

DCPT를 이용한 풍화대 소켓 현장타설말뚝의 설계도표 개발에 관한 연구

A Study on the Development of Design Chart for Drilled Shaft Socketed into Weathered Zone Using DCPT (Driving Cone Penetrometer Test)

정 성 민¹ Jung, Sung-Min 권 오 성² Kwon, Oh-Sung
이 종 성³ Lee, Jong-Sung 이 민 희⁴ Lee, Min-Hee
최 용 규⁵ Choi, Yong-Kyu

Abstract

For the development of design chart for drilled shafts socketed into weathered zone, the 6 bi-directional pile load tests with load transfer measurements done in two in-situ sites were performed. Also, DCPTs were performed in each test point. Maximum unit skin frictions and maximum unit end bearing capacities from pile load test results were analyzed. Inter-relationships between DCPT's characteristics were also analyzed. In the soils, the inter-relationships of maximum unit skin friction and DCPT appeared so low. But in the weathered zones, inter-relationships between maximum unit skin friction / maximum unit end bearing capacity and DCPT were so high that the coefficient of correlation is over 0.70.

요 지

국내 풍화대 지반에 적용가능한 설계도표를 작성하기 위하여 2개소 현장에서 총 6개의 양방향고유압말뚝재하시험 및 하중전이시험을 수행하였으며, 또한 각각 위치에서는 한국형타격콘관입시험(DCPT)을 수행하였다. 말뚝재하시험의 결과로부터 심도별 최대단위주면마찰력과 최대단위선단지지력을 분석하였으며 DCPT 결과를 이용하여 이들의 상관성을 분석하였다. 토사(사질토, 점토)지반에서는 최대단위주면마찰력과 DCPT의 상관성이 매우 낮게 나타났으나 풍화대지반에서는 최대단위주면마찰력 / 최대단위선단지지력과 DCPT의 관계에서는 상관계수가 0.70이상으로 높게 나타났다.

Keywords : BHH PLT, DCPT, Drilled shaft, Maximum unit end bearing capacity, Maximum unit skin friction, Weathered zone

1. 서 론

국내 풍화대 지반에 대한 지지력 평가에서는 기존의 사질토지반의 지지력 공식을 그대로 적용하는 경우가

많다. 이는 국내 풍화대 지반이 국외의 지반과 상이할 뿐만 아니라 풍화대지반에 소켓된 현장타설말뚝의 지지력과 연계된 연구가 많이 이루어지지 않아 적용가능한 방안이 제시되고 있지 않기 때문이다.

1 정회원, (주)지텍크, 과장 (Member, Manager of G-TEC Ltd.)

2 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 과장 (Member, Manager, Technology Research Institute, Daelim Industrial Co. Ltd.)

3 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 부장 (Member, General Manager, Technology Research Institute, Daelim Industrial Co. Ltd.)

4 정회원, (주)지텍크, 대표이사 (Member, CEO of G-TEC Ltd.)

5 경성대학교 건설·환경공학부 교수 (Prof., Dept. of Civil & Environmental Engrg., Kyungseong Univ., ykchoi@ks.ac.kr, 교신저자)

* 본 논문에 대한 토의를 원하는 회원은 2010년 11월 30일까지 그 내용을 확화로 보내주시기 바랍니다. 저자의 검토 내용과 함께 논문집에 게재하여 드립니다.

미국 텍사스도로국(TxDOT; Texas Department of Transportation)에서는 코아 회수가 불량한 IGM(Intermediate Geomaterials)지반에 대한 지반조사기술로 텍사스콘관입 시험(TCPT; Texas Cone Penetrometer Test)을 개발하였는데 이를 이용하여 말뚝기초의 설계방법을 제시하였다(TxDOT, 2000). 그러나 Nam(2004)의 연구에 의하면 현행 TxDOT의 설계도표가 단위주면마찰력의 경우 과대평가되고 있으며, 단위선단지지력은 타격관입시수에 따라 과소 또는 과대평가 되고 있었다.

국내 풍화대 지반과 성상 및 조건이 상이한 지역에서 개발된 TCPT의 설계도표를 국내 풍화대지반에 그대로 적용하는 것은 곤란한 것으로 생각되었다. 따라서 본 연구에서는 국내 풍화대 지반의 조사 및 특성치 평가에 적용할 수 있는 한국형타격콘관입시험법(대한토목학회 & 교량설계핵심기술연구단, 2008)을 이용하여 풍화대 지반에 소켓된 현장타설말뚝의 설계도표를 제안하였다.

2. 한국형콘관입시험방법

미국 텍사스도로국에서 개발하여 사용해오고 있는 TCPT는 110mm의 시추공에서 0.76kN의 해머를 610mm의 낙

하고로 직경 76mm의 콘을 100회 타격하여 관입깊이를 산출하는 시험이다. TCPT는 110mm 시추공 내에서 시험을 수행하도록 규정하고 있으므로 TCPT의 타격콘은 국내 일반적인 시추공(NX ; 직경 76mm)에서는 관입이 불가능하다. 국내에서 TCPT를 적용할 경우 조사시간과 조사비용이 매우 크게 증가할 수 있을 것으로 예상된다.

국내의 일반적인 시추공(NX ; 직경 76mm)에서 타격콘관입시험을 수행할 수 있도록 한국형타격콘관입시험(DCPT ; Driving cone penetrometer test)을 개발하게 되었다. 한국형타격콘관입시험은 76mm의 시추공(NX)내에 콘(직경 70mm, 각도 60°)을 위치시키고 표준관입시험용 자동해머(0.63kN)를 사용하여 76cm의 낙하고로 100회 타격 시 관입량을 측정하는 원위치 시험방법이며 국내에서 사용하고 있는 표준관입시험용 시추장비 및 타격시스템을 사용하도록 하였다(대림산업(주) 등, 2008).

3. 현장타설말뚝 재하시험 결과 및 분석

3.1 현장말뚝재하시험의 개요

국내 토사지반 및 풍화대지반에 적용할 수 있는 한국

표 1. 양방향 고유압 말뚝재하시험 개요

구 분	I 현장					Y 현장	
	ITP-1-1	ITP-1-2	ITP-2-1	ITP-3-1	ITP-3-2	YTP-1	
시험말뚝상황	연암	풍화토	연암	풍화암	풍화암	풍화토	
소켓부지지층	연암	풍화토	연암	풍화암	풍화암	풍화토	
말뚝길이(m)	20.61	20	19.0	35.5	29	13	
케이싱 외경(mm)	2000	1500	2500	2000	1500	1500	
RCD 직경(mm)	1850	-	2350	1850	1350	-	
콘크리트 강도(σ_{ck} , MPa)	57.0	57.9	62.4	62.4	62.4	29.4	
콘크리트탄성계수(MPa)	31663	31663	32833	32833	32833		
철근	공칭직경(mm)	Φ32	Φ29	Φ29	Φ32	Φ29	Φ32
	수량(ea)	45	30	39	45	30	24
철근탄성계수(MPa)	205939	205939	205939	205939	205939	205939	
소켓 길이/ 말뚝 직경 (m/mm)	매립	-	-	5/2000	3/1500	-	
	퇴적토	2/2000	13.5/1500	-	10.5/2000	10/1500	
	풍화토	9/2000	6.5/1500	-	6/2000	6.5/1500	13/1500
	풍화암	3.4/1850	-	12.0/2350	33.88/1850	8.5/1500 1.0/1350	-
	연암	5.81/1850	-	7.0/2350	-	-	-
시험 계획 하중 (MN)	말뚝 길이	20.61	31,749.9	19.0	35.5	29	13
	상부재하장치	49.0	-	82.4	65.1	39.2	-
일방향 시험최대 재하 하중 (MN)	하부재하장치	49.0	29.4	82.4	49.0	-	19.6
	2차재하 (상부재하장치)	15.3	-	105.4	23.0	19.6	-
1차재하 (선단재하장치)	49.0	6.4	83.4	36.8	-	2.2	

형콘관입시험법(DCPT)를 이용하여 풍화대지반에 소켓된 현장타설말뚝의 설계도표를 제안하기 위하여 양방향고유압말뚝재하시험(BDH PLT) 및 하중전이 시험을 수행하였다.

I현장의 ITP1-1, ITP-2-1, ITP-3-1은 재하장치를 말뚝선단(하부재하장치)과 말뚝선단에서 각각 8.0m, 7.0m, 8.9m 상부에 재하장치(상부재하장치)를 설치였다. 재하시험은 우선 하부재하장치에 하중을 재하하여 선단의 지지력을 확인하고 상부재하장치에 하중을 재하시 하부재하장치에 하중이 재하되지 않도록 재하장치의 밸브를 개방하였다. 이를 통하여 상부재하장치 상부말뚝체와 하부말뚝체의 주변마찰력을 각각 분리하여 측정할 수 있었다.

ITP-1-2, YTP-1의 시험말뚝에는 말뚝선단에만 재하장치(하부재하장치)를 설치하였다.

ITP-3-2의 시험말뚝에는 말뚝선단에서 3m 상부에 재하장치(상부재하장치)만을 설치하였다.

각 시험말뚝에 계획한 재하시험의 제원 및 특성을 표 1에 요약하였다.

3.2 양방향 고유압 말뚝재하시험 결과

각 현장에서 6개의 시험말뚝에 대하여 양방향 고유압 말뚝재하시험이 수행되었다.

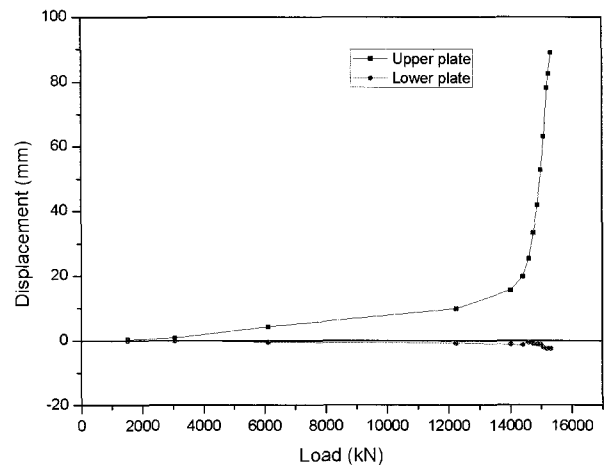
각 시험말뚝에서 얻은 양방향 고유압 말뚝재하시험 결과와 하중전이시험결과를 그림 1~6에 나타내었다. 각 시험위치에서 통일 분류법에 의한 지반 분류를 위해서는 채취된 시료를 이용하여 실내시험을 수행하여야 분류할 수 있으나 대부분 현장에서 수행되지 못하였다. 따라서, 보링 주상도상의 실트질 점토, 점토 등은 점성토(clay)로 분류하고 실트질 모래, 모래질 실트, 모래질 점토 등은 사질토(sand)로 분류하였다. 그리고, 토사와 풍화토의 구분은 스플릿스폰샘플러로 채취된 시료를 육안으로 구분하거나 또는 N치가 50을 기준으로 하여 구분하였으며 표준관입시험의 30cm관입시 타격횟수가 10회 이상의 경우 풍화암으로 분류(한국지반공학회, 1997)하고 있으므로 각 시험현장의 풍화암(W.S ; weather soil)와 풍화암(W.R ; weather rock)의 구분은 N치 10회를 기준으로 하였다.

그림 1에 나타난 결과는 ITP-1-1의 상부재하장치의 시험결과를 나타낸 것으로서 그림 1(a)에서 상부재하장치의 하부 말뚝체가 연암에 소켓되어 최대재하중 15MN

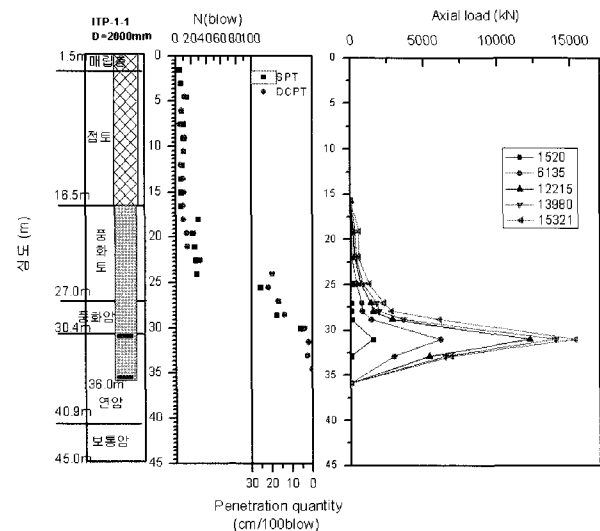
일때 하판변위 2.5mm로 작은 변위가 발생하였으나, 상판변위는 88.9mm로서 파괴상태가 발생하였으며, 이때의 마찰력분포도를 그림 1(b)에 나타내었다.

ITP-1-2 시험말뚝의 재하시험결과를 그림 2에 나타내었다. 그림 2(a)에는 말뚝선단에 설치된 재하장치(하부재하장치)의 재하시 하중-상판/하판변위의 관계를 나타내었는데 최대재하하중 5.5MN일때 상판변위 12.2mm, 하판변위 74.8mm로 하판의 변위가 더욱 크게 발생하였다. 각 하중재하단계별 마찰력분포도를 그림(b)에 나타내었다.

ITP-2-1 시험말뚝의 재하시험에서 상부재하장치의 재하시험결과를 그림 3에 나타내었다. 그림 3(a)에서 상부재하장치의 최대재하중 105.4MN일때 하판변위 22.5mm로 작은 변위가 발생하였으나, 상판변위는 103.6mm로

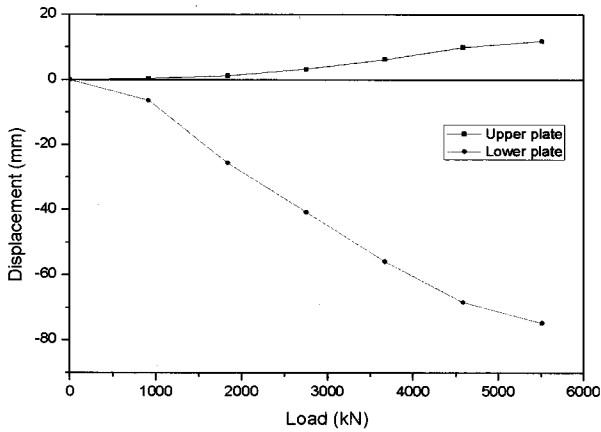


(a) 하중-변위

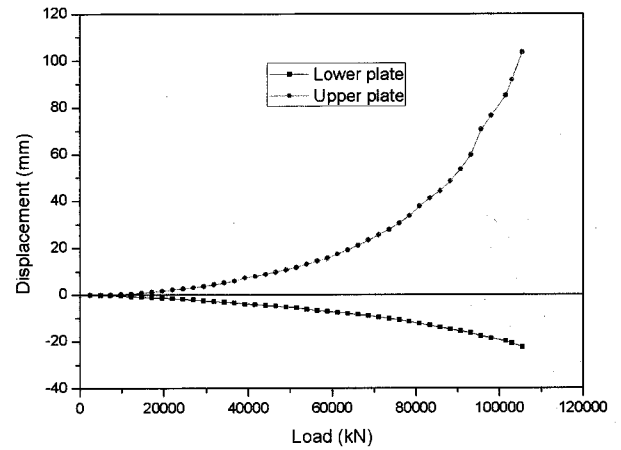


(b) 마찰력분포도

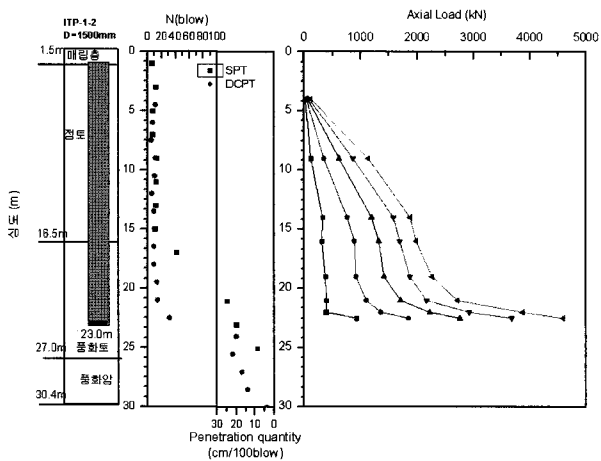
그림 1. ITP-1-1의 양방향 고유압 말뚝재하시험 및 하중전이시험 결과



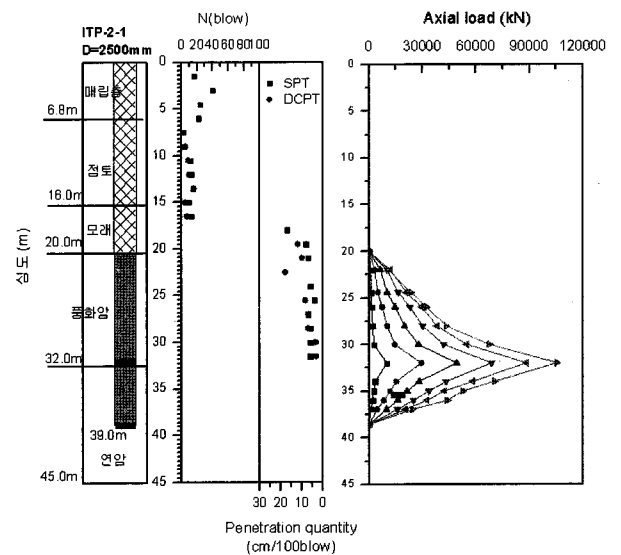
(a) 하중-변위



(a) 하중-변위



(b) 마찰력분포도



(b) 마찰력분포도

그림 2. ITP-1-2의 양방향 고압 밀폐재하시험 및 하중전이시험 결과

서 항복상태를 나타내었다. 상부재하장치의 재하시 재하단계별 마찰력분포도를 그림 3(b)에 나타내었다.

ITP-3-1 시험말뚝의 재하시험에서 하부재하장치의 재하시 말뚝선단의 지지력을 확인하고 상부재하장치의 재하시 재하장치 상부와 하부 각각의 말뚝체의 주변마찰력을 확인할 수 있었다. 그림 4(a)에서의 하부재하장치의 재하시 하중변위 관계는 점선으로 표시하였으며, 상부재하장치의 재하시 하중-변위관계는 실선으로 나타내었다. 그리고, 상부재하시 마찰력분포도를 그림 4(b)에 나타내었다.

ITP-3-2 시험말뚝은 말뚝선단에 텔테일을 설치하여 재하시험시 선단변위를 직접 측정하였으며 선단에 전달되는 하중은 그림 5(b)의 마찰력분포도로부터 말뚝선단에 전달되는 하중을 산정하여 그림 5(a)에 말뚝선단의 하중-변위관계를 나타내었으며, 재하시험시 하중-상판/하판 변위 관계를 나타내었다.

YTP-1 시험말뚝의 재하시험결과를 그림 6(a)에 나타

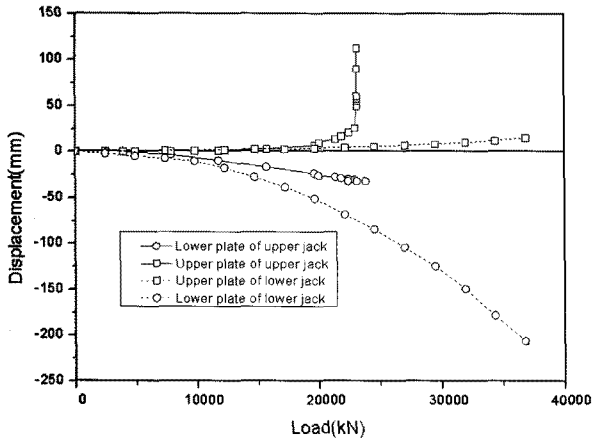
그림 3. ITP-2-1의 양방향 고압 밀폐재하시험 및 하중전이시험 결과

내었는데 최대재하하중 2.2MN일때 상판변위 7.27mm, 하판변위 88.0mm가 발생하였다. 본 시험말뚝에서는 하중전이의 수행되지 않아 마찰력분포도를 나타낼 수 없었다.

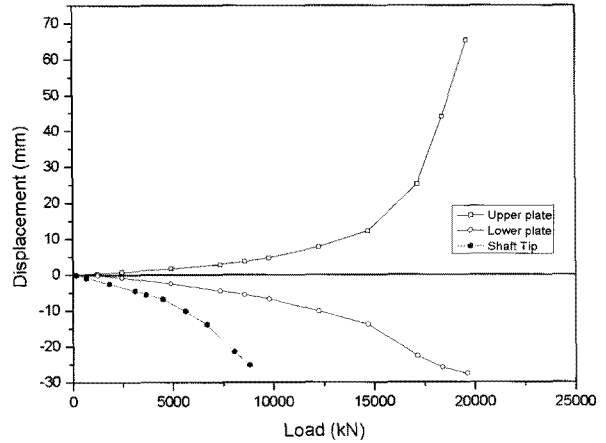
3.3 t-z/q-z 관계 분석

각 시험말뚝의 마찰력분포도를 이용하여 각 지층별 또는 심도별 마찰지지응력은 식 (1)을 이용하여 계산할 수 있었으며, 각 요소의 변위는 식 (2)를 이용하여 계산할 수 있었다.

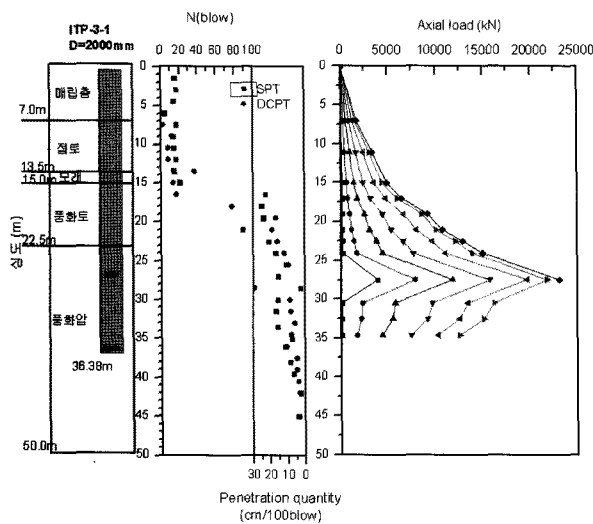
$$f_i = \frac{Q_i - Q_{i-1}}{P \cdot \Delta D} = \frac{\Delta Q_i}{P \cdot \Delta D} \quad (1)$$



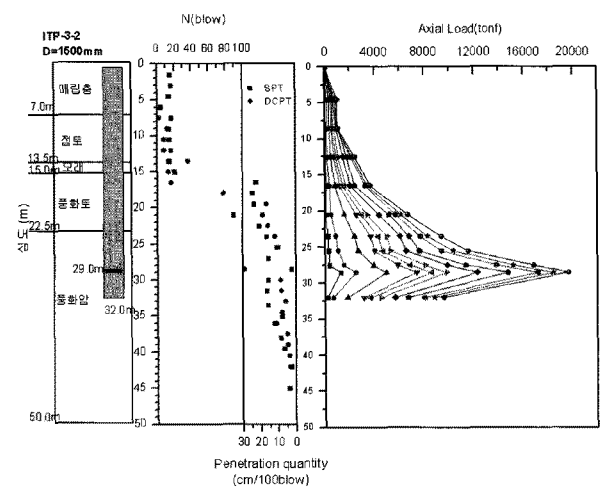
(a) 하중-변위



(a) 하중-변위



(b) 마찰력분포도



(b) 마찰력분포도

그림 4. ITP-3-1의 양방향 고압 밀폐재하시험 및 하중전이시험 결과

그림 5. ITP-3-2의 양방향 고압 밀폐재하시험 및 하중전이시험 결과

$$\Delta w_i = w_{i+1} - w_i = \frac{Q_i \Delta D}{AE} \quad (2)$$

여기서, P = 말뚝의 주면장

ΔD = 요소의 길이

A = 말뚝의 단면적

E = 말뚝의 탄성계수

각 시험말뚝의 마찰력분포도로부터 식 (1)과 식 (2)를 이용하여 심도별 단위 주면마찰력과 변위(t-z)관계를 산정할 수 있으며, 그 결과를 그림 7에 나타내었다.

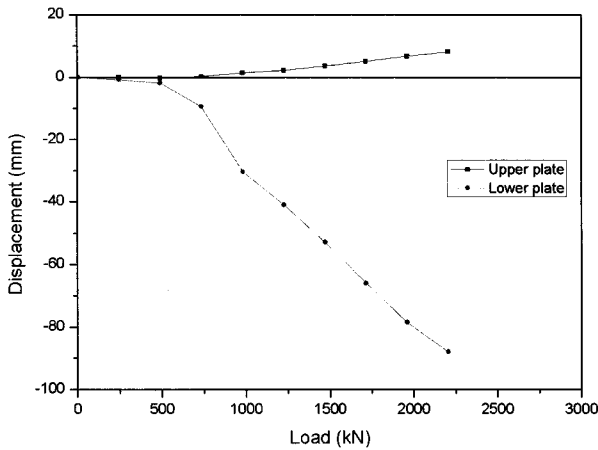
그림 7에서 ITP-1-1, ITP-1-2, ITP-3-1, ITP3-2의 경우 변위가 증가할수록 수렴하는 경향을 나타냈으나, ITP-2-1의 경우 변위가 증가하여도 단위주면마찰력이 증가하는 경향을 나타내었다. 각 시험말뚝에서 심도별 t-z 곡선에 극한단위주면마찰력(f_{max})는 각각의 곡선에서 최대

단위주면마찰력 값으로 선정하였다.

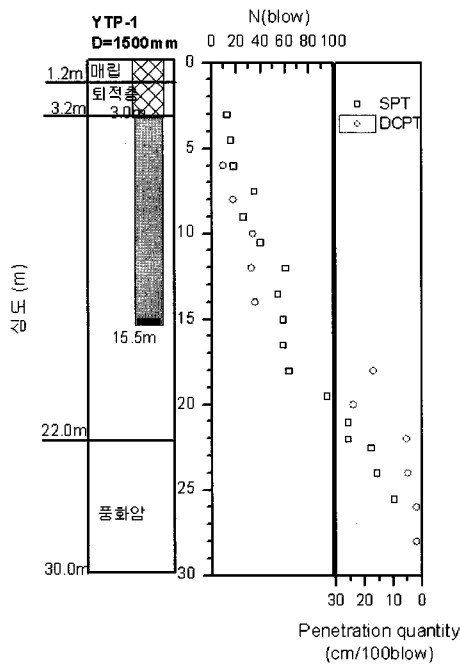
단위선단지지력과 변위의 관계 분석시 말뚝재하장치가 말뚝선단에 위치한 시험말뚝(ITP-1-2, ITP3-1, YTP-1)의 경우 양방향 말뚝재하장치의 하판변위와 선단재하압력(재하하중/말뚝단면적)의 관계가 바로 단위선단지지력과 변위의 관계(q-z)를 나타낸다.

재하장치가 말뚝중간에만 설치된 시험말뚝(ITP-3-2)의 경우는 말뚝선단에 텔레일을 설치하여 측정하고 그림 5(b)의 마찰력분포도에서 말뚝선단부에 전달되는 하중을 말뚝단면적으로 나누어 단위선단지지력과 변위의 관계(q-z)를 분석하였다.

풍화대 지반에 근입된 시험말뚝(ITP-1-2, ITP3-1, ITP3-2, YTP-1)의 단위선단지지력과 변위 관계를 그림 8에 나타내었다. 여기에서 풍화토 소켓 말뚝(ITP-1-2, YTP-1)의 경우는 말뚝굴착이 완료되고 말뚝선단의 심도가 깊지 않아 육안으로 지표에서 확인할 수 있었으며 이때



(a) 하중-변위



(b) 지층분포

그림 6. YTP-1의 양방향 고유압 말뚝재하시험 결과

굴착공내부에는 지하수가 없는 것을 확인하였다. 또한, 심도확인을 위한 추를 이용하여 슬라임의 존재여부를 확인하였으나 선단부에 슬라임이 잔류하고 있지 않는 것을 확인하였다. 말뚝굴착용 케이싱은 말뚝선단면까지 시공되어 공벽에서의 토사 붕괴는 발생할 수 없는 상태이었다. 그러나, 콘크리트의 타설시간이 지연되어 12시간 이상을 나공상태로 방치하였을 때 지하수위가 말뚝 선단에서 약 10m정도 상승하였으며, 심도확인용 추를 이용하여 선단을 확인하였을 때 기존심도보다 약 50cm 정도의 슬라임이 발생한 것을 확인할 수 있었다. 그래서, 메카닉펌프를 이용하여 선단부의 젤화된 지반을 제거하고 콘크리트를 타설하였다. 상기의 과정에서 말뚝

선단 지반이 연화된 것으로 판단하였으며, 이로 인해 선단지지력이 과소 평가된 것으로 사료되었다. 또한, 단위 선단지지력은 변위가 증가할수록 계속 증가하는 것으로 나타나, 최대단위선단지지력을 결정하기 위하여 말뚝기초의 일반적인 전침하량기준(25.4mm)(한국지반공학회, 2002)으로 결정하였다.

3.4 현장타설말뚝의 설계도표 제안

각 현장에서 수행된 DCPT 결과와 t-z곡선에서의 극한단위주면마찰력(f_{max})에서 DCPT의 결과가 30cm관입시 100회 미만의 타격횟수를 나타내는 결과에서 점성토 지반과 사질토 지반으로 구분하여 그림 9(a)에 나타내었으며, 이들 상관관계를 점선으로 나타내었다. 또한, TxDOT(2000)의 TCPT의 상관관계를 실선으로 나타내었다.

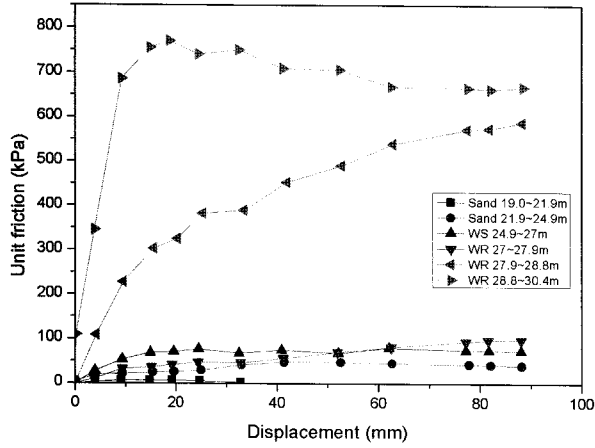
그리고, 100회 타격시 30cm 이하의 관입량을 나타내는 결과를 그림 9(b)에 도시하였으며, 이들의 상관관계를 나타내었다. 또한, TCPT결과를 이용한 주면마찰력의 상관관계(TxDOT, 2000 ; Nam, 2004)를 함께 나타내었다.

그림 9(c)에는 q-z곡선에서의 극한선단지지력(q_{max})과 DCPT의 100회 타격시 관입량(DCPTR)의 결과를 도시하였으며, 극한선단지지력(q_{max})을 정할 경우 DCPTR은 말뚝선단 상부 1D와 하부 1D 구간내의 평균값을 이용하는 것이 가장 좋은 상관성을 보였다(최용규, 2010). 또한 TCPT결과를 이용한 선단지지력과의 상관관계(TxDOT, 2000 ; Nam, 2004)를 함께 나타내었다.

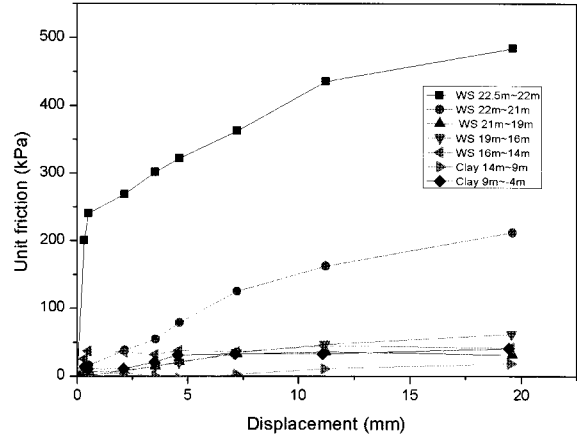
그림 9(b)와 (c)로 부터 풍화대지반에서 f_{max} 와 q_{max} 와의 관계는 식 (3)~(4)와 같이 나타났다. 여기서 DCPTR 이 작은 경우 f_{max} 와 q_{max} 이 매우 크게 나타나게 되어 주면 및 선단지지력이 매우 크게 산정될 수 있으므로 잠정적으로 상한값으로 제한하는 것으로 하였다. 그림 7(c)에서 2개소에서는 극한단위주면마찰력이 수렴하지 않고 계속적으로 증가하고 있어 이 2개 사례들을 제외한 최대값 0.763MPa을 상한값으로 제시하였다. 그림 8(b)에서 극한단위선단력의 최대값은 6.25로 나타났으므로 이 값을 상한값으로 제시하였다.

$$f_{max} = 273.43 \times DCPTR^{-1.35} \text{ (MPa)} \quad (DCPTR \geq 77 \text{ 일 경우}) \quad (3.1)$$

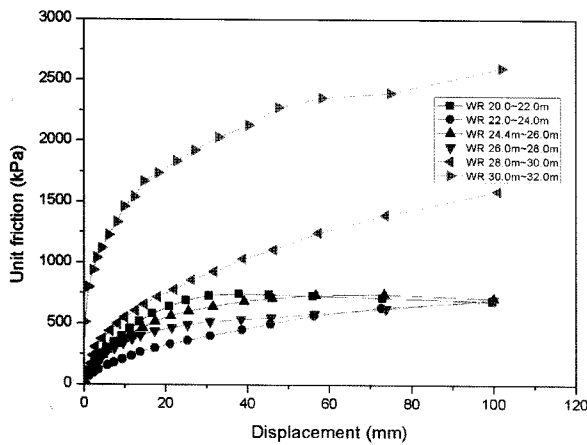
$$f_{max} = 0.763 \text{ MPa} \quad (DCPTR < 77 \text{ 일 경우}) \quad (3.2)$$



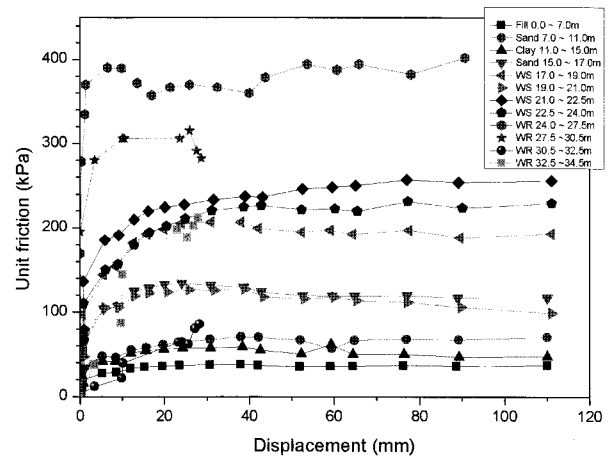
(a) ITP-1-1



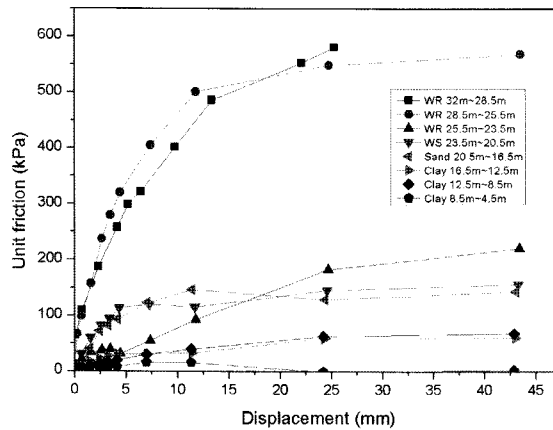
(b) ITP-1-2



(c) ITP-2-1



(d) ITP-3-1



(e) ITP-3-2

그림 7. t-z 곡선

$$q_{\max} = 319.55 \times DCPT R^{-1.057} \text{ (MPa)} \quad (DCPT R \geq 40 \text{ 일 경우}) \quad (4.1)$$

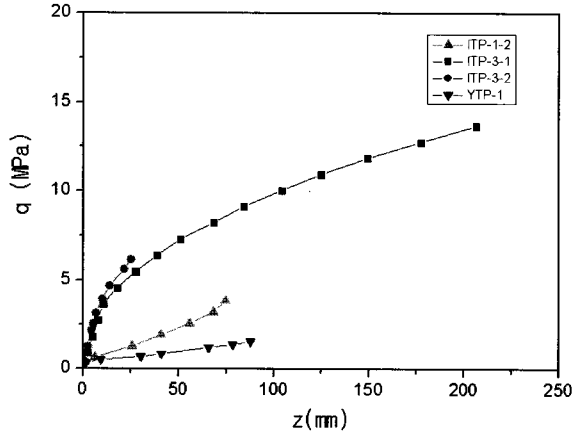
$$q_{\max} = 6.25 \text{ MPa} \text{ (DCPT R} < 40 \text{ 일 경우)} \quad (4.2)$$

토사지반에서 f_{\max} 와 DCPT N₆₀의 관계를 식 (5)~

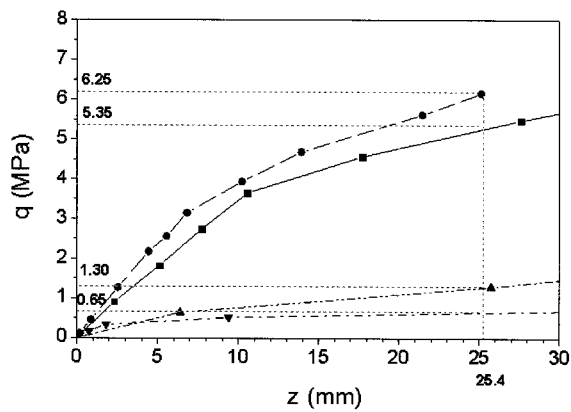
(6)과 같이 나타낼 수 있었으며 말뚝선단이 토사지반에는 설치되지 않아 q_{\max} 와의 상관관계는 구할 수 없었다.

$$\text{점토층 : } f_{\max} = 0.00316 \times [DCPT N_{60}] \quad (5)$$

$$\text{사질토 : } f_{\max} = 0.00484 \times [DCPT N_{60}] \quad (6)$$



(a) q-z관계



(b) 확대도

그림 8. q-z 곡선

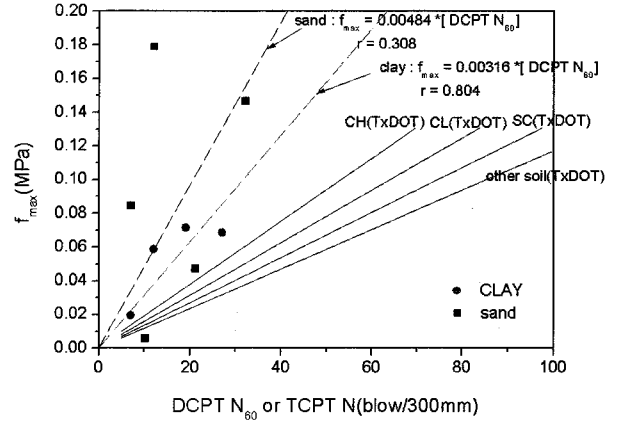
국내 풍화대 지반의 경우 파쇄대가 발달하여 시험시편이 채취되지 않아 일축압축강도의 산정이 어렵고, SPT용 스프릿스폰샘플러의 관입력 부족으로 자료 획득이 어려워 풍화대 지반의 지반특성치 조사에 DCPT를 활용할 수 있을 것이다.

따라서, DCPTR을 이용하여 개발한 설계도표를 풍화대 소켓 현장타설말뚝의 설계에 활용할 수 있다. 또한 토사지반에 설치된 현장타설말뚝의 주변마찰력은 DCPT N_{60} 을 이용하여 설계에 활용할 수 있을 것으로 판단되었다.

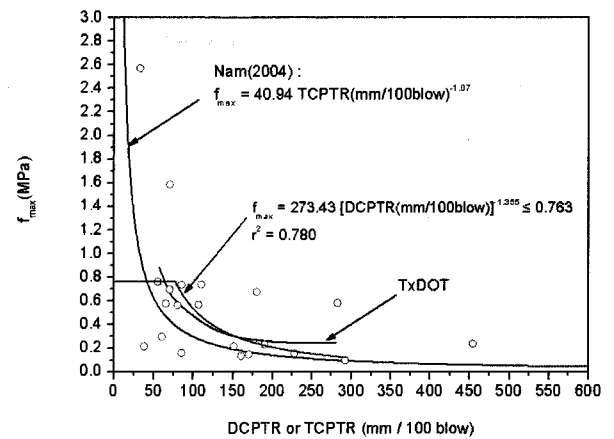
4. 결론 및 제언

본 연구에서는 풍화대 지반에 소켓된 현장타설말뚝의 설계에 사용할 수 있는 설계도표를 제안 하였으며, 그 결과를 다음과 같이 요약하였다.

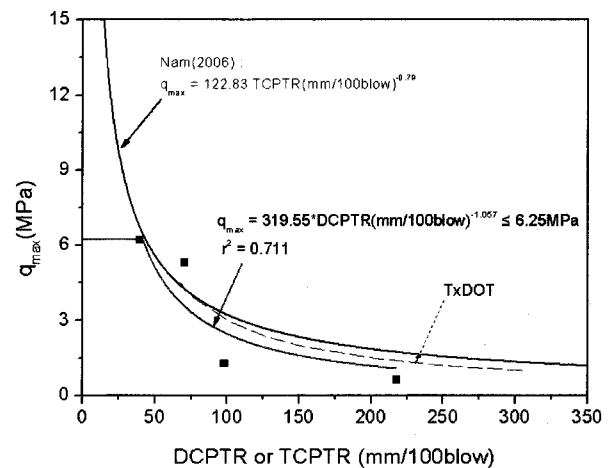
- (1) 현장타설말뚝 지지력과 DCPT의 상관관계를 분석하여, 설계도표를 제시할 수 있었다. DCPTR을 이용



(a) 점성토와 사질토 지반의 최대단위주면마찰력



(b) 풍화대 지반의 최대주면마찰력



(c) 풍화대 지반의 최대선단지지력

그림 9. 현장타설말뚝의 설계도표

하여 풍화대 지반에 소켓된 현장타설말뚝의 극한주면 및 극한선단지지력을 산정할 수 있는 설계도표를 제안하였으며 DCPT N_{60} 을 이용하여 점성토와 사질토에 시공된 현장타설말뚝의 극한주면마찰력을 산정할 수 있는 설계도표를 제안하였다.

(2) 풍화대 지반의 현장타설말뚝의 극한주면마찰력과 극한선단지지력의 DCPT와의 상관관계는 다음과 같이 나타났다.

극한단위주면마찰력 :

$$f_{max} = 273.43 \times DCPTR^{-1.35} \text{ (MPa) (DCPTR} \geq 77 \text{일 경우)}$$

$$f_{max} = 0.763 \text{ MPa (DCPTR} < 77 \text{일 경우)}$$

극한단위선단력 :

$$q_{max} = 319.55 \times DCPTR^{-1.057} \text{ (MPa) (DCPTR} \geq 40 \text{일 경우)}$$

$$q_{max} = 6.25 \text{ MPa (DCPTR} < 40 \text{일 경우)}$$

(3) 토사지반인 점토층과 사질토층의 극한단위주면마찰력과 DCPT의 상관관계는 다음과 같이 나타났다.

$$\text{점토층 : } f_{max} = 0.00316 \times [DCPT N_{60}]$$

$$\text{사질토 : } f_{max} = 0.00484 \times [DCPT N_{60}]$$

(4) 본 연구는 2개 현장의 실험자료를 토대로 수행되었으며 향후 활용가능한 실험자료를 확보하여 본 연구를 보완하게 된다면 더 높은 신뢰도를 확보할 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 건설핵심기술연구개발사업(과제번호 : 04 핵심기술A01-05)에 의해 이루어진 것으로, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 대림산업(주), (주)지텍크, 경성대학교 산학협력단 (2008), “타격 관입콘 시험장치 및 이를 이용한 지반 조사방법과 강도특성 산정방법”, 특허 제 10-0847096호.
2. 대한토목학회 & 교량설계핵심기술연구단 (2008), “도로교 설계 기준 해설”, pp.692-697.
3. (사)한국지반공학회 (1997), “구조물 기초 설계기준”, pp.38-39.
4. 최용규, 권오성, 이종성, 최성순, 정성민 (2010), “풍화대소켓 현장타설말뚝의 극한단위선단지지력과 원위치 지반조사방법들과의 상관관계 분석”, 대한토목학회논문집, 제30권 제 2C호, 2010년 3월, pp.95-107.
5. Nam, M. S. (2004), “Improved Design for Drilled Shafts in Rock”, A Dissertation Presented for the Doctor Philosophy Degree of University of Houston, 2004. August, pp.333-335.
6. TxDOT (2000), “Geotechnical Manual (On-Line Version)”, Texas Department of Transportation, Bridge Division, Austin, Texas.

(접수일자 2009. 10. 13, 심사완료일 2010. 4. 25)