

# 螺旋探查試驗에 의한 地盤調查技法

Soil Investigation by Helical Probe Test

鄭 丘 泳\*

Chung, Koo-Young

Yokel, Felix Y.\*\*

## Abstract

A helical probe test(HPT) suitable for in-situ soil exploration to a shallow depth and compaction control were developed and tested in different soils alongside traditional in-situ tests, including Standard Penetration Test(SPT), Cone Penetration Test(CPT) and in-situ density test. The helical probe test is economical and can be performed by a single person. The torque necessary to insert the probe is used as a measure of soil characteristics.

It was found that: the HPT test correlates well with the SPT test and the correlation is not sensitive to the soil type; the HPT test correlates well with the CPT test, but the correlation is sensitive to the soil type; the HPT torque provides a sensitive measure of relative compaction and in-situ dry density of compacted soils; the reverse torque ratio decreases with increasing average grain size.

## 要 旨

얕은 地盤의 現場探查와 다짐도의 測定등에 適合한 螺旋探查試驗을 開發하여 그 試驗結果를 標準貫入試驗, 圓錐貫入試驗, 現場密度試驗 등 既存의 現場試驗結果와 比較, 分析하였다. 螺旋探查試驗은 다른 現場試驗에 비하여 經濟的이며 1인이 쉽게 試驗할 수 있는 長點이 있다. 흙의 物性値는 探查機를 地盤에 貫入시키는데 필요한 토오크로 나타내며 本 研究結果, 標準貫入試驗 및 圓錐貫入試驗의 結果와 잘 一致하고 標準貫入試驗과의 相關關係는 흙의 종류에 따른 有關係이 낮으나 圓錐貫入試驗과의 경우, 有關係이 높다. 또한 螺旋探查試驗은 相對다짐도와 다짐地盤의 現場密度的 測定에도 精度가 높다. 한편 地盤의 平均粒徑( $D_{50}$ )이 증가함에 따라 螺旋探查試驗의 逆回轉比는 감소하는 特性을 보인다.

## 1. 序 論

얕은 깊이의 地盤에 대한 現場強度나 現場密度特性 등의 測定이 要求되는 경우가 실제 施工에서 자주 發生한다. 얕은 地盤의 探查時, 既存

의 標準貫入試驗(Standard Penetration Test, SPT)과 圓錐貫入試驗(Cone Penetration Test, CPT) 등은 探查깊이에 비하여 單價가 높으며 多數의 試驗員이 필요하다. 한편, 이러한 既存 現場試驗에 비하여 螺旋探查試驗(Helical Probe Test, HPT)<sup>1)</sup>은 깊이 1.5 m(5 ft)까지 探查할

\* 正會員, 韓國建設技術研究院, 研究員

\*\* Senior Researcher, U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, Center for Building Technology

수 있으며 여러개의 連結棒(connecting rod)을 사용하면 더 깊은 지점까지 貫入, 測定할 수 있을 뿐만 아니라 試驗器機와 試驗方法이 簡單하고 試驗圓이 혼자서 遂行할 수 있으며 時間當 1~3 個孔을 探查할 수 있는 長點이 있다. 그러나 아직은 試驗·開發段階에 있으므로 螺旋探查試驗을 實用化시키기 위해서는 계속적인 試驗資料의 蓄積과 研究가 必要하다.

本 研究에서는 이 螺旋探查試驗과 既存現場試驗과의 關係를 考察하기 위하여 HPT 試驗結果를 SPT, CPT, 現場密度試驗 등의 試驗結果와 比較·分析코자 한다.

## 2. 螺旋探查試驗機와 試驗方法

### 2.1. 螺旋探查試驗機

本 研究에 사용된 螺旋探查 試驗機(사진 1)는 全長 1.65 m의 鋼鐵棒으로, 下段의 貫入螺旋部와 上段의 連結部로 構成되어 있다. 螺旋部는 軸力(vertical force)이 없이, 오직 回轉力으로만 쉽게 貫入할 수 있도록 auger bit의 모서리를 날카롭게 갈아 螺旋줄로 만들었으며 連結部는 토오르크測定器(Torquemeter)를 插入할 수 있도록 6각 nut로 製作하였고 막대에는 貫入깊이를 알

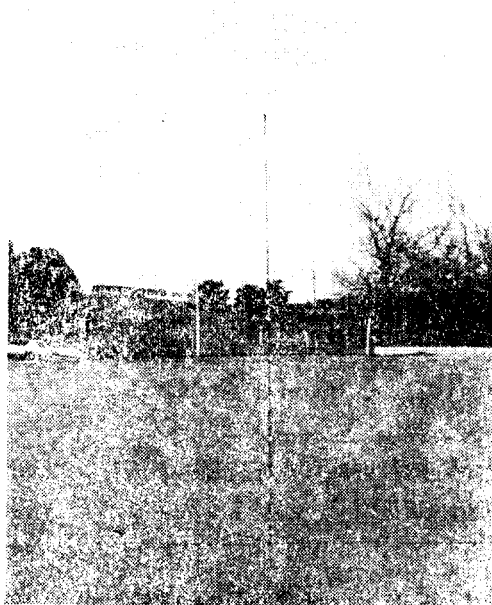


사진 1

Table 1. Dimension of Helix  
inches(mm)

Outer Diameter	Lead (Pitch)	Core Diameter	Shaft Diameter	Length
3/4(19.1)	1 1/8(28.6)	1/4(6.4)	3/8(9.5)	5(127)

수 있도록 15 cm(1/2 ft)마다 눈금을 새기었다. <表 1>은 試驗機의 螺旋部の 製先을 보여준다.

### 2.2. 試驗方法

螺旋探查試驗機를 地盤에 鉛直으로 세우고 토오르크測定器를 上段에 插入한 후 時計方向으로 回轉, 貫入시킨다. 이때 回轉速度를 180°/4 sec로 維持시키며 貫入時 每 15 cm 깊이별로 最大 토오르크(地盤內 障礙物에 의해 一時的으로 나타난 最大值는 除外)를 測定하며 一定 길이까지의 探查를 마치면 試驗機를 逆回轉시켜 貫入時와 同一한 方法으로 逆回轉토오르크를 測定한다.

## 3. 試驗結果

本 研究에서는 HPT와 並行하여 SPT, CPT, 現場密度試驗 등을 實施하였으며 일부 現場試驗은 既存資料의 것을 利用하였다.

試驗은 Washington D.C. 地域에서 實施하였다. 이 地域을 地質學的 特性으로 區分하면 Piedmont 地域과 Atlantic Coastal Plain 地域의 두 가지로 나뉘어진다. Piedmont 地域은 실트질 粘土에서 실트질 모래에 이르는 殘留土로서, 이들은 下部에 位置한 岩盤(주로 片岩, 片麻岩, 花崗岩)이 風化되어 形成된 흙이며 統一分類法에 의해 CL, ML, SM으로 分類되나 대부분 ML의 범위에 속한다. 한편 Atlantic Coastal Plain 地域은 粘土, 실트질 및 粘土질 모래, 모래 등의 沈積土로 構成되어 있다.

隣接試驗孔에서 얻은 相關資料의 分析時, 相互 土性의 깊이별 偏差가 資料比較에 어려움을 주는데 이러한 것은 水平的 地層이 形成되지 않은 殘留土에서 특히 심하고, 또한 얇은 깊이의 地盤에서는 植物들의 影響, 含水比의 잦은 變化, 凍結·融解의 反復 등 여러가지 環境條件이 이를 加重시킨다. 이러한 경우, 信賴도가 높은

統計的 相互關聯性을 얻기 위해, 同一깊이에 대한 HPT의 測定值를 서로 比較하기 보다 各試驗孔들의 平均토오크값과 隣接試驗孔에서 實施한 既存 現場試驗測定值의 平均값을 比較하였으며, 깊이는 다르나 同一地層이 分明하게 確認될 경우, 地層別로 測定값을 比較, 分析하였다.

本 研究에서 遂行한 試驗結果를 <表 2>와 <表 3>에 綜合하여 나타내었다. <表 2>는 Piedmont 地域의 31 個所(試驗位置)에서 實施한 것이며 <表 3>은 Atlantic Coastal Plain 地域 26 個所에

서 實施한 것이다. 이 表에서  $n$ 은 HPT의 토오크값  $t_{12}$ , SPT의 打撃回數  $N$ , CPT의 先端抵抗  $q_c$  등의 各獨立試驗孔의 數를 나타내고 相對다짐도(最大乾燥密度에 대한 現場密度의 百分率) RC 및 乾燥密度  $\gamma_d$ 의 測定數는 括弧안에 表示하였다. 또한 이 表의 測定值는 모두 測點數의 平均값이다. 한편 HPT의 貫入토오크에 대한 逆回轉토오크의 比, 즉 逆回轉比(R)의 測定結果를 <表 4>에서 보여주고 있다.

Table 2. HPT Test Data-Piedmont Region

Test No.	Location	Soil Type	$t_{12}$ in-lb	$n$	SPT $N$ blows/0.3 m	$n$	CPT $q_c$ kPa $\cdot 10^{-2}$	$n$	RC, %	$\gamma_d$ Mg/m <sup>3</sup>
1	McLean, VA	ML	43	62	8.97	51	15.0	40		1.19
2	Tyson's Corner, VA	ML	89	8					97	1.87(5)
3	Falls Church, VA	CL/ML	84.6	20	14.7	3				
4	Falls Church, VA	CL/ML	84.3	14			44.84	3		
5	Falls Church, VA	CL/ML	79.93	18			32.33	6		
6	Falls Church, VA	ML	152.4	3			49.67	3		
7	Falls Church, VA	ML	55	6	11.5	2				
8	Reston, VA	ML	122	6	20	1				
9	Reston, VA	ML	53	6	14	1				
10	Falls Church, VA	ML/SM	75.6	4					98.7	1.69 Fill
11	Falls Church, VA	ML/SM	68	6					96.7	1.66 Fill
12	Falls Church, VA	ML/SM	45	5					89	1.53 Fill
13	Columbia, MD	ML/SM	45	10	10	2				
14	Columbia, MD	ML/SM	67	10	10.3	3				
15	Columbia, MD	ML/SM	97	10	15.7	3				
16	Springfield, VA	SM	136.3	6					97.5(8)	1.87(8) Fill
17	Springfield, VA	SM	136.3	6					100.2(1)	1.92(1) Fill
18	McLean, VA	CL	106	12					97.3	1.98 Fill
19	McLean, VA		110.3	6					97.3	1.98 Fill
20	NBS	ML	37.59	4	9	1				
21	NBS	ML	32.89	4	9	1				
22	NBS	ML	50.75	4	12	1				
23	NBS	ML	56.39	6	11	2				
24	NBS	ML	41.35	4	7	1				
25	NBS	ML	48.87	4	7	1				
26	NBS	ML	42.29	4	14	1				
27	NBS	ML	56.39	4	11	1				
28	NBS	ML	42.60	16			16.57	24		
29	NBS	ML	61.33	7			35.74	21		
30	NBS	ML	55.76	18			26.56	18		
31	NBS	ML	62.16	10			22.38	9		

**Table 3.** HPT Test Data —Atlantic Coastal Plain

Test No.	Location	Soil Type	$t_{12}$ in-lb	$n$	SPT N Blows/ 0.3 m	$n$	CPT $q_c$ kPa· $10^{-2}$	$n$	RC, %	$\gamma_d$ Mg/ $m^3$	Notes
32	Chesapeake, MD	SM	38	22	9.3	3					
33	Chesapeake, MD	SM	58.9	22	11.7	3					
34	Annapolis, MD	SM	58.5	10	9.5	2					
35	Annapolis, MD	SM	36	7			25	4			
36	Annapolis, MD	SM	92	3			83	5			
37	Annapolis, MD	SM	55	5			46	5			
38	Annapolis, MD	SM	140	5			77	5			
39	Lorton, VA	SC	58	10			52.71	7			
40	Arlington, VA	CL	34.8	3	6	1					
41	Arlington, VA	CL	74.6	3	47	1					
42	Arlington, VA	CL	24	1	6	1					
43	National Airport	SC	121	3	16	1					
44	National Airport	CL	120	1	17	1					Fill
45	National Airport	SM/SC	58.22	9			53	8			
46	Lanham, MD	SC/CL	102	4	14.3	3					
47	Laurel, MD	SW/SM	47.56	6			28.9	12			
48	Laurel, MD	SW/SM	57.41	7			39.7	14			
49	Crofton, MD	SC	45.49	4			36.18	4			
50	Crofton, MD	SC	18.98	2			17.9	2			
51	Crofton, MD	SC	30.03	8			21.29				
52	Crofton, MD	CL	31.12	8			19.53	19			
53	Odenton, MD	SP	65.79	8	18	1					$D_{50}=0.7$ mm $D_{50}=0.03$ mm
54	Upper Marlboro, MD	CL	17.56	3	6	1					
55		CL	23.42	3	4	1					
56	Crofton, MD	CL	18.91	2			11.8	6			
57	National Airport	SM/SC	54	10			52	7			

**Table 4.** Average Values of Reverse Torque Test Results

Location	Soil Type	$n$	$T_p$ in-lb	$TR_{12}$ in-lb	$R$ %	SPT $N$ blow/ft	CPT $q_c$ kg/cm	RC %	$\gamma_d$ lb/ft	$D_{50}$ mm
Groveton, VA	CH	42	30.6	17.5	57.2	6.7				0.008
McLean, VA	ML	126	51.6	23.9	46.3	8.6	14.9			0.030
NBS, MD	ML	53	66.0	25.4	38.5					0.046
Kingstowne, VA	SP	53	97.2	37.9	39.0			95~100	113	0.600

CH—High plasticity Clay  
ML—Low Plasticity Silt  
SP—Poorly Graded Sand

## 4. 結果分析

### 4.1. HPT와 SPT의 相關關係

그림 1은 HPT의 토오크와 이에 相應하는 SPT의  $N$ 을 圖示한 것이다. 그림에서 測定點들에 대한 關係式을 最小自乘法으로 求하면 式 1과 같다.

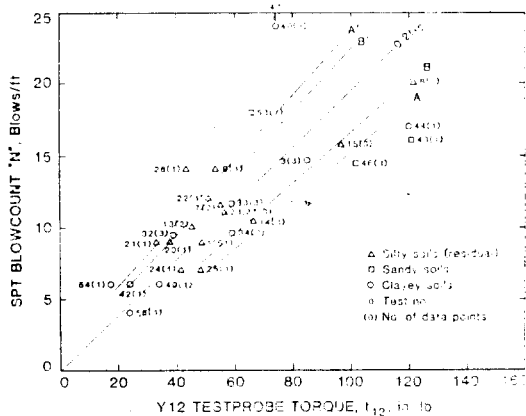


Fig. 1. Correlation Between SPT and HPT Tests

$$N = 0.2 t_{12} \quad (1)$$

이 그림에서, 測定點들의 2/3을 包含하는 範圍는  $0.17 t_{12} \leq N \leq 0.23 t_{12}$ 이며 90%를 包含하는 範圍는  $0.15 t_{12} \leq N \leq 0.25 t_{12}$ 이다.  $BB'$  선과  $AA'$  선은 이 測定點들의 2/3 및 90%에 해당하는 각 境界를 表示한 것이다.

한편 本 試驗의 分析結果,  $t_{12}$ 와  $N$ 의 關係는 흙의 粒徑크기에 대한 有關係성이 낮은 것으로 나타났다.

本 試驗時, SPT의 結果는 3.05 m (10 ft)의 drillrod를 使用한 것이다. 그러나 얇은 깊이의 地盤을 探查할 경우, HPT와 CPT의 結果는 地盤깊이에 크게 影響을 받지 않는 反面, SPT는 짧은 깊이의 drillrod에 의한 에너지損失이 깊이에 따른  $N$ 치에 影響을 주므로, SPT와 HPT의 試驗結果를 比較하려면 SPT의  $N$ 값은 어느 깊이에서나 drillrod의 길이에 關係없는 것이어야 한다. SPT의 에너지損失은 drillrod의 무게에 影響을 받는다. 本 試驗에서는 두 가

지 짧은 길이 的 drillrod를 使用하였다. 이중 'A' rod는 試驗 20부터 試驗 27(表 2 참조)까지, 'N' rod는 試驗 1에서 使用하였다.

짧은 길이 的 drillrod에 의한 影響은 Yokel<sup>2)</sup>이 提案한 다음과 같은 式을 適用하여 考慮할 수 있다.

$$E_r = 1 - \exp(-4M_r/M_h) \quad (2)$$

여기서,  $E_r$ 은 rod를 통하여 傳達되는 空에 너지에 대한 짧은 길이 的 rod에 의해 傳達되는 에너지의 比이며  $M_r$ 은 짧은 길이 的 drillrod의 무게,  $M_h$ 는 SPT hammer의 무게(63.5 kg)이다.

本 試驗에서 使用한 'A' rod와 'N' rod의 單位길이당 무게는 각 5.09 kg/m와 7.04 kg/m이고 길이는 3.05 m (10 ft)이므로 式 2에 의해 算定한 에너지 傳達比는 68%와 74%이다. 따라서 本 試驗結果의  $N$ 값을, 긴 길이 的 drillrod를 使用한 경우의  $N$ 값으로 變換하려면, 試驗結果의 약 0.7 배를 곱하여 補正해야 한다. 이와 같이 補正한, 긴 길이 的 drillrod에 의한  $N$ 값과  $t_{12}$ 의 關係는 다음과 같다.

$$N = 0.14 t_{12} \quad (3)$$

### 4.2. HPT와 CPT의 相關關係

그림 2에서 HPT의 토오크와 CPT의 先端抵抗  $q_c$ 의 關係를 보여 준다. 이 그림에서 알 수 있듯이, 두 測定値는 그 흙의 種類에 따른 相關성이 높다.

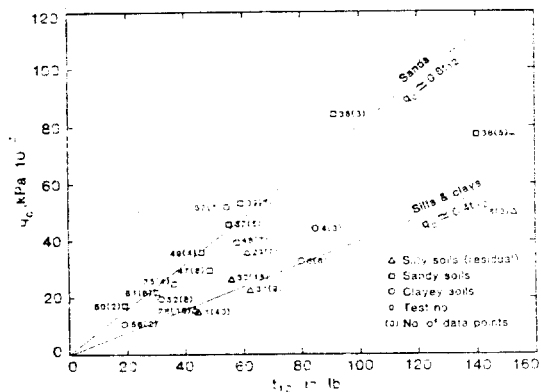


Fig. 2. Correlation Between CPT and HPT Tests

모래질 흙의 경우, 關係式은 다음과 같다.

$$q_c = 0.8 t_{12} \quad (4)$$

이 測定值들 중 2/3 및 90%를 포함하하는 範圍은 각  $0.67 t_{12} \leq q_c \leq 0.93 t_{12}$  와  $0.58 t_{12} \leq q_c \leq 1.02 t_{12}$  이다.

모래질 흙 以外의 실트질 및 粘土질 흙에서는 式 5 와 같은 關係를 보인다.

$$q_c = 0.4 t_{12} \quad (5)$$

이 測定值의 2/3 및 90%의 範圍은  $0.32 t_{12} \leq q_c \leq 0.48 t_{12}$  와  $0.27 t_{12} \leq q_c \leq 0.53 t_{12}$  이다. (그림 3 과 4 참조)

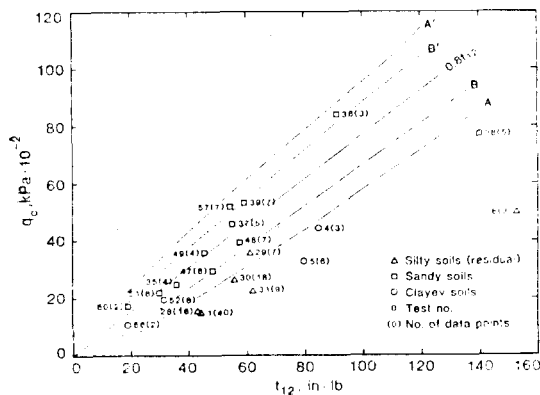


Fig. 3. Confidence Bands for the CPT-HPT Correlation for the Sandy Soils

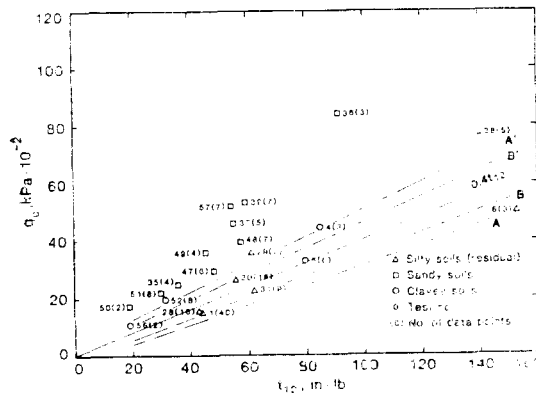


Fig. 4. Confidence Bands for the CPT-HPT Correlation for the Silty and Clayey Soils

### 4.3. SPT/HPT 와 CPT/HPT 의 關係

앞에서  $t_{12}$  와  $N$  의 相関性이 흙의 種類에 關係가 없고 SPT 의 drillrod 가 3.05 m 인 것을 使用할 경우  $N=0.2 t_{12}$  이며 긴 길이의 drillrod

를 使用할 경우  $N=0.14 t_{12}$  임을 提示하였다. 또한  $t_{12}$  와  $q_c$  는 흙의 種類에 따른 相関性이 높고 모래질 흙에서는  $q_c=0.8 t_{12}$ , 실트질 및 粘土질 흙에서는  $q_c=0.4 t_{12}$  의 關係가 있음을 圖出하였다. 따라서 式 3 과 式 4,5 를 利用하여 다음과 같은 SPT 와 CPT 의 關係를 흙의 種類에 따라 規定지을 수 있다.

$$q_c = 5.7 N; \text{ 모래질 흙} \quad (6)$$

$$q_c = 2.9 N; \text{ 실트질 및 粘土질 흙} \quad (7)$$

(一般的으로 SPT 는 긴 길이의 drillrod 를 使用함으로 本 關係式에서도 긴 길이의 drillrod 使用時  $N$  값을 適用하였다.)

그림 5 는 Robertson<sup>3)</sup> 등이 提示한 平均粒徑에 따른 SPT-CPT 의 關係를 보여 주고 있다. 그림에서 실선은 SPT 試驗時 rope, cathead,

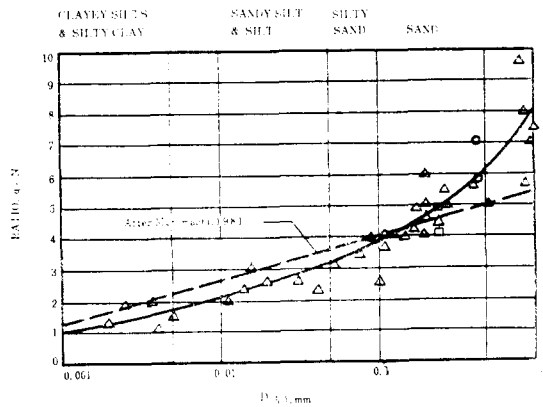


Fig. 5. Variation of the  $q_c/N$  ratio with  $D_{50}$

donut hammer 또는 safety hammer 를 使用한 경우, 에너지效率(理論的 最大에너지에 대한 實際 傳達에너지의 比)이 55%인 相関曲線이며, 실트질 흙의 粒徑範圍( $D_{50}=0.03$  mm)에서  $q_c/N$  이 약 2.9 이고 모래질 흙의 範圍( $D_{50}=0.3$  mm)에서 약 5.7 를 나타내어 本 試驗의 結果와 一致함을 보여준다.

試驗 1 과 試驗 28 은 性質이 類似한 殘留실트질 흙으로 이들의 平均  $q_c/t_{12}$  는 0.36 이다. 특히 試驗 1 의  $D_{50}$  이 0.018 mm 이며 그림 5 에서 이에 相應하는  $q_c/N$  이 약 2.5 이므로 이는  $N=0.14 t_{12}$  를 適用하여 算定한  $q_c/t_{12}$  와 거의 一致하는 0.35 를 갖는다. 따라서 式 7 에서  $q_c/N$  의 2.9 가 妥當함을 뒷받침해 준다. 한편 모래

질 흙에 대한 평균  $q_c/N$ 은  $D_{50}$ 의 試驗資料가 없어 提示하기 어려우나, 試驗 47과 48의 모래가 갈색의 細粒에서 中間크기의 모래질 흙이므로  $D_{50}$ 이 0.1과 0.3 mm 사이라고 假定하면,  $q_c/N$ 은 그림 5에서 4~5.5가 된다. 또한  $q_c$ 값과 式 3을 利用하여  $q_c/N$ 을 算定하면 4.4가 되어 中間모래질 흙의  $q_c/N$ 의 範圍에 속한다.

本 試驗에서 提示한 SPT와 CPT의 關係는 Muromachi<sup>4)</sup>가 提案한 다음과 같은 式과도 比較할 수 있다. (그림 5 참조)

$$q_c/N = 4.76 - 0.02 FC \quad (8)$$

여기서,  $FC$ 는 200번체 通過率의 重量百分率이다. 이 式을 利用한 경우, 一般적으로  $FC$ 가 65~85%에 이르는 Piedmont 地域에서  $q_c/N$ 이 3~3.5이고 試驗 34에서 試驗 38은  $FC$ 가 25~36%인 모래질 地盤으로서  $q_c/N$ 이 4.05~4.25의 範圍를 나타내어, HPT 試驗에 의해 구한 두 경우, 2.9와 4.77과 각각 比較해 볼 때, 細粒土範圍에서는 Muromachi의 값이 크고 粗粒土範圍에서는 작은 結果가 나왔다.

그림 6은 平均粒徑別  $q_c$ 와  $t_{12}$ 의 關係를 圖示한 것이다. 실트질 흙과 모래질 흙의 경우,

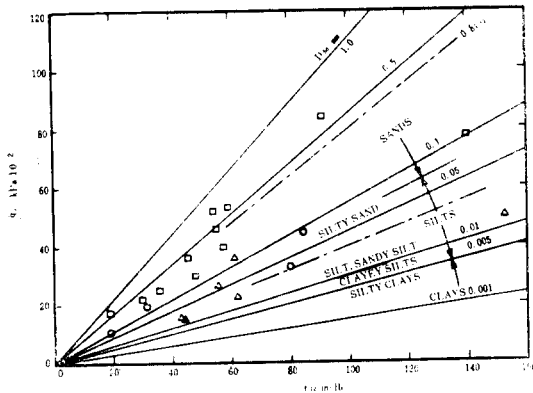


Fig. 6. Comparison of Test Data with the Correlation Between  $q_c$  and  $t_{12}$  as a Function of  $D_{50}$

SPT/HPT와 CPT/HPT의 關係가 Robertson 등에 의해 提示된 CPT/SPT의 關係와 잘 一致하나 粘土질 흙에 대해서는 本 試驗에서 뚜렷한 關係를 밝히지 못했다. 式 3과 그림 6으로부터 흙의 粒徑에 대한 CPT/HPT의 關係를 살펴보면 式 9와 같다, (그림 7 참조)

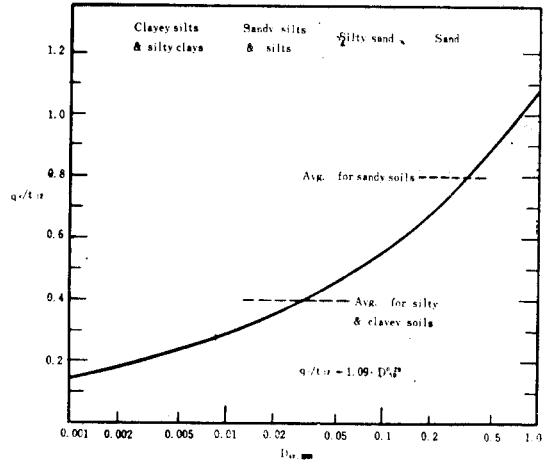


Fig. 7. Correlation Between  $q_c/t_{12}$  and  $D_{50}$

$$q_c/t_{12} = 1.09(D_{50})^{0.29} \quad (9)$$

#### 4.4. 다짐흙에서의 HPT

그림 8은 現場乾燥密度( $\gamma_d$ )와 相對다짐(Relative Compaction)<sup>5,6,7)</sup>에 대한 HPT의 試驗結果를 보여 주고 있다. 실트질과 粘土질 흙의  $\gamma_d$ 와  $t_{12}$ 는 一定 關係를 보이며 測定된 密度에서 다음과 같다.

$$0.0063 t_{12} < \gamma_d - 1.2 \leq 0.0075 t_{12} \quad (10)$$

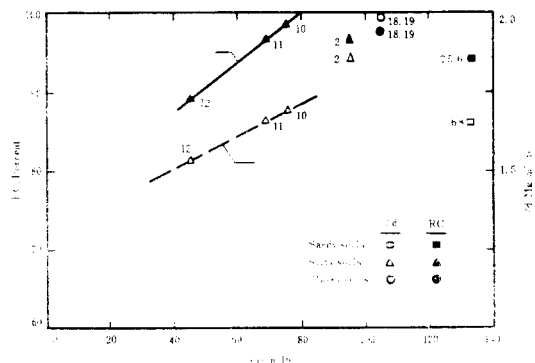


Fig. 8. Correlation Between  $t_{12}$ ,  $\gamma_d$ , and Relative Compaction for Compacted Soils

그림에서의 密度範圍는 Piedmont 地域의 다짐 흙에서 期待되는 것이므로 그 全地域에서 適用할 수 있는 關係式이며 특히 試驗 10, 11, 12와 같이 同一 地域의 隣接試驗孔에서 實施한 것은 매우 良好한 結果를 보여 주어, 이는 現場密度 試驗에 대한 calibration으로 一定 地域의 相關

關係를 구하면 HPT 試驗에 의하여 相對다짐도를 決定할 수 있음을 示唆한다. 本 試驗에서의 다짐도는 다음 式으로 決定할 수 있다.

$$RC(\%) = 75 + 0.32 t_{12} \quad (11)$$

이 式에서 RC 1%의 變化는  $t_{12}$ 의 3 kg-cm 정도에 相應하므로  $t_{12}$ 가 相對다짐도에 매우 敏感함을 알 수 있다. 이와 같이 HPT는 흙의 다짐도를 測定할 수 있으며 다른 現場試驗機에 비하여 두 가지 長點이 있다. 첫째, HPT 試驗은 모래 置換法에 의한 現場密度試驗보다 簡便하고 經濟의이며 깊이에 따른 連續的인 密度를 測定할 수 있다. 둘째, HPT 試驗은 이에 隨伴되는 室內試驗이 必要하지 않으므로 結果를 迅速히 알 수 있다.

한편, HPT 試驗은 一定 깊이까지 連續的으로 試驗機를 貫入하기 때문에 地表面 아래 어느 깊이부터 螺旋部의 有效貫入값인가를 決定하는 것이 重要하다. 表 5는 다짐殘留土에 試驗한 試驗 11의 測定記錄을 例示하고 있다. 이 測定

Table 5. Record of HPT Test

Depth of Tip, ft	$t_{12}$ , in-lb
0.5	48
1.0	66
1.5	68
2.0	62
2.5	71
3.0	68
3.5	72
4.0	50
4.5	26
5.0	38

結果로부터, 地盤은 1~1.2 m 까지 다져진 것을 알 수 있다. 비록 地表面에서도 실제 다져졌을 것이지만 첫번째 읽음(15 cm)에서  $t_{12}$ 는 비교적 낮고 그 이후부터 相應하는 測定값을 보이고 있다. 이와 같이 地表面에서 낮은 測定값을 보이는 것은 地表面附近에서 拘束壓(Confining Pressure)이 낮아 初期 貫入時 흙이 상당히 흐트러지기 때문인 것으로 思料된다. 따라서 本 試驗結果, HPT의 토오크로 다짐도를 決定할 경우, 30 cm 以上 깊이의 測定值를 利用하는 것이 바람직하다.

#### 4.5. 逆回轉比<sup>8)</sup>

SPT 試驗은 直接 흙을 採取, 分類하는 反面, CPT 試驗은 端部抵抗과 磨擦抵抗의 關係로부터 흙을 分類할 수 있다. HPT는 SPT 처럼 흙을 直接 採取, 分類할 수 없으나 CPT와 같이, 逆回轉比를 利用, 間接的인 흙의 分類가 可能하다.

그림 9는 흙의 平均粒徑에 대한 HPT 試驗의 逆回轉比를 보여 주고 있다. 本 試驗에서 흙의 粒徑과 逆回轉比의 關係를 正確히 決定지우기에

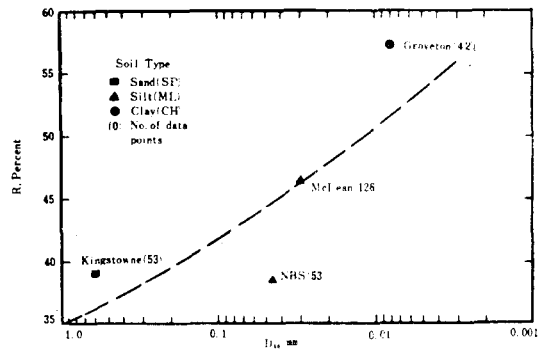


Fig. 9. Relation Between  $D_{50}$  and Reverse Torque Ratio

는 試驗資料가 充分하지 않지만 흙의 粒徑이 增加함에 따라 逆回轉比가 減少하는 傾向을 보이고 있으며, 試驗結果에 따른 이들의 試驗의 關係式은 다음과 같다.

$$R(\%) = 35 \times D_{50}^{-0.08} \quad (12)$$

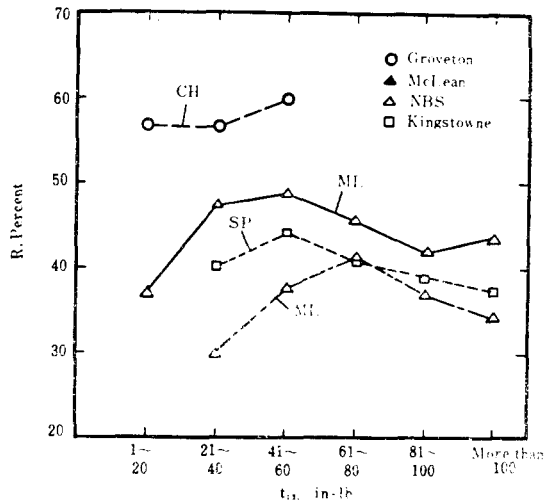


Fig. 10. Variation of Reverse Torque Ratio with  $t_{12}$



한편 그림 10은  $t_{12}$ 에 대한 逆回轉比의 變化를 圖示하고 있으며 그림으로부터, 逆回轉比는 貫入토크의 크기에 대한 銳敏도가 낮음을 알 수 있다.

## 5. 結 論

本 研究에서 螺既探查試驗을 利用하여 얇은 地盤의 特性을 糾明하는 새로운 試驗方法을 提示하였다. 그러나 螺旋探查試驗은 아직 研究開發段階에 있어, 보다 正確한 地盤探查結果를 얻기 위해서는 여러 地盤에 대해 많은 試驗資料가 蓄積되어야 할 것으로 思料된다. 現在까지의 研究結果, 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 螺旋探查試驗은 얇은 地盤探查時 既存의 現場試驗보다 簡便하고 經濟的이다.

2. 標準貫入試驗과 螺旋探查試驗의 相互關係는 흙의 粒徑에 關係없이 다음과 같다.

3. 0.5 m drillrod를 使用할 경우  $N=0.2 t_{12}$

인 길이의 drillrod를 使用할 경우  $N=0.14 t_{12}$

3. 圓錐貫入試驗과 螺旋探查試驗의 粒徑에 대해 다음과 같은 關係가 있다.

$$q_c/t_{12}=1.09(D_{50})^{0.29}$$

4. 螺旋探查試驗은 다짐도의 測定도 可能하며 類似한 粒徑分布의 다짐흙들의 경우, 現場密度와 토크사이의 一般의 關係를 찾을 수 있다.

5. 螺旋探查試驗의 逆回轉比는 흙의 粒徑이 增加함에 따라 減少하는 傾向을 보이며 本 研究에서 提示한 다음과 같은 式은 試驗探查(Pilot Exploration)에 適用할 수 있으리라 思料된다.

$$R(\%)=35 \times D_{50}^{-0.08}$$

## 謝 辭

本 研究는 韓國建設技術研究院과 美商務省 標準局間

의 國際技術協力の 一環으로 1985. 12부터 1986. 12까지 遂行되었는바 本 研究를 마치기까지 協助와 配慮를 아끼지 않은 兩機關에 深甚한 謝意를 표한다.

## 參 考 文 獻

1. Yokel, F.Y. and Mayne, P.W.. "Helical Probe Tests for Shallow Soil Exploration", NBSIR 86-3351, U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, Gaithersburg, MD, 1986.
2. Yokel, F.Y., "Energy Transfer in Standard Penetration Test" J. Geotech. Eng. Div., ASCE, Vol.108, No. GT 9, Sept. 1982, pp 1197~1202.
3. Robertson, P.K., Campanella, R.G., and Weigh-tman, A., "SPT-CPT Correlations, J. Geotech Eng. Div. ASCE, Vol.109, No.11, Nov., 1983, pp. 1449~1459.
4. Muromachi, T., "Cone Penetration Testing in Japan, Cone Penetration Testing and Experience", ASCE, Oct. 1981.
5. ASTM Designation D1556-82, "Standard Test Method for Density of Soils in Place by the Sand Cone Method", ASTM, Vol. 4. 08, Philadelphia, PA, 1985.
6. ASTM Designation D 2922-81, "Density of Soil and Soil Aggregate in Place by Nuclear Methods", ASTM, Vol. 4. 08, Philadelphia, PA, 1985.
7. ASTM Designation D 698-78, "Moisture-Density Relations of Soils and Soil-Aggregate Mixtures Using 5.5-lb(2.49 kg) Rammer and 12-in(305 mm) Drop", ASTM, Vol. 4. 08, Philadelphia, PA, 1985.
8. Chung, Koo-Young and Yokel, F.Y., "Study of Reverse Torque Ratio in the Helical Probe Test", NBSIR 86-3423, U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, Gaithersburg, MD, 1986.

(집수일자 1987. 10. 12)