

安全觀測系統 SAFETY MONITORING SYSTEM

王春煌
C.H. Wang

原著載於台灣省土木技師公會
深開挖設計理論與施工實務研討會論文集
1991年8月, G1~G35頁

*Reprinted from Proceedings of
Symposium on From Theory to Engineering Practice
in Deep Excavation
August, 1991, pp.G1~G35
Taiwan, Civil Engineers Association*

Safety Monitoring System

Wang, C. H.

Abstract

This paper describes the necessity of monitoring system for maintaining the safety of deep excavation works. The items which shall be considered include the selection of monitoring parameters, anticipated performance during construction, the proper time and place for installation, the specifications for installation, calibration and maintenance of instruments, the monitoring frequency and the action limits. Different requirements for the planning, design and construction stages are discussed.

安全觀測系統

王春煌

一、前言

深開挖工程自規劃設計以至於施工，均需考慮開挖擋土支撐之施工過程中地盤與地下水對工程行為的反應，以及地盤反應行為對鄰近結構物與其他設施的影響程度。此等考量若不夠周全，輕則可能導致工程施工中須變更設計而延誤工期，重則可能導致工程發生災變，甚至危害公共安全。因此，擋土支撐等安全措施之設計與施工實為深開挖工程最重要的一環。然而，深開挖工程所處之環境狀況、地盤與地下水特性因地而異，且其變異性通常十分顯著，設計的假設條件不太可能完全符合現地狀況，乃使得工程設計不是太保守就是冒風險。基於這些因素，工程界早已引進安全觀測系統。本文係此次「深開挖設計理論與施工實務研討會」一系列的題目之一，除了再度強調安全觀測之重要性以外，亦期能藉此與工程界共同探討一些易被忽略的問題。

二、安全觀測系統的目的

對於深開挖工程而言，施工安全之保障應為觀測系統最重要最直接的目的是。實際上，更廣義的目的除了保障安全以外，尚有設計驗證與回餽及法律裁量之參考等目的，簡單說明如下：

(1) 設計條件之確認

由觀測所獲得之資料可用以確認設計假設條件之正確程度。由實測資料與假設條件之比較，可以瞭解該工程之設計是否過於保守而導致費用增加，或是過於冒險，且能適時提供有關工程變更補救處理所需之參數。

(2) 施工安全之掌握

於深開挖工程施工過程中，安全觀測系統可提供有關安全措施等行為之資訊，作為判斷施工是否安全之指標，具有預警之效果。且於必要時，可依觀測結果加強或修正安全措施之某些細節，亦可考慮調整施工方式，以掌握施工之安全。

(3) 長期行為之驗證

對於特別重要的工程完工後，可保留觀測系統並作長期性之觀測追蹤。例如：對於主體結構全部在地下之設施，可追蹤驗證地下水壓之變化，是否超過初始設計值。此外，長期觀測結果亦可做為鑑定結構物破壞原因之參考資料。

(4) 法律裁量之佐證

若深開挖工程發生災變，導致鄰近結構物或其他設施遭波及而損害，此時，由觀測系統所獲得之資料，可提供相當直接的技術性資料以供法律裁量之參考，免除不必要的糾紛，或能迅速解決紛爭，有利於工程善後工作之進行，使工期之延誤程度減至最低。

(5) 回餽設計

由實際的觀測結果，可經由整理歸納及回餽分析之過程，確實了解安全措施等結構與其周遭地盤互動關係之力學行為，進而修正設計理論與方法，提升工程技術。

三、觀測系統工作要領

深開挖工程自規劃、設計至施工各階段，均應確實建立一套施工安全控制之系統，整個安全控制之系統可包括：完備的設計圖說與施工規範、詳細的施工計劃（含觀測系統之安裝、觀測、分析研判、與安全管理值及其應變措施等等），以及施工過程之切實執行與審慎控制。以下介紹三個階段中有關觀測系統之工作要領：

3.1 觀測系統之規劃設計

觀測系統之規劃設計，實際上與深開挖工程擋土支撐系統之設計是密切連結成一體的。設計者應根據其擋土支撐系統之設計理念，並參酌施工方式、施工環境及可引用之觀測儀器性能，綜合考量，規劃及設計出適當的觀測系統。其規劃設計要領至少包括：(1)觀測參數選定，(2)各項參數在施工過程中可能行為之預測，(3)儀器設置地點、設置時機之決定，(4)儀器規格之決定，(5)儀器裝設施工規範之擬訂，(6)儀器測讀正確性之檢核方法與程序之制訂，(7)觀測頻率最低要求之決定，(8)觀測管理值之研擬，(9)提示施工單位應於施工前辦理之事宜。

茲依序將上述各項要領說明如下：

(1) 觀測參數之選定

觀測參數選定之基本考慮不外乎整個深開挖工程施工安全之掌握所需資料，一般可包括：

- (a) 地下水位與水壓
- (b) 土壓力及支撐系統荷重
- (c) 擋土結構之變形及應力變化
- (d) 開挖區地盤之穩定性
- (e) 開挖區外圍之地表沈陷
- (f) 鄰近結構物與地下管線等設施之位移、沈陷量與傾斜量

此外，對於重要之鄰近結構物安全鑑定所需之資料（例如：結構之裂縫寬度等）亦可列入觀測參數之一。

(2) 各項參數在施工過程之行為預測

設計單位可根據其設計原理與假設之施工條件，預測各項參數之最大可能值以決定各該項觀測儀器之量測範圍；預測施工各階段各項參數值之演變，以作為擬訂觀測管理值之參考。國內目前各設計單位所採用之設計原理雖大同小異，但設計假設條件及設計採用之公式或電腦程式則視情況可能有相當差別，故不同的設計單位所預測之參數值容有相當差異性。

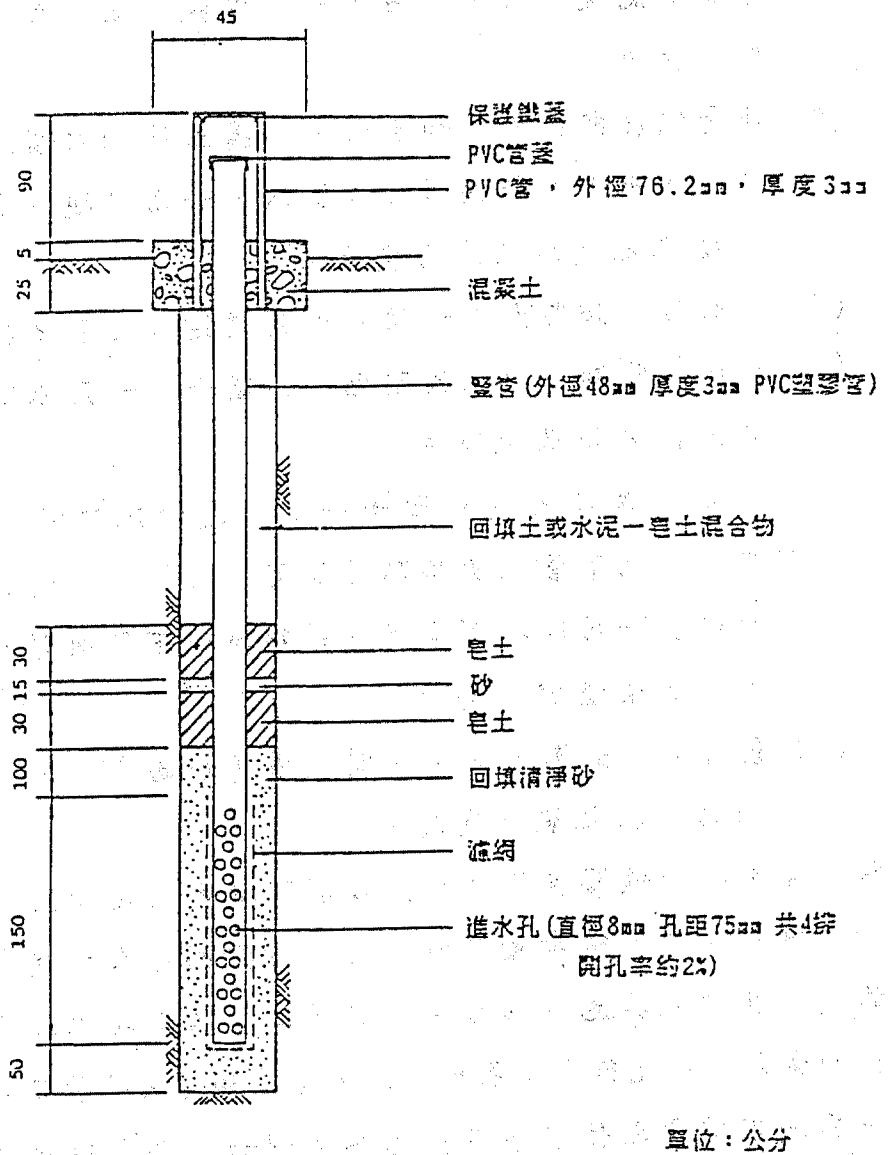
(3) 各種儀器設置地點、設置時機之決定

針對各項參數行為之預測結果，選用適當的儀器種類，進而決定其設置位置與設置時機，以能提供最具代表性最可靠的數據為原則。

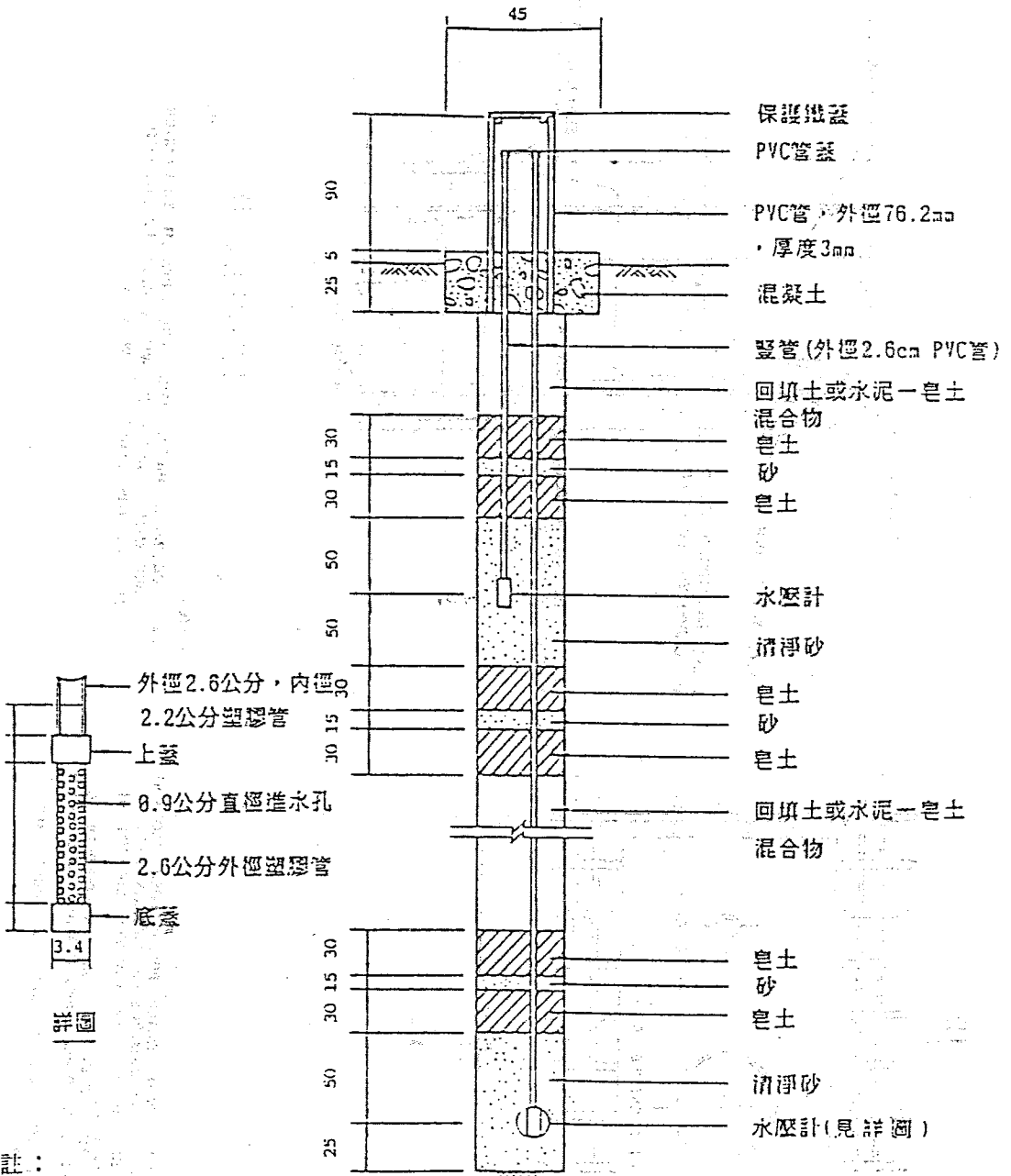
目前工程界較常使用的儀器種類如下：

- (a) 水位觀測井（如圖一）、豎管式水壓計（如圖二）—用以觀測地下水位與水壓。
- (b) 水壓及水壓計（如圖三）、支撐荷重計（如圖四）、振弦式應變計（如圖五）—用以觀測土壓力及支撐系統荷重。
- (c) 地層傾度觀測管（如圖六）、擋土結構內傾度觀測管（如圖七）、鋼筋計（如圖八）—用以觀測土壤、擋土結構之變形及應力變化。
- (d) 隆起桿（如圖九）—用以觀測開挖區地盤之穩定性。
- (e) 路面沈陷點、地表沈陷點（如圖十）—用以觀測開挖區外圍之地表沈陷。
- (f) 結構物沈陷點（如圖十一）、連續沈陷計（如圖十二）、地下管線沈陷點（如圖十三）、傾斜計（如圖十四）—用以觀測鄰近結構物與地下管線等設施之位移、沈陷量與傾斜量。
- (g) 裂縫計（如圖十五）、裂縫儀（如圖十六）—用以觀測結構物之裂縫寬度。

以上各項觀測儀器設置地點與設置時機之決定原則，以設計者之觀點而言，須考量觀測之目的與觀測結果之代表性及其意義，其中尤其應注意者為：設計者所預測在施工過程各項觀測儀器之可能行為中影響施工安全最顯著之位置不能忽略；行為較不確定之位置亦不能忽略。例如：擋土結構於開挖最深處附近之結構應力可能影響施工安全十分顯著，故該處不宜忽略鋼筋計之裝設。至於各項儀器裝設時機之抉擇，則須配合施工時程，原則上應於適當時段內獲取初始值，之後並能於施工各階段均能測得具有意義的觀測值。例如：深開挖

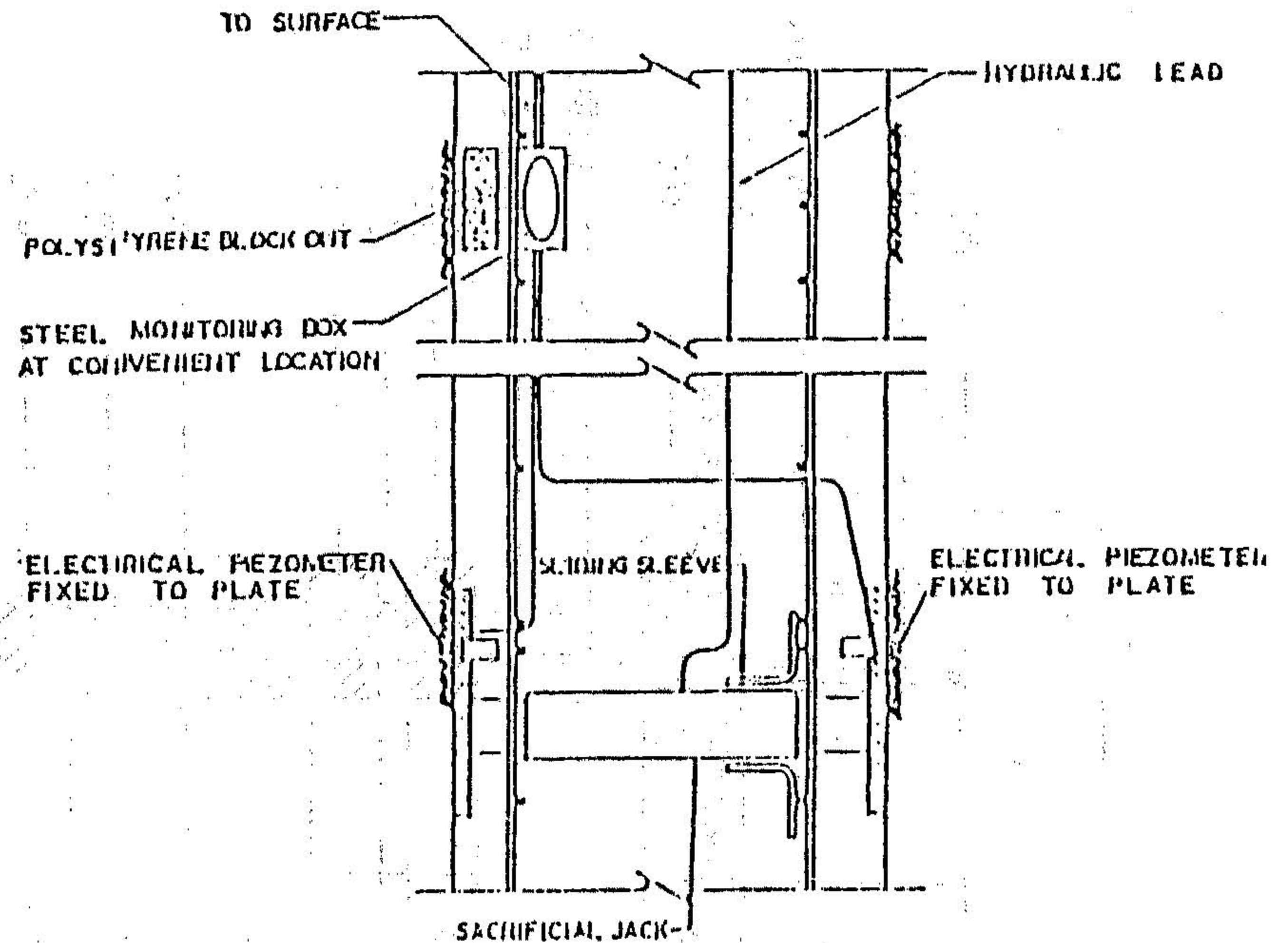
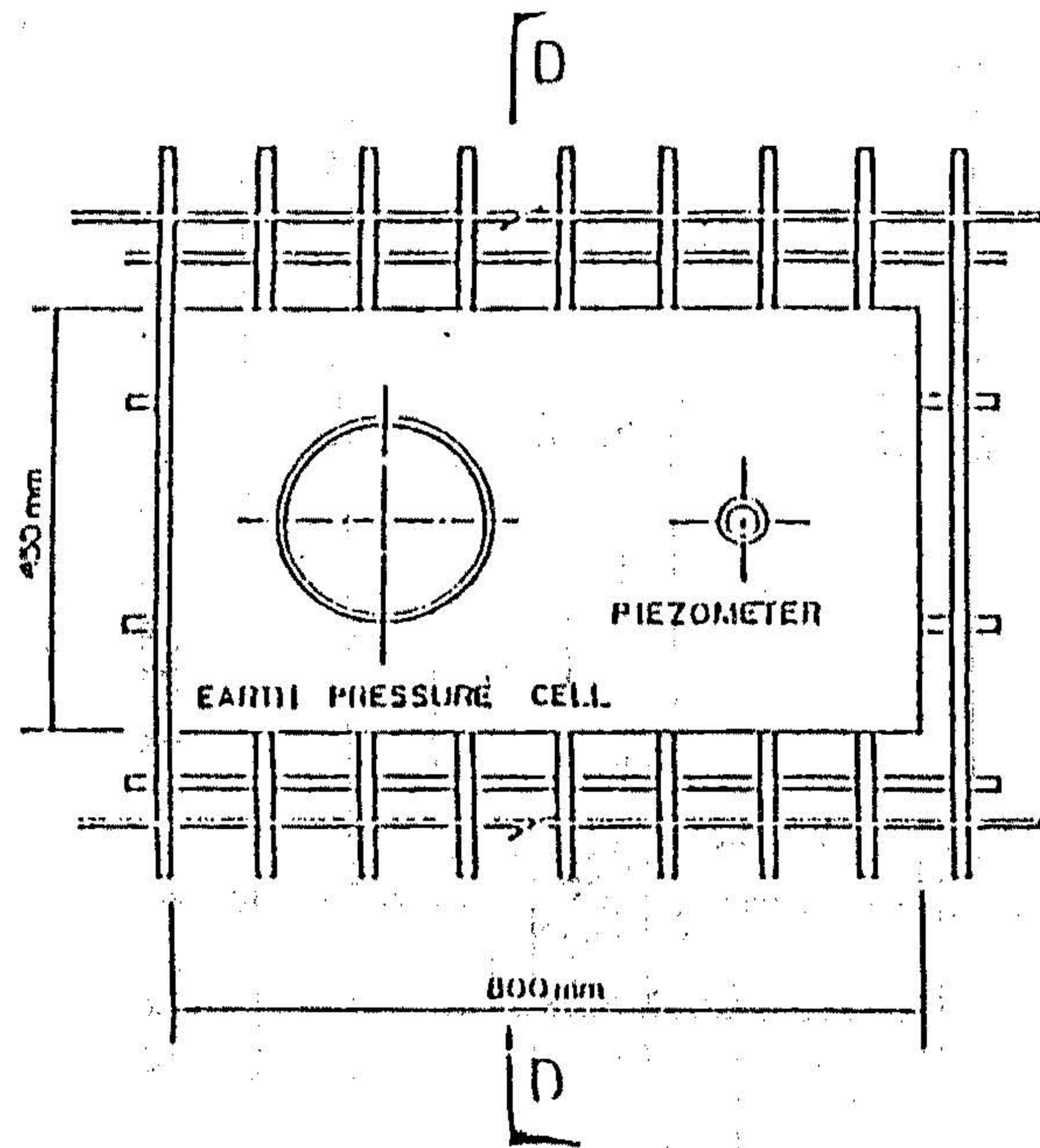


圖一 水位觀測井裝設示意圖



- 註：
1. 單位：公分
 2. 裝設水壓計之土層與其上下土層之交界處亦應參照圖示之方式以皂土封填

圖二 豎管式水壓計裝設示意圖



SECTION D-D

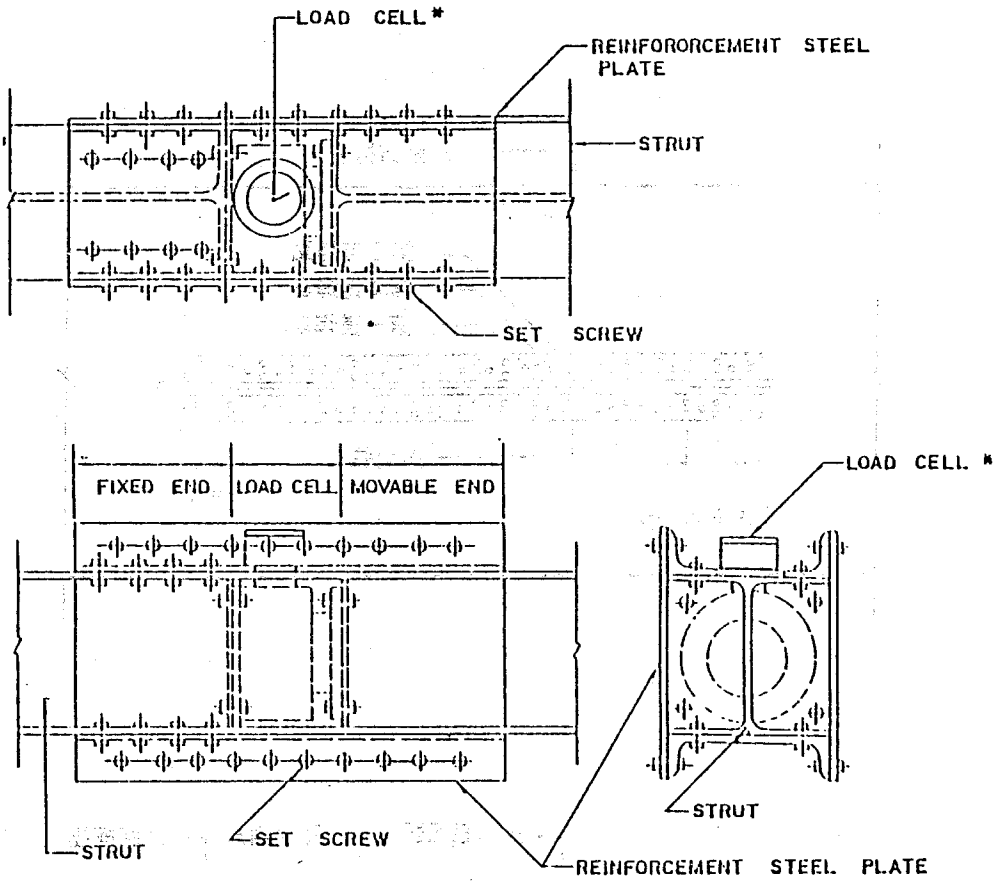
INSTALLATION

- 1) FLUSH PIEZOMETER WITH WATER BOILED UNDER VACUUM IN ACCORDANCE WITH MANUFACTURER'S INSTRUCTIONS.
- 2) FIX PIEZOMETER AND JACK AT REQUIRED LOCATION IN DIAPHRAGM WALL. CAGE.
- 3) AFTER INSTALLATION OF CAGE AND PRIOR TO CONCRETING OF PANEL OPERATE JACK TO PRESS PIEZOMETERS AGAINST EARTH FACE.
- 4) DURING CONSTRUCTION EXPOSE MOUNTING BOXES AND ELECTRICAL HEADS.

NOTE

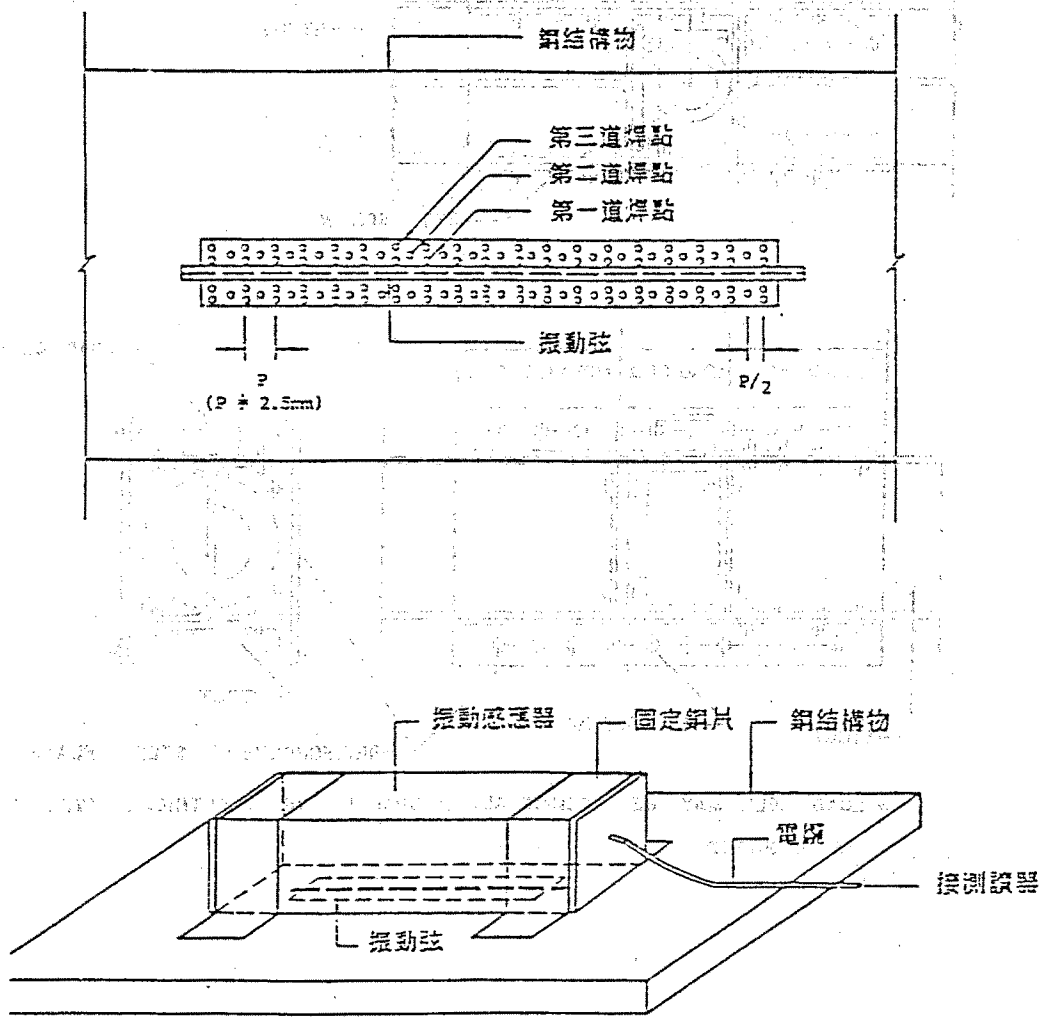
- 1) ELECTRICAL PIEZOMETERS ARE PROVIDED TO MONITOR PORE WATER PRESSURES WITHIN CLAY LAYERS BOTH SIDES OF THE DIAPHRAGM WALL.

圖三 土 / 水壓計



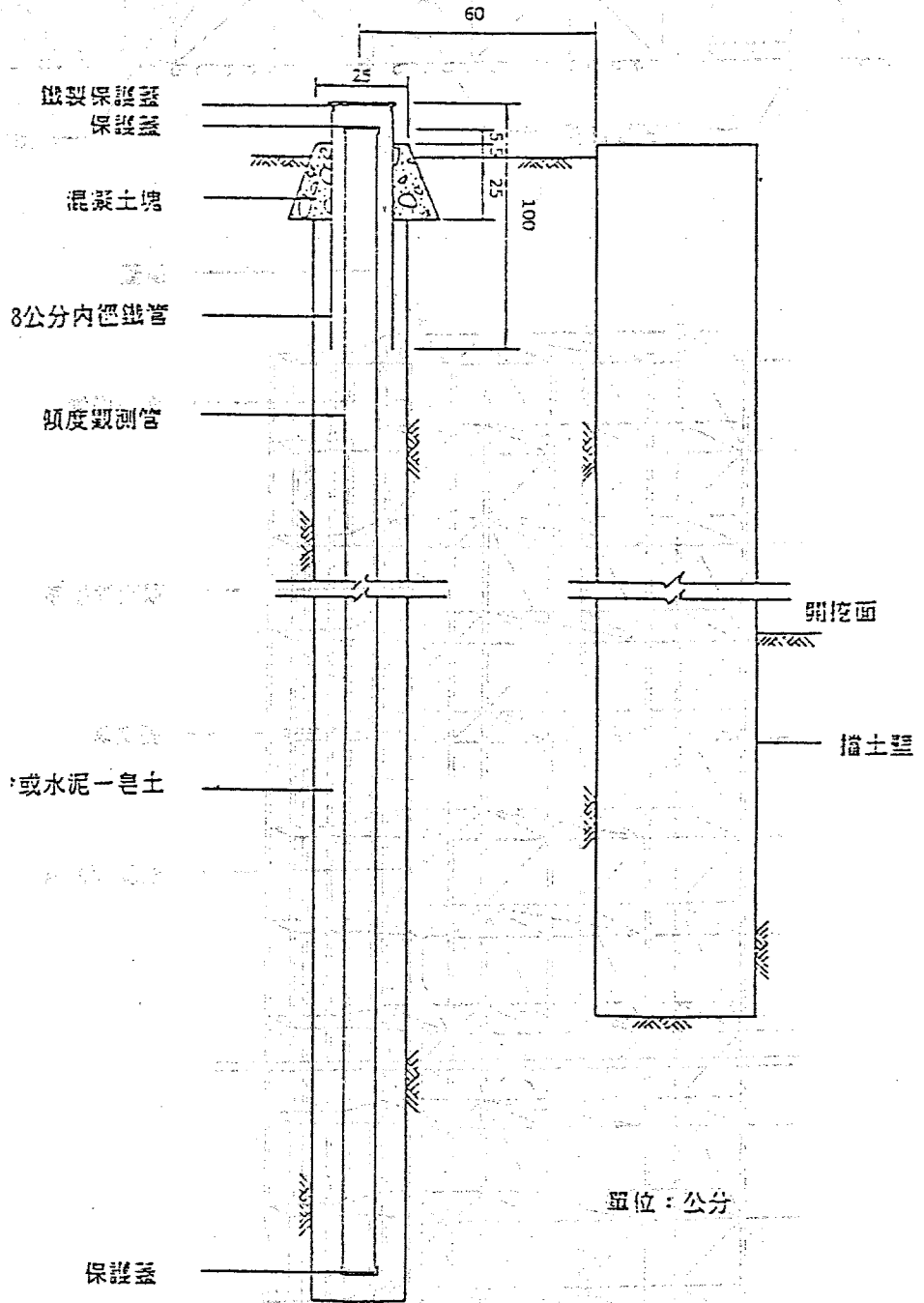
* LOAD CELL MAY BE MECHANICAL, HYDRAULIC OR ELECTRICAL TYPE AS REQUIRED.

圖四 支撐荷重計

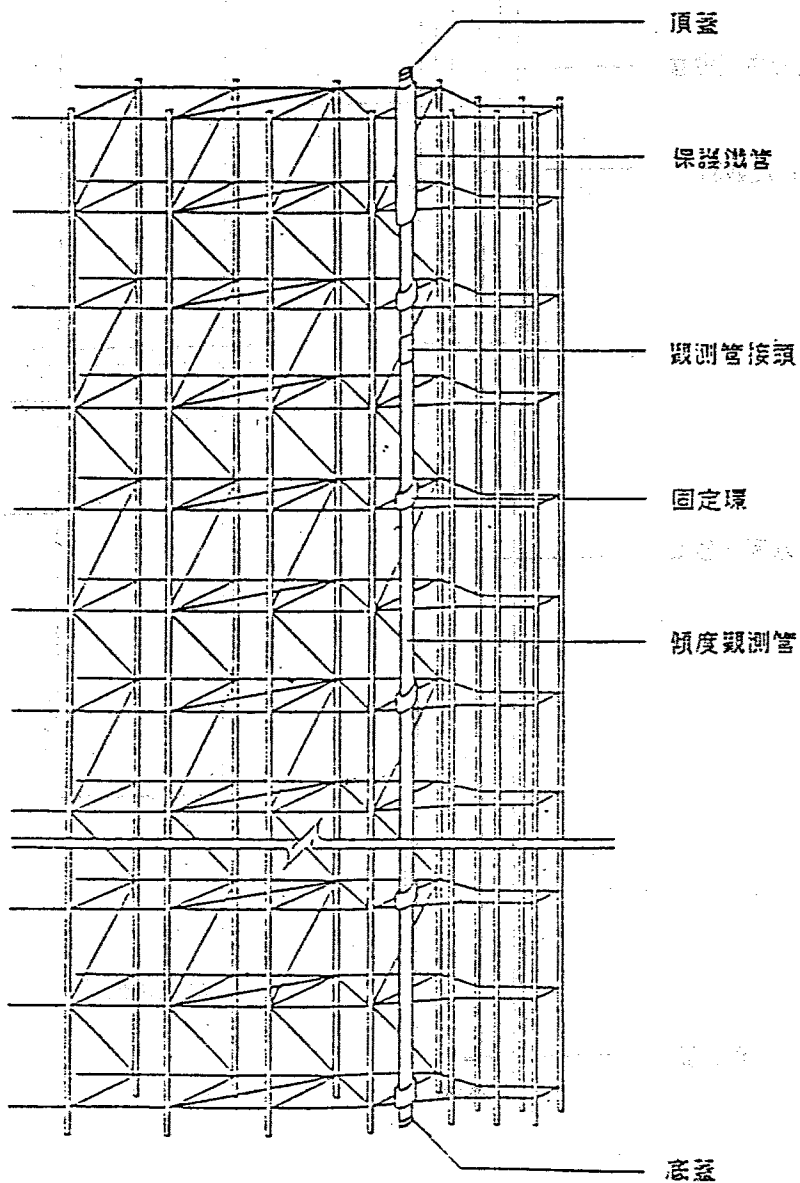
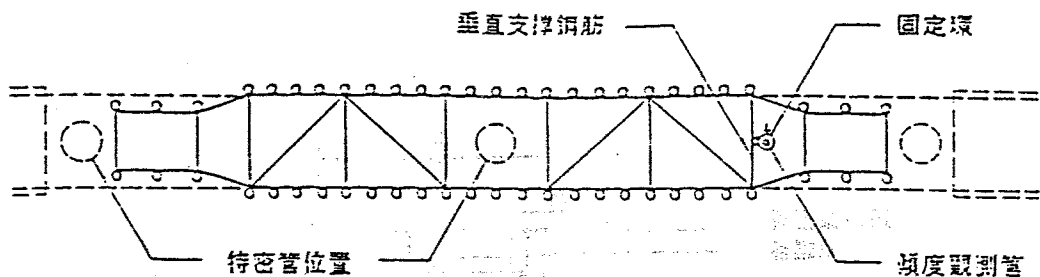


圖五 振弦式應變計裝設示意圖

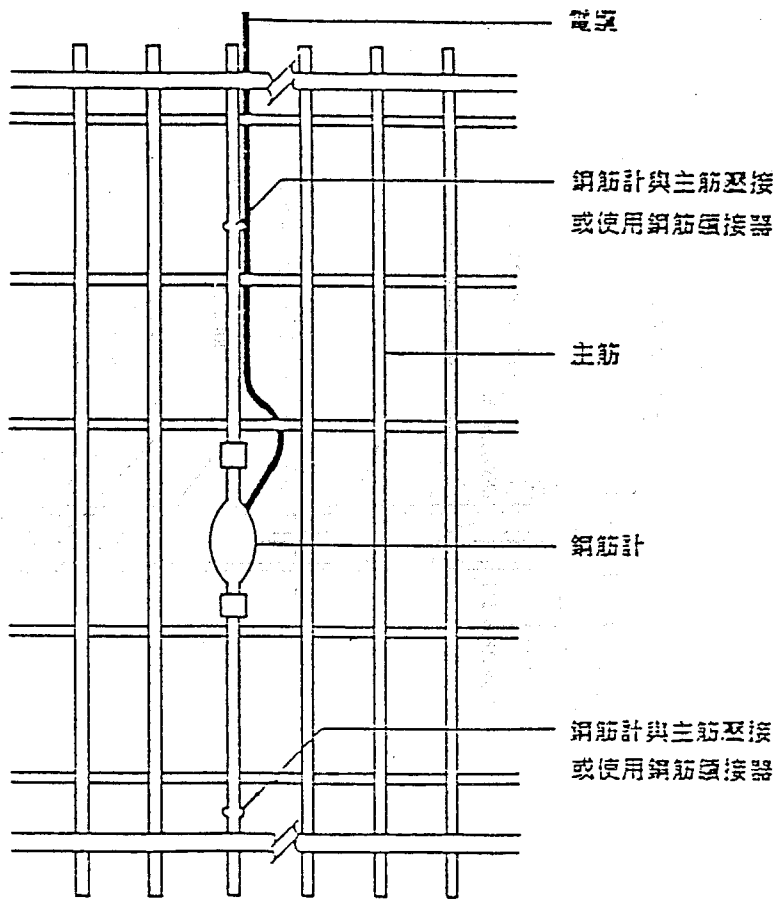
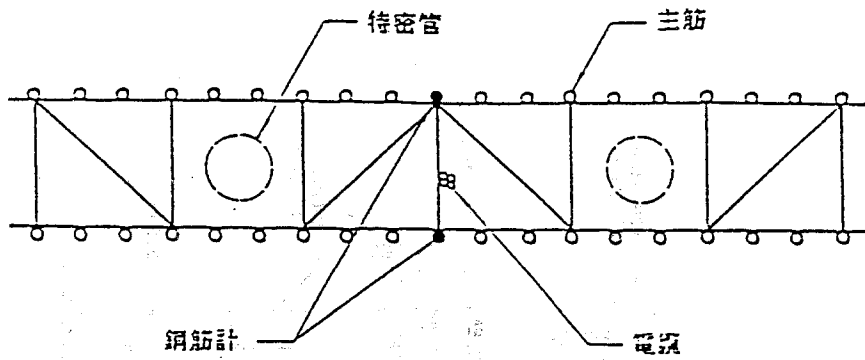
中國科學院 北京



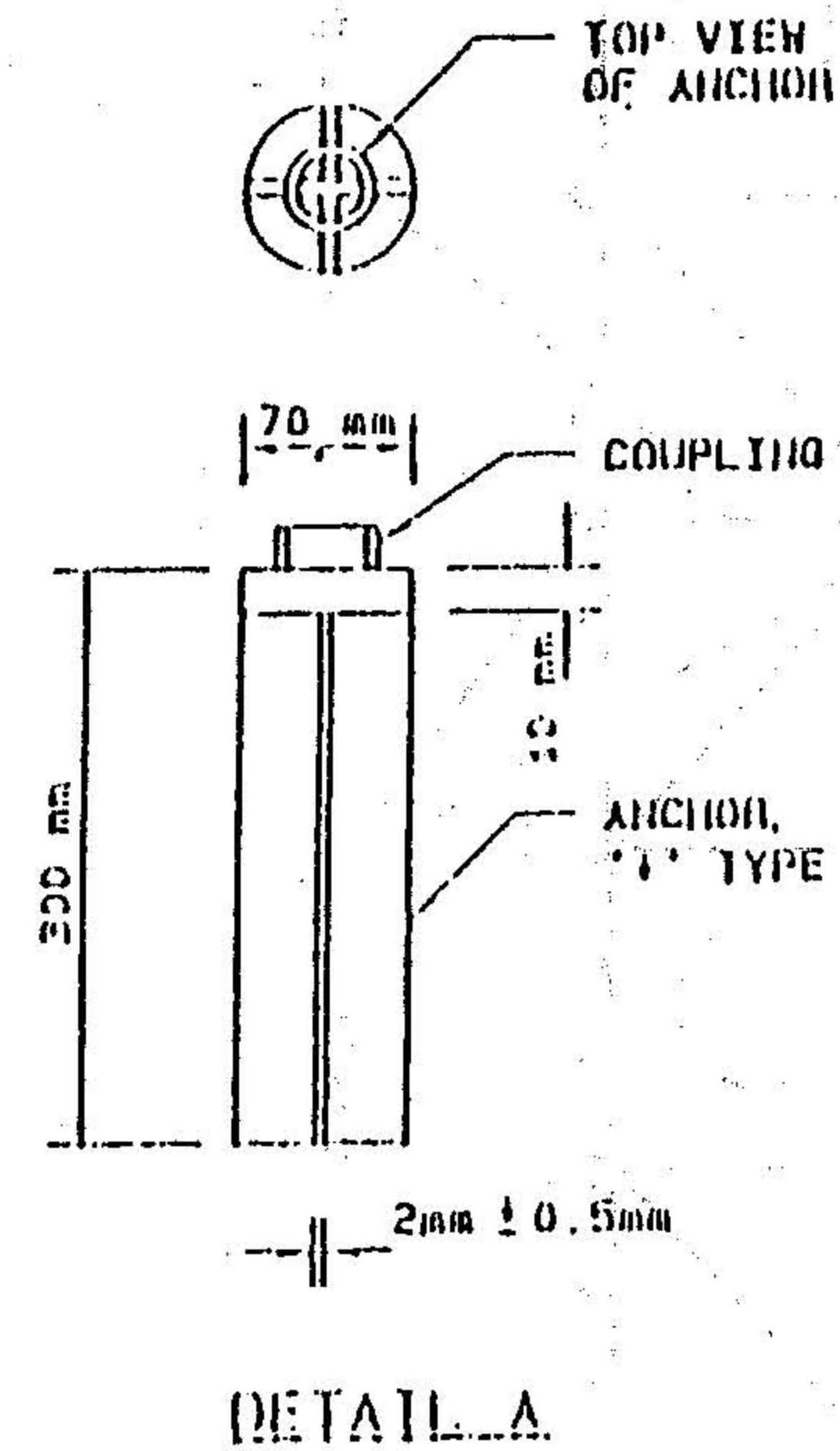
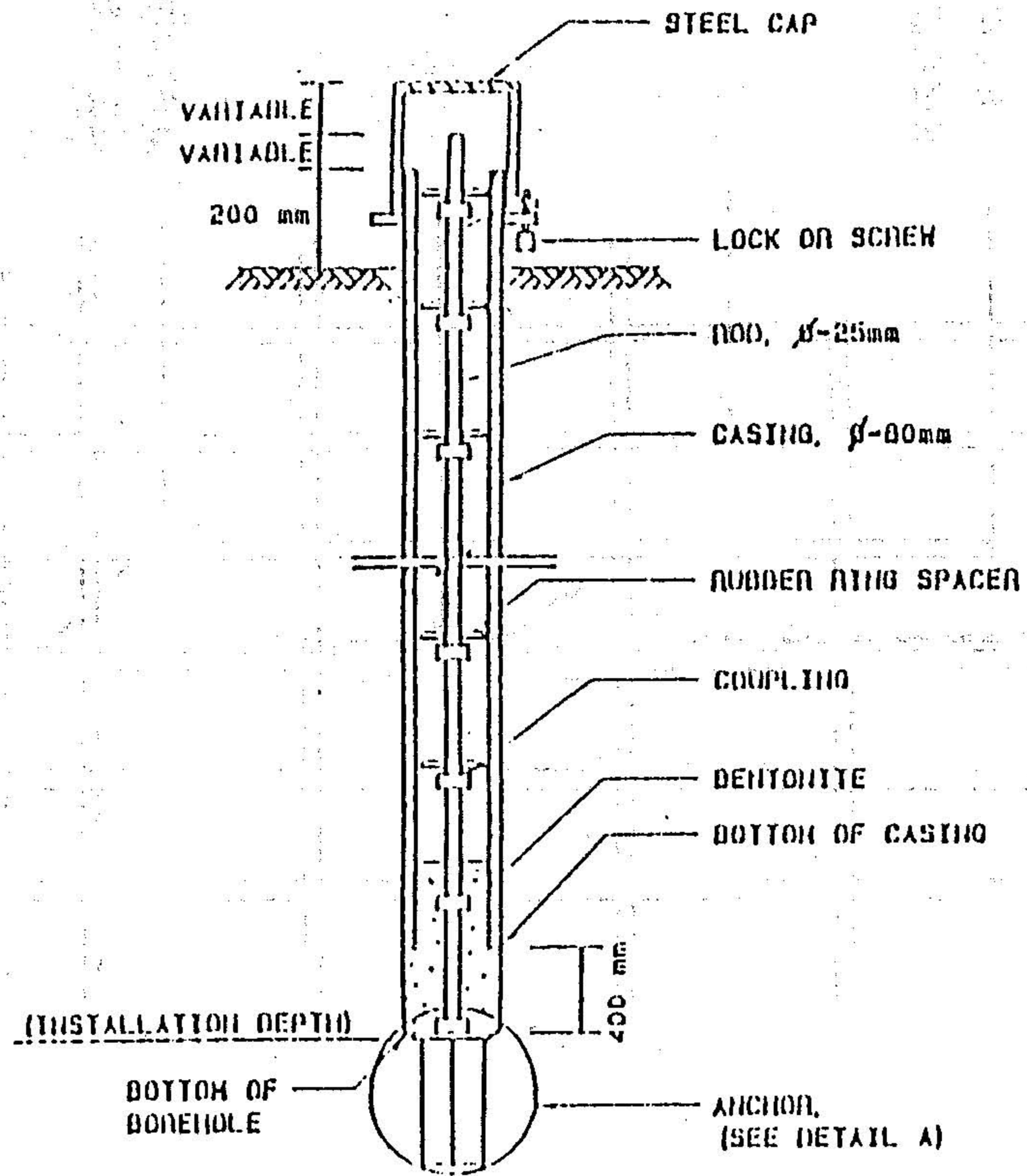
圖六 地層傾度觀測管裝設示意圖



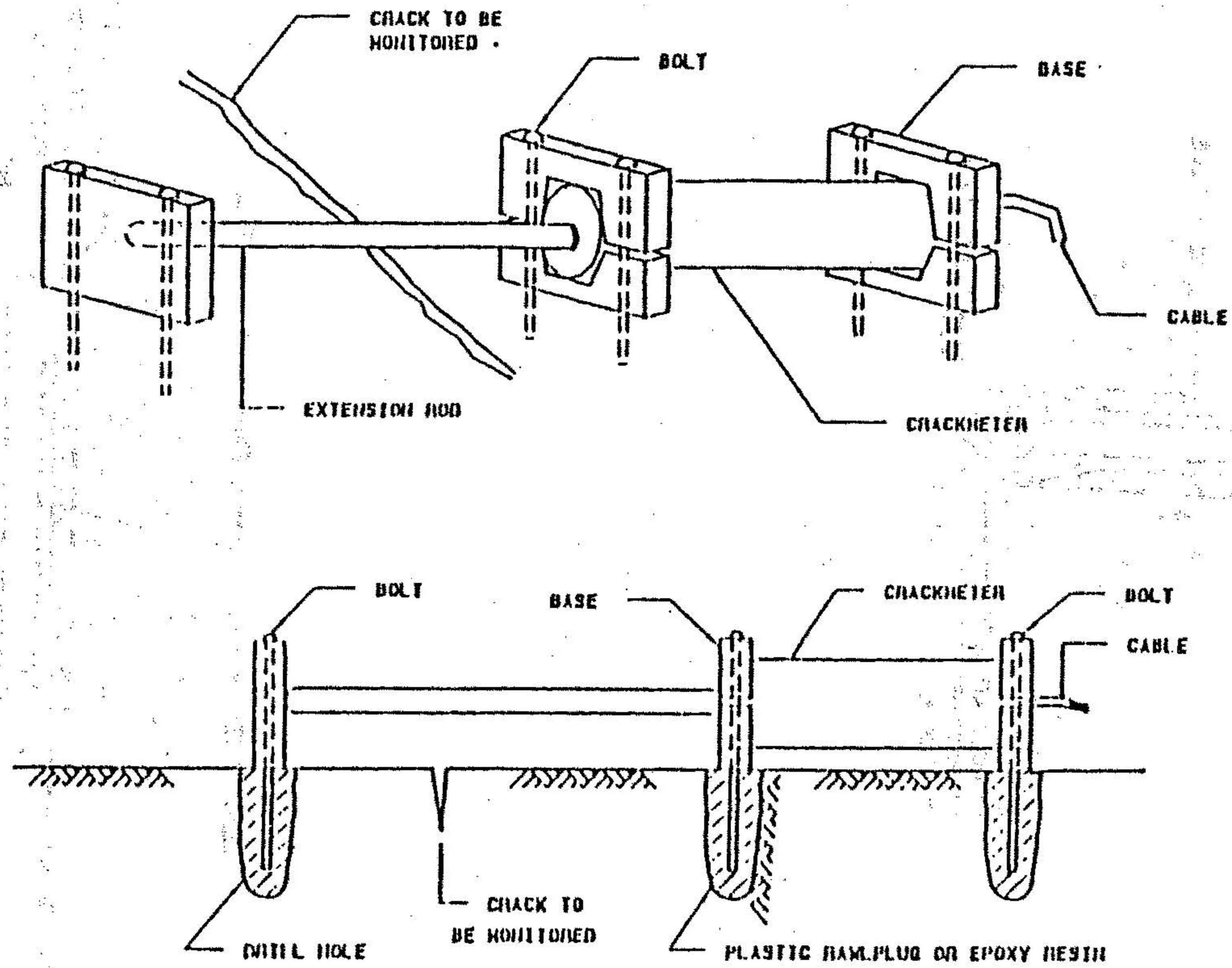
圖七 擋土結構內傾度觀測管示意圖



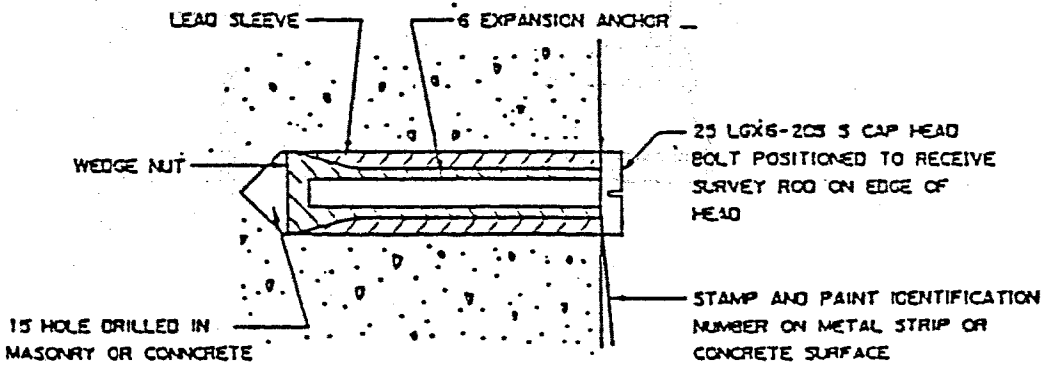
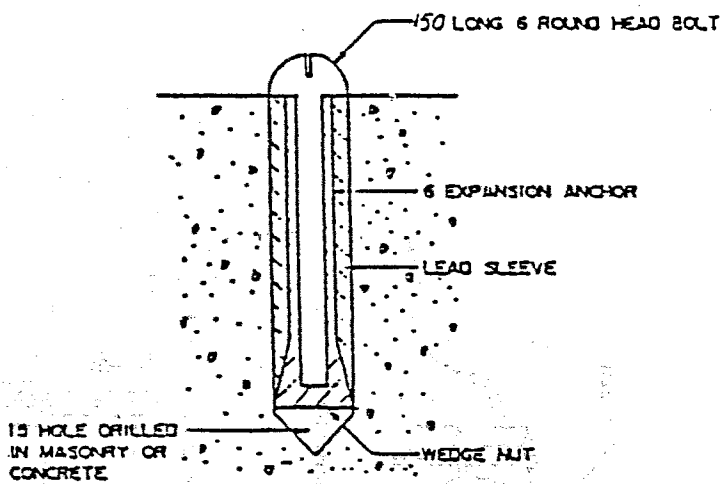
圖八 鋼筋計裝設示意圖



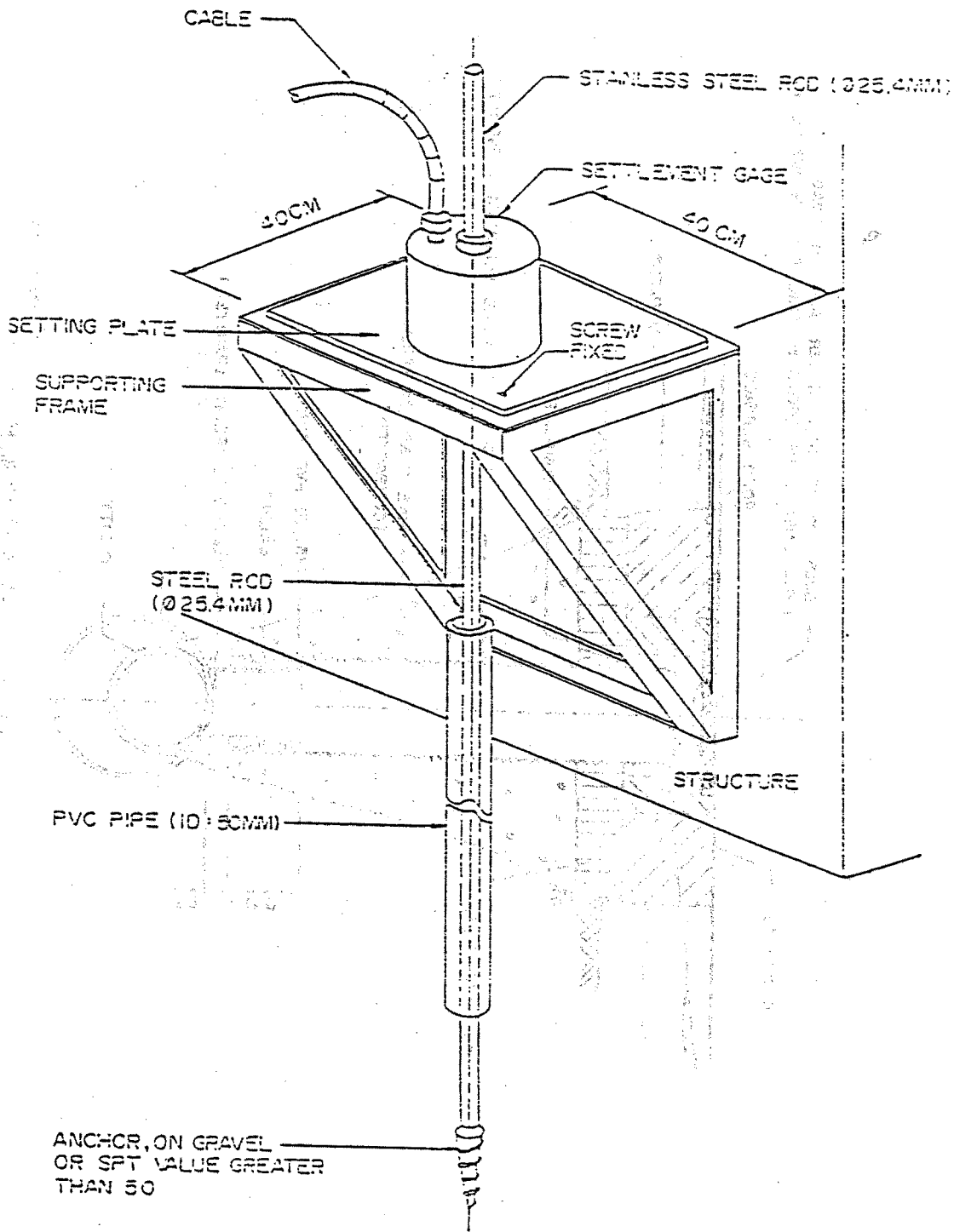
圖九 隆起桿



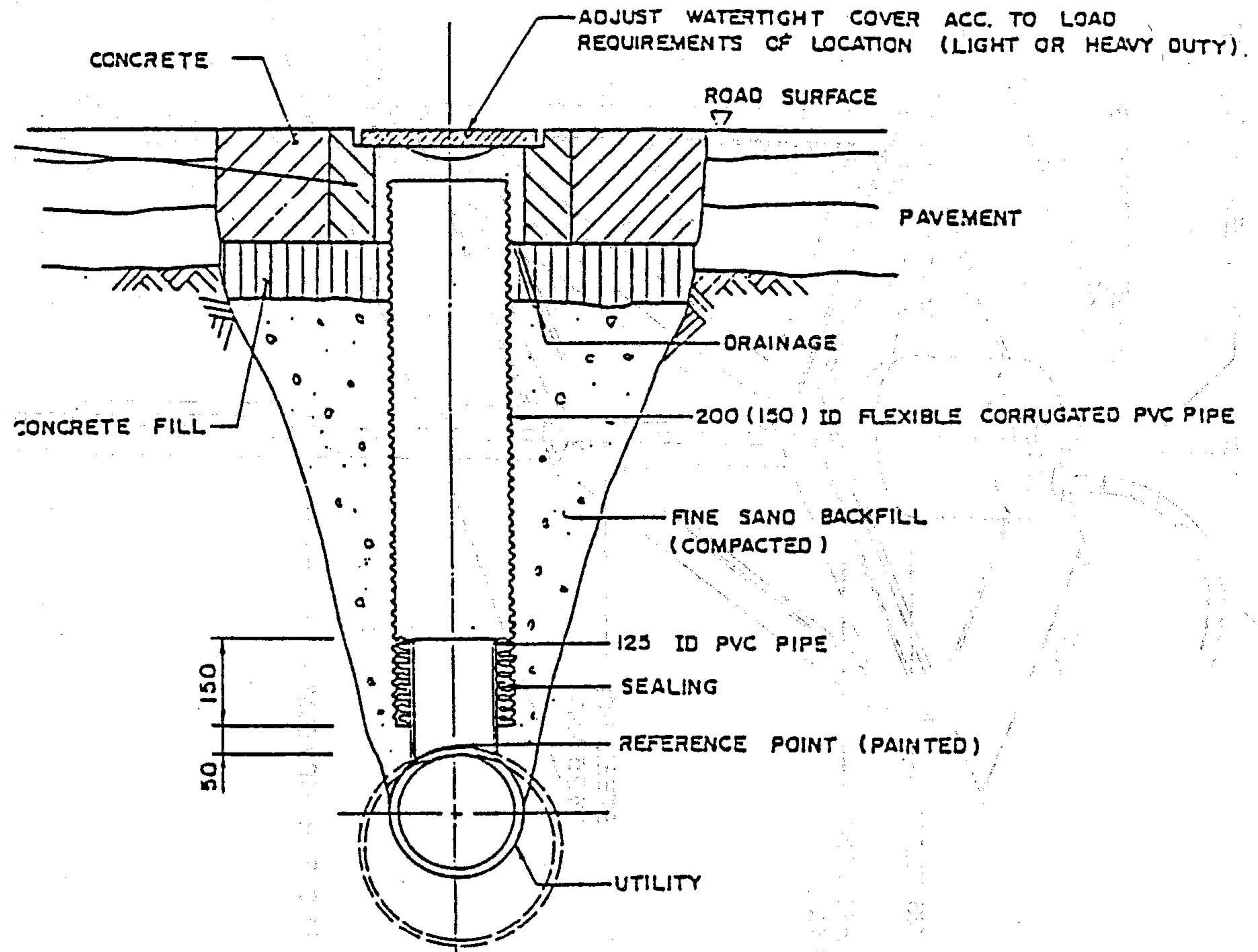
圖十 沉陷點裝設示意圖



圖十一 沉陷點(結構物或基礎)

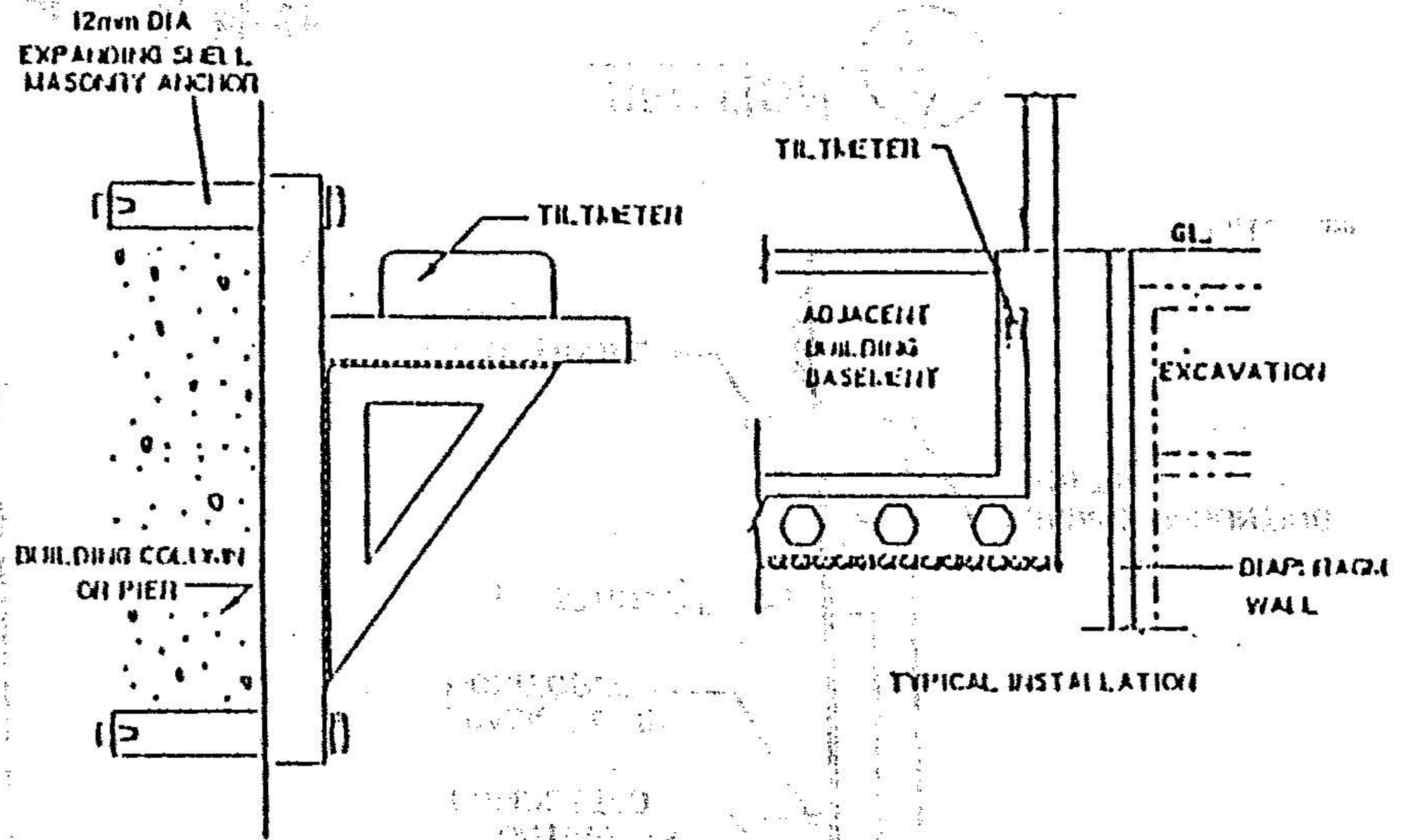
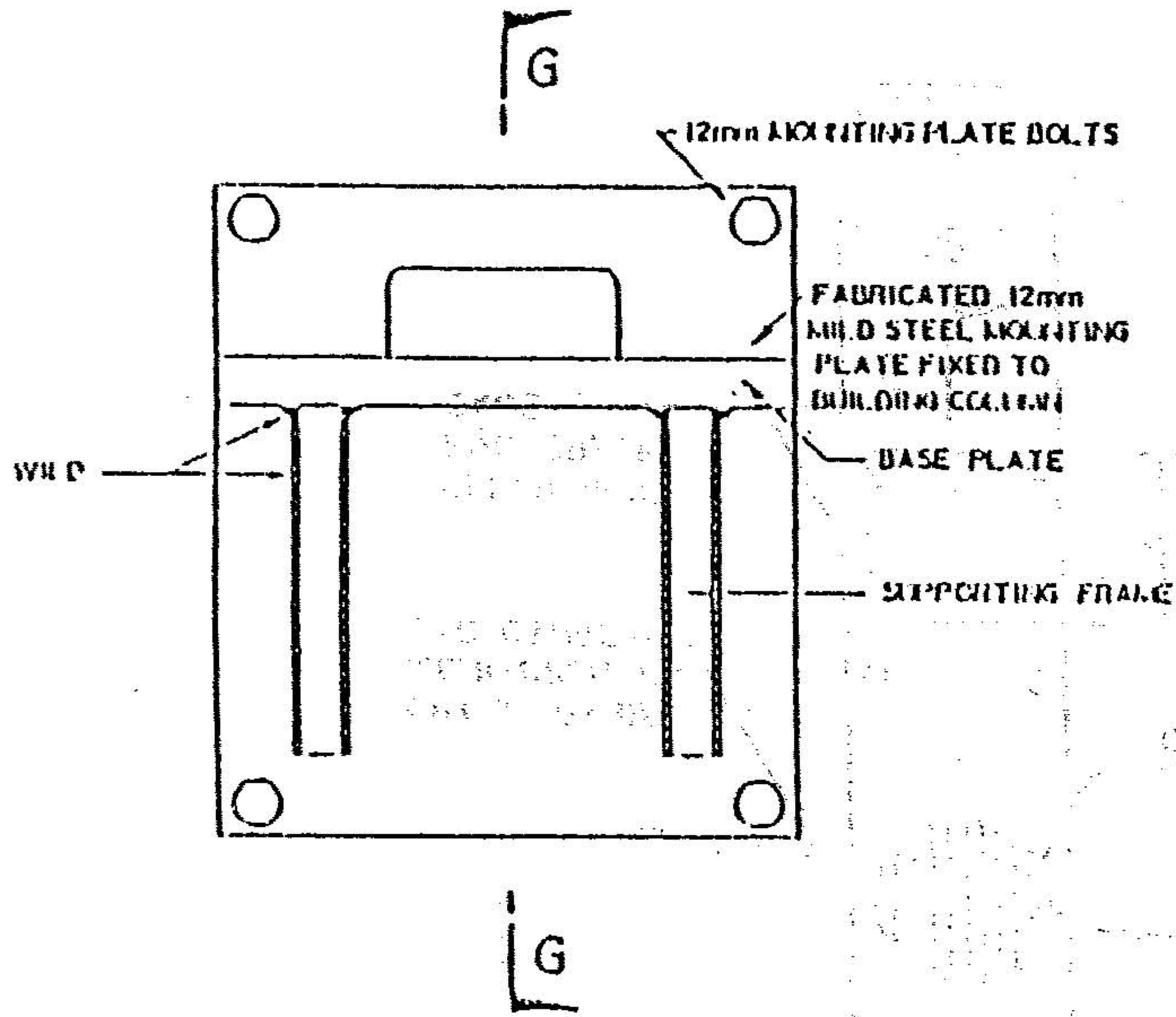


圖十二 連續沉陷計



Unit: mm

圖十三 地下管線沉陷點



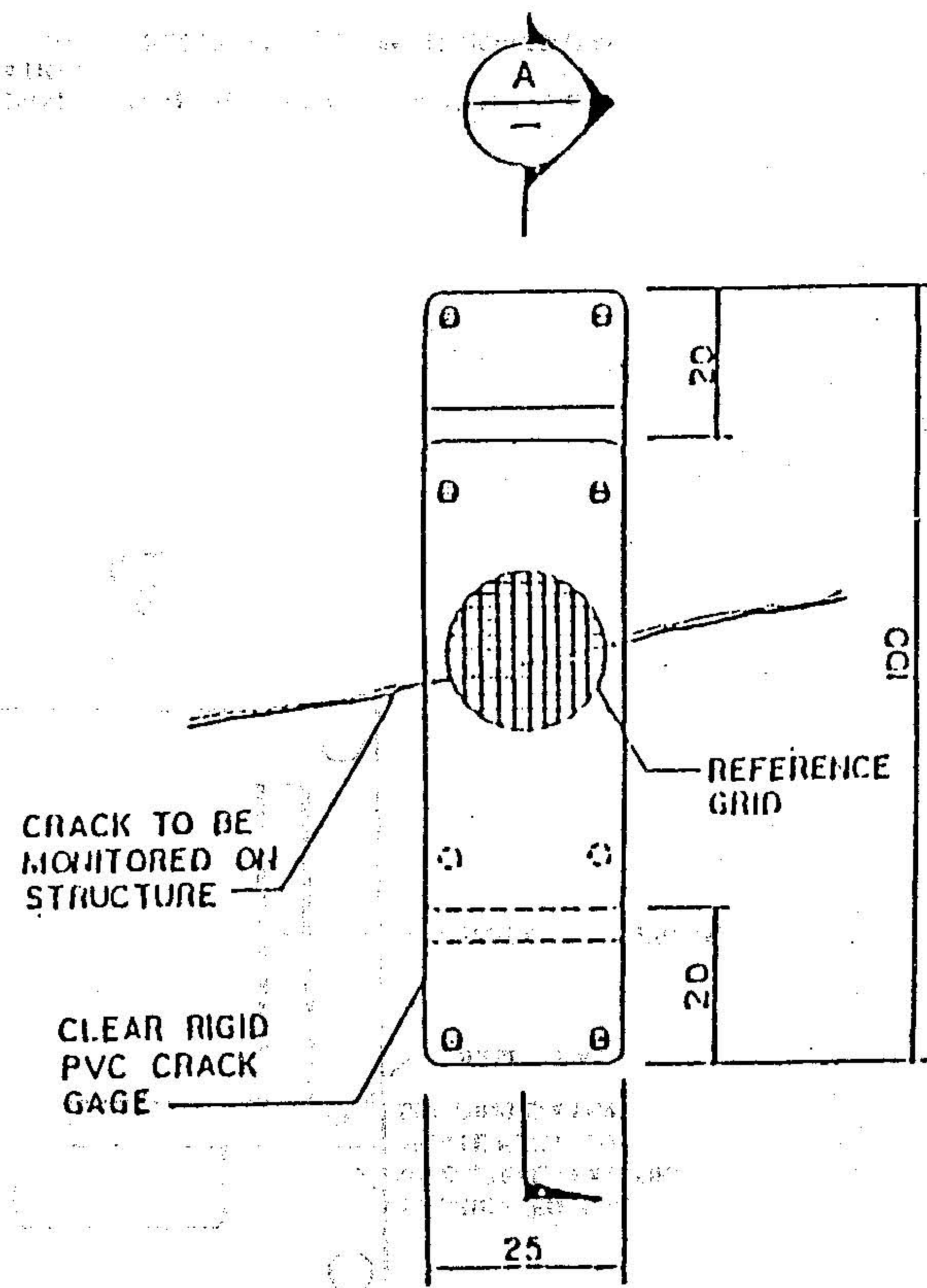
SECTION G-G

NOTE: PROVIDE 3 NOS PORTABLE HEADLAMP LIGHTS.

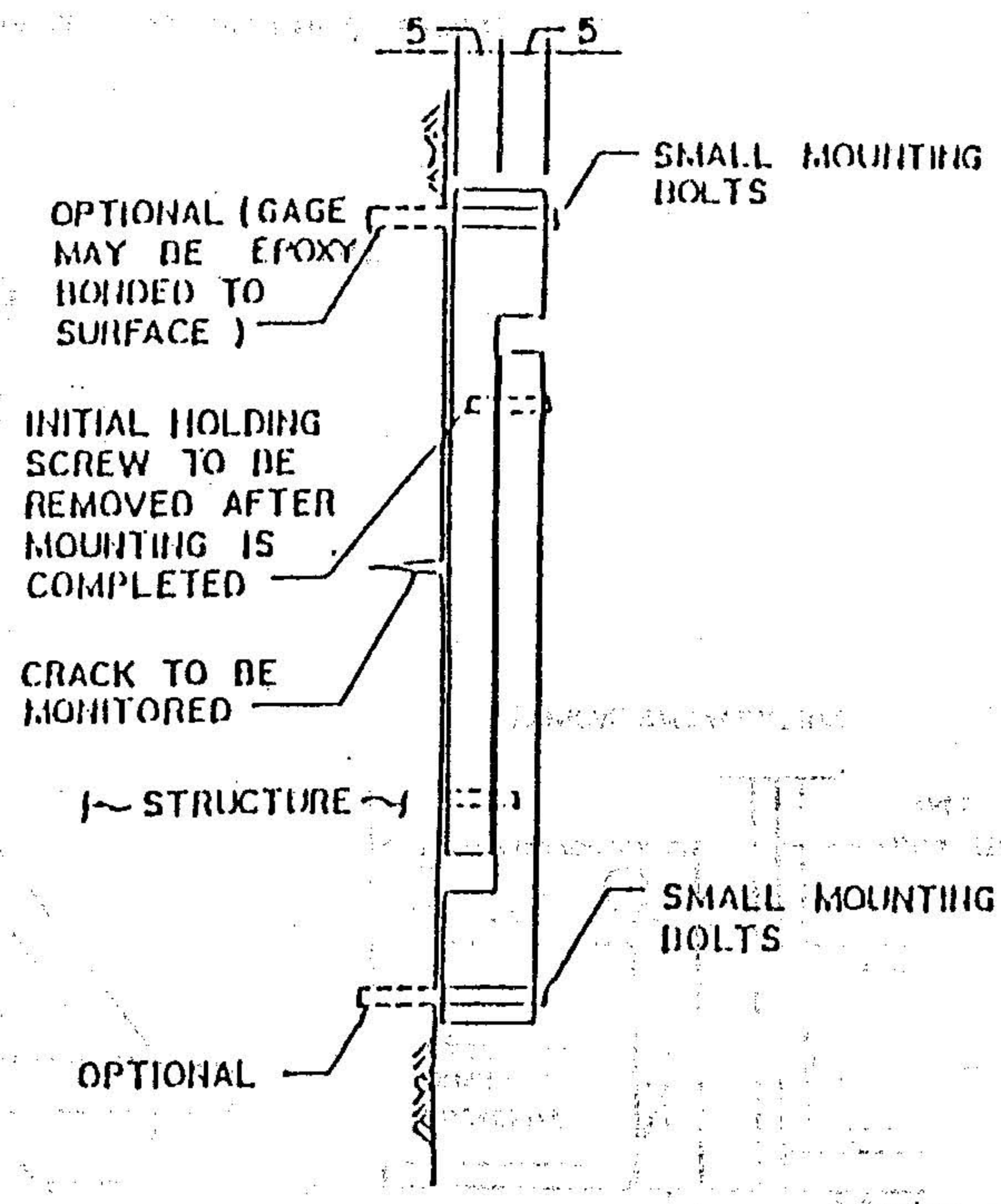
INSTALLATION

- 1) FIX BASEPLATE TO BUILDING COLUMN OR PIER ON PLATE PERPENDICULAR TO THE AXIS OF EXCAVATION
- 2) INSTALL TILT METER ON BASE PLATE AND CLAMP IN HORIZONTAL POSITION
- 3) CONTINUE READINGS DURING CONSTRUCTION PERIOD.

圖十四 傾斜計



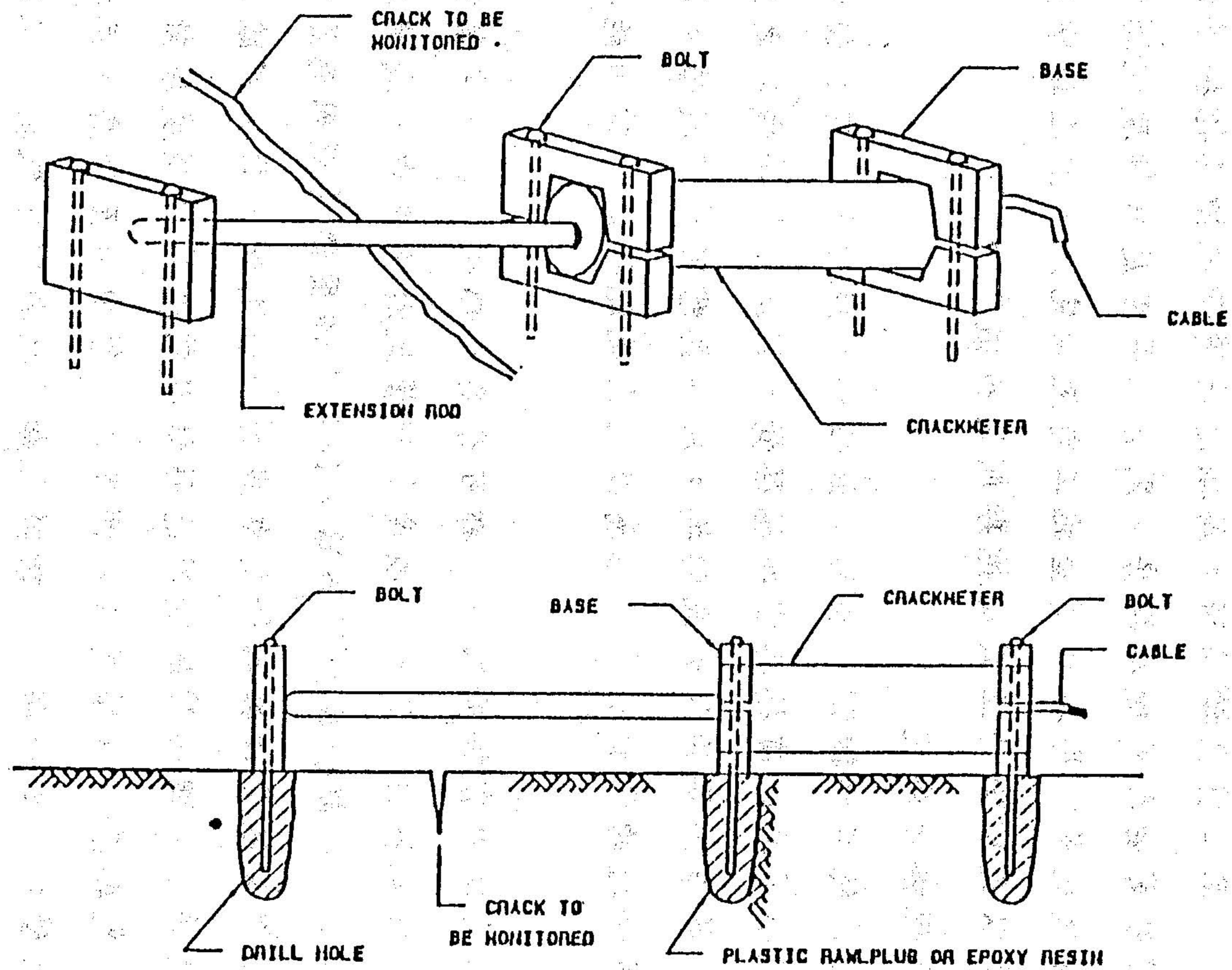
PLAN



SECTION A

Unit: mm

圖十五 裂縫計



圖十六 裂縫儀

工程最常見的連續壁擋土壁背後所裝設之傾度觀測管，其裝設時機究應如何考慮？一般工程均考慮須待連續壁施工完成後正式開挖之前裝設傾度觀測管，其考量因素在於傾度觀測管用於觀測正式開挖期間之土壤與擋土壁之變形，且須避免連續壁施工時損及觀測管。但若連續壁施工位置緊鄰現有建築物，且土質甚軟弱時，為顧慮連續壁之槽溝挖掘導致周圍土體顯著變形而擾及鄰房，則有必要考慮將傾度觀測管之裝設時機提前，即在連續壁施工前裝設完成，並在連續壁施工期間以及爾後的正式開挖期間進行觀測。

(4) 儀器規格之決定

觀測系統所要觀測之項目，如位移、應力等，其數值常是非常微小，非憑直接感官即能察覺，因此必須藉儀器之感應測得，並作必要的放大或轉換，成為具體可讀的數值。因此，選用合適的儀器規格，應屬觀測系統能發揮正常功能之必要條件。

觀測系統中有許多項目，都可分為兩部份，其一為裝設於施工現場之器材，例如：傾度觀測管裝於土壤中，或裝在連續壁內；另一部份為測讀儀器，例如：傾度儀（雙軸感應儀）、電纜線及傾度讀數器等所組成的一套測讀儀器，可臨時搬到現場操作，觀測時將雙軸感應儀以電纜線與傾度讀數器相連接，雙軸感應儀緩緩放入傾度觀測管中直至管底，再循序提升至管口，逐一將傾度讀數器顯示之數字記錄之。舉這一個例子，是要說明觀測儀器規格之考慮，須兼顧裝設於現場之器材以及用以測讀之儀器等等相關規格之配合。

大部份的測讀儀器都包含一個信號變換器、一個資料擷取系

統及一個連接前兩者的通訊系統。信號變換器係一種能將輸入能（例如：物理變量）變換為電氣能量的設備。信號變換器之信號經由通訊系統傳至資料擷取系統時，須將之變換成人們所能識別的符號。資料擷取系統有簡單輕巧如手提型者，亦有多功能且附記憶及自動處理功能者。

觀測儀器規格中，常規定儀器之尺寸，型式（例如：機械式、水力式、壓氣式、電子式等等），以及儀器的解析度、全刻度、範圍、靈敏度、精確度(Precision)、準確度(Accuracy)等等。精確度為當很多次相似量測完成時，算術平均值與任一量測值間之偏差。準確度則表示量測結果的正確度，其可定義為與真值間的一致性。準確度習慣上表示一儀器全系統量測之最大可能誤差，得按照儀器的全刻度百分比、或讀值的百分比等方式來表示。

(5) 儀器裝設施工規範之擬訂

擬訂一套有關儀器裝設之施工規範，可供施工單位及監造單位據以執行。施工規範得包含儀器規格、裝設時機、裝設步驟提示、配合之材料、裝設時應注意事項；亦可規定施工單位應事先提出詳細的工作計劃書。

(6) 儀器測讀正確性之檢核方法與程序之制定

儀器必須經過檢驗及校正才能確定儀器之性能及正確使用，且儀器在使用過程中，亦必須有周詳的維護計劃才能獲得正確資料。

茲就儀器之校正及維護所必須注意之事項說明如下：

校正——

校正(Calibration)，按中國國家標準之定義，為標準器或標準試樣在量測儀器上求出其與真值之關係。

校正作業係在一特定環境中（例如恆溫、恆濕等條件下）將被試之儀器與較高精度標準儀器的比較動作。儀器之校正可分為三個階段，即出廠校正(Factory Calibration), 允收測試(Acceptance Test)及再校正(Recalibration), 茲就此三項校正分述如下：

(a) 出廠校正—儀器在出廠之前必須加以校正並由儀器工廠提出檢驗結果，其內容應包括儀器之精確度、靈敏度及線性度等。

(b) 允收測試—儀器經長途運輸有可能受碰撞震動等影響而造成儀器不穩定，爲了確保儀器能發揮其應有之功能，儀器於裝設前必須加以檢驗，即所謂允收測試。此檢驗可採抽驗方式或全體檢核。一般而言，如使用儀器數量不是非常多且係用爲控制安全時，最好作全數檢驗，惟若試驗費由營造商支付，而規範亦未明定時，則常易引起糾紛。一般在國內之檢驗工作常交由較具公信力之公家機構做檢驗（例如台大、工技學院等），但亦可由業主指定民間試驗室進行之。在經費或時效等因素而無法進行複雜的檢驗工作時，至少應進行簡單的功能測試。例如感應器連接讀數器後略施以外力（如傾斜、加壓等）以檢測讀數器之讀數是否有正常反應等。

(c) 再校正—再校正係指儀器於現場使用過一段時間後，由於儀器本身之原因，如零點漂移，電纜線長度改變等，造成誤差，而須重新校正，以作爲往後量測值修正之依據或推估以往一段時間量測

資料之可能誤差。此種再校正之頻率，須依工地使用狀況及觀測資料統計結果判斷後酌予制定。例如：傾度儀每半年校正一次，水準儀每三個月校正一次。

儀器維護——

儀器在使用過程中必須就其讀數器、感應器、選讀器及埋設完成的儀器材料等作定期之維護。各種儀器因其性能不一，因此在使用過程中必須按原儀器廠商提供之維護手冊進行檢查及保養工作。例如讀數器必須保持乾燥、電池電量保持充足、電纜線之接頭須保持清潔乾燥、防水用之橡膠圈不得老化破損、選讀器內之選擇器接觸點良好、電纜線外皮完整無破損，或傾度觀測管、觀測井、水壓計豎管等儀器須定期清洗等。

(7) 觀測頻率最低要求之決定

觀測頻率之決定，通常考慮於不同的施工階段各項觀測資料須取得之頻次，原則上需配合施工並能取得足夠資料以供研判分析之用。表一為一般建築開挖工程之觀測頻率典型的例子。表二為目前正施工中的台北捷運某標工程觀測頻率的一例。

表一 觀測系統使用儀器數量統計及觀測頻率(例)

觀測項目	儀器名稱	儀器數量	觀測頻率	
擋土結構變形及傾斜	傾度儀	處	每逢基地挖土前後，支撐施加預力及拆除前後 平時每週一次，開挖階段每週至少二次，必要 時得隨時觀測。	
地下水位及水壓	水壓式水壓計	支	平時每週二次，抽水時每天一次。	
	水位觀測井	支	必要時每天二次，平時每週二次。	
開挖面隆起量	隆起桿	支	開挖階段每天至少一次，平時每週二次。	
支撐應力及應變	振動應變計	個	每天一次。	
沉陷量	道路及建築物	沉陷觀測釘	個	平時每週一次必要時得隨時觀測。
	筏式基礎	沉陷觀測釘	個	每層澆築混凝土前後，平時每十天一次。
擋土壁鋼筋應力	鋼筋計	支	基地開挖時每天一次，平時每週二次。	

表二 某捷運工程觀測儀器、數量、觀測項目及觀測頻率一覽表

觀測儀器	儀器數量	觀測項目	最低觀測頻率
水準點	6處	量測水準點高程之變化，作為量測基地周圍地表、結構物及地中沉陷之參考高程	每三個月觀測一次
支撐應變計	88組	量測臨時支撐之荷重	支撐架設及預壓後每天觀測一次，10日後改為每週一次
地表沉陷點	117組	量測地表之沉陷	開挖深度大於或等於5公尺時，每天觀測一次；開挖深度小於5公尺時，則每週觀測二次
水平及垂直參考點	360組	量測結構物之沉陷或水平位移	同 上
管線沉陷參考點	92組	量測現有管線之沉陷	同 上
土壤沉陷指示器—淺式	21組	量測淺層土壤之沉陷	每二週觀測一次
土壤沉陷指示器—深式	6組	量測深層土壤之沉陷	每週觀測一次
連續壁中傾斜計	12組	量測連續壁之側向位移	每週觀測一次；支撐預壓前後及拆除各一次
土壤中傾斜計	12組	量測土層之側向位移	同 上
傾斜計	34組	量測結構物之傾斜情況	開挖期間每天觀測一次，構築期間為每週一次
水位觀測井（含水壓計）	29處	量測施工中地下水位或水壓之變化	每週觀測二次
土壓計（土壤壓力盤）	7組	量測土壓力之大小	於距離土壤壓力盤10公尺內實施擠壓灌漿時每天觀測一次，其他期間為每週一次

(8) 觀測管理值之研擬

假若設計者對於其設計之擋土支撐系統以及工址條件之認識具有十足掌握的能力，且周遭環境甚為單純，則觀測管理值之擬訂即十分單純，僅須就工程技術觀點加以考慮即可。但因目前甚多深開挖工程均在人口密集的都市環境中進行，所牽涉的不僅是技術本身而已，還牽涉到鄰近房屋現況、鄰居心態等社會因素。因此，重要工程之觀測管理值擬訂時至少須考慮下列因素：

- (a) 工程規模與工期
- (b) 設計參數之不確定性
- (c) 環境的複雜性 (包括交通狀況、鄰近工程進展情況等等)
- (d) 地下管線分佈、鄰房現況及其基礎特性
- (e) 公共關係、鄰居心態及反應

表三為高雄某大樓施工所採用之觀測管理值。該表中所列的管理值、警戒值與容許值為三個參考指標，相當於交通號誌的綠燈、黃燈與紅燈。目前台北捷運工程所採用之觀測管理值則為訂定警戒值(Alert Level)及行動值(Action Limit)兩個參考指標。可解釋為：觀測值若小於警戒值為綠燈，介於警戒值與行動值之間為黃燈，達到行動值時即為紅燈。

表三高雄某大樓新建工程基礎施工安全監測系統施工安全參考管理值

項次	監 測 項 目		管理值	警戒值	容許值
1	連續壁變形	側向位移, cm	5	7	8
		撓距比,	1/500	1/450	1/360
2	連續壁主筋應力, kg/cm ²		1680	2230	2520
3	支撐荷重, t	第一層2H350×350×12×19	180	210	257
		第二層2H350×350×12×19	180	210	257
		第三層2H400×400×13×21	250	280	353
		第四層2H400×400×13×21	250	280	353
		第五層2H350×350×12×19	180	210	257
4	鄰近建築及物角變量	沉陷量, cm	3	4	5
		角變量	1/500	1/400	1/360
	道路沉陷	沉陷量, cm	7	8	9

(9)提示施工單位應於施工前辦理之事宜

設計者應依其設計上之特殊考慮因素以及設計上未能充份考量之事項加以整理，將期望施工單位於施工前辦理之事宜列入施工規範中，例如：補充地質調查、鄰房現況調查、地下管線調查等等。

3. 2 施工準備工作

在此階段主要工作大致為進行觀測儀器系統相關之各項計劃之提送。施工單位所須提送之資料可包含下列數項：

1. 觀測儀器計劃，其內容包含：

- a. 觀測計劃裝設詳細位置及時程進度。
- b. 觀測儀器校正方法如證明、型錄、計算手冊、量測手冊。
- c. 觀測儀器詳細裝設方法。
- d. 儀器裝設計算表格。
- e. 供應商名稱、原廠校正或出廠證明和儀器採購計劃。
- f. 完成各項監測儀器之初始值測定（三次以上）。
- g. 維修方法及裝設失敗或損壞之應變計劃。

2. 沿線之建物管線、地物之調查（由有公信力之機關執行）最好包含地質鑽探。

3. 相關工程詳細施工計劃，如下：

- a. 連續壁工程
- b. 支撐工程（設計、施工）
- c. 開挖、構築計劃
- d. 降水計劃

e. 其他工程

4. 建物保護計劃 (如土質改良)

5. 臨時應變計劃

3. 3 施工階段之工作

施工階段之觀測工作主要係由施工單位執行。工作內容如下：

1. 隨施工進行，依量測頻率，展開監測作業。
2. 計算量測結果，作初步判斷 (資料之正確性)，再將資料整理分析，供業主參考。必要時將整理分析結果提送設計單位作進一步研判。
3. 定期作監測儀器之校正。
4. 做好監測儀器之維修計劃。
5. 異常狀況應立刻採取行動，以控制施工安全，並迅速通知有關單位。

四、觀測系統與深開挖工程施工之配合事宜

觀測系統須與深開挖之施工密切配合，始能發揮其應有的功能。

茲舉其中重要事項討論如下：

1. 施工單位於擬訂觀測系統安裝位置時，除須參考設計者之構想以外，應針對其開挖施工計劃與現場狀況作適當的配置。觀測儀器應避免裝設於不便量測之處，亦應避免裝設於易遭損壞之處。故觀測計劃擬訂時應於現場實地勘查再行決定儀器裝設位置。此外，開挖區四周鄰近建築物之觀測儀器的安裝，尤須依現場勘查始能定位，因為設計者通常僅能對觀測點之數量作原則性的規定（例如：每一棟鄰房至少四點，或每一柱位設一點），但實際上是否能安裝，鄰房之屋主是否允許安裝，均須靠施工單位於現場切實勘查與協商始能定案。談到鄰房沈陷觀測點數究竟需要多少的問題，除了應考慮開挖深度、鄰房的老舊程度、基礎型式、基礎深度、鄰房與擋土壁之距離以外，尚須考慮工程規模、鄰近民眾的反應情況。因此，在某些情況必須在鄰房的每一柱位設一觀測點；某些情況下則僅須在每棟房屋的四個角隅各設一點即可，但若以考量基礎的差異沈陷之觀點而言，僅在四個角隅各設一點並不足供分析，較理想者應至少設九個點。

2. 觀測系統之裝設與觀測之時程應與開挖及支撐之施工時程密切配合。若未能密切配合，則可能導係之後果會是：(一)來不及安裝，施工照常進行，致該裝的儀器略而未裝，施工安全控制體系中出現盲點；或(二)等候儀器安裝，致工期延誤；或(三)緊急應付，草率安裝，致儀器功能不彰。因此，施工單位在研擬安裝計劃時須能確實掌握預定施工進度，例如：表四

所舉之一施工例，明訂各項儀器安裝之預定日期，均須與各階段之施工日期相配合。

3. 觀測系統既為施工安全控制之用，故綜合利用觀測資料及現場的施工記錄與查核資料，應為施工單位必須掌握之重點。而預擬各種緊急狀況之處理方式，亦極為重要。表五所列舉者為各種緊急狀況之處理方式與預防方式之一例，以供參考。

表四 觀測儀器安裝預訂進度表 (例)

1991 Year Planner

	8	9	10	11	12	
1						1
2						2
3	↑					3
4				⑥		4
5				↓		5
6						6
7		↑				7
8		↓				8
9	①	③				9
10		↓				10
11					×	11
12						12
13						13
14						14
15						15
16		×		↑		16
17				↓		17
18			⑤			18
19			↓			19
20				↑		20
21				↓		21
22				⑦		22
23						23
24	↑					24
25		↑				25
26	②					26
27	↓	④				27
28		↓				28
29						29
30						30
31						31

預定開挖

開挖完成

- 註：a. ①：沉陷點、建物傾斜計、水壓計、水位觀測井、傾度儀安裝。
 b. ②-⑦：第一至第六層支撐應變計安裝。
 c. 本表係以80年8月15日開挖為準，若開挖日期往前或往後變動，其預定裝設加期則按順序提前或延後。

表五 緊急狀況處理方式 (例)

狀況	處理不當狀況	建議處理方式	事先預防方式
擋土壁出現大量水及砂湧	<ol style="list-style-type: none"> 1. 壁外地層掏空、下陷 2. 公共設施及管線嚴重受損 3. 鄰房糾紛及索賠 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以砂包或泥土堵漏 2. 檢查公共設施及管線受損情形 3. 小心使用止水灌漿及改良地質 4. 積極處理後續狀況 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 注重擋土壁施工品質 2. 充分了解地層狀況及可能砂湧處 3. 點井降低水位應有抽水計劃
鄰房差異沉陷太大、或傾斜，或結構物出現裂縫	<ol style="list-style-type: none"> 1. 結構物持續破壞 2. 鄰房糾紛或索賠，甚至停工 3. 公共設施管線受損 4. 公共危險 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 挖土期間則暫停挖土，爭取時效完成支撐，並提高預壓力 2. 考慮低壓填縫灌漿，或其他土壤改良方式，再依鄰房結構資料檢討安全性 3. 儘量增加鄰房側土台之寬度 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 管制施工品質 2. 了解設計重點，監測公司預先提醒處理 3. 施工前鑑定重要鄰房 4. 不超挖
支撐超過容許荷重，或施工不良而潛藏危機	<ol style="list-style-type: none"> 1. 支撐系統失敗造成公共危險 2. 停工及賠償 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 增加水平支撐數量，或減小有效無支撐長度 2. 尋出主要原因並處理之，如溫度太高，……。 3. 掌握先機，改善施工不良處 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意將構台支撐樁與中間樁分開 2. 動員加強檢查支撐系統施工並注意盲點或弱點 3. 同步預壓 4. 監測公司配合管制預壓過程
開挖面土壤隆起量過大；配合傾斜儀底部土層位移量持續變大	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水平支撐挫曲 2. 連續壁結構扭曲 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 停止挖土，降低水位 2. 基地邊緣土台緊急回填 3. 考慮分區，以島式施工 4. 進行地質改良 5. 加速完成筏基大底 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 管制抽水計劃 2. 不超挖且筏基工進適當 3. 監測公司確實觀測及反應 4. 壁體深度選擇適當
連續壁側向位移太大，工地四周路面開裂，非重要結構之鄰房開裂	<ol style="list-style-type: none"> 1. 鄰房結構物破壞 2. 壁體應力太大致危及壁體結構安全 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 檢討造成之原因並預測未來破壞狀況 2. 加強內支撐系統 3. 地質改良或增設內RC牆 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解土層狀況及充分了解設計考量 2. 同步預壓，減少弱點 3. 監測公司及早發現變形，或鋼筋計逼近容許應力 4. 拆除斜撐時，加設暫代斜撐
持續驟雨；震動；重車等外加荷重太大	對整個安全系統產生不利影響，甚致失敗	避免持續外加荷重	<ol style="list-style-type: none"> 1. 施工規劃及協調完善 2. 構台勿用中間樁支承

註：本表僅供初步參考，遇狀況仍應根據現場情況綜合研判後再處理。