고서의 토질추정단면도에 흙의 컨시스턴시 등과 함께 기록된 N치를 검토하여 지지지반 여부를 판단하는 경우가 많으며, 연약지반의 정

표 1. N치에 의한 연약지반의 기준¹⁾

구 분	고 속 도 로	일 반 도 로	택 지
유기질지반	층두께 10m미만:N≤4 10m이상:N≤6	이탄, 흑니토:N≤1	유기질토, 고유기질토
점토지반		유기질토포함:N≤4	N≤2
모래지반	N≤10	N≤10~15	N≤10

표 2. N치에 의한 지지층 기준¹⁾

토 질	지 지 층	
	양질인 층	경고한 층
사 질 토	30≤N≤50	50<N
점 성 토	20≤N≤30	30<N

의는 구조물 종류에 따라 다르지만 일본도로공단 및 도로협회의 N치에 의한 연약지반 및 지지층 기준은 표 1, 표 2와 같다.

일본 고속도로(JH) 설계에서 구조물의 지지층 확인에 필요한 N치와 층두께의 관계는 표 3과 같으며, 일본 건축기초설계지침에서 홍적점토지반의 경우에 기초형식을 선정할 때는 표 4에 나타난 N치와 건물규모로부터 말뚝의 필요여부를 판단하고 있다.

표 3. 지지층 확인에 필요한 N치와 층두께¹⁾
(JH 토질조사요령에 의한)

토 질	N 치	층두께 (m)
점 성 토	20≤N	5
사 질 토	30≤N	5
모래, 자갈·호박돌, 전석섞인 토사	50≤N	3
풍화암, 연암	50≤N	3
경 암		2

표 4. N치에 의한 건물기초형식 선정²⁾
(일본건축학회에 의한)

N 치	건 물 규 모		
	저 층(2F)	중 층(5F)	고층(6F이상)
N≥10	직접기초	직접기초	직접기초
10>N≥5	직접기초	직접기초	직접·말뚝기초
5>N≥2	직접기초	직접·말뚝기초	직접·말뚝기초
2>N	직접·말뚝기초	말뚝기초	말뚝기초

3. N치와 토질정수

가. N치와 단위중량·정지토압계수

흙의 단위중량(γ)은 시공장소에서 채취한 토질시료를 이용하여 구하여야 하나 N치로부터 판정한 표 5에 나타난 값을 참고하면 좋다. N치로부터 정지토압계수도 직접 추정할 수 있으며 표 6은 "일본국철기초표준"에 나타난 예이다.

표 5. N치와 단위중량^{3),4)}

구 분	N 치	단위중량 γ (tf/m ³)	
		포 화	수 중
사 질 토	50이상	2.0	1.0
	30~50	1.9	0.9
	10~30	1.8	0.8
	30미만	1.7	0.7
점 성 토	30이상	1.9	0.9
	20~30	1.7	0.8
	10~20	1.5~1.7	0.5~0.7
	10미만	1.4~1.6	0.4~0.6

표 6. 치와 정지토압계수⁵⁾

흙의 종류	N 치	정지토압계수 K。
모 래	-	0.5
단단한 점토	8≤N	0.5
중위의 점토	4≤N<8	0.5
연약한 점토	2≤N<4	0.6
매우 연약한 점토	N<2	0.6

나. N치와 일축압축강도

Terzaghi·Peck이 제안한 점토의 컨시스턴시와 일축압축강도(q_u)의 관계는 표 7과 같다. 순점토에 가까울 경우 Terzaghi 등이 제안한 $q_u = N/8$

표 7. 점성토에서 컨시스턴시, N치, 일축압축강도의 관계^(3,6,7)

(Terzaghi · Peck에 의함)

점토의 컨시스턴시	N 치	현 장 관 찰	일축압축강도 q_u (kgf/cm ²)
매우 연약(very soft)	<2	주먹이 쉽게 10cm 들어간다	<0.25
연 약(soft)	2~4	엄지손가락이 쉽게 10여cm 들어간다	0.25~0.5
중 간(medium)	4~8	노력하면 엄지손가락이 쉽게 10여cm 들어간다	0.5~1.0
견 고(stiff)	8~15	엄지손가락으로 흙을 움푹 들어가게 할 수 있으나 흙속에 넣기는 힘들다	1.0~2.0
매우 견고(very stiff)	15~30	손톱으로 흙에 자국을 낼 수 있다	2.0~4.0
고 결(hard)	>30	손톱으로 자국을 내기 힘들다	>4.0

가 거의 성립된다고 보고하였다. 단, 매우 연약한 지반과 단단한 지반에서는 편차가 크다.

이 N치와 q_u 의 관계는 분산범위가 크다는 것을 염두에 두고 개략 점토를 할 때 사용하면 좋으며, 점성토의 전단강도를 정확히 파악할 필요가 있을 경우는 필요에 따라 일축압축시험 외에 적절한 시험을 하여 구하면 좋다.

다. N치와 내부마찰각

모래지반에서는 시료채취가 곤란하므로 일반적으로 N치로부터 내부마찰각(ϕ)을 구하고 있다. Terzaghi · Peck, Meyerhof는 N치와 모래, 실트의 상대밀도 및 내부마찰각의 관계를 표 8, 표 9와 같이 제안하였으며, Dunham은 모래의 입자 모양과 N치 및 내부마찰각의 관계를 표 10의 수식으로 나타내었다.

표 8. 모래, 실트의 N치, 상대밀도와 내부마찰각¹⁾

(Terzaghi · Peck에 의함)

토 질 재 료 (Material)	내부마찰각 ϕ (°)	
	느슨함	조밀함
균일한 둥근 모래 (Sand, round grains, uniform)	7.5	34
입도분포가 좋은 모난 모래 (Sand, angular grains, well graded)	33	45
모래질 자갈(Sandy gravels)	35	50
실트질 모래(Silty sand)	27~33	30~34
무기질 실트(Inorganic silt)	27~30	30~35

주 : 유효상재압 $\sigma_v' < 5\text{kgf/cm}^2$ 일 때의 관계

4. N치 이용시 유의사항

스플릿배럴샘플러의 안지름보다 큰 자갈이 있는 지층에서는 표준관입시험을 할 수 없으며, 또한 자갈 지름이 샘플러 안지름보다 적을 경우에도 시험중 자갈이 샘플러튜브에 걸리면 N치가

표 9. N치와 상대밀도 및 내부마찰각의 관계^(6,9)

상대밀도 D_r		N 치	내부마찰각 ϕ (°)		콘지력 ¹⁹⁾ q_c (kgf/cm ²)
			Meyerhof ^{1,9)}	Peck ^(6,9)	
매우 느슨함(very loose)	0.2 이하	4 이하	30 이하	28.5 이하	21 이하
느슨함(loose)	0.2~0.4	4~10	30~35	28.5~30	21~ 43
중정도(medium)	0.4~0.6	10~30	35~40	30 ~36	43~129
조밀함(dense)	0.6~0.8	30~50	40~45	36 ~41	129~215
매우 조밀함(very dense)	0.8 이상	50 이상	45 이상	41 이상	215 이상

표 10. 모래입자모양, N치와 내부마찰각의 관계¹⁰⁾
(Dunham에 의함)

구	분	전단저항각 (내부마찰각) $\phi (^{\circ})$
등근 입자로서	입경이 균일한 것	$\phi = \sqrt{12N} + 15$
등근 입자로서	입경분포가 좋은 것	$\phi = \sqrt{12N} + 20$
모난 입자로서	입경이 균일한 것	$\phi = \sqrt{12N} + 20$
모난 입자로서	입도분포가 좋은 것	$\phi = \sqrt{12N} + 25$

크게 나타난다. 따라서 지반중에 자갈이 소량 함유되어있는 경우에 관입곡선이 절곡(折曲)되면 자갈에 걸린 것으로 추정되므로 초기의 관입곡선을 사용하여 N치를 추정해야 한다.

구조물 설계 및 시공을 할 때 N- q_u , N- ϕ 등의 관계를 이용할 경우 Terzaghi 등도 기술한 바와 같이 이들의 관계는 개략적이라는 것을 염두에 두어야 하며, N치를 올바르게 해석하는데 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

1) 규격에서 허용되는 범위 내에서 측정기구나 측정방법에 차이가 있으면 N치에 상당한 영향을 미치며, N치 측정치는 본래 분산되는 성질을 가진 것이다.

2) N치는 측정심도의 상재압에 따라 크게 달라지고 흙의 입도분포에 따라 다르다.

5. 결 언

지금까지 토목기술자로서 알아야 할 N치와 토질정수의 관계에 관하여 간단히 여러 연구자의 연구결과를 소개하였는데 지반은 자연생성물로서 같은 종류의 흙이라도 함수상태에 따라 각기

다른 성질을 나타내므로 시공을 할 때 설계시의 가정과 다른 현상이 나타날 경우는 신속히 이를 보완하는 것이 기본이라 생각된다.

참 고 문 헌

1. 石原公明(1997): "N値とc, ϕ などの土質定數", 基礎工, 25-12, pp.31~38.
2. 小林幸南(1990): "建築基礎構造におけるN値の考え方と利用例", 基礎工, 18-3, pp. 49~56.
3. 土質工學會 編(1992): "1.3. 設計に用いる" 土質定數, 第2編 設計基礎資料, 基礎設計資料集, pp. 13~25.
4. 棚村史郎(1997): "鐵道におけるN値の利用", 基礎工, 25-12, pp. 82~89.
5. 土質工學會 編(1981): "杭基礎の設計に關する土質定數の求め方", 設計における土質定數の考え方, pp. 29~45.
6. 最上武雄·福田秀夫(1978): "サウンディング", 現場技術者のための土質工學, 鹿島出版會, pp. 151~169.
7. 임병조(1974): "제2장 토질조사", 기초공학, 야정문화사, pp. 5~21.
8. 道路協會 編(1994): "道路橋示方書·同解説IV下部構造編 5.5 設計のための地盤定數" pp. 172~174
9. 藤田圭一(1979): "土質調査試驗結果の解釋と適用例 第2章 標準貫入試驗", 土質工學會, pp. 33~90.
10. 田中洋行(1990): "港灣構造物の設計におけるN値の考え方と利用例", 基礎工, 18-3, pp. 77~82.
11. 二木幹夫(1997): "N値と地盤·杭の支持力(建築)", 基礎工, 25-12, pp. 47~53.
12. 건설교통부편(1996): "제9장 말뚝기초의 설계", 도로교표준시방서, 대한토목학회, pp. 680~734.