

國際基準 動的貫入試驗法 紹介

金 賢 泰

(農漁村振興公社 農漁村研究院 責任研究員)

1. 範 圍

動的콘貫入試驗은 標準貫入試驗(SPT)과 달리 試驗結果를 連續的으로 나타내기 위하여 利用된다. 이 試驗의 目的은 地中에 콘을 打入하는데 必要한 타격에너지를 測定하여 흙의 機械的 性質에 대한 抵抗係數를 구하는 것이며, 獎勵되는 試驗方法은 다음과 같이 4種이 있다.

가. 輕動的貫入試驗(DPL)

이 試驗은 널리 使用되고 있는 動的貫入試驗機의 最低 質量範圍를 나타내는 것으로서 信憑性 있는 結果를 구할 수 있는 調査深度는 約 8m 以下이다.

나. 中間動的貫入試驗(DPM)

이 試驗은 中間程度의 質量範圍를 나타내는 것으로서 調査深度는 一般的으로 20~25m 以下이다.

다. 重動的貫入試驗(DPH)

이 試驗은 中間程度에서 매우 무거운 質量範圍를 나타내는 것으로서 調査深度는 25m 以下이다.

라. 超重動的貫入試驗(DPSH)

이 試驗은 動的貫入試驗의 最高質量範圍를 나타내는 것으로서 標準貫入試驗規格과 매우 類似하며, 調査深度는 25m 以上이다.

2. 定 義

가. 一般原理 및 用語說明

콘打入은 質量 M인 추를 落下高 H의 낙하로 連結로드(Rod)에 堅固히 附着된 모루(Anvil)를 打擊하여 실시한다. 貫入抵抗은 規程된 深度에 콘을 打入시키는데 必要한 打擊回數로 나타내며, 打擊에너지($m \times g \times H$)는 추의 質量(m)에 重力加速度(g)와 落下高(H)를 곱한 것이다.

여러種類的의 動的貫入試驗機에 의한 試驗結果는 抵抗值 qd 또는 rd(9節 註解 參照)로 나타낸다. 動的貫入試驗은 主로 非粘性土일때 使用되며, 粘性土 또는 深層土에서 구한 試驗結果는 解析時 連結로드의 周面摩擦이 顯著할 경우는 注意를 해야 한다(7節 參照).

이 試驗은 先端支持말뚝의 경우 軟弱層을 調査하고 非粘性土와 같은 支持層의 位置決定에 使用되며(DPH, DPSH), 主로 보링과 關聯시켜서 흙의 種類, 조약돌, 호박돌含量 등을 比較的 適切하게 檢討할 수 있다.

DPL의 結果는 흙의 트래피커빌리티(Trafficability) 및 作業性檢討에 使用된다. 動的貫入試驗結果는 適切한 檢定을 하면 다음과 같은 工學的性質을 把握하는데 利用할 수 있다.

- 1) 相對密度, 2) 壓縮性, 3) 剪斷強度,
- 4) 컨시스턴시

暫定的으로 支持力을 包含한 試驗結果의 定量的인 解析은 非粘性土에 局限되며, 試驗結果에 影響을 주는 非粘性土의 種類(粒度分布 등)

를 考慮해야 한다.

나. 分 類

4種(DPL, PDM, DPH, DPSH)의 動的貫入試驗은 地形, 地質條件 및 調查目的에 따라 適切히 選定해야 한다. 試驗裝備, 試驗方法, 測定 및 記錄에 대해서는 다음 節에 明示하였으며, 技術的인 資料는 表-1에 要約하였다. 別途의 試驗裝備는 特殊한 目的 및 콘치수가 다를때 必要하다.

3. 裝 備

가. 打擊裝置

打擊裝置는 추, 모루 및 誘導로드로 構成되며, 그 치수 및 重量은 表-1과 같다. 추에는 軸方向으로 誘導로드의 지름보다 約3~4mm 큰 구멍이 있어야 한다.

圓筒形추의 지름에 대한 길이의 比는 1~2이며, 추는 自由롭게 落下되어야 하고 추의 加速 및 減速에 影響을 주는 어떠한 物體도 連結되어서는 不得이며, 추가 上部位置에서 落下할때의 速度는 無視할 수 있다(6節 參照).

표-1. 裝備의 技術資料

區 分	單位	試 驗 種 類			
		DPL	DPM	DPH	DPSH
해머의 質量	kg	10±0.1	30±0.3	50±0.5	63.5±0.5
落 下 高	m	0.5±0.01	0.5±0.01	0.5±0.01	0.75±0.02
모루, 誘導로드質量	kg	6	18	18	30
最大 리바운드量	%	50	50	50	50
해머의 길이 : 지름比		≥1≤2	≥1≤2	≥1≤2	≥1≤2
모루의 지름	mm	100 < d < 0.5D	100 < d < 0.5D	100 < d < 0.5D	100 < d < 0.5D
로드의 길이	m	1±0.1%	1~2±0.1%	1~2±0.1%	1~2±0.1%
로드의 最大質量	kg/m	3	6	6	8
로드의 最大偏差					
最初 5m의 로드	%	0.1	0.1	0.1	0.1
最初 5m의 上部 로드	%	0.2	0.2	0.2	0.2
로드의 최대偏心	mm	0.2	0.2	0.2	0.2
로드의 外徑	mm	22±0.2	32±0.3	32±0.3	32±0.3
로드의 內徑	mm	6±0.2	9±0.2	9±0.2	—
콘의 先端角		90	90	90	90
콘의 底面積	cm ²	10	10	15	20
콘의 지름(新)	mm	35.7±0.3	35.7±0.3	43.7±0.3	51±0.5
콘의 最小지름(磨耗)	mm	34	34	42	49
콘의 맨틀길이	mm	35.7±1	35.7±1	43.7±1	51±2
콘의 테이퍼角		11	11	11	11
콘의 錐길이	mm	17.9±0.1	17.9±0.1	21.9±0.1	25.3±0.4
콘錐의 最大磨耗길이	mm	3	3	4	5
打擊回數/cm貫入		10cm : N ₁₀	10cm : N ₁₀	10cm : N ₁₀	20cm : N ₂₀
標準打擊範圍		3~50	3~50	3~50	3~100

모루는 連結로드에 堅固히 固定되어야 하고 그 지름은 100mm 以上 또한 추지름의 1/2以下라야 하며, 모루의 軸, 誘導로드 및 連結로드는 直線으로서 m當 最大偏差는 5mm이어야 한다.

나. 連結로드

連結로드의 質量 및 치수는 表-1과 같다. 連結로드의 材料는 高磨耗抵抗性, 低熱에서 高剛性과 高疲勞強度의 高強度鋼鐵이어야 하고 永久變形의 矯正이 可能해야 한다.

連結로드는 直線으로써 堅固하고 重量을 줄이기 위하여 속이 빈 로드를 使用(7節 參照) 하면 좋으며, 로드와 이음부는 턱이 없어야 한다.

다. 콘

콘의 치수는 表-1과 같으며, 콘은 그림. 1과 같이 圓錐形部分(Tip), 圓筒形連結部 및 圓筒形連結부와 로드 사이에 콘지름과 같은 길이의 緩和區間으로 構成된다.

새로운 콘의 先端角은 90°이어야 하며, 콘의 最大許容磨耗길이는 表-1과 같다. 콘은 打擊時 느슨해지지 않도록 로드와 連結되어야 하고 콘은 固定콘 또는 分離可能한 콘이 使用된다.

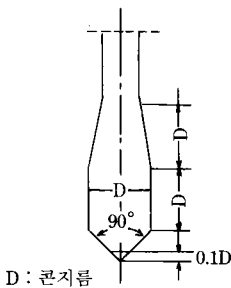


그림. 1. 콘과 로드斷面圖(치수는 表-1參照)

4. 試驗方法

가. 一般

試驗目的에 대한 基準은 事前에 明示되어야 하며, 所要深度는 現在與件 및 特殊試驗 目的에 따라 다르다.

나. 調査裝備

調査는 特別한 言及이 없는 한 鉛直으로 하며, 調査裝備는 堅固하게 支持하여야 한다. 콘 및 連結로드는 試驗初期에 直線이 維持되도록 誘導해야 하며, 事前 보링調査가 必要하다.

보링孔의 지름은 콘지름보다 약간 커야 하며, 試驗裝備는 連結로드가 地上에서 휘지 않는 位置에 있어야 한다.

다. 打擊貫入

貫入試驗機를 地中에 連續해서 打擊해야 하며, 打擊速度는 보링에 의하여 모래 또는 자갈層을 알고 있거나 打擊時 音響에 의하여 그層에 貫入되고 있다는 것이 確因된 경우를 除外하고는 15~30打擊/分을 維持해야 한다.

모래, 자갈의 경우는 打擊速度를 60打擊/分까지 增加할 수 있는데 經驗에 의하면 이러한 土質에서의 打擊速度는 試驗結果에 影響을 별로 주지 않는 것으로 알려졌기 때문이다.

試驗中의 모든 障碍와 本 試驗方法을 벗어난 事項은 柱狀圖에 記錄해야 하며, 貫入抵抗에 影響을 주는 모든 因子(例를 들면 로드 結合의 堅固性, 連結로드의 直線性)를 定期的으로 點檢해야 한다.

試驗孔의 直線性 및 鉛直性 維持와 周面摩擦을 減少시키기 위하여 試驗中에 로드를 m當 1.5 回轉을 시켜야 한다(7節 參照). 深度 10m를 超過하면 로드를 0.2m마다 回轉시켜야 하며, 深度가 깊으면 機械式 回轉裝置가 必要하다.

5. 測 定

打撃回數는 DPL, DPM 및 DPH(N_{10})에서는 0.1m마다, DPSH(N_{20})은 0.2m마다 記錄을 해야 하며, 로드에는 規程된 貫入深度(0.1 또는 0.2 m)를 表示하여 打撃을 쉽게 測定할 수 있게 해야 한다.

試驗結果를 定量的으로 分析한 바에 의하면 標準打撃範圍는 DPL, DPM 및 DPH에서는 10 cm當 打撃數 $N_{10}=3\sim 50$ 이고 DPSH는 $N_{20}=5\sim 100$ 이다. 리바운드(Rebound)量은 打撃當 貫入量의 50% 以下이어야 한다.

例外的인 경우(이 範圍를 벗어난)로 軟弱粘土와 같이 貫入抵抗이 작을 경우는 打撃當 貫入深度를 記錄해야 하고 貫入抵抗이 큰 硬土는 一定 打撃回數에 대한 貫入量을 記錄해야 한다.

表面摩擦은 豫測하기 위하여 連結로드의 回轉에 所要되는 력을 測定하면 좋으며, 表面摩擦은 콘에 隣接한 슬립커플링(Slip Coupling) 方法으로 測定할 수 있다.

6. 豫防措置, 點檢 및 確因

自由落下하는 추가 規程된 落下高를 超過치 않고 所要의 貫入力를 確保하기 위하여 추를 천천히 올리고 또한 추에 顯著한 衝激을 주지 않도록 하기 위하여 引上裝置를 천천히 내려야 한다.

壓入로드(1m)兩端을 連結하는 直線에 대한 中央點의 처짐은 最下段 壓入로드 5個에 대해서는 1mm, 그 나머지는 2mm를 超過해서는 안된다.

콘의 磨耗가 理論的인 콘의 頂길이 및 지름의 10% 以上일때 콘을 交換해야 하고 試驗裝備의 最大偏差는 2%(水平:鉛直=1:50)이며, 曲率과 偏心은 測定할 로드에 直線로드를 서로 連結하고 平面表面에 直線로드를 接觸시켜 最大限으로 測定한다.

7. 特 徵

表面摩擦을 輕減시키기 위하여 콘에 隣接한 속이 빈 로드의 구멍을 통해서 콘附近에 泥水를 注入할 수 있으며, 그 구멍은 水平 또는 若干 上向으로 뚫어져 있어야 한다.

注入壓力은 흙과 로드사이에 있는 輪狀의 空間에 泥水를 채우는데 充分해야 하며, 代案으로서 케이싱을 使用할 수 있다. DPL의 속이 빈 外徑 22mm 連結로드 代身에 堅固한 外徑 20mm의 로드가 使用되고 있다.

8. 結果報告

다음의 資料를 報告해야 한다.

가. 調査位置(調査의 種類, 目的, 日字 및 孔番)

나. 調査番號, 調査位置 및 보링孔(標準보링時)位置, 地面과 聯關된 試驗裝備位置, 地下水 位標高 및 深度

다. 使用裝備, 貫入試驗, 콘, 로드, 케이싱 및 벤토나이트 등의 種類

라. 추의 質量, 落下高 및 規程된 貫入深度에 대한 所要打撃回數

마. 로드를 回轉시킨 標高 또는 深度

바. 試驗中 障礙要素 또는 로드의 損傷과 같은 正常試驗方法이 아닌 事項

사. 흙의 種類, 連結로드로 부터의 音響, 岩盤의 徵候 및 攪亂 等과 같은 調査者에 의한 觀察事項

現場調査 柱狀圖의 例는 그림. 2와 같다. 調査結果는 그림. 3의 例와 같이 水平軸에 打撃回數, 鉛直軸에 深度를 나타낸 圖表를 제출해야 한다. 만약 打撃當 貫入量 또는 規程 打撃回數當 貫入量과 같이 測定된 값은 이를 圖表에 圖示化 또는 數值化하기 前에 N_{10} , N_{20} 또는 rd, qd로 換算해야 한다.

代案으로 規程된 貫入深度當 打撃回數를 抵

抗值, rd 또는 qd로 換算하면 有利하다. 만약 試驗이 RTP에 의하여 隨行되었으면 글자 R을 그림. 3과 같이 貫入試驗機의 略字로 柱狀圖 및 圖表 等에 表示해야 한다.

RTP와 다른 事項은 試驗結果를 包含한 柱狀圖 및 圖表에 모두 明示해야 한다.

地區名:		試驗日字:		
位置:		試驗者:		
孔番:		試驗者:		
地盤高: (m)		地下水位 (m)	基準標高: (m)	
試驗目的:		試驗種類:		
基準標高	予質量	落下高	打擊回數	備考:
下の深度				障礙要因, 回轉, 音響,
(m)	(kg)	(m)	(0.2m當)	終了時 反動, 로드形

그림. 2. 動的貫入試驗 柱狀圖의 例

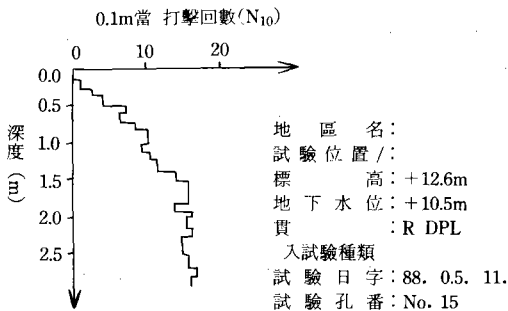


그림. 3. 動的貫入試驗 結果(DPL)의 例

9. 抵抗值

抵抗值 rd와 qd는 다음 式으로 구한다.

$$rd = \frac{m \cdot g \cdot H}{A e}$$

$$qd = \frac{m}{m+m'} \times \frac{m \cdot g \cdot H}{A e} = \frac{m}{m+m'} \times rd$$

여기서, rd, qd: 抵抗值(Pa, kPa 또는 MPa)

m: 錘의 質量

m': 連結로드, 모루 및 유도로드의 全質量

H: 落下高

e: 打擊當 平均貫入量

A: 錐의 底面積

g: 重力加速度

rd와 qd抵抗은 機械의 裝備를 支持하는 強度範圍와는 無關하며, 특히 高抵抗일때 rd와 qd의 圖表는 注意해서 分析해야 한다.