

國際基準 콘貫入試驗法の 紹介

柳 基 松

(農業振興公社 農業土木試驗研究所 首席研究員)

I. 序 論

1957年 英國 런던에서 開催된 第4回國際土質工學會에서 國際的인 各種 貫入試驗法の 標準化가 舉論된 以後 1981년에 유럽用 標準案이 만들어졌으나 貫入試驗裝備와 試驗方法에 대한 全世界的인 合議案이 完成되지 않았다.

그 後 國際土質工學會와 스웨덴土質工學會 및 스웨덴土質協會間의 協定에 따라 스웨덴의 土質工學會 및 協會에서 標準化한 4種의 貫入試驗法 즉, 靜的 콘(Cone)貫入試驗法, 標準貫入試驗法, 動的貫入試驗法 및 스웨덴式貫入試驗法에 관한 最終報告書가 完成되었는데 本稿는 이 報告書 內容中에서 콘貫入試驗法만을 拔萃하여 紹介한 것이다.

本 報告書에서는 試驗法을 알기 쉽게 範圍, 定義, 裝備, 試驗方法, 測定精密度, 主意點, 點檢 및 確因, 눈금檢定, 特記事項, 結果報告, 基準試驗의 偏差 및 註解로 區分하여 記述하였으며, “標準(standard)”이란 말은 各國에 強制的인 感이 있기 때문에 레퍼런스(Reference)란 말을 使用하였는데 本稿에서는 이 말을 “基準”으로 翻譯하였다.

II. 國際基準 콘貫入試驗法

1. 範圍(Scope)

콘貫入試驗(Cone Penetration Test : CPT)은 先端에 콘이 附着된 一連의 실린더形로드(Rod)를 아주 低速으로 土中에 押入하면서 連續 또는 選定된 間隔으로 콘의 貫入抵抗을 測定하거나 必要時 總貫入抵抗 및/또는 푸릭션슬

리브(Friction Sleeve)의 局部周面摩擦抵抗을 測定하는 것을 말한다. 또한 貫入試驗機의 팁(Tip)과 흙의 接觸面에 存在하는 間隙水壓은 콘에 있는 壓力探觸子로 貫入時에 測定할 수 있으며, 이 間隙水壓에는 콘과 外管을 土中에 押入時 上昇되는 콘周圍 飽和土의 壓縮膨脹에 의한 間隙水壓의 增減도 包含된다.

콘貫入試驗은 다음 資料를 구하기 위하여 施行한다.

- 1) 地層圖와 그의 同質性
- 2) 堅固한 層의 深度, 空洞, 間隙 및 其他 不連續性의 位置
- 3) 흙의 確因
- 4) 흙의 力學的特性
- 5) 말뚝의 貫入性과 支持力

2. 定 義

2.1. CTP(Cone Penetration Test)

CTP는 콘貫入試驗을 말하며, 靜的貫入試驗, 準靜的貫入試驗 및 더치사운딩(Dutch Sounding)試驗으로 多樣하게 불렸던 것이 여기에 包含된다.

2.2. 貫入試驗機(Penetrometer)

貫入試驗機는 先端에 貫入試驗機팁(Tip)이라 불리는 先端體를 가진 連續된 실린더形 로드(Cylindrical Rod) 및 貫入時의 콘抵抗과 局部周面摩擦抵抗, 總抵抗 및 콘周面에 存在하는 間隙水壓의 特性中 한가지 以上을 測定할 수 있는 機構로 構成된다.

2.3. 貫入試驗機팁(Penetrometer Tip)

貫入試驗機팁은 連續된 外管의 末端에 있는 길이 1,000mm의 先端體로서 貫入時 콘抵抗, 局

部周面摩擦抵抗 및 콘과 흙사이에 存在하는 間隙水壓을 感知할 수 있는 要素로 構成된다.

2.3.1. 샤프트(Shaft)

샤프트는 콘 및/또는 푸릭션슬리브上部 貫入試驗機팁의 실린더部分을 말한다.

2.4. 콘(Cone)

콘은 貫入試驗機팁의 圓錐體로서 여기서 先端支持가 啓發되며, 다음과 같이 分類된다.

2.4.1. 콘의 滑動程度에 의한 分類

○固定式콘貫入試驗機팁(Fixed Cone Penetrometer Tip)

여기서 콘은 팁의 他要素와 關聯되어 微動된다.

○滑動式 콘貫入試驗機팁(Free Cone Penetrometer Tip)

여기서 콘은 팁의 他要素에 비하여 自由롭게 움직일 수 있다.

2.4.2. 콘의 形態에 의한 分類

○簡易콘(Simple Cone)

이 콘은 콘直徑보다 길이가 짧은 圓錐上部에 시린더形 延長部가 있는 콘을 말한다.

○맨틀콘(Mantle Cone)

이 콘은 콘直徑보다 가는 直徑의 실린더形 슬리브가 콘에 固定, 延長된 콘으로 슬리브의 길이는 콘 直徑의 3배이며, 이 슬리브를 맨틀이라 부른다.

2.4.3. 피조콘(Piezo-Cone)

피조콘은 콘의 圓錐部分 또는 실린더의 延長部에 필터가 挿入된 콘으로 貫入時 探觸子를 통하여 土中の 間隙水壓을 測定할 수 있다.

2.5. 푸릭션슬리브(Friction Sleeve)

푸릭션슬리브는 測定되는 局部周面摩擦抵抗을 啓發하는 貫入試驗機팁의 한 部分을 말한다.

2.6. 測定시스템(System of Measurement)

測定시스템엔 測定裝置와 팁으로부터 情報가 알려지거나 記錄될 수 있는 곳까지 情報를 送出하는 手段이 包含되며, 다음과 같이 區分할 수 있다.

2.6.1. 電氣式貫入試驗機(Electric Penetrometer)

이 試驗機는 팁에 內藏된 스트레인게이지(Strain Gauge), 바이브레이팅 와이어 등의 電氣裝置를 使用하는 것이다.

2.6.2. 機械式貫入試驗機(Mechanic Penetrometer)

이 試驗機는 貫入試驗機팁을 作動하기 위하여 內管을 使用하는 것이다.

2.6.3. 流體式貫入試驗機(Hydraulic and Pneumatic Penetrometer)

이 試驗機는 팁에 內藏된 水理式 또는 空氣式 裝置를 使用하는 것이다.

2.7. 外管(Push Rod)

外管은 貫入試驗機팁의 押入에 使用되는 1m 길이의 두꺼운 튜브 또는 堅固한 棒을 말한다.

2.8. 內管(Inner Rod)

內管은 機械式貫入試驗機팁을 延長하기 위하여 外管內에서 滑動하는 堅固한 棒을 말한다.

2.9. 押入裝置(Thrust Machine)

押入裝置는 貫入試驗機를 土中에 押入시키는 裝置로서 必要한 反力은 死荷重 및 또는 앵커에 의하여 얻어진다.

2.10. 摩擦減少裝置(Friction Reducer)

이 裝置는 貫入試驗機上部에 있는 外管의 總摩擦力을 減少하기 위하여 마련한 外管外表面에 있는 局部的인 짧은 突出物을 말한다.

2.11. 連續 및 不連續試驗(註解-1 參照)

2.11.1. 連續貫入試驗(Continuous Penetration Test)

콘抵抗을 測定하는 貫入試驗으로 貫入試驗機 모든 要素의 貫入速度는 같다.

2.11.2. 不連續貫入試驗(Discontinuous Penetration Test)

콘抵抗을 測定하는 貫入試驗으로 試驗時 貫入試驗機팁의 他要素는 靜止되어 있다. 푸릭션슬리브가 있는 경우 콘抵抗과 局部周面摩擦抵抗의 合力은 콘과 푸릭션슬리브가 함께 押入될 때 測定되며, 이때 貫入試驗機팁의 他要素는 靜止되어 있다.

2.12. 콘支持力 q_c (Cone Resistance)

콘支持力 q_c 는 콘에 作用하는 極限荷重 Q_c 를

콘의 底面積 A_c 로 나누어 구한다.

$$q_c = Q_c / A_c$$

여기서 콘支持力 q_c 의 單位는 MPa 또는 kPa로 標示된다.

2.13. 局部單位周面摩擦力 f_s (Local Unit Side Friction Resistance)

局部單位周面摩擦力 f_s 는 슬리브에 作用하는 極限摩擦力 Q_s 를 슬리브 表面積 A_s 로 나누어 구한다.

$$f_s = Q_s / A_s$$

여기서 局部單位周面摩擦力 f_s 의 單位는 Pa, kPa, MPa로 表示한다.

2.14. 總押入力 Q_t (Total Force)

總押入力 Q_t 는 콘과 外管을 함께 土中에 押入하는데 必要한 힘을 말하며, 그 單位는 kN는 標示한다.

2.15. 總周面摩擦力 Q_{st} (Total Side Friction Resistance)

總周面摩擦力 Q_{st} 는 一般的으로 總押入力 Q_t 에서 콘에 作用하는 極限荷重 Q_c 를 除하여 구한다.

$$Q_{st} = Q_t - Q_c$$

여기서 總周面摩擦力 Q_{st} 는 Q_t , Q_c 와 같이 kN으로 標示하며, 어떤 貫入試驗機는 Q_{st} 를 直接 測定할 수 있는 것도 있다.

2.16. 摩擦率 R_f 와 摩擦指數 I_f (註解-2 參照)

2.16.1. 摩擦率 R_f (Friction Ratio)

摩擦率 R_f 는 同一深度에서 測定한 콘抵抗 q_c 에 대한 局部單位周面摩擦抵抗 f_s 의 比率로서 %로 標示한다.

2.16.2. 摩擦指數 I_f (Friction Index)

摩擦指數 I_f 는 同一深度에서 測定한 局部單位周面摩擦抵抗 f_s 에 대한 콘抵抗의 比를 말한다.

3. 基準貫入試驗機와 裝備(Reference Test Penetrometer and Equipment)

3.1. 貫入試驗機팁이 一般構造

基準貫入試驗에서 貫入試驗機의 팁은 푸릭션 슬리브 및 間隙水壓計가 있거나 없는 것이 使用된다. 萬若 貫入試驗機팁의 콘과 他要素 사이에 遊隔(Gap)이 있으면 이는 探觸裝置의 作動에 必要한 最小이 遊隔이어야 하며, 또한 土粒子等の 進入을 防止할 수 있도록 設計 製作되어야 한다(註解-3 參照).

이것은 또한 푸릭션슬리브 兩端에 있는 遊隔에도 適用되며, 貫入試驗機팁의 他要素에도 適用된다. 콘, (萬若 있다면) 푸릭션슬리브 및 貫入試驗機 本體의 軸은 一致되어야 한다.

貫入試驗機팁의 샤프트直徑은 基準콘의 公稱直徑 35.7mm보다 0.3mm以上 크거나 0.9mm以上 작아서는 안된다. 또한 푸릭션슬리브가 있는 貫入試驗機팁의 경우 그 팁의 어느 部分도 슬리브의 直徑以上 突出되면 안된다.

基準貫入試驗機는 그림. 1과 같다.

3.2. 콘(Cone)

콘은 圓錐部分과 실린더의 延長部(그림. 2 參照)로 構成되어 있다. 콘의 先端角은 60°가 되어야 하며, 基準콘 圓錐部 바로 위에 있는 실린더部分의 길이는 10mm를 超過하면 안되며, 피조콘의 경우는 실린더 延長부에 필터가 있어야 한다(그림. 3 參照).

콘의 底面積 A_c 는 1,000mm²이어야 하며, 이때 콘 直徑은 35.7mm가 된다. 여기서 콘直徑은 실린더延長部の 直徑을 말한다. 콘의 縱方向 表面粗度は 흙의 摩擦에 의하여 發生되는 粗度和 같게 하기 위하여 1μm를 超過하면 안된다.

치수에 관한 公差는 다음과 같다(註解-4 參照).

(1) 콘底面積 A_c

$$A_c = 1,000\text{mm}^2 - 5\%, + 2\% (34.8\text{mm} < d_c < 36.0\text{mm})$$

여기서 d_c 는 콘直徑을 말한다.

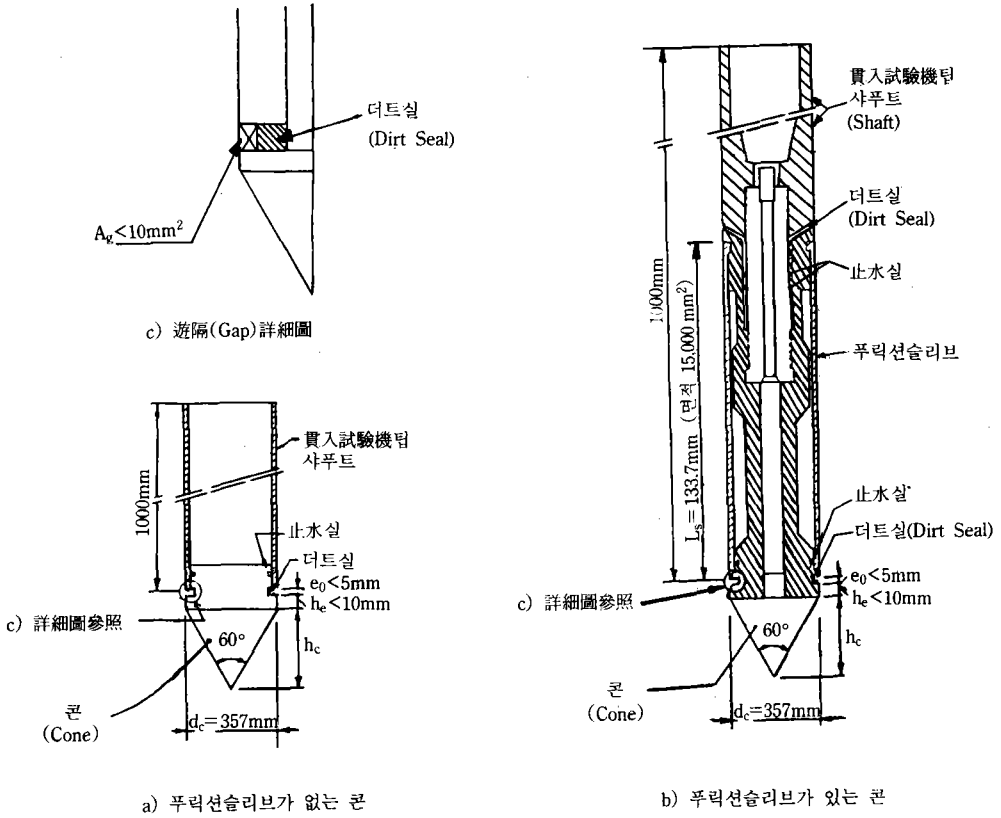


그림. 1. 基準貫入試驗機 固定式콘의 例.

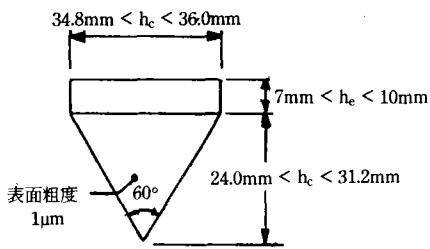


그림. 2. 基準콘치수의 公差.

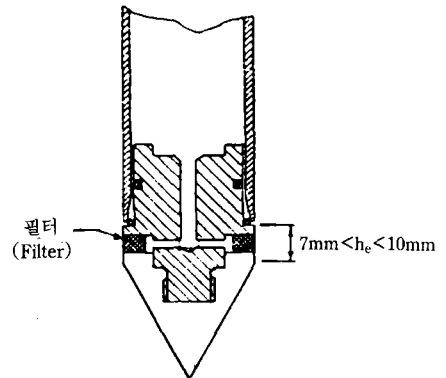


그림. 3. 실린더 延長部에 필터가 있는 피조콘.

摩耗된 錐의 錐直徑은 실린더延長部 上斷面을 測定해야 한다.

(2) 콘의 圓錐部 높이 h_c

24.0mm < h_c < 31.2mm

(3) 실린더延長部의 높이 h_c

7mm < h_c < 10mm

눈에 띄게 非對稱으로 磨耗된 콘은 버려야 한다.

3.3. 콘(圓錐部) 上部的 遊隔(Gap)과 실(Seal)

貫入試驗機의 콘과 他要素사이의 遊隔(e_0)은 5mm以上 되어서는 안된다(그림. 1 參照). 遊隔의 外部境界部分은 土粒子에 의한 막힘으로 인하여 測定에 影響을 주지 않는 形狀이어야 한다.

遊隔에 있는 실은 貫入試驗機 棼안으로 土粒子가 들어가는 것을 防止토록 設計, 製作되어야 하며, 이것은 棼內的 探觸裝置보다 몇배의 變形性이 있어야 한다. 遊隔에서 실이 차지한 面積을 除外한 遊隔斷面積 A_s 는 10mm²보다 작아야 한다(그림. 1 參照).

3.4. 探觸裝置(Sensing Devices)

콘抵抗과 摩擦抵抗을 測定하기 위한 探觸裝置는 이들 兩抵抗의 偏심이 測定에 影響을 주지 않도록 設計되어야 하며 局部摩擦抵抗測定을 위한 探觸裝置는 푸릭션슬리브에 作用하는 剪斷應力(垂直應力이 아닌)만이 記錄되도록 作動되어야 한다.

3.5. 푸릭션슬리브(Friction Sleeve)

푸릭션슬리브의 直徑은 콘底面의 實際直徑보다 작아서는 안되며 이것의 表面積은 15,000mm²이 되어야 한다.

치수의 公差

(1) 푸릭션슬리브 直徑 d_s

$$d_c < d_s < d_c + 0.35\text{mm}$$

여기서 d_c 는 콘底部의 實直徑이다.

(2) 푸릭션슬리브 表面積 A_s

$$A_s = 15,000\text{mm}^2 \pm 2\% (14700\text{mm}^2 < A_s < 15300\text{mm}^2)$$

(3) 푸릭션슬리브는 縱軸方向의 表面粗度 r

$$0.25\mu\text{m} < r < 0.75\mu\text{m}$$

(註解-5 參照)

푸릭션슬리브는 콘直上部에 있어야 하며(그림. 1(b) 參照) 푸릭션슬리브와 貫入試驗機棼 他要素사이의 遊隔과 실은 3.3節의 必要條件에 適合해야 한다.

3.6. 外 管

外管은 서로 支持하고 連續的인 直線軸의 剛

健한 連續이음을 만들기 위해 나사 등으로 連結되어야 한다. 1個外管(1m)의 中央點에 대한 屈曲(外管兩端部를 通過하는 直線에 대한)은 下部 5個의 外管에 대하여 0.5mm를 超過하면 안되며, 나머지 外管에 대해서는 1mm를 超過하면 안된다.

連結된 外管 어느 것이나 이음部에서의 屈曲(外管 中央點를 通過하는 直線에 대한)도 또한 이들 限界를 超過하면 안된다.

3.7. 測定裝置(Measuring Equipment)

콘 및 (만약 있다면)푸릭션슬리브의 抵抗과 피조콘의 경우 間隙水壓은 適合한 裝置에 의하여 測定되고 그 시그널(signals)은 資料記錄시스템으로 移送되어야 하며, 테이프에 記錄된 資料는 試驗中에 찾아 볼 수 있어야 한다.

3.8. 押入裝置(Trust Machine)

押入裝置의 押入行程은 1m以上이어야 하며, 一定한 貫入速度로 로드를 土中에 押入할 수 있어야 한다. 또한 이 裝置는 앵커 또는 荷重에 의하여 固定시켜 로드 押入中에 地表面에 關係없이 움직이지 않도록 해야 한다.

3.9. 摩擦減少裝置

摩擦減少裝置는 콘底部에서 最小限 1,000mm 上部에 位置해야 한다.

4. 試驗方法(Testing Procedure)

4.1. 連續試驗(Continuous Test)

이 試驗은 連續貫入試驗으로써 貫入試驗機棼 모든 要素의 貫入速度가 같을때 測定이 이루어져야 한다.

4.2. 鉛直性

押入裝置는 될 수 있는 한 로드를 鉛直方向으로 押入할 수 있도록 設置해야 한다. 鉛直에 대한 押入方向의 偏差는 2%를 超過하면 안되며, 外管의 軸은 押入方向과 一致해야 한다.

4.3. 貫入速度(Rate of Penetration)

貫入速度는 20mm/s이어야 하며, 그 公差는 $\pm 5\text{mm/s}$ 이다. 피조콘의 경우 이 公差는 더 작아야 한다. 測定을 等間隔으로 하더라도 로드押入時 押入行程동안의 貫入速度는 이 公差範圍

의 一定速度로 維持되어야 한다.

4.4. 測定間隔(Interval of Readings)

測定은 連續인 測定이 좋으며, 어느 경우에 도 測定間隔이 0.2m以上이면 안된다.

4.5. 深度測定(Measurement of the Depth)

深度測定은 最大한 0.1m의 正確性을 가지고 測定하여야 한다.

5. 測定精密度(Precision of the Measurements)

發生可能한 모든 誤差(摩擦, 測定裝置의 誤差, 슬리브에 대한 콘 上部荷重의 偏差, 溫度影響等)를 計上해도 測定誤差는 다음보다 커서는 안된다.

○測定值의 5%

○測定層下部에서 測定한 最大抵抗值의 1%

精密度는 可能한 限 모든 影響을 考慮하여 試驗室 또는 現場에서 確認해야 한다.(註解-6 參照)

6. 主意點, 點檢 및 確因(Precautions, Checks and Verifications)

6.1. 外管의 直線性(Straightness of Push Rods)

外管과 그 連結部 특히 下段에 連續된 5個外管의 直線性은 定期的으로 點檢해야 한다.(3.6 節 및 註解-7 參照).

6.2. 磨耗(Wear)

貫入試驗機팁의 콘, 푸릭션슬리브 및 샤프트의 磨耗에 대하여 定期點檢을 해야 한다.

6.3. 他試驗과의 距離(Distance to Other Tests)

CTP는 既存의 보링孔이나 다른 貫入試驗場所에 너무 가까워서 施行하면 안된다. 즉 CPT는 既存 보링孔으로부터 보링孔直徑의 25倍以內에서 施行하거나 既 施行한 CPT場所로부터 2m 以內에서 施行하면 안된다(註解-8 參照).

6.4. 실(Seals)

貫入試驗機의 他要素사이의 실은 그 狀態를

定期的으로 點檢해야 하며, 使用前에 실에 土粒子가 있는지 點檢하고 깨끗이 해야 한다.

6.5. 溫度補正(Temperature Compansation)

電氣式 貫入試驗機팁은 溫度補正을 해야 한다. 팁을 引拔한 후 觀察하여 變化가 5章에 定義한 精密度에 맞지 않으면 그 試驗은 基準試驗으로서 價値가 없다.

7. 눈금檢定(Calibration)

7.1. 壓力計(Manometers)

壓力計는 최소한 6個月에 한번씩 눈금을 檢定해야 한다. 모든 形態의 壓力計는 2個 單位의 눈금이 있어야 하며, 押入裝置에 適合해야 한다.

試驗에 使用한 壓力計는 定期的으로 豫備 壓力計와 對照하여 檢定해야 한다.

7.2. 로드셀/프루빙링(Load Cells/Proving Rings)

로드셀 또는 프루빙링은 最小限 3個月에 1회씩 눈금을 檢定해야 하며, 現場에서는 適切한 裝置로 檢定을 하면 좋다.

8. 特記事項(Special Features)

8.1. 外管가이드(Push Rod Guides)

地上에 突出된 外管 및 水中 外管部의 挫屈을 防止하기 위하여 가이드를 準備해야 한다.

8.2. 傾斜計(Inclinometers)

水中에서 外管의 偏差에 관한 精密한 情報를 把握하기 위하여 傾斜計를 貫入試驗機팁內에 內藏할 수도 있다. 이러한 情報의 必要性은 흙의 狀態에 의하여 決定되며, 調査深度에 比例하여 增加한다.

8.3. 小直徑部가 있는 外管(Push Rod with Smaller Diameters)

外管의 周面摩擦을 減少하기 위해서는 貫入試驗機팁의 直徑보다 가는 直徑의 外管을 使用할 수 있으며, 小直徑의 外管과 콘底部사이의 距離는 1,000mm以上 되어야 한다.

8.4. 피조콘

팁에는 콘의 圓錐部分 또는 실린더部分에 있

는 필터에連結된 間隙水壓 探觸裝置를 內藏시킬 수 있다(註解-9 參照). 피조콘의 필터와 모든 流體空間은 試驗前에 물이나 適切한 流體로 채워서 空氣를 完全히 除去해야 한다.

現場으로 運搬中 및 貫入試驗中에 특히 上層地盤이 非飽和일때 測定시스템의 필터와 다른 空間이 完全히 飽和條件을 維持하도록 主意해야 한다.

9. 結果報告

測定結果는 圖表에 深度의 函數로서 q_c 와 f_s , $R_f(I_f)$ 및/또는 Q_u 및/또는 Q_{st} , t 및 또는 u 의 變化를 그려서 報告해야 한다.

9.1. 報告事項

○試驗結果의 圖表상에;

1) 貫入試驗機와 試驗方法이 基準試驗法과 完全히 一致하면 모든 圖表는 R(基準試驗方法)字를 標示하고 測定方法을 나타내기 위해 다음 文字를 添加한다.

M: 機械式

E: 電氣式

H: 水理式

貫入試驗機탑에 있는 各種 測定裝置이 容量도 記錄해야 한다.

2) 試驗日자와 時間 및 會社名稱

3) CPT의 諸元 및 試驗場所

4) 摩擦減少裝置 또는 直徑이 적은 外管의 使用深度, 周面摩擦抵抗을 減少시키기 위하여 外管을 引拔하였다가 貫入시키므로써 더 貫入시킬 수 있었던 深度

5) 피조콘의 경우 基準CPT方法과 다른 모든 非正常的인 障礙要因

○圖面 또는 報告書에;

1) 試驗者가 觀察한 흙의 種類, 貫入時 外管으로 부터의 소리, 돌의 微候 및 攪亂等

2) 原地盤面 또는 다듬은 地盤面에 대한 盛土의 存在와 그 두께 또는 切土의 存在와 그 深度에 관한 資料 및 CPT始作標高에 관한 資料

3) 試驗位置의 地盤高

4) 피조콘 使用時 필터의 位置, 치수 및 材料名

5) 傾斜計使用時의 測定值

6) 試驗前, 後 모든 探觸裝置의 零點읽음치

7) 外管引拔後 實施한 모든 檢査, 外管과 貫入試驗機탑의 狀態

8) 貫入試驗機 撤收後 試驗孔內의 水位 또는 구멍이 崩壞된 深度

9) 試驗孔의 되메움 與否와 그 方法

9.2. 9.1節에 나타난 事項外에 다음과 같은 資料가 記錄되어야 한다.

1) 使用한 貫入試驗機탑의 諸元

2) 試驗責任者의 姓名

3) 計測機의 눈금檢定日字 및 參考番號

9.3. 鉛値와 水平軸에 관한 縮尺은 다음과 같이 使用하면 좋다.

○深度縮尺: 鉛値軸

1m를 1單位길이(任意로)로 한다.

○콘支持力 q_c : 水平軸

2MPa를 1單位길기로 한다.

○局部周面摩擦抵抗 f_s : 水平軸

50kPa을 1單位길기로 한다.

○總貫入力 Q_u : 水平軸

5kN을 1單位길기로 한다.

○總摩擦抵抗 Q_{st} : 水平軸

5kN을 1單位길기로 한다.

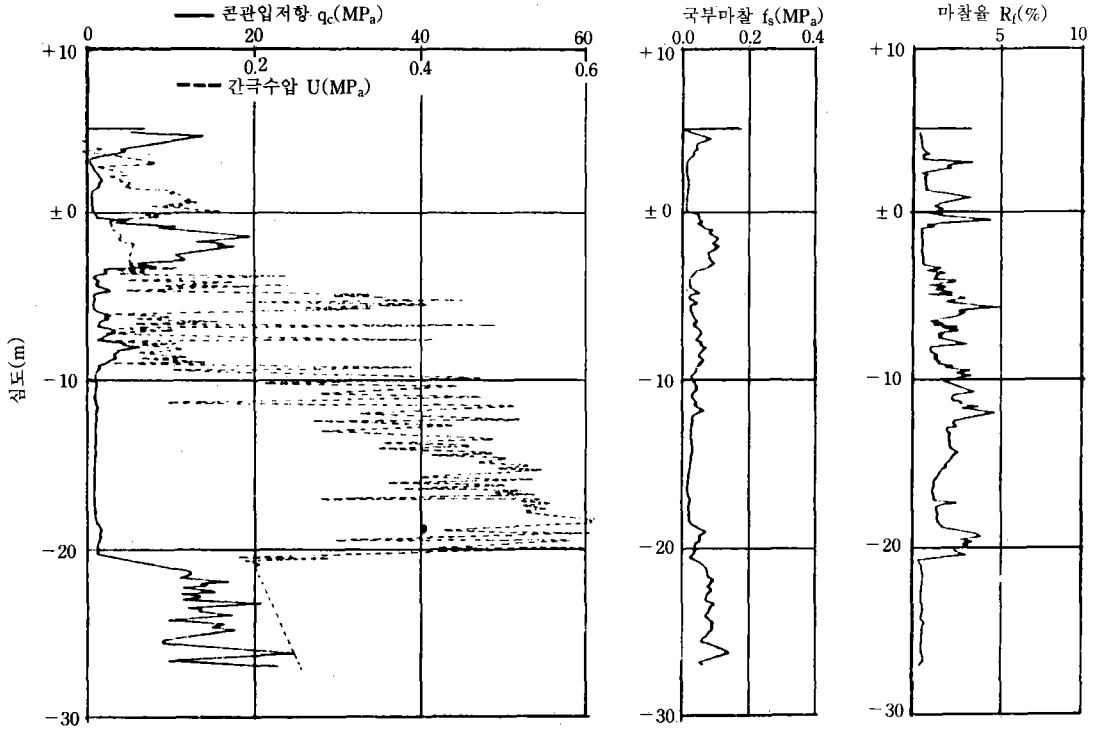
○間隙水壓 u : 水平軸

20kPa을 1單位길기로 한다.

縮尺比에 대한 수치만을 勸獎하였으므로 鉛値軸에 대한 單位길이는 標準用紙를 使用할 수 있도록 獨斷的으로 選擇해도 좋다(그림. 4 參照).

9.4. 調査計劃(Site Plan)

모든 調査의 施行에 있어 貫入試驗位置를 正確히 定할 수 있도록 明確한 基準點을 가지고 現場計劃을 세워야 한다. 또한 보링을 함께 실시할 경우는 보링과 CPT의 順序를 明確히 해야 한다.



피조콘번호 : 10/1-355

필터 치수 : 높이 3.0mm 두께 3.0mm

필터 위치 : 콘의 실린더 연장부

필터 재 : 소결스테인레스강

영점입음치 :

구분	시험전	시험후 MPa	용량 MPa	강도* MPa
콘	0	-0.010	100	500
프릭션슬리브	0	-0.0001	0.70	7
피조미터	0	+0.008	1	5

* 측정장치의 강도

조사기관 : 델프트지오테크닉스

비고 :

마찰감소장치 : 적용안함

비정상적장애요인 : 없음

관찰 : 특별한 사항없음

매립/절토 : 두께 4m 기매립

경사계 : 읽음치 없음

시험후 외관/관입시험기상태 : 양호

시험공의 수위 : 시험공의 지표부근이 붕괴됨

되메움 : 없음

조사일자 : 87년 2월 19일

시각 : 14~15시

그림. 4. 콘貫入試驗結果의 例.

10. 基準試驗의 偏差

10.1. 一般

基準試驗方法의 모든 偏差는 分明히 完全하게 試驗結果와 함께 圖表上에 記述해야 하며, 發生 가능한 各種 偏差는 다음과 같다.

○ 10.2 콘치수의 偏差

○ 10.3 콘 先端角의 偏差

○ 10.4 프릭션슬리브 치수의 偏差

○ 10.5 프릭션슬리브 位置의 偏差

○ 10.6 貫入試驗機팁의 形狀에 關聯된 偏差

○ 10.7 外管에 대한 콘의 相對的 作動可能性에 관한 偏差(滑動式콘의 경우)

10.2. 콘치수의 偏差

어떠한 경우에도 基準보다 直徑이 너무 적거나 큰 콘을 使用하면 基準試驗과 偏差가 생긴다. 基準試驗에 列擧한 모든 公差는 直徑에 正

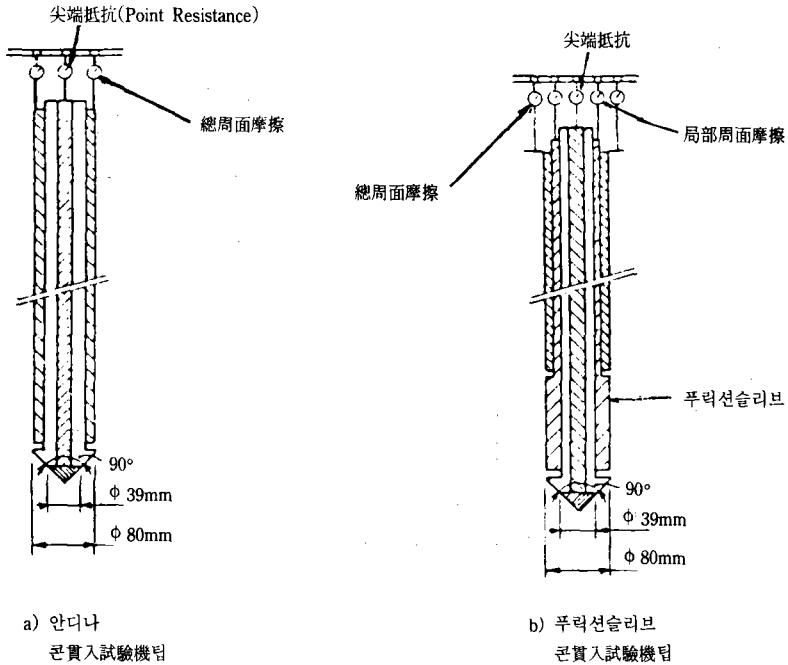


그림. 5. 콘貫入試驗機팁.

比例하여 適用해야 한다.

10.3. 콘先端角의 偏差

콘先端角이 60°보다 작거나 크면 偏差가 생긴다. 先端角과 지름에 偏差가 있는 콘을 使用하는 貫入試驗機의 例는 그림. 5 및 그림. 6과 같으며, 그림. 6에서 試驗은 連續的이어야 한다.

10.4. 푸릭선슬리브 寸수의 偏差

콘直徑이 35.7mm인 貫入試驗機 푸릭선슬리브의 길이가 基準팁과 偏差가 있을 경우 슬리브 周面積 A_s 는 35,000mm² 보다 커서는 안되며, 또한 10,000mm²보다 적어서는 안된다. 콘 直徑이 35.7mm와 다를 경우는 슬리브 周面積을 콘 斷面積에 比例하여 調整해야 한다.

10.5. 푸릭선슬리브位置의 偏差

콘底部와 푸릭선 슬리브 下段사이의 距離는 基準팁보다 더 클 수 있다. 팁과 푸릭선슬리브의 位置가 基準值와 偏差가 있는 貫入試驗機의 例는 그림. 7과 같다.

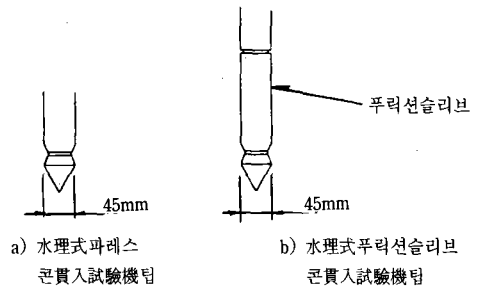


그림. 6. 水理式 콘貫入試驗機팁.

10.6. 貫入試驗機팁의 形狀에 關聯된 偏差
어떤 경우는 標準試驗과 形狀에 偏差가 있는 特殊한 電氣式 貫入試驗機팁이 使用되는데 그 例는 그림. 8과 같다.

10.7 外管에 대한 콘의 相對的 作動可能性에 關한 偏差(滑動式콘의 경우)

滑動式 콘貫入試驗機는 連續 및 不連續試驗이 可能하다(註解-10 參照).

不連續試驗에 있어서는 押入裝置의 下向速度

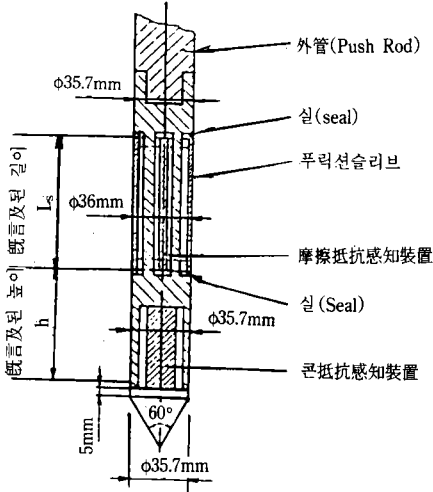


그림. 7. 電氣式 데게모푸릭션슬리브 콘貫入試驗機팀.

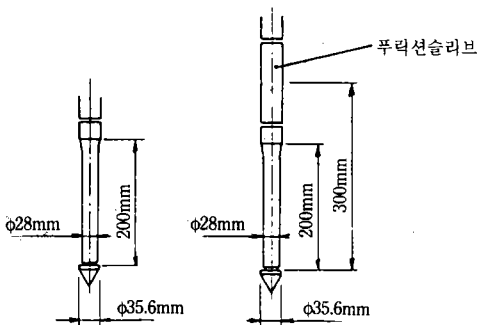
10.9. 機械的 貫入試驗機—主意點, 點檢 및 確因

10.9.1. 外 管

外管의 나사이음部 內面에는 突出된 部分이 없어야 한다(그림. 9 參照). 不連續試驗의 경우 콘 또는 푸릭션슬리브의 最小 作動距離는 콘直徑의 0.5倍가 되어야 하며(註解-11 參照), 各國에서 使用되고 있는 滑動式 貫入試驗機팀이 예는 그림. 10, 11, 12, 13 및 5와 같다(註解-12 參照).

10.9.2. 內 管

內管直徑은 外管內徑보다 0.5~1mm작아야 하며, 이 內管은 外管內에서 아주 쉽게 作動할 수 있어야 한다. 內管의 兩端은 그 軸과 正確하



a) 푸릭션슬리브가 없는 콘貫入試驗機팀 b) 푸릭션슬리브가 있는 콘貫入試驗機팀

그림. 8. 電氣式 델푸트콘貫入試驗機팀.

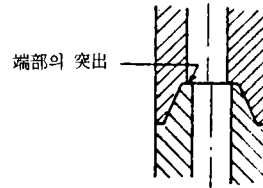


그림. 9. 나사이음부의 突出.

를 알더라도 흙이 陷沒된 地點에서의 콘貫入速度는 押入裝置와 다를 수 있으며, 外管의 連續的인 下向運動時는 一致한다.

10.8. 記號와 標示

基準試驗法에 따라서 施行한 試驗만이 R字로 表示된다(9.1節 參照). 偏差가 있을 경우는 圖表上에 그에 대한 明白한 記述外에 또한 M(機械式), E(電氣式) 또는 H(水理式)의 標示를 9.1節과 같이 測定시스템의 標示로서 添加해야 한다.

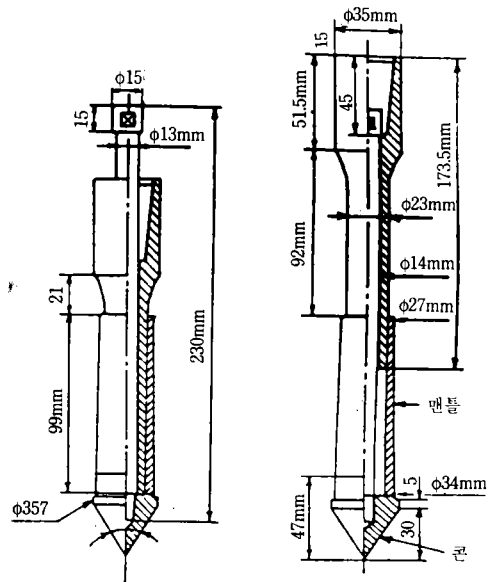


그림. 10. 和蘭式 맨틀콘貫入試驗機팀.

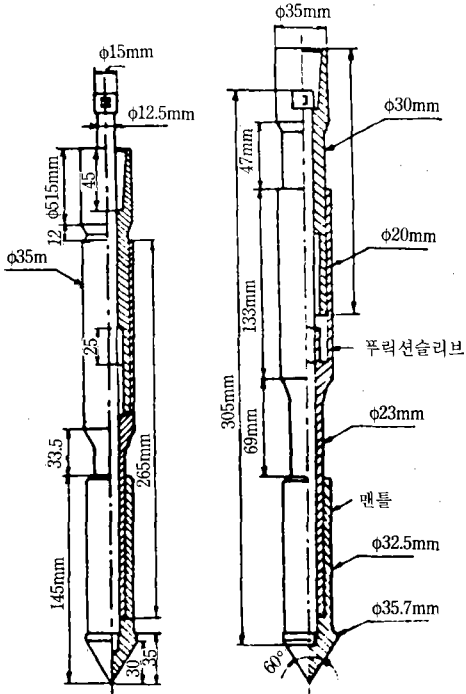


그림. 11. 和蘭式φ릭선슬리브 콘貫入試驗機팁.

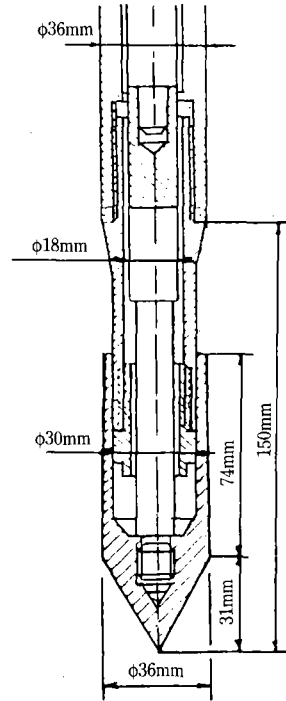


그림. 13. 美開拓局式맨틀콘貫入試驗機팁.

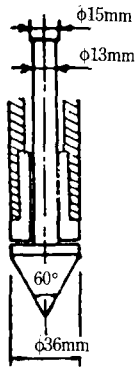


그림. 12. 簡易콘貫入試驗機팁.

계 90°를 이루고 表面은 매끈하게 加工되어야 한다.

內管과 外管사이에서 必然的으로 發生하는 摩擦을 減少시키고 內管을 自由롭게 作動할 수 있게 하기 위하여 內管은 나사 또는 어떤 方法으로도 結合해서는 안된다.

試驗前後에 內管이 外管内에서 잘 움직이고 또한 콘과 φ릭선슬리브가 貫入試驗機팁 自體에 대해서 쉽게 作動하는지 點檢해야 한다. 地盤이 軟弱하여 抵抗値가 매우 적을 때는 그 抵抗値의 精密度를 높이기 위하여 表面的으로 記錄된 押入資料를 콘抵抗의 경우 內管의 全重量을 加算하여 補正해야 하고 總抵抗의 경우는 外管과 內管의 重量을 加算하여 補正해야 한다.

10. 10. 測定의 精密度

試驗이 基準試驗과 偏差가 있으면 그 精密度는 2種으로 區分할 수 있다.

普通精密度 : 5章 參照

低精密度 : 測定된 誤差는 다음 값보다 커서는 안된다.

○測定值의 10%

○測定層中에서 測定된 最大値의 2%

이러한 모든 경우에 試驗精密度的 分類는 報告書와 試驗圖表에 標示되어야 한다.

10.11. 精的/動的貫入試驗機 및 先鑿孔 콘貫入試驗機

貫入試驗에는 靜的/動的貫入試驗機 및 鑿孔機가 裝着된 貫入試驗機의 使用이 增加되고 있다. 따라서 이러한 使用된 裝備를 報告書 및 試驗圖表에 明記해야 한다.

11. 註解와 解説(Explanatory Notes and Coments)

○註解-1: 定義(2.11)

貫入試驗에 나오는 用語 “連續” 및 “不連續”의 概念은 不正確하며, 各 用語는 “콘과 外管의 同時貫入” 및 “콘과 外管의 非同時貫入”이란 말이 더 明白한 表現이지만 이 用語는 既制定되어 繼續 使用되고 있다.

○註解-2: 定義(2.16)

摩擦率 R_f (콘抵抗 q_c 에 대한 局部周面摩擦抵抗 f_s 에 대한 比)는 1보다 큰 수치를 얻기 위하여 %로 標示한다. 過去에는 摩擦率이 주로 使用되었으나 1보다 큰 수치가 구해지는 摩擦指數 I_f (局部周面摩擦抵抗 f_s 에 대한 콘抵抗의 比)를 使用해도 좋다.

同一深度에서 測定한 콘抵抗 및 周面摩擦抵抗值로 摩擦 및/또는 摩擦指數를 計算할 경우는 主意를 해야 한다. 비록 이 事項이 2.16節의 定義에 明確히 言及되었지만 콘과 푸릭션슬리브間의 深度差 때문에 이 變數는 同時 測定值로 計算하면 안된다.

-註解-3: 貫入試驗機의 一般構造(3.1), 콘(3.2), 콘上部의 遊隔과 실(3.3) 및 푸릭션슬리브(3.5)

貫入試驗中 水壓은 콘先端面의 垂直方向으로 作用한다. 이 水壓이 不均一할 경우는 콘抵抗이 水壓에 따라 다르므로 測定된 콘抵抗值의 差가 생기는데 이는 푸릭션슬리브에 대해서도 같은 影響을 미친다.

이러한 影響을 計上하기 위하여 幾何學이 面積比에 의해 한층 더 明確히 될 수 있으며, 이 影響을 定量的으로 定義하기 위해서는 資料가 좀 더 必要하다.

-註解-4: 콘치수의 公差(3.2)

새로운 콘이 1회의 貫入試驗에서 規定限界以上으로 磨耗될 경우 試驗値는 버릴 必要가 없고 圖表에 그 磨耗度를 明記한다.

-註解-5: 푸릭션슬리브(3.5)

粗度는 物體의 實表面의 平均面에 대한 標準 偏差로서 定義되며, 이것은 마이크로미터(μm)로 標示된다.

-註解-6: 發生可能誤差(5, 10.10)

試驗完了後 計器가 零點으로 돌아 가지 않는 경우가 가끔 생긴다. 이러한 誤差가 發生 可能한 다른 誤差와 함께 생겨 5章 및 10.10節에 言及한 精密度限界를 超過하면 안된다.

-註解-7: 點檢(6.1)

外管은 最小限 15회 또는 20회의 貫入試驗機나 500m貫入試驗後에는 檢査를 해야 하며, 다음과 같이 로드가 휘기 쉬운 地盤條件에서는 貫入試驗後마다 點檢해야 한다.

- (1) 支持層의 深度가 깊은 軟弱土層
- (2) 浮遊體를 含有한 殘積土
- (3) 큰 자갈 및 轉石을 含有한 흙

-註解-8: 他試驗位置로 부터의 距離(6.3)

CPT와 보링을 서로 가까이서 施行할 경우는 可能하면 CPT를 먼저 施行하는 것이 좋다. 이것은 CPT에 의하여 나타난 土質條件에 따라서 試料採取位置를 選定할 수 있는 利點이 있기 때문이다.

깊은 CPT는 土質條件과 他變數에 따른 相對的인 概念으로서 深度 10m以上 貫入되는 試驗을 말한다.

-註解-9: 피조콘貫入試驗機(8.4)

피조콘에 隣接한 흙에 存在하는 間隙水壓은 피조콘에 의하여 貫入中에 連續的으로 測定된다. 測定된 間隙水壓은 貫入前의 間隙水壓과 콘貫入에 따른 흙의 壓縮 및 膨脹으로 基因되는 正 또는 負間隙水壓의 對數合計로 構成된다.

피조콘에 대한 經驗과 知識의 程度는 아직 限界가 있으므로 그 特性에 대한 事項을 記述하기엔 아직 이른 감이 있다. 그렇지만 國際土質工學會 小委員會에서는 出版物에서 適切한 統

一性を 얻고자 필터位置와 一部 다른 重要面에 대하여 몇몇의 一般的인 勸獎案을 내기로 하였다.

콘底 直上부의 필터位置選定은 大多數가 實際로 適用하고 있는 실린더 延長部 h_c (그림. 3 參照)로 하였다. 그렇지만 이것은 暫定的인 勸獎事項으로 그쳐야 할 것이다. 이 位置選定에 의하여 勸獎한 h_c 의 最大길이는 10mm로 增加되었다. 콘抵抗에 대한 이 變化의 影響은 大概적이며, 이 變化는 補正이 可能하다.

필터材는 耐磨耗性이 있고 그 構造는 土粒子에 의해 막히지 않아야 한다. 探觸子, 探觸子の 하우징(Housing), 필터 및 連結部를 包含한 間隙水壓測定裝置는 아주 堅固한 特性을 가져야 하는데, 이는 穴에서 探觸子까지의 間隙水壓傳達에 큰 影響을 미치고 또한 필터內로 작은 土粒子의 侵入을 防止하기 위해서 이다. 이에 관해서는 좀더 開發이 되어야만 한다.

-註解-10: 滑動式 콘貫入試驗機탑(10.7)

滑動式 콘貫入試驗機탑에 의한 連續試驗은

高度의 精密度를 요하는 경우는 안하는 것이 좋다. 이것은 外管에 關聯된 內管의 作動이 必然的인 內部摩擦에 의한 誤差의 幅이 增加되면서 여러 깊이에서의 感知를 變化시키기 때문이다. 더우기 內管이 外管에 關聯하여 自由롭게 作動하는 試驗에서는 最小 1m마다 試驗을 해야 한다.

-註解-11: 不連續試驗(10.7)

機械的 貫入試驗機탑의 경우는 콘과 푸릭션 슬리브를 外管에 대해서 圓滑히 作動시키기 위하여 內管의 彈性的인 短縮을 充分히 計算해야 한다. 그러므로 外觀上으로 外觀에 關聯하여 最小한 內管의 作動은 콘의 最小作動(10.9節 參照)에 內管短縮길이를 합한 값과 같아야 한다.

-註解-12: 簡易콘(10.2, 그림. 12)

簡易콘의 경우는 滑動매커니즘에 들어가서 抵抗測定에 影響을 주는 穴에 대하여 特別한 主意를 해야 한다. 貫入試驗機탑 引拔후 콘의 代(Stem)가 부쉬(Bush)와 關聯하여 完全히 自由롭게 作動하는지를 確因, 點檢을 해야 한다.