



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I627611 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 06 月 21 日

(21)申請案號：104119357

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 06 月 16 日

(51)Int. Cl. : *G08B31/00 (2006.01)* *G08B21/10 (2006.01)*
E02D17/20 (2006.01)

(30)優先權：2014/08/21 世界智慧財產權組織 PCT/JP2014/004303

(71)申請人：日本電氣股份有限公司 (日本) NEC CORPORATION (JP)
日本

(72)發明人：笠原梓司 KASAHARA, SHINJI (JP)

(74)代理人：洪澄文

(56)參考文獻：

TW	201139788A	CN	1715948A
JP	10-28937A	US	2003/0080304A1

審查人員：朱啓信

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：31 共 128 頁

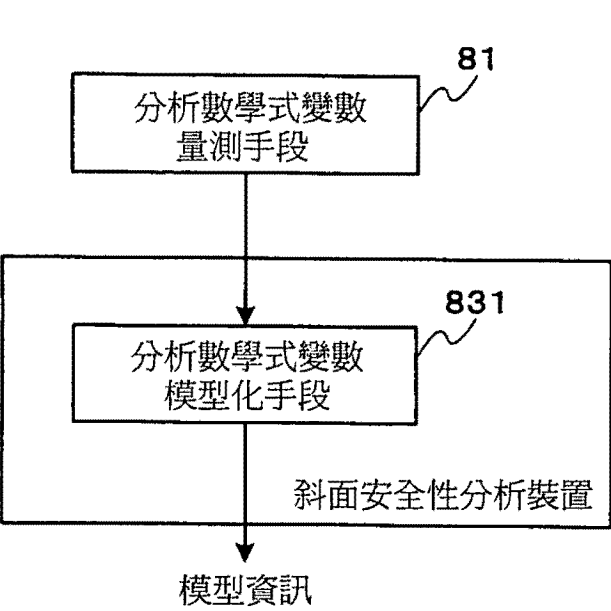
(54)名稱

斜面監視系統、斜面安全性分析裝置、方法以及記錄了程式之電腦可讀取的記錄媒體

(57)摘要

斜面監視系統的特徵為包括：分析數學式變數量測手段 81，係從至少具有任意之測試層或與構成監視對象斜面之物質層大致同性質的測試層之測試環境測量改變測試層的狀態時之分析數學式變數之各個的值及既定第 1 可觀測量的值；及分析數學式變數模型化手段 831，係根據從測試環境所得之各種值，對各個分析數學式變數，構築規定與和第 1 可觀測量相同或是和第 1 可觀測量之關係是已知之既定可觀測量的第 2 可觀測量或從第 2 可觀測量可算出之既定第 3 變數之關係的模型。

指定代表圖：



符號簡單說明：

81 . . . 分析數學式
變數量測手段

831 . . . 分析數學式
變數模型化手段

第29圖

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】 (中文/英文)

斜面監視系統、斜面安全性分析裝置、方法以及記錄了程式之電腦可讀取的記錄媒體

【技術領域】

【0001】 本發明係有關於一種監視斜面之安全性的斜面監視系統、斜面安全性分析裝置、斜面監視方法以及記錄了斜面監視程式之電腦可讀取的記錄媒體。

【先前技術】

【0002】 在評估斜面之安全性的方法之一，列舉 Fellenius 方法或修正 Fellenius 方法等之使用斜面穩定分析數學式來算出安全率的方法。安全率係評估斜面之安全性的指標，並以在斜面欲滑落之滑落力、與欲抑制滑落之阻力的比表示。在此值未滿 1，即滑落力比阻力更大時，被評估為具有崩潰的可能性。

【0003】 Fellenius 方法及修正 Fellenius 方法係使用土塊重量、間隙水壓、土塊之黏著力以及內部摩擦角，算出是根據重力之滑落力、與根據摩擦力或黏著力等之阻力的比之安全率的方法。

【0004】 與監視斜面之安全性的技術相關聯，有記載於例如專利文獻 1~專利文獻 4 的方法。

【先行專利文獻】

【專利文獻】

【0005】

[專利文獻 1]日本特開 2004－60311 號公報

[專利文獻 2]日本特開 2006－195650 號公報

[專利文獻 3]日本特開 2005－030843 號公報

[專利文獻 4]日本特開 2002－070029 號公報

【發明內容】

【發明所欲解決之課題】

【0006】 使用斜面穩定分析數學式來評估斜面之安全性之方法的課題在於難從監視對象斜面直接測量在斜面穩定分析數學式所使用之各變數。例如，在修正 Fellenius 方法，爲了求得安全率，不僅測量土塊重量與間隙水壓，還需要算出是土塊所具有之性質的黏著力及內部摩擦角。要從監視對象斜面直接測量這些變數，不僅需要將可測量土塊重量之重量計與可測量間隙水壓之間隙水壓計設置於監視對象斜面，而且爲了算出黏著力及內部摩擦角，需要測量構成監視對象斜面之土塊崩潰時之剪切應力。可是，具有從監視對象斜面直接測量這些全部的變數係困難，而且耗費亦昂貴的問題。

【0007】 在專利文獻 1 所記載之監視地基滑動的方法係爲了消除如上述所示之測量的困難，僅將在 Fellenius 方法所使用之變數中的間隙水壓，並將剩餘之變數，即土塊重量、黏著力以及內部摩擦角當作常數，求得監視對象斜面之安全率，以監視或預測地基滑動之發生。

【0008】 土塊係由土之粒子本身、粒子間之間隙所含的空氣以及水所構成。在因降雨而水量增加的過程，土之粒子間之間隙所含的空氣被壓出，而水分之佔有率變大。在此時，土塊

重量增加，而且是土塊之性質的黏著力及內部摩擦角變化。可是，在未考慮這些變動之專利文獻 1 所記載的方法具有所算出之安全率之精度變差的問題。

【0009】此外，在專利文獻 2，記載使用伸縮計或傾斜計之值來輸出警報的方法、及從藉雨量計所測量之雨量或藉地下水位計測量之水位求得土粒子間隙之水的飽和度，並用於安全率之分析的方法。可是，伸縮計或傾斜計係有根據斜面上之位置而變化的事例與不變化的事例，而具有是不正確的問題。又，因為這些感測器係因斜面崩潰之前兆以外的現象亦會發生變動，所以具有誤報的可能性。進而，在雨量計、水位計之量測值進行滲透流分析的情況，忽略因土之種類而異的滲透特性，而精度可能降低。又，是設置雨量計、水位計、伸縮計以及傾斜計的構成，具有在設置處之設備耗費變貴的問題。

【0010】又，在專利文獻 3，記載根據振動強度信號推算監視對象斜面內的體積含水率，再從所得之體積含水率分布推算斜面之崩潰危險度分布的方法。可是，推算體積含水率之分布，但是在從所推算之體積含水率評估崩潰危險度時，需要反映經驗或過去之實例、地質資料等，而具有若無法得到過去之資料的累積或充分之地質資料，則無法實現的問題。

【0011】又，在專利文獻 4，作為根據自監視對象斜面所測量之土質係數的實測資料，製作力學模型的例子之一，記載根據土之飽和度(飽水土)之空間性分布，推測表示重量增加或剪切強度降低之物性質的例子。可是，在僅從起始資料製作力學模型上，因為將本來伴隨飽和度而變動的值當作常數來製作模

型，所以具有隨著崩潰之危險性升高，所算出之斜面的安全性之精度變低的問題。

【0012】 因此，本發明之目的在於提供一面迴避對監視對象斜面之量測的困難性，一面可高精度地監視或預測監視對象斜面之安全性的斜面監視系統、斜面安全性分析裝置、斜面監視方法以及記錄了斜面監視程式之電腦可讀取的記錄媒體。

【解決課題之手段】

【0013】 本發明之斜面監視系統係包括：分析數學式變數量測手段，係從至少具有是由具有與構成監視對象斜面之物質層大致相同之種類、乾燥密度以及壓實度的物質群所構成之物質層的測試層之測試環境，測量改變測試層的狀態時之是既定斜面穩定分析數學式所需之變數的分析數學式變數之各個的值、與因應於測試層之狀態而變化之既定第 1 可觀測量的值；及斜面安全性分析裝置；其特徵為：斜面安全性分析裝置係包含分析數學式變數模型化手段，該分析數學式變數模型化手段係根據藉分析數學式變數量測手段所得之分析數學式變數之各個的值、與第 1 可觀測量的值，對各個分析數學式變數，構築規定與和第 1 可觀測量相同或是和第 1 可觀測量之關係是已知之既定可觀測量的第 2 可觀測量或從第 2 可觀測量可算出之既定第 3 變數之關係的模型。

【0014】 又，本發明之斜面安全性分析裝置係特徵為：包括分析數學式變數模型化手段，該分析數學式變數模型化手段係根據從至少具有是由具有與構成監視對象斜面之物質層大致相同之種類、乾燥密度以及壓實度的物質群所構成之物質層

之例子的流程圖。

第 4 圖係表示在第 1 實施形態之斜面監視系統的加水、加振測試之例子的流程圖。

第 5 圖係表示第 1 實施形態之斜面監視系統的衰減率之算出方法之例子的流程圖。

第 6 圖係表示第 1 實施形態之斜面監視系統的衰減率之算出方法之其他的例子的流程圖。

第 7 圖係表示第 1 實施形態的斜面監視系統之在實斜面監視階段的動作之一例的流程圖。

第 8 圖係表示第 2 實施形態之斜面監視系統之構成例的方塊圖。

第 9 圖係表示第 2 實施形態的斜面監視系統之在模型學習階段的動作之一例的流程圖。

第 10 圖係表示第 2 實施形態的斜面監視系統之在實斜面監視階段的動作之一例的流程圖。

第 11 圖係表示第 3 實施形態之分析數學式變數模型提供系統之構成例的方塊圖。

第 12 圖係表示第 3 實施形態之在模型判定階段的動作之一例的流程圖。

第 13 圖係表示分布之類似否判定之例子的說明圖。

第 14 圖係表示分布之類似度的算出方法之例子的說明圖。

第 15 圖係表示第 4 實施形態之分析數學式變數模型提供系統之構成例的方塊圖。

第 16 圖係表示第 4 實施形態之在模型判定階段的動作之

一例的流程圖。

第 17 圖係第 1 實施例之斜面監視系統的構成圖。

第 18 圖係表示藉三軸壓縮測試所得之黏著力 c 及內部摩擦角 ϕ 之值的說明圖。

第 19 圖係表示在加水、加振測試所使用之種植機之一例的說明圖。

第 20 圖係表示藉加水、加振測試所得之各種值的說明圖。

第 21 圖係表示監視對象斜面及設置於監視對象斜面之實斜面量測機器之例子的說明圖。

第 22 圖係表示藉加水動作從第 1 實施例之實斜面所得之各種值的說明圖。

第 23 圖係第 3 實施例之斜面監視系統的構成圖。

第 24 圖係表示藉加水動作從第 3 實施例之實斜面所得之各種值的說明圖。

第 25 圖係表示藉加水動作從第 3 實施例之實斜面所得之各種值的說明圖。

第 26 圖係第 8 實施例之斜面監視系統的構成圖。

第 27 圖係第 9 實施例之斜面監視系統的構成圖。

第 28 圖係表示本發明之斜面監視系統之概要的方塊圖。

第 29 圖係表示本發明之斜面監視系統之其他的構成例的方塊圖。

第 30 圖係表示本發明之斜面監視系統之其他的構成例的方塊圖。

第 31 圖係表示本發明之斜面監視系統之其他的構成例的

方塊圖。

【實施方式】

【0019】 以下，參照圖面，說明本發明之實施形態。在以下，以使用如第(1)數學式所示之 Fellenius 方法的斜面穩定分析數學式來監視及預測斜面之安全性的情況為例，說明各實施形態，但是在本發明所使用之斜面穩定分析數學式係未限定為 Fellenius 方法。

【0020】 [第 1 數學式]

$$F_s = \frac{\sum \{c + (W - u) \cos \alpha \cdot \tan \phi\}}{\sum W \sin \alpha} \quad \dots (1)$$

【0021】 首先，說明根據 Fellenius 方法之斜面的安全性之分析方法的原理。在 Fellenius 方法之斜面的安全性係根據使用在各分割片之斜面方向作用的剪切應力與阻止該剪切應力所造成之滑落的剪切阻力所算出之安全率 F_s 所評估。

【0022】 而，在表示地基之強度的指標之一有剪切強度。剪切強度係被定義為抵抗是滑落力的剪切應力之最大的剪切阻力，若依據被稱為庫倫數學式之以下的第(2)數學式，以土壤所具有之黏著力 c 、與根據作用於剪切面上之垂直應力 σ 之阻力 ($\sigma \tan \phi$) 的和表示。在此， s 是剪切強度， $\tan \phi$ 係根據是表示土壤之性質的參數之一的內部摩擦角 ϕ 之有效摩擦係數。

【0023】 $s = c + \sigma \tan \phi \quad (2)$

【0024】 根據第(2)數學式所表示之作用於剪切面上之垂直應力 σ 與剪切強度 s 的關係被稱為破壞基準或破壞包絡線。根據這種破壞基準，例如，根據一面剪切測試等，在改變施加於

測試體(土塊等)之垂直負載下，求得破壞時之剪切應力，藉此，可求得該測試體所具有之黏著力 c 與內部摩擦角 ϕ 。

【0025】 在 Fellenius 方法，各分割片之剪切應力係以該分割片(土塊等)之作爲施加於該分割片之重力的重量 W 與傾斜斜度角 α 所表示(參照第(1)數學式之分母)。另一方面，各分割片之剪切阻力係根據上述之庫倫數學式，以該分割片(土塊)之黏著力 c 、與根據垂直應力的阻力 $((W - u)\cos\alpha \cdot \tan\phi)$ 所表示(參照第(1)數學式之分子)。此外， u 係間隙水壓。

【0026】 作爲 Fellenius 方法以外之例子，有 Bishop 方法。在 Bishop 方法，從旋轉力矩之平衡數學式導出是圓弧滑動對應之數學式之以下的第(3)數學式，作爲斜面安定分析數學式。此外，在第(3)數學式所使用之參數係與 Fellenius 方法相同。

【0027】 [第 2 數學式]

$$F_s = \frac{1}{\sum W \sin \alpha} \sum \left\{ \frac{c + (W - u) \tan \phi}{\cos \alpha + \left(\frac{\sin \alpha \tan \phi}{F_s} \right)} \right\} \dots (3)$$

【0028】 在其他，有 Janbu 方法。在 Janbu 方法，除了與 Fellenius 方法、Bishop 方法共同的參數以外，還加入水平外力 Q 及土塊側面之鉛垂力的差 ΔX 。具體而言，以下的第(4)數學式用作斜面安定分析數學式。在第(4)數學式，因爲水平外力 Q 及土塊側面之鉛垂力的差 ΔX 係與外力相依的參數，所以受到土質本身影響的參數係與 Fellenius 方法、Bishop 方法相同。

【0029】 [第 3 數學式]

有助於剪切強度的係僅土粒所造成之垂直阻力，所以在算出剪切強度，即最大之剪切阻力時，必須使用從是施加於土塊之重力的重量減去間隙水壓與間隙氣壓所得之視在的垂直應力。此外，在上述之第(1)數學式，間隙氣壓係可忽略之程度而被省略。

【0043】 而，若土壤之含水比變大，該視在的垂直應力係變小。進而，係對該垂直應力相乘或相加之係數的有效摩擦係數及黏著力係以在斜面滑落時剪切應力與剪切強度平衡之方式所設定的係數。得知這些的值亦隨著土壤之含水比的上升而減少。因此，若土壤之含水比增加，因為是滑落力之剪切應力變大，是阻力之剪切強度變小，所以發生斜面崩潰。

【0044】 在以下之實施形態，說明用以藉由測量在對土壤所含之水量或土壤施加振動時所得的振動波形，偵測土壤之含水比的增加，並據此評估斜面崩潰之危險性的構成。若土壤所含之水量增加，當然，含水比增加。又，若土壤之含水比增加，因為每單位體積之質量變大，所以土壤之共振頻率的值變化。因此，與共振頻率相關之共振銳度的值亦變化。因為共振銳度與振動波形之衰減率係成反比關係，所以衰減率亦伴隨質量之變化而變化。因此，可將土壤所含之水量的變化或從在土壤所產生之振動波形算出之衰減率的變化解讀為含水比的變化，進而斜面崩潰之危險性的變化。

【0045】 依此方式，在本發明，作成藉由測量對因應於構成斜面之物質層(土壤等)的狀態而變化化之既定量(在上述之例子為含水比)有影響的既定可觀測量(水量或振動波形)，可掌握斜面崩潰之危險性的變化。因此，只是測量該可觀測量，可

高精度地監視或預測監視對象斜面的安全性。此外，對斜面崩潰之危險性帶來變化的量係未限定為含水比。該量係只要因應於構成斜面之物質層的狀態而變化化的量即可，例如亦可是構成斜面之物質層所含之粒子的密度、或壓實度等。而且，實際所測量之可觀測量只要係可直接或間接地觀測該量的量，無特別限定。又，構成斜面之物質層係未限定為土壤，例如，亦可是混凝土等。

第 1 實施形態

【0046】 第 1 圖係表示本實施形態之斜面監視系統之構成例的方塊圖。第 1 圖所示之斜面監視系統 100 包括各種感測器(應力感測器 101、應力感測器 102、水分計 103、水分計 104、振動感測器 105、間隙水壓計 106、重量計 107 以及振動感測器 108)、第 1 模型化手段 110、第 2 模型化手段 120、模型變換手段 130、模型資訊記憶手段 140 以及實斜面監視手段 150。

【0047】 此外，在本實施形態，作為監視之前處理，進行 2 種測試。第 1 測試係剪切測試，該剪切測試係用以得到在第 1 模型化手段 110 之模型學習所使用之資料的測試，對具有相異之含水比之測試層的各個測試體，一面改變所施加之垂直負載 P 的值，一面施加剪切應力至破壞，測量那時的剪切應力 τ 。測試體係只要至少具有是與構成監視對象斜面之物質層中有可能崩潰之物質層(以下稱為滑動層)大致同性質之物質層的測試層即可。例如，亦可測試體係具有由與構成監視對象斜面之滑動層的土砂等之物質層大致相同的種類、乾燥密度以及壓實度的物質群所構成之測試層的試料。

【0048】 第 2 測試係加水、加振測試，該加水、加振測試係用以得到在第 2 模型化手段 120 之模型學習所使用之資料的測試，使用具有預先將含水比調整成小值之測試層的測試體，對該測試層進行加水，並在分段地使測試層所含之水量逐漸增加的過程，適當地施加振動，取得振動波形，同時測量該測試層之重量 W 與間隙水壓 u 。

【0049】 應力感測器 101 係在是第 1 測試之剪切測試，測量作用於測試層之垂直應力 σ 。

【0050】 亦可應力感測器 101 係例如在對具有相異之含水比之測試層的各個測試體所進行的剪切測試，測量是在使垂直負載(壓縮力) P 作用於該測試體時所響應之應力的垂直應力 σ ，並輸出表示量測結果之垂直應力資料的感測器。

【0051】 應力感測器 102 係在是第 1 測試之剪切測試，測量作用於測試層之剪切應力 τ 。亦可應力感測器 102 係例如在對具有相異之含水比之測試層的各個測試體所進行的剪切測試，測量是在使彼此反向之一對剪切力與該測試體之剪切面平行地作用時所產生之應力的剪切應力 τ ，並輸出表示量測結果之剪切應力資料的感測器。

【0052】 應力感測器 101 及應力感測器 102 係例如是設置於三軸壓縮測試裝置的感測器，在使用該三軸壓縮測試裝置所進行之剪切測試測量垂直應力 σ 及剪切應力 τ ，亦可因應於使用者之操作，輸出表示所測量之各個垂直應力 σ 及剪切應力 τ 的垂直應力資料及剪切應力資料。

【0053】 水分計 103 係在是第 1 測試之剪切測試，測量測

試層所含的水量 m 。水分計 103 係例如亦可是測量所準備之相異之含水比的各個測試層所含的水量 m ，並輸出表示量測結果之水量資料的感測器。水分計 103 係例如在測試層是土層的情況，亦可是可測量土中之水量的量測機器。所測量之水量之值的形式無特別限定。例如，亦可是體積含水率，亦可是重量含水率。此外，在測試體之測試層被預先調整成既定含水比的情況等測試層所含之水量係已知的情況，亦可省略水分計 103，而使用者直接輸入水量資料。作為此時之水量 m ，亦可使用含水比。

【0054】 第 1 模型化手段 110 係根據藉使用具有相異之含水比之測試層的複數個測試體之剪切測試所得的黏著力 c 及內部摩擦角 ϕ 之各個的值、與那時之水量 m ，構築規定黏著力 c 與水量 m 之關係的黏著力－水量模型及規定內部摩擦角 ϕ 與水量 m 之關係的內部摩擦角－水量模型。

【0055】 第 1 模型化手段 110 係更具體而言，包含黏著力、內部摩擦角算出手段 111 與黏著力、內部摩擦角模型化手段 112。

【0056】 內部摩擦角算出手段 111 係根據對相異之含水比之測試層各自進行剪切測試的結果之自應力感測器 101 及應力感測器 102 所得的垂直應力資料及剪切應力資料，算出各測試層之黏著力 c 及內部摩擦角 ϕ 。亦可黏著力、內部摩擦角算出手段 111 係例如對各測試層，將藉垂直應力資料及剪切應力資料所示之破壞時的剪切應力 τ 作為剪切強度 s ，與那時之垂直應力 σ 一起套入第(2)數學式所示之庫倫的數學式，藉此，算出

Fs。

【0076】 判定手段 152 係根據藉安全率算出手段 151 所算出之安全率，判斷是否輸出警報。

【0077】 警報手段 153 係因應於來自判定手段 152 的要求，輸出警報。

【0078】 在本實施形態，第 1 模型化手段 110、第 2 模型化手段 120、模型變換手段 130 以及實斜面監視手段 150 係例如藉根據斜面監視程式動作之 CPU 等所實現。在此情況，CPU 讀入斜面監視程式後，根據該程式，作為第 1 模型化手段 110、第 2 模型化手段 120、模型變換手段 130 以及實斜面監視手段 150 動作即可。又，亦可斜面監視程式係記錄於電腦可讀取的記錄媒體。又，模型資訊記憶手段 140 係藉記憶裝置所實現。

【0079】 此外，雖省略圖示，本實施形態之斜面監視系統 100 採用以下的構成，包括感測器資料受理手段，該感測器資料受理手段從各種感測器與測試條件一起受理感測器資料(垂直應力資料、剪切應力資料、水量資料以及波形資料等)，並因應於需要，輸出至第 1 模型化手段 110、第 2 模型化手段 120、或實斜面監視手段 150。此外，亦可第 1 模型化手段 110、第 2 模型化手段 120、或實斜面監視手段 150 之感測器資料處理手段直接受理感測器資料，又，亦可這些感測器資料處理手段被包含於與感測器相同的裝置(測試裝置或監視裝置等)。

【0080】 其次，說明本實施形態的動作。第 2 圖~第 7 圖係表示本實施形態之斜面監視系統的動作之一例的流程圖。本實施形態的動作係大致上，可分成模型學習階段與實斜面監視階

段之 2 個階段。此外，在以下，以構成監視對象斜面之物質層係土層的情況為例，說明之，但是監視對象斜面之物質層係未限定為土層。

【0081】 首先，說明模型學習階段的動作。第 2 圖係表示在模型學習階段之本實施形態的動作之一例的流程圖。在第 2 圖所示之例子，首先，實施三軸壓縮測試(剪切測試)(步驟 S11)。

【0082】 第 3 圖係表示剪切測試之例子的流程圖。在第 3 圖所示之剪切測試，首先，準備調整既定含水比的土塊(測試體)(步驟 S111)。測試體之土係使用與實斜面之土同性質者。在此，作為測試體，對由與實斜面之土同一種類、乾燥密度以及壓實度之土所構成的土塊，改變含水比而製作複數個。

【0083】 接著，使用水分計 103，測量所準備之土塊的水量(步驟 S112)。

【0084】 然後，將所準備之土塊設定於包括應力感測器 101 及應力感測器 102 的三軸壓縮測試裝置，進行壓縮，並測量壓縮時之垂直應力 σ 與剪切應力 τ (步驟 S113~步驟 S115)。

【0085】 至達到必要次數，重複地實施步驟 S114~S115 的壓縮及應力量測(步驟 S116)。一般最少實施 3 次。藉此，對一塊土塊，得到與至少複數個垂直負載對應之剪切時的垂直應力資料及剪切應力資料。

【0086】 至達到模型化所需之樣本數，對已改變含水比之土塊進行相同的動作(步驟 S117)。藉此，對相異之含水比之各個土塊，得到水量資料、與複數個垂直負載對應之剪切時的垂直應力資料及剪切應力資料。

【0087】 藉剪切測試，對相異之含水比之各個土塊，得到水量資料、與複數個垂直負載對應之剪切時的垂直應力資料及剪切應力資料時，黏著力、內部摩擦角算出手段 111 係根據所得之垂直應力資料及剪切應力資料，算出黏著力 c 及內部摩擦角 ϕ (第 2 圖之步驟 S12)。

【0088】 然後，黏著力、內部摩擦角模型化手段 112 係根據所得之水量資料、所算出之黏著力 c 及內部摩擦角 ϕ ，學習對水量 m 的變化之黏著力 c 的變化及對水量 m 的變化之內部摩擦角 ϕ 的變化，並構築黏著力－水量模型及內部摩擦角－水量模型(步驟 S13)。

【0089】 接著，使用由與在步驟 S11 之剪切測試所使用的土同一種類、乾燥密度以及壓實度之土所構成的測試體，實施加水、加振測試(步驟 S14)。

【0090】 第 4 圖係表示加水、加振測試之例子的流程圖。在第 4 圖所示之加水、加振測試，首先，準備由與在剪切測試所使用的土同一種類、乾燥密度以及壓實度之土所構成，而且含水比相對地少的土塊(測試體)(步驟 S121)。在此，作為測試體，製作被調整成含水比比在剪切測試所使用的測試體中具有最小之含水比的測試層之測試體更少的測試層的土塊。

【0091】 然後，將所準備之土塊設定於包括水分計 104、振動感測器 105、間隙水壓計 106 以及重量計 107 的測試機，測量水量 m 、間隙水壓 u 以及重量 W (步驟 S122~步驟 S124)。藉此，得到在至少加水前之含水比已知的狀態之土塊的水量資料、間隙水壓資料以及重量資料。

【0092】 接著，對土塊施加振動，並測量其振動波形(步驟 S125、步驟 S126)。藉此，得到在至少加水前之含水比已知的狀態之土塊的波形資料。

【0093】 然後，對土塊逐次添加水至土變成飽和(步驟 S127、步驟 S128)後，進行相同的量測(回到步驟 S122)。藉此，在至土變成飽和之加水過程的各狀態(加水前及每次加水)之土塊的水量資料、間隙水壓資料、重量資料以及波形資料。此外，「土變成飽和」係具體而言，成為水無法滲入土之狀態。此外，除了加水至土變成飽和的方法以外，亦有加水既定次數份量的方法。

【0094】 藉加水、加振測試，對至少一塊土塊(測試體)。得到在含水比相異之狀態的水量資料、間隙水壓資料、重量資料以及波形資料時，首先，衰減率算出手段 121 根據所得之波形資料，算出在各狀態之振動波形的衰減率 δ (第 2 圖之步驟 S15)。

【0095】 第 5 圖係表示衰減率之算出方法之例子的流程圖。亦可衰減率算出手段 121 係例如根據第 5 圖所示之方法，求得振動波形之衰減率 δ 。在第 5 圖所示之例子，衰減率算出手段 121 係首先，從所得之波形資料在作為分析對象之頻率區域進行濾波(步驟 S131)，再從所得之頻率區域的時系列波形資料檢測出第 1 尖峰值(振幅之最大值)(步驟 S132)。

【0096】 接著，衰減率算出手段 121 係以所檢測出之第 1 尖峰值為基準，決定切出期間後，從頻率區域的時系列波形資料切出該期間的資料(步驟 S133)。然後，衰減率算出手段 121 係從所切出之波形資料檢測出第 2 尖峰值(振幅之第 2 大的

值)(步驟 S134)。

【0097】 接著，衰減率算出手段 121 係從所檢測出之第 1 尖峰值與第 2 尖峰值的差分，即尖峰至尖峰(Peak to Peak)的值，算出衰減率 δ (步驟 S135)。在此時，亦可亦檢測出第 3 尖峰值以後的值，並從與前一個尖峰值的差分各自算出衰減率，並取這些衰減率的平均值。

【0098】 又，第 6 圖係表示衰減率之算出方法之其他的例子的流程圖。亦可衰減率算出手段 121 係例如根據第 6 圖所示之方法，求得振動波形的衰減率 δ 。在第 6 圖所示之例子，衰減率算出手段 121 係首先，從所得之波形資料在作為分析對象之頻率區域進行濾波(步驟 S141)。

【0099】 衰減率算出手段 121 係對進行濾波所得之頻率區域的時系列波形資料實施頻率變換，而得到頻率響應(步驟 S142)。然後，取得在該頻率響應之尖峰頻率(步驟 S143)。

【0100】 接著，衰減率算出手段 121 係將所得之尖峰頻率當作從物理模型可導出之頻率響應函數的共振頻率，產生將衰減比作為變數的頻率響應函數(步驟 S144)。

【0101】 然後，衰減率算出手段 121 係對在步驟 S142 所得之頻率響應的資料，將所產生之頻率響應函數進行配適(fitting，近似)，鑑定最佳之衰減比(步驟 S145)。亦可衰減率算出手段 121 係例如使用稱為曲 1 線配適之手法，將所設想之頻率響應函數的分析數學式中的固有振動頻率、衰減比、振動模式等之模態參數設定成適當的值，藉此，進行使所實測之頻率響應函數與模型之頻率響應函數盡量似近的處理，鑑定是從

其結果所得之最佳的模態參數之一的衰減比，作為最佳的衰減比。接著，根據所得之衰減比，算出衰減率 δ (步驟 S146)。

【0102】 依此方式，衰減率算出手段 121 係根據藉加水、加振測試所得之在加水過程的各狀態(加水前及每次加水)之波形資料，算出各狀態的衰減率 δ 。此外，藉由對各波形資料賦與取得之時刻資訊或既定之識別編號等，可識別是在何種狀態時的波形資料。

【0103】 在步驟 S16，重量模型化手段 124 根據所算出之在加水過程之各狀態的衰減率 δ 、與藉加水、加振測試所得之在加水過程之各狀態的重量資料，將重量 W 作為衰減率 δ 之函數進行學習，而構築重量－衰減率模型。又，間隙水壓模型化手段 123 根據所算出之在加水過程之各狀態的衰減率 δ 、與藉加水、加振測試所得之在加水過程之各狀態的間隙水壓資料，將間隙水壓 u 作為衰減率 δ 之函數進行學習，而構築間隙水壓－衰減率模型。

【0104】 進而，水量模型化手段 122 根據所算出之在加水過程之各狀態的衰減率 δ 、與藉加水、加振測試所得之在加水過程之各狀態的水量資料，將水量 m 作為衰減率 δ 之函數進行學習，而構築水量－衰減率模型(步驟 S17)。

【0105】 然後，模型變換手段 130 係使用在步驟 S17 所得之水量－衰減率模型，將在步驟 S13 所得之黏著力、－水量模型及內部摩擦角－水量模型變換成是將各個衰減率作為模型化輸入變數之模型的黏著力－衰減率模型及內部摩擦角－衰減率模型(步驟 S18)。

【0106】 最後，將在步驟 S16 及步驟 S18 所得之模型的資訊，即重量－衰減率模型、間隙水壓－衰減率模型、黏著力－衰減率模型以及內部摩擦角－衰減率模型的資訊記憶於模型資訊記憶手段 140。

【0107】 根據以上的動作，對 4 個分析數學式變數的全部，構築根據衰減率 δ 之函數模型的模型學習階段結束。此外，在上述之例子，在進行剪切測試後，進行加水、加振測試，但是測試之順序係無特別限定。

【0108】 又，在上述，表示黏著力、內部摩擦角模型化手段 112 對藉剪切測試可得到狀態變化時之值的分析數學式變數(在本例的情況為黏著力 c 及內部摩擦角 ϕ)，在以在該剪切測試所得之可觀測量(在本例的情況為水量 m)模型化後，模型變換手段 130 根據藉水量模型化手段 122 所構築之水量－衰減率模型，變換成將在實斜面所測量之是可觀測量的衰減率 δ 作為模型化輸入變數之模型的例子，但是亦可黏著力、內部摩擦角模型化手段 112 直接構築將衰減率作為模型化輸入變數之模型。

【0109】 在這種情況，黏著力、內部摩擦角模型化手段 112 係不是在該步驟 S13 的時序，而是在該步驟 S18 的時序，進行如下述所示之模型構築處理即可。即，亦可黏著力、內部摩擦角模型化手段 112 係在 2 種測試結束而全部之資料齊全後，利用藉水量模型化手段 122 所構築之水量－衰減率模型，將在剪切測試所使用之各測試體的水量 m 變換成衰減率 δ 後，將黏著力 c 及內部摩擦角 ϕ 各個作為衰減率 δ 的函數來學習，構築

黏著力－衰減率模型及內部摩擦角－衰減率模型。在此時，該步驟 S18 的動作係被省略。此外，在加水、加振測試，在得到與得到在黏著力 c 及內部摩擦角 ϕ 之算出所使用的垂直應力資料及剪切應力資料時相同之條件下的波形資料，即，與在剪切測試所使用之各測試體的水量 m 相同之水量 m 時的波形資料的情況，因為不利用水量－衰減率模型，亦可將水量 m 變換成衰減率 δ ，所以步驟 S17 之水量－衰減率模型的構築處理是亦可省略。

【0110】 其次，說明實斜面監視階段的動作。第 7 圖係表示在實斜面監視階段之本實施形態的動作之一例的流程圖。在第 7 圖所示之例子，首先，使用設置於實斜面之振動感測器 108，測量在監視對象斜面之滑動層所產生的振動波形(步驟 S21)。藉此，得到表示是對現在之滑動層的含水比有影響之可觀測量的振動波形之波形資料。

【0111】 接著，安全率算出手段 151 係從所得之波形資料算出對象斜面之振動波形的衰減率 δ (步驟 S22)。

【0112】 然後，安全率算出手段 151 係根據所算出之衰減率 δ ，使用模型資訊記憶手段 140 所記憶之 4 種模型，推測在監視對象斜面之振動波形量測時之 4 個分析數學式變數的值。接著，將所推測之各值應用於斜面穩定分析數學式，算出安全率 F_s (步驟 S23)。

【0113】 判定手段 152 係根據所算出之安全率 F_s ，判定是否輸出警報(步驟 S24)。亦可判定手段 152 係例如，若所算出之安全率 F_s 低於既定臨限值，判定輸出警報(步驟 S24 之 YES)。

【0114】 警報手段 153 係在藉判定手段 152 判定輸出警報的情況，輸出警報(步驟 S25)。

【0115】 例如重複步驟 S21~ S25 的動作至有監視結束之指示(步驟 S26)。

【0116】 如以上所示，若依據本實施形態，預先使用與實斜面同性質的土，對分析數學式變數之全部，預先與從因應於構成實斜面之物質層(土砂等)的狀態而變化化之可觀測量可算出的既定變數(在此為振動波形的衰減率)結合並學習，藉此，只是將可測量該可觀測量之感測器(振動感測器)設置於實斜面，可高精度地算出安全率 F_s 。因此，可一面迴避對實斜面之量測的困難性，一面高精度地監視斜面的安全性。

【0117】 又，若依據本實施形態，只是將一種感測器(振動感測器)設置於實斜面，可高精度地監視斜面的安全性。

第 2 實施形態

【0118】 其次，參照圖面，說明本發明之第 2 實施形態。在以下，對與第 1 實施形態一樣者附加相同的符號，並省略說明。

【0119】 第 8 圖係表示本發明之第 2 實施形態的斜面監視系統之構成例的方塊圖。第 8 圖所示之斜面監視系統 200 包括各種感測器(應力感測器 101、應力感測器 102、水分計 103、水分計 104、間隙水壓計 106、重量計 107 以及水分計 208)、第 1 模型化手段 110、第 2 模型化手段 220、模型資訊記憶手段 240 以及實斜面監視手段 250。

【0120】 此外，在本實施形態，亦作為監視之前處理，進

行 2 種測試。第 1 測試係剪切測試，該剪切測試係用以得到在第 1 模型化手段 110 之模型學習所使用的資料。第 2 測試係加水測試，該加水測試係用以得到在第 2 模型化手段 220 之模型學習所使用之資料的測試，對將含水比調整成小值之測試層進行加水，並在分段地使水量逐漸增加的過程，取得測試層所含的水量 m ，而且測量重量 W 與間隙水壓 u 。

【0121】 在本實施形態，第 2 模型化手段 220 係根據藉加水測試所得之在加水過程之測試層的水量 m 、重量 W 以及間隙水壓 u 之各個的值，構築規定重量 W 與水量 m 之關係的重量－水量模型及規定間隙水壓 u 與水量 m 之關係的間隙水壓－水量模型。

【0122】 第 2 模型化手段 220 係更具體而言，包含間隙水壓模型化手段 223 與重量模型化手段 224。

【0123】 間隙水壓模型化手段 223 係根據藉間隙水壓計 106 所得之在加水過程之測試層的間隙水壓 u 、與藉水分計 104 所得之在加水過程之測試層的水量 m ，構將作為間隙水壓 u 作為水量 m 之函數所模型化的間隙水壓－水量模型。

【0124】 重量模型化手段 224 係根據藉重量計 107 所得之在加水過程之測試層的重量 W 、與藉水分計 104 所得之在加水過程之測試層的水量 m ，構築將重量 W 作為水量 m 之函數所模型化的重量－水量模型。

【0125】 模型資訊記憶手段 240 係將各個分析數學式變數作為根據在實斜面可測量之可觀測量所學習之模型的資訊，至少記憶重量－水量模型、間隙水壓－水量模型、黏著力－水量

模型以及內部摩擦角－水量模型的資訊。

【0126】 亦可模型資訊記憶手段 240 係例如，對上朮之各模型，記憶鑑定函數模型之參數、或組裝以模型化輸入變數為引數並送回分析數學式變數之值的處理之模組的位址等，作為模型之資訊。

【0127】 水分計 208 係測量在實斜面之滑動層所含的水量 m 。亦可水分計 208 係例如設置於實斜面之滑動層，測量該滑動層所含的水量 m ，並輸出表示量測結果之水量資料的感測器。

【0128】 實斜面監視手段 250 係根據藉水分計 208 所得之實斜面之滑動層的水量 m ，算出實斜面之安全率，並因應於需要，輸出警報。實斜面監視手段 250 係更具體而言，包含安全率算出手段 251、判定手段 152 以及警報手段 153。

【0129】 安全率算出手段 251 係根據藉水分計 208 所得之實斜面之滑動層所含的水量 m 、模型資訊記憶手段 240 所記憶之重量－水量模型、間隙水壓－水量模型、黏著力－水量模型以及內部摩擦角－水量模型的資訊，算出該水量量測時之實斜面的安全率 F_s 。安全率算出手段 251 係具體而言，根據實斜面之水量 m 的值，使用上述之各模型，算出各分析數學式變數之值，即重量 W 、間隙水壓 u 、黏著力 c 以及內部摩擦角 ϕ 之值，再將所得之值應用於上述之第(1)數學式，算出安全率 F_s 。

【0130】 又，亦可本實施形態之安全率算出手段 251 係不僅根據水量資料，還在已輸入表示預測雨量之預測雨量資料的情況，根據該水量資料與該預測雨量資料，預測未來之實斜面

之滑動層所含的水量 m ，再使用該預測之水量 m ，算出未來之實斜面的安全率 F_s 。藉此，可更提早地偵測土地滑動之危險性。

【0131】 此外，爲了易於從水量資料與該預測雨量資料預測未來的水量 m ，例如，亦可重量模型化手段 224 將自在加水測試之加水量所示的累積加水量看成累積降雨量，對在各狀態之水量 m ，構築以累積降雨量所模型化的水量－累積降雨量模型。

【0132】 在這種情況，亦可安全率算出手段 251 係使用水量－累積降雨量模型，從水量資料所示之現在的水量 m 求得現在之累積降雨量，而且更使用預測雨量資料，求得未來之累積降雨量，再根據所求得之未來的累積降雨量與水量－累積降雨量模型，推測未來的水量 m 。依此方式，若得到未來的水量 m ，使用各分析數學式變數的模型，求得未來的安全率 F_s 。

【0133】 此外，作爲預測安全率 F_s 的方法，除了構築在實斜面之可觀測量(在本例爲水量 m)－累積降雨量模型以外，亦可將加水量看成每既定單位時間的降雨量，構築對該降雨量之可觀測量的變動模型。利用該變動模型，從自實斜面所得之現在的可觀測量與預測雨量資料預測未來的可觀測量，可預測未來的安全率 F_s 。

【0134】 其次，說明本實施形態的動作。第 9 圖及第 10 圖係表示本實施形態之斜面監視系統的動作之一例的流程圖。關於動作，亦與第 1 實施形態一樣者係附加相同的符號，並省略說明。

【0135】 第 9 圖係表示在模型學習階段之本實施形態的動

作之一例的流程圖。如第 9 圖所示，替代加水、加振測試，進行加水測試(步驟 S31)。此外，在本實施形態之加水測試係省略第 4 圖所示之加水、加振測試的動作之步驟 S125~步驟 S126 的動作即可。藉此，得到至土變成飽和之在加水過程之各狀態(加水前及每次加水)的水量資料、間隙水壓資料以及重量資料。

【0136】 藉加水測試，對至少一塊土塊(測試體)。得到在含水比相異之狀態的水量資料、間隙水壓資料以及重量資料時，移至步驟 S32。

【0137】 在步驟 S32，重量模型化手段 224 根據藉加水測試所得之在加水過程之各狀態的水量資料及重量資料，將重量 W 作為水量 m 之函數進行學習，而構築重量－水量模型。又，間隙水壓模型化手段 223 根據藉加水測試所得之在加水過程之各狀態的水量資料及間隙水壓資料，將間隙水壓 u 作為水量 m 之函數進行學習，而構築間隙水壓－水量模型。

【0138】 然後，將在步驟 S13 及步驟 S32 所得之模型的資訊，即黏著力－水量模型、內部摩擦角－水量模型、重量－水量模型以及間隙水壓－水量模型的資訊記憶於模型資訊記憶手段 240。

【0139】 根據以上的動作，對 4 個分析數學式變數的全部，構築根據水量 m 之函數模型的模型學習階段結束。此外，在上述之例子，在進行剪切測試後，進行加水測試，但是測試之順序係無特別限定。

【0140】 其次，說明實斜面監視階段的動作。第 10 圖係表示在實斜面監視階段之本實施形態的動作之一例的流程圖。如

第 10 圖所示，在本實施形態，首先，使用設置於實斜面之水分計 208，測量在監視對象斜面之滑動層所含的水量 m (步驟 S41)。藉此，得到表示是對現在之滑動層的含水比有影響之可觀測量的水量之水量資料。

【0141】 在本例，接著，輸入預測雨量資料(步驟 S42)。

【0142】 然後，安全率算出手段 251 係根據藉所得之水量資料表示的水量 m ，使用模型資訊記憶手段 240 所記憶之 4 種模型，推測在監視對象斜面之振動波形量測時之 4 個分析數學式變數的值。接著，將所推測之各值應用於斜面穩定分析數學式，算出安全率 F_s (步驟 S43)。

【0143】 在步驟 S42，安全率算出手段 251 係更根據水量資料與預測雨量資料，算出以預測雨量資料所示的預測雨量之未來之任意的時間之實斜面的安全率 F_s 。

【0144】 然後，判定手段 152 係根據所算出之安全率 F_s ，判定是否輸出警報(步驟 S24)。亦可判定手段 152 係例如，只要所算出之安全率 F_s 中之一個低於既定臨限值，判定輸出警報。

【0145】 如以上所示，若依據本實施形態，預先使用與實斜面同性質的土，對分析數學式變數之全部，預先與因應於構成實斜面之物質層(土砂等)的狀態而變化化之可觀測量的值(在此為水量)結合來學習，藉此，只是將可測量該可觀測量之感測器(水分計)設置於實斜面，可高精度地算出安全率 F_s 。因此，可一面迴避上述之量測的困難性，一面高精度地監視斜面的安全性。

【0146】 又，在本實施形態，亦只是將一種感測器(水分計)設置於實斜面，可高精度地監視斜面的安全性。

【0147】 又，若依據本實施形態，因為在加水測試中不必取得波形資料，所以可簡化測試裝置。

【0148】 又，若依據本實施形態，因為根據預測雨量之未來的安全率亦可簡單且高精度地算出，所以可更提早地輸出至斜面崩潰時時的警報。

【0149】 此外，在第 1 實施形態，亦亦可使預測雨量資料輸入實斜面監視手段 150，在安全率算出手段 151，根據波形資料與該預測雨量資料，算出以預測雨量資料所示的預測雨量之未來之任意的時間之實斜面的安全率 F_s 。

【0150】 此外，在這種情況，為了易於從波形資料與預測雨量資料預測未來的衰減率 δ ，例如，亦可衰減率算出手段 121 將自在加水測試之加水量所示的累積加水量看成累積降雨量，對在各狀態之衰減率 δ ，構築以累積降雨量所模型化的衰減率－累積降雨量模型。在此情況，亦可安全率算出手段 151 係使用衰減率－累積降雨量模型，從現在的衰減率 δ 求得現在之累積降雨量，而且更使用預測雨量資料，求得未來之累積降雨量，再根據所求得之未來的累積降雨量與衰減率－累積降雨量模型，推測未來的衰減率 δ 。依此方式，若得到未來的衰減率 δ ，使用各分析數學式變數的模型，求得未來的安全率 F_s 。

【0151】 此外，除了使用從實斜面所得之可觀測量(在本例，是從該可觀測量可算出之既定變數的衰減率 δ)，構築可觀測量－累積降雨量模型以外，亦亦可將加水量看成每既定單位

時間的降雨量，構築對該降雨量之可觀測量的變動模型。利用該變動模型，從自實斜面所得之現在的可觀測量與預測雨量資料預測未來的可觀測量，可預測未來的安全率 F_s 。

第 3 實施形態

【0152】 其次，參照圖面，說明本發明之第 3 實施形態。在以下，對與第 1 實施形態一樣者附加相同的符號，並省略說明。又，在以下，有將在第 1 實施形態的斜面監視系統將用以對各個分析數學式變數學習與實斜面之可觀測量對應的模型之手段總稱為「模型學習手段 510」的情況。例如，在第 11 圖所示的例子，模型學習手段 510 包含是測試用之各種感測器的應力感測器 101、應力感測器 102、水分計 103、水分計 104、振動感測器 105、間隙水壓計 106 及重量計 107、第 1 模型化手段 110、第 2 模型化手段 120 以及模型變換手段 130。

【0153】 第 11 圖係表示本發明之第 3 實施形態的分析數學式變數模型提供系統 500 之構成例的方塊圖。第 11 圖所示之分析數學式變數模型提供系統 500 係除了模型學習手段 510 以外，還包括模型資訊記憶手段 540、振動感測器 571、水分計 572 以及模型可否應用判定手段 560。此外，亦可使分析數學式變數模型提供系統作為斜面監視系統來動作。在此情況，除了第 11 圖所示的構成以外，只要包括用以監視實斜面的手段（振動感測器 108 及實斜面監視手段 150）即可。以下，有將對本實施形態的分析數學式變數模型提供系統 500 加上用以監視實斜面之手段的構成稱為斜面監視系統 501 的情況。

【0154】 模型學習手段 510 的動作係基本上與第 1 實施形

第 2 模型化手段 220。

【0180】 第 15 圖係表示本發明之第 4 實施形態的分析數學式變數模型提供系統 600 之構成例的方塊圖。第 15 圖所示之分析數學式變數模型提供系統 600 係除了模型學習手段 610 以外，還包括模型資訊記憶手段 640、含水比量測手段 671、水分計 672 以及模型可否應用判定手段 660。在本實施形態，亦可使分析數學式變數模型提供系統作為斜面監視系統來動作。在此情況，除了第 12 圖所示的構成以外，只要包括用以監視實斜面的手段(振動感測器 108 及實斜面監視手段 150)即可。以下，有將對本實施形態的分析數學式變數模型提供系統 600 加上用以監視實斜面之手段的構成稱為斜面監視系統 601 的情況。

【0181】 斜面監視系統 601 的動作係基本上與第 2 實施形態一樣。但，在本實施形態，亦第 2 模型化手段 220(更具體而言，重量模型化手段 224 等)具有使模型資訊記憶手段 540 記憶在是第 2 測試的加水測試所得之在加水過程之測試層的水量 m 及含水比 s 等之模型產生物質資料的功能。在此，含水比 s 係亦可直接使用作為測試條件等所輸入之值。又，例如，亦可重量模型化手段 224 在從以重量計 107 所測量之重量 W 與那時之水量 m 算出在加水過程之測試層的含水比 s 的情況，使用所算出之值。又，例如，亦可第 2 模型化手段 220 係具有根據藉加水測試所得之在加水過程之測試層的水量 m 及含水比 s 的值，構築規定含水比 s 與水量 m 之關係的含水比－水量模型，再將所構築之含水比－水量模型的資訊作為模型產生物質

資料，記憶於模型資訊記憶手段 640 的功能。

【0182】 本實施形態之模型資訊記憶手段 640 係除了第 2 實施形態之模型資訊記憶手段 240 的功能以外，還至少記憶該模型產生物質資料。亦可模型資訊記憶手段 640 係例如，將各個分析數學式變數作為根據在實斜面可測量之可觀測量所學習之模型的資訊，記憶重量－水量模型、間隙水壓－水量模型、黏著力－水量模型以及內部摩擦角－水量模型的資訊，而且記憶從在這些之模型產生所使用的測試層在加水過程所取得的水量和所對應之含水比的資料，作為模型產生物質資料。又，模型資訊記憶手段 640 係例如作為模型產生物質資料，亦可記憶複數組在加水測試所得之每次加水之測試層的水量與含水比的組合，亦可記憶含水比－水量模型之資訊。

【0183】 含水比量測手段 671 及水分計 672 係用以收集實斜面物質資料之量測手段及感測器的例子。在第 15 圖所示之例子，含水比量測手段 671 及水分計 672 係測量作為監視對象之斜面(實斜面)的滑動層或作成與該滑動層實質上相同的物質層之在加水狀態相異的複數種狀態時的含水比及水量。亦可含水比量測手段 671 係例如測量或收集從實斜面之滑動層所取得之土塊的乾燥重量與對土塊所施加之水的重量，再從這些算出含水比，並輸出表示算出結果之含水比資料的手段。又，亦可水分計 672 係例如測量實斜面之滑動層的土中水量，並輸出表示量測結果之水量資料的感測器。此外，亦可含水比量測手段 671 及/或水分計 672 係與第 3 實施形態一樣，在從實斜面之滑動層難直接測量含水比及/或水量的情況，藉使用從該滑動層

加水的量求得在加水過程的各狀態之測試體的含水比，並將在加水過程之各狀態的感測器資料及所算出之值(至少包含衰減率 δ)與所求得之含水比一起記憶資料庫 336，藉此，將作為在三軸壓縮測試所得之水量的含水比、與至少在加水、加振測試所得之衰減率 δ 賦與對應(參照後述之第 20 圖)。此外，在三軸壓縮測試所得之水量與在加水、加振測試所得之水量係相同之資料形式的情況，亦可水量對應化模組 333 係只是將在加水過程之各狀態的感測器資料及所算出之值(衰減率 δ)記憶資料庫 336。

【0207】 此外，在本例，將在加水、加振測試得到在與得到在黏著力 c 及內部摩擦角 ϕ 之算出所使用的垂直應力資料與剪切應力資料時相同的條件下的波形資料作為前提，但是在無法得到那種波形資料的情況，水量對應化模組 333 係構築規定作為在三軸壓縮測試所得之水量的含水比、與衰減率 δ 之關係的含水比－衰減率模型即可。

【0208】 重量、間隙水壓模型化模組 335 係從在加水過程的各狀態之是以間隙水壓計 106 所測量之量測值的間隙水壓 u 、從加水量所求得之測試體的重量 W 以及所算出之振動波形的衰減率 δ ，將重量 W 與間隙水壓 u 各自作為振動波形之衰減率 δ 的函數，進行模型化。

【0209】 資料庫 336 係記憶藉黏著力、內部摩擦角模型化模組 332 所模型化之黏著力 c 的函數模型(黏著力－衰減率模型)及內部摩擦角 ϕ 的函數模型(內部摩擦角－衰減率模型)、與藉重量、間隙水壓模型化模組 335 所模型化之重量 W 的函

數模型(重量－衰減率模型)及間隙水壓 u 之函數模型(間隙水壓－衰減率模型)的資訊。

【0210】 實斜面監視模組 337 係從是藉設置於實斜面之振動感測器 108 所測量之量測值的振動波形算出衰減率 δ ，再根據所算出之衰減率 δ ，算出斜面的安全率 F_s ，再根據所算出之安全率 F_s ，判定斜面之安全性。亦可實斜面監視模組 337 係作為安全性之判定結果，例如與安全率 F_s 同時輸出警報之有無。

【0211】 顯示裝置 35 顯示實斜面監視模組 337 的判定結果。

【0212】 其次，說明本實施例的動作。以下之例子係將所造成之斜面作為監視對象斜面，構成該斜面之滑動層的物質群由土，更具體而言係壓實度 85%之山砂所構成的情況。

【0213】 首先，使用與構成實斜面之滑動層的山砂相同之構成、乾燥密度以及壓實度的試料，準備調整成複數種含水比的測試體(土塊)。

【0214】 接著，使用三軸壓縮式測試裝置 31，對所準備之各個測試體實施三軸壓縮測試。

【0215】 第 18 圖係表示藉本例之三軸壓縮測試所得之黏著力 c 及內部摩擦角 ϕ 之值的說明圖。此外，在第 18 圖，表示對含水比被調整成 14~24%之共 11 個的測試體，藉三軸壓縮測試所得之黏著力 c 及內部摩擦角 ϕ 、以及是有效摩擦係數之 $\tan \phi$ 的值。亦可資料庫 336 係除了上述之模型的資訊以外，還記憶例如如第 18 圖所示的資料。

【0216】 又，第 19 圖係表示在加水、加振測試所使用之種

植機之一例的說明圖。加水、加振測試係例如亦可使用如第 19 圖所示之小型種植機。第 19 圖所示之種植機 32 包括 3 個水分計 104(土壤水分計 104A、土壤水分計 104B 以及土壤水分計 104C)、2 個振動感測器 105(振動感測器 105A 及振動感測器 105B)以及 2 個間隙水壓計 106(間隙水壓計 106A 及間隙水壓計 106B)。此外，複數個土壤水分計及振動感測器係設置於高度相異的位置，並在用於模型化時係利用其平均值。

【0217】 在本例之加水、加振測試，利用第 19 圖所示之小型種植機。首先，在第 19 圖所示之種植機 32，堆上由與構成實斜面之滑動層的山砂相同之構成、乾燥密度以及壓實度的試料所構成，並含水比被調整成比在三軸壓縮測試所使用之測試體更小的土，而形成測試體(填土)。

【0218】 照這樣測量土壤水分計 104A、土壤水分計 104B、土壤水分計 104C、間隙水壓計 106A 以及間隙水壓計 106B 的值，而且，淋水後，測量那時之振動感測器 105A 及振動感測器 105B 的值。淋水之強度係設定成相當於 100mm/h 之降雨量的強度，淋水時間係設定成約 5 秒。此外，在本例，在加水動作亦有之淋水動作相當於加振動作。

【0219】 接著，利用蓮蓬頭施加既定量的水後，以與上述相同之方法，測量土壤水分計 104A、土壤水分計 104B、土壤水分計 104C、間隙水壓計 106A、間隙水壓計 106B 的值、振動感測器 105A 以及振動感測器 105B 的值。重複這種加水、量測循環至土變成飽和。

【0220】 在每一次的操作，測量複數個水量資料、間隙水

壓資料以及波形資料。此外，在模型學習所使用之水量 m 及間隙水壓 u 係算出各量測值的平均值。又，衰減率 δ 係從所得之各波形資料根據第 6 圖所示之方法求得。

【0221】 即，根據第 6 圖所示之方法，對各波形資料進行頻率濾波，並對濾波後之資料進行頻率變換，而取得頻率響應。然後，取得在該頻率響應之尖峰頻率，再將所得之尖峰頻率作為可從物理模型導出之頻率響應函數的共振頻率，產生以衰減比為變數的頻率響應函數。在此，將所產生之頻率響應函數配適成與進行該頻率變換所得之各頻率響應的資料一致，而鑑定最佳的衰減比。然後，根據所得之衰減比，算出衰減率 δ 。

【0222】 第 20 圖係表示藉加水、加振測試所得之各種值的說明圖。此外，在第 20 圖，表示在共 6 次之加水、量測循環所取得的量測值(水量 m 、衰減率 δ 以及間隙水壓 u)、加水量、含水比、重量 W 等的值。在第 20 圖，水量之“水分計 A”的欄表示土壤水分計 104A 之量測值。又，“水分計 B”的欄表示土壤水分計 104B 之量測值。又，“水分計 C”的欄表示土壤水分計 104C 之量測值。又，衰減率之“CH1”的欄表示從自振動感測器 105A 所得之波形資料所求得的衰減率。又，衰減率之“CH2”的欄表示從自振動感測器 105B 所得之波形資料所求得的衰減率。又，間隙水壓之“CH1”的欄表示間隙水壓計 106A 之量測值。又，間隙水壓之“CH2”的欄表示間隙水壓計 106B 之量測值。此外，表中之“[—]”表示無單位。

【0223】 資料庫 336 係除了上述之模型的資訊以外，亦可記憶例如如第 20 圖所示的資料。此外，在第 20 圖，含水比及

土塊重量的值係求加水量、起始之土塊重量以及起始之含水比求得。

【0224】 依此方式，得到與構成實斜面之滑動層的山砂相同之構成、乾燥密度以及壓實度的土之對複數種含水比的黏著力 c 、內部摩擦角 ϕ 、水量 m 、間隙水壓 u 、重量 W 以及衰減率 δ 的資料。黏著力、內部摩擦角模型化模組 332 及重量、間隙水壓模型化模組 335 係根據所得之資料，對各個分析數學式變數，學習對衰減率 δ 之函數模型。在本例，對重量 W 、間隙水壓 u 、黏著力 c 以及內部摩擦角 ϕ 學習對衰減率 δ 之迴歸數學式。此外，在含水比高的情況與低的情況黏著力 c 之傾向相異的情況，亦可在迴歸數學式之學習，此情況係僅使用含水比高之部分的黏著力 c 。即，亦可僅使用所得之資料的一部分，構築模型。

【0225】 其次，說明監視動作。在本例，將第 21 圖所示之造成的斜面(實斜面)作為監視對象斜面(實斜面)，評估本發明之斜面監視方法。在第 21 圖以四角記號所示，將 3×2 個振動感測器 108 埋設於所造成的實斜面。此外，在該實斜面，為了評估用，埋設 3×2 個土壤水分計(參照圖記號)與 4 個間隙水壓計。此外，振動感測器 108 係在斜面之 3 處，被埋設於各自 2 種的深度位置。又，土壤水分計及間隙水壓計係被配置於緊鄰振動感測器 108。但，關於間隙水壓計，在斜面之 3 處中之正中央位置以外的位置，僅配置於比較淺的深度位置。

【0226】 作為斜面之監視動作，在使用蓮蓬頭對所造成的實斜面逐漸加水的過程，約每隔 20 分鐘測量各個振動感測器

108 的值，而得到振動波形的波形資料。然後，根據所得之各振動波形的波形資料，求得衰減率 δ ，再根據所求得之衰減率 δ ，實斜面監視模組 337 求得安全率 F_s ，藉此，評估安全性。亦可從在複數處進行量測之各個振動感測器，算出衰減率，並使用平均值。又，在本例，爲了評估該監視動作而進行加水至斜面崩潰，並記錄斜面崩潰時的時刻。

【0227】 實斜面監視模組 337 係根據藉 6 個振動感測器 108 所測量之振動波形的波形資料，並按照第 6 圖所示之流程，算出衰減率 δ ，再從所算出之衰減率 δ ，使用資料庫 336 所記憶之各模型的資訊，預測各分析數學式變數的值，再算安全率 F_s 。然後，在所算出之安全率 F_s 低於 1 的情況，當作有斜面崩潰的可能性，輸出警報。此外，亦可從在複數處進行量測之各個振動感測器，使用第 5 圖所示之方法等，算出衰減率，並使用平均值。

【0228】 第 22 圖係表示藉加水動作從本例之實斜面所得之各種值的說明圖。在第 22 圖，表示本例之對實斜面之在加水過程之波形資料的取得時的經過時間、衰減率 δ 、時刻以及安全率 F_s 。此外，在本例，從實驗開始經過 7 小時 59 分鐘後斜面崩潰。

【0229】 在第 22 圖所示的例子，相對實際之斜面崩潰時間係從實驗開始經過 7 小時 59 分鐘後，而安全率 F_s 低於 1 之時間係從實驗開始經過 7 小時 6 分鐘後。此外，因爲在前一個測量時(安全率 F_s 比 1 更大時)的經過時間係 6 小時 49 分鐘，所以得知實際之崩潰與警報輸出之間的時間差係 53~70 分鐘之

間。

第 2 實施例

【0230】 在第 1 實施例，加水、加振測試及實斜面監視時都利用蓮蓬頭之水的壓力進行加振，但是在以下，作為加水、加振測試及實斜面監視時的加振方法，說明利用鐵球之落下的第 2 實施例。在第 2 實施例，係在與第 1 實施例相同的構成，追加從種植機 32 之正上或設置於實斜面之振動感測器的正上使鐵球落下的裝置。

【0231】 在本例，亦將所造成之斜面作為監視對象斜面，構成該斜面之滑動層的物質群由土，更具體而言係壓實度 85% 之山砂所構成的情況作為例子。

【0232】 首先，以與第 1 實施形態一樣的方法，得到第 18 圖所示之對複數種含水比之黏著力 c 、內部摩擦角 ϕ 的資料，並儲存於資料庫 336。

【0233】 接著，與第 1 實施例一樣，在第 19 圖所示之種植機 32 內，造成測試體(填土)，該測試體係由與構成實斜面之滑動層的山砂相同之構成、乾燥密度以及壓實度的試料所構成，並含水比被調整成比在三軸壓縮測試所使用之測試體更小。

【0234】 在仍然最初之狀態下，測量土壤水分計 104A、土壤水分計 104B、土壤水分計 104C、間隙水壓計 106A 以及間隙水壓計 106B 的值，而且使鐵球朝向種植機 32 內之測試體從正上落下，測量那時之振動感測器 105A 及振動感測器 105B 的值。鐵球係採用直徑約 1cm 者，並使其從土表面約 10cm 的高度落下。此外，從種植機 32 之設置振動感測器 105A 及振動

感測器 105B 之位置的正上，使鐵球落下較佳。

【0235】 在進行既定量之加水後，以與上述一樣的方法，測量土壤水分計 104A、土壤水分計 104B、土壤水分計 104C、間隙水壓計 106A、間隙水壓計 106B、振動感測器 105A 以及振動感測器 105B 的值，重複這種加水、量測循環至土變成飽和。在此，本例之加水方法係無特別限定，但是使用與第 1 實施例一樣的蓮蓬頭。

【0236】 在本例，亦在每一次的操作，測量複數個水量資料及間隙水壓資料。此外，在模型學習所使用之水量 m 及間隙水壓 u 係算出各量測值的平均值。又，含水比及(土塊)重量 W 的值係從加水量、起始之土塊重量以及起始之含水比所求得。又，衰減率 δ 係從所得之各波形資料根據第 6 圖所示之方法求得。藉此，得到對在一個測試體之複數種含水比的水量 m 、間隙水壓 u 、重量 W 以及衰減率 δ 的資料，並儲存於資料庫 336。

【0237】 依此方式，得到對與構成實斜面之滑動層的山砂相同之構成、乾燥密度以及壓實度的土之複數種含水比的黏著力 c 、內部摩擦角 ϕ 、水量 m 、間隙水壓 u 、重量 W 以及衰減率 δ 的資料時，黏著力、內部摩擦角模型化模組 332 及重量、間隙水壓模型化模組 335 係根據所得之資料，學習對各個分析數學式變數之衰減率 δ 的函數模型。模型之學習方法係與第 1 實施例一樣。

【0238】 其次，說明監視動作。在本例，亦將第 21 圖所示之造成的斜面作為監視對象斜面(實斜面)，評估本發明之斜面監視方法。作為本例之監視動作，在使用蓮蓬頭對所造成的實

量資料。

【0268】 在本實施例，測量實斜面的深度，並使在種植機 32 所填充之土的深度一致。作為實斜面的深度，例如亦可測量構成實斜面之各物質層之界面的深度。在此條件下，以與第 1 實施例一樣之方法，取得對種植機 32 進行加水、加振時的波形資料。在此時，記錄所加水的量。

【0269】 又，在本實施例，衰減率算出模組 334 將自所記錄之加水量所算出的累積加水量看成累積降雨量，並將所算出之衰減率 δ 作為根據累積降雨量的函數模型來學習，藉此，構築衰減率－累積降雨量模型。此外，其他的事項係與第 1 實施例一樣。

【0270】 在實斜面之監視時，實斜面監視模組 337 係與第 1 實施例一樣，從各振動感測器 108 各自取得表示振動波形之波形資料，並算出衰減率 δ (平均值)。然後，根據所算出之衰減率 δ ，算出各分析數學式變數的值，再算出安全率 F_s 。又，在本實施例，實斜面監視模組 337 係與此動作平行地經由通訊手段取得預測雨量資料，再根據所取得的預測雨量資料與該衰減率－累積降雨量模型，預測未來的衰減率 δ 。然後，根據所預測之未來的衰減率 δ ，算出各分析數學式變數的值，預測(算出)未來的安全率 F_s 。

第 5 實施例

【0271】 在以下，說明對第 1 實施例之構成追加通訊手段的第 5 實施例。通訊手段係例如經由網際網路線路或無線 LAN 等，接收有監視斜面之地區的預測雨量資料。

【0272】 在本實施例，亦測量實斜面的深度，並使在種植機 32 所填充之土的深度一致。作為實斜面的深度，例如亦可測量構成實斜面之各物質層之界面的深度。在此條件下，以與第 1 實施例一樣之方法，取得對種植機 32 進行加水、加振時的波形資料。在此時，記錄所加水的量。

【0273】 在本實施例，衰減率算出模組 334 將加水量看成降雨量，並配合土之特性，構築對該降雨量之衰減率的變動模型。此外，其他的事項係與第 1 實施例一樣。

【0274】 在實斜面之監視時，實斜面監視模組 337 係與第 1 實施例一樣，從各振動感測器 108 各自取得表示振動波形之波形資料，並算出衰減率 δ (平均值)。然後，根據所算出之衰減率 δ ，算出各分析數學式變數的值，再算出安全率 F_s 。又，在本實施例，實斜面監視模組 337 係與此動作平行地經由通訊手段取得預測雨量資料，再根據所取得的預測雨量資料，使用減率之變動模型，預測未來的衰減率 δ 。然後，根據所預測之未來的衰減率 δ ，算出各分析數學式變數的值，預測(算出)未來的安全率 F_s 。

第 6 實施例

【0275】 在以下，說明對第 3 實施例之構成追加通訊手段的第 6 實施例。通訊手段係例如經由網際網路線路或無線 LAN 等，接收有監視斜面之地區的預測雨量資料。

【0276】 在本實施例，測量實斜面的深度，並使在種植機 42 所填充之土的深度一致。作為實斜面的深度，例如亦可測量構成實斜面之各物質層之界面的深度。在此條件下，以與第 1

實施例一樣之方法，對種植機 42 進行加水，取得在各狀態之水量資料。在此時，記錄所加水的量。

【0277】 又，在本實施例，水量對應化模組 433 或重量、間隙水壓模型化模組 435 將自記錄的加水量所算出之累積加水量看成累積加水量，並將所取得之是水分計 104 之量測值的水量 m 作為根據累積降雨量的函數模型來學習，藉此，構築水量－累積降雨量模型。此外，其他的事項係與第 3 實施例一樣。

【0278】 在實斜面之監視時，實斜面監視模組 437 係與第 3 實施例一樣，從各水分計 208 各自取得表示水量之水量資料，並算出水量 m (水分計量測值的平均值)。然後，根據所算出之水量 m 的平均值，算出各分析數學式變數的值，再算出安全率 F_s 。又，在本實施例，實斜面監視模組 437 係與此動作平行地經由通訊手段取得預測雨量資料，再根據所取得的預測雨量資料與該水量－累積降雨量模型，預測未來的水量 m 。然後，根據所預測之未來的水量 m ，算出各分析數學式變數的值，預測(算出)未來的安全率 F_s 。

第 7 實施例

【0279】 在以下，說明對第 3 實施例之構成追加通訊手段的第 7 實施例。通訊手段係例如經由網際網路線路或無線 LAN 等，接收有監視斜面之地區的預測雨量資料。

【0280】 在本實施例，亦測量實斜面的深度，並使在種植機 42 所填充之土的深度一致。作為實斜面的深度，例如亦可測量構成實斜面之各物質層之界面的深度。在此條件下，以與第 1 實施例一樣之方法，對種植機 42 進行加水，取得在各狀

態之水量資料。在此時，記錄所加水的量。

【0281】 又，在本實施例，水量對應化模組 433 或重量、間隙水壓模型化模組 435 將所記錄的加水量看成降雨量，並配合土之特性，構築對該降雨量之水量 m 的變動模型。此外，其他的事項係與第 3 實施例一樣。

【0282】 在實斜面之監視時，實斜面監視模組 437 係與第 3 實施例一樣，從各水分計 208 各自取得表示水量之水量資料，並算出水量 m (水分計量測值的平均值)。然後，根據所算出之水量 m ，算出各分析數學式變數的值，再算出安全率 F_s 。又，在本實施例，實斜面監視模組 437 係與此動作平行地經由通訊手段取得預測雨量資料，再根據所取得的預測雨量資料與該對降雨量之水量的變動模型，預測未來的水量 m 。然後，根據所預測之未來的水量 m ，算出各分析數學式變數的值，預測(算出)未來的安全率 F_s 。

第 8 實施例

【0283】 在以下，說明是第 3 實施形態之斜面監視系統 501 的具體例之第 8 實施例。第 26 圖係第 8 實施例之斜面監視系統 501 的構成圖。如第 26 圖所示，本實施例之斜面監視系統 501 包括三軸壓縮式測試裝置 31、種植機 32、電腦 53、實斜面量測機器 54 以及顯示裝置 35。以下，對在本例與上述之任一實施形態相同的構成附加相同的符號，並省略說明。

【0284】 此外，第 26 圖所示之斜面監視系統 501 係和第 17 圖所示之第 1 實施例的構成相比，在追加相當於模型適否判定手段 560 之模型適否判定模組 538、與水分計 572 上相異。又，在

資料庫 336 成為資料庫 536 上相異。

【0285】 本例之電腦 53 係例如包括根據程式動作之 CPU(未圖示)、與作為記憶裝置之資料庫 536 之一的電腦。在本例之電腦 53，作為程式模組，以可執行包含第 1 實施例所包括之程式模組及模型可否應用判定模組 538 之斜面監視程式的形態被安裝。

【0286】 又，本例之資料庫 536 係不僅第 1 實施例之資料庫 336 所記憶之資訊，還記憶作為模型產生物質資料，在加水、加振測試所得之在加水過程之測試層的水量 m 及衰減率 δ 。

【0287】 在本例，模型可否應用判定模組 538 係根據使用實斜面量測機器 34 所測量、收集之實斜面物質資料、與使用種植機 42 所測量、取得並儲存於資料庫 536 的模型產生物質資料，判定是否可對監視斜面應用資料庫 536 中所儲存之模型。

【0288】 在本實施例，在加水、加振測試，一面在第 26 圖之種植機 32 改變測試體之含水比，一面取得波形資料與水量資料，而得到如第 13 圖所示之模型產生物質資料，更具體而言，在模型產生土(測試體)之水量－衰減率的資料分布。在此時，例如，水量對應化模組 333 對所得之分布導出線性關係式，再對所取得的各值，算出不均指數(與所導出之線性關係式之距離的平均或標準偏差等)。然後，將所得之水量－衰減率的資料分布、線性關係式之參數以及不均指數之值作為模型產生物質資料，與模型資訊一起儲存於資料庫 536。此外，在水量對應化模組 433 及實斜面監視模組 337 不是將水量 m ，而是將所得之含水比直接作為對分析數學式變數賦與對應之可觀測

量的變數(模型化輸入變數)來處理的情況，亦可將該水量置換成含水比。

【0289】 又，在本實施例，一面在實斜面改變含水比，一面使用振動感測器 108 及水分計 572 測量振動波形及水量。模型可否應用判定模組 538 係根據所測量之資料，得到如第 13 圖所示之實斜面物質資料，更具體而言，在監視對象土之水量－衰減率的資料分布。又，模型可否應用判定模組 538 係判定在此所得之實斜面物質資料是否對從根據資料庫 536 所記憶之模型產生物質資料表示的線性關係式所得之值(理論值)位於所求得之不均指數的既定倍(例如 3 倍)之範圍。然後，若位於該範圍，模型可否應用判定模組 538 係當作從實斜面的土所得之資料的傾向是與在模型製作時所使用的土類似，而判定可將位於資料庫 536 內之模型應用於斜面之安全監視。

【0290】 在藉模型可否應用判定模組 538 判定可應用的情況，實斜面監視模組 337 使用位於資料庫 536 內之模型，算出實斜面的安全率 F_s ，藉此，監視實斜面。實斜面監視模組 337 係例如與第 1 實施例一樣，從是藉設置於實斜面之振動感測器 108 所測量之量測值的振動波形算出衰減率 δ ，再根據所算出之衰減率 δ ，使用位於資料庫 536 內之模型，算出斜面的安全率 F_s ，再根據所算出之安全率 F_s ，判定斜面之安全性。

【0291】 另一方面，模型可否應用判定模組 538 係若所得之實斜面物質資料對從該線性關係式所得之值未位於不均指數之既定倍(例如 3 倍)的範圍，當作從實斜面的土所得之資料的傾向是與在模型製作時所使用的土相異，而判定無法將位於

資料庫 536 內之模型應用於斜面之安全監視。在此情況，亦可使用者係使三軸壓縮式測試裝置 31 及種植機 32 動作，從該斜面專用之模型製作開始著手。

【0292】 此外，在第 13 圖所示之例子的情況，因為所得之實斜面物質資料對從該線性關係式所得之值位於不均指數之既定倍(例如 3 倍)的範圍，所以藉實斜面監視模組 337，使用位於資料庫 536 內模型監視實斜面。

第 9 實施例

【0293】 在以下，說明是第 4 實施形態之斜面監視系統 501 的具體例之第 9 實施例。第 27 圖係第 9 實施例之斜面監視系統 601 的構成圖。如第 27 圖所示，本實施例之斜面監視系統 601 包括三軸壓縮式測試裝置 41、種植機 42、電腦 63、實斜面量測機器 44、實斜面物質質量測機器 64 以及顯示裝置 35。以下，對在本例與上述之任一實施形態相同的構成附加相同的符號，並省略說明。

【0294】 第 27 圖所示之斜面監視系統 601 係與第 23 圖所示之第 3 實施例的構成相比，在追加相當於模型可否應用判定手段 660 之模型可否應用判定模組 638，而且追加包含含水比量測手段 681 與水分計 682 的實斜面土量測機器 65 上相異。又，在資料庫 436 成為資料庫 636 上相異。

【0295】 本例之電腦 63 係例如包括根據程式動作之 CPU(未圖示)、與作為記憶裝置之資料庫 636 之一的電腦。在本例之電腦 63，作為程式模組，以可執行包含第 2 實施例所包括之程式模組及模型可否應用判定模組 638 之斜面監視程式

的形態被安裝。

【0296】 又，本例之資料庫 636 係不僅第 3 實施例之資料庫 436 所記憶之資訊，還記憶作為模型產生物質資料，在加水測試所得之在加水過程之測試層的含水比 s 及水量 m 。此外，亦可含水比 s 使用作為測試條件所輸入之值。

【0297】 在本例，模型可否應用判定模組 638 係根據使用實斜面物質量測機器 64 所測量、收集之實斜面物質資料、與使用種植機 42 所測量、取得並儲存於資料庫 636 的模型產生物質資料，判定是否可對監視斜面應用資料庫 636 中所儲存之模型。

【0298】 在本實施例，在加水測試，一面在第 27 圖之種植機 42 改變測試體之含水比，一面取得含水比資料與水量資料，而得到模型產生物質資料，更具體而言，在模型產生土(測試體)之含水比－水量的資料分布。在此時，例如，水量對應化模組 433 或重量、間隙水壓模型化模組 435 等對所得之分布導出線性關係式，再對所取得的各值，算出不均指數(與所導出之線性關係式之距離的平均或標準偏差等)。然後，將所得之含水比－水量的資料分布、線性關係式之參數以及不均指數之值作為模型產生物質資料，與模型資訊一起儲存於資料庫 636。

【0299】 又，在本實施例，一面在實斜面物質量測機器 64 改變實斜面之土的含水比，一面使用含水比量測手段 671 及水分計 672 測量含水比及水量。模型可否應用判定模組 638 係根據所測量之資料，得到實斜面物質資料，更具體而言，在監視對象土之含水比－水量的資料分布。又，模型可否應用判定模

組 638 係判定在此所得之實斜面物質資料是否對從根據資料庫 636 所記憶之模型產生物質資料表示的線性關係式所得之值 (理論值) 位於所求得之不均指數的既定倍 (例如 3 倍) 之範圍。然後，若位於該範圍，模型可否應用判定模組 638 係當作從實斜面的土所得之資料的傾向是與在模型製作時所使用的土類似，而判定可將位於資料庫 636 內之模型應用於斜面之安全監視。

【0300】 在藉模型可否應用判定模組 638 判定可應用的情況，實斜面監視模組 437 使用位於資料庫 636 內之模型，算出實斜面的安全率 F_s ，藉此，監視實斜面。實斜面監視模組 437 係例如與第 3 實施例一樣，根據是藉設置於實斜面之水分計 208 所測量之量測值的水量 m ，使用位於資料庫 636 內之模型，算出斜面的安全率 F_s ，再根據所算出之安全率 F_s ，判定斜面之安全性。

【0301】 另一方面，模型可否應用判定模組 638 係若所得之實斜面物質資料對從該線性關係式所得之值未位於不均指數之既定倍 (例如 3 倍) 的範圍，當作從實斜面的土所得之資料的傾向是與在模型製作時所使用的土相異，而判定無法將位於資料庫 636 內之模型應用於斜面之安全監視。在此情況，亦可使用者係使三軸壓縮式測試裝置 41 及種植機 42 動作，從該斜面專用之模型製作開始著手。

【0302】 其次，說明本發明之概要。第 28 圖係表示本發明之斜面監視系統之概要的方塊圖。

【0303】 如第 28 圖所示，本發明之斜面監視系統包括分析

數學式變數量測手段 81、實斜面量測手段 82 以及斜面安全性分析裝置 83。

【0304】 又，斜面安全性分析裝置 83 包含分析數學式變數模型化手段 831、模型資訊記憶手段 832 以及安全率算出手段 833。

【0305】 分析數學式變數量測手段 81(例如三軸壓縮式測試裝置 31、種植機 32、三軸壓縮式測試裝置 41、種植機 42 等)係從至少具有是由具有與構成監視對象斜面之物質層大致相同之種類、乾燥密度以及壓實度的物質群所構成之物質層的測試層之測試環境測量改變測試層的狀態時之是既定斜面穩定分析數學式所需之變數的分析數學式變數之各個的值、與因應於測試層之狀態而變化之既定第 1 可觀測量的值。

【0306】 在此，關於「大致相同」，例如，一方之物質層(例如測試層)之對土中水量或含水比之各分析數學式變數的分布，在將自在各個土中水量或含水比從另一方之物質層(例如監視對象斜面之物質層)所取得的該分布可算出的標準偏差設定成 β 時，若位於平均 $\pm 3\beta$ 之範圍，亦可將兩物質層當作具有大致相同之種類、乾燥密度以及壓實度。又，例如，使用土之粒度分布，一方之物質層的滲水測試之結果所得的滲水係數，在將從自另一方之物質層的粒度分布等所推測之滲水係數的不均分布所算出之標準偏差設定成 β 時，若位於平均 $\pm 3\beta$ 之範圍，亦可將兩物質層當作具有大致相同之種類、乾燥密度以及壓實度。例如，預先將平均及標準偏差 β 與在模型產生所使用的測試層之對土中水量之各個分析數學式變數(土塊重量或間

發明摘要

※ 申請案號：104119357

※ 申請日： 104/06/16

※IPC 分類：**G08B 31/00** (2006.01)

G08B 21/10 (2006.01)

E02D 17/20 (2006.01)

【發明名稱】（中文/英文）

斜面監視系統、斜面安全性分析裝置、方法以及記錄了
程式之電腦可讀取的記錄媒體

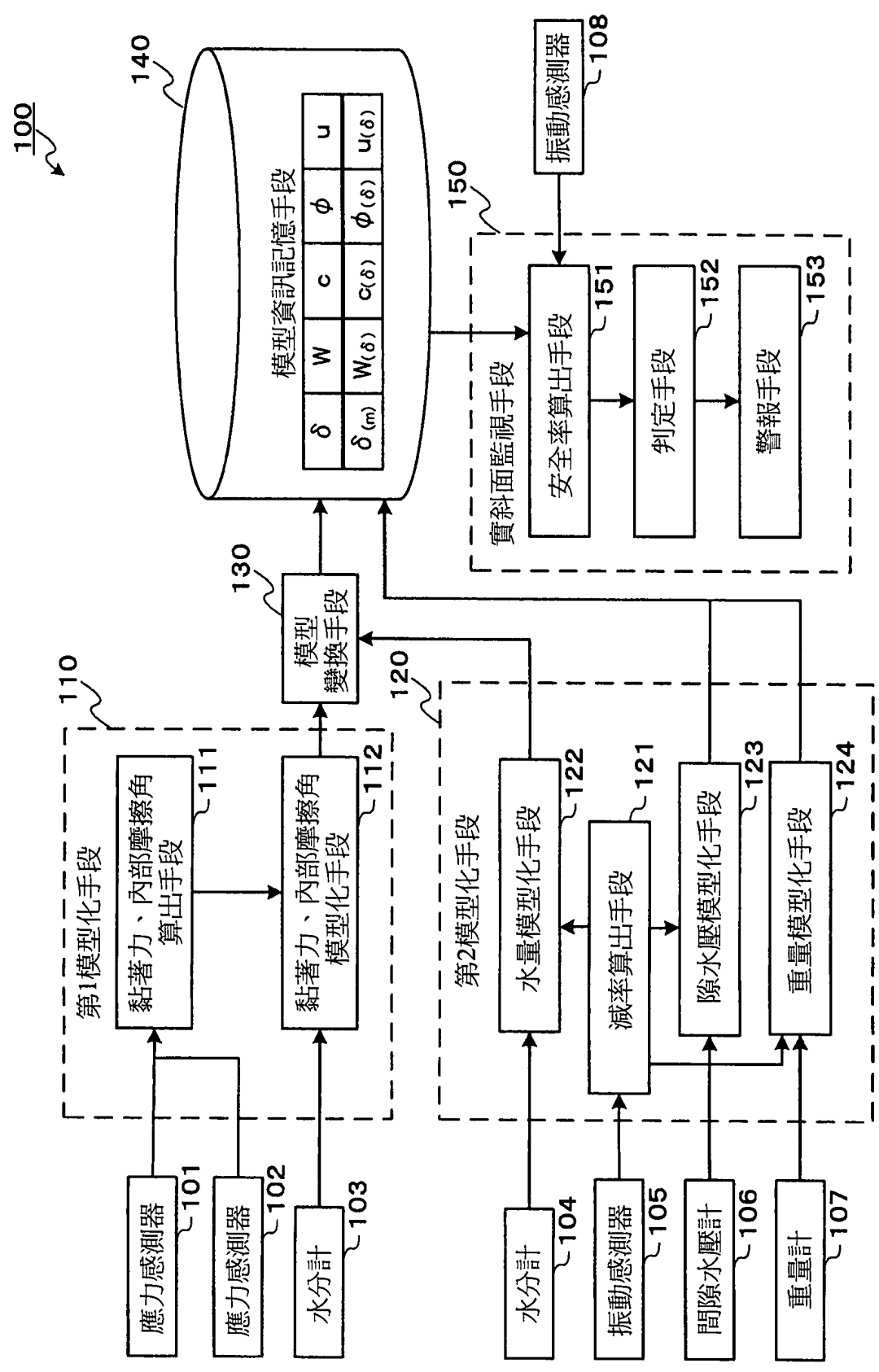
【中文】

斜面監視系統的特徵為包括：分析數學式變數量測手段 81，係從至少具有任意之測試層或與構成監視對象斜面之物質層大致同性質的測試層之測試環境測量改變測試層的狀態時之分析數學式變數之各個的值及既定第 1 可觀測量的值；及分析數學式變數模型化手段 831，係根據從測試環境所得之各種值，對各個分析數學式變數，構築規定與和第 1 可觀測量相同或是和第 1 可觀測量之關係是已知之既定可觀測量的第 2 可觀測量或從第 2 可觀測量可算出之既定第 3 變數之關係的模型。

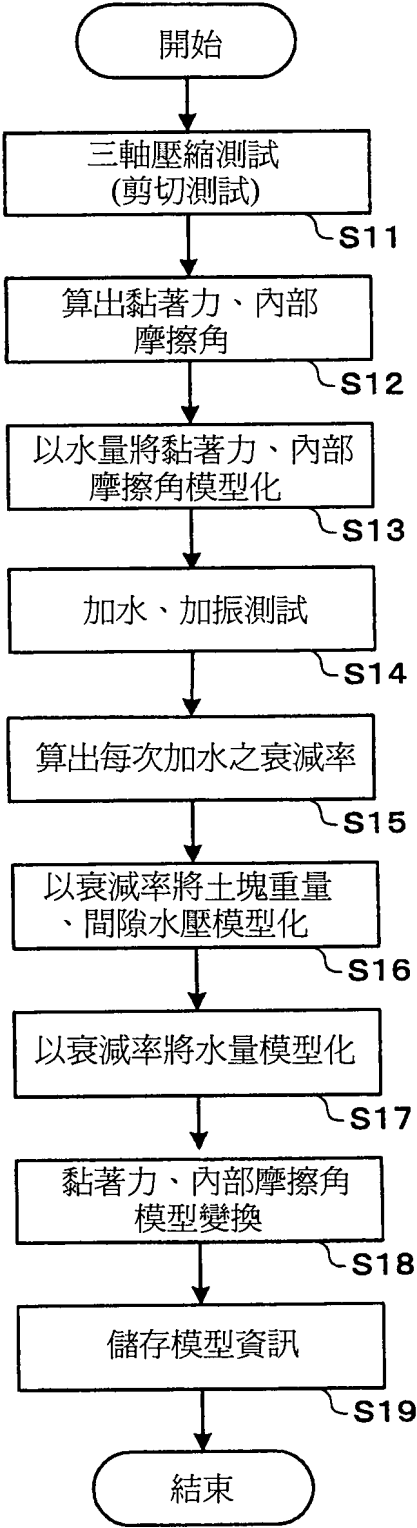
【英文】

無。

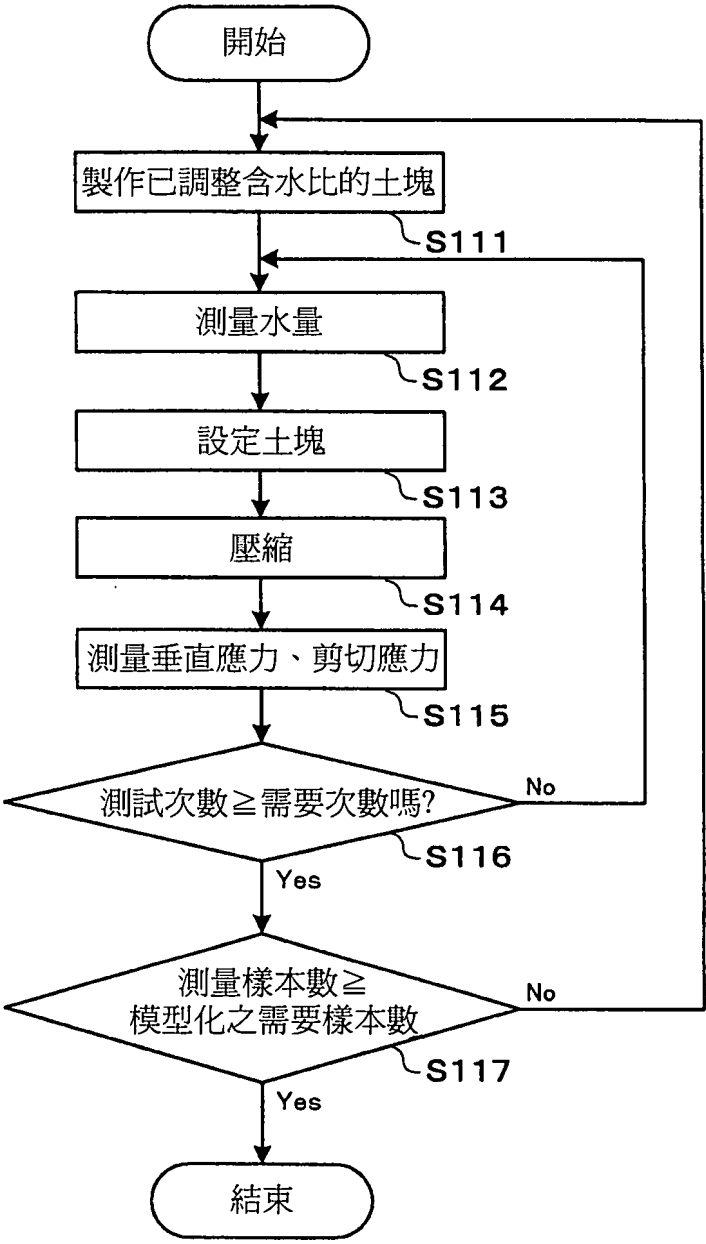
圖式



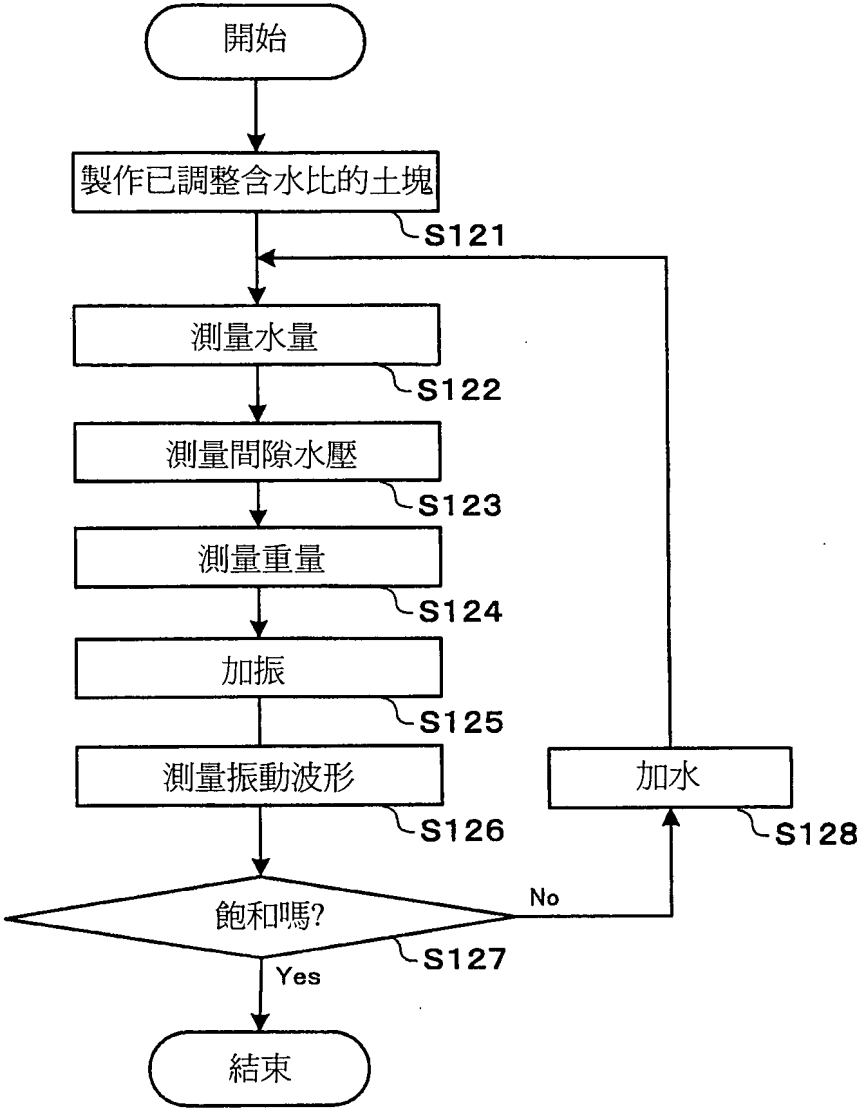
第1圖



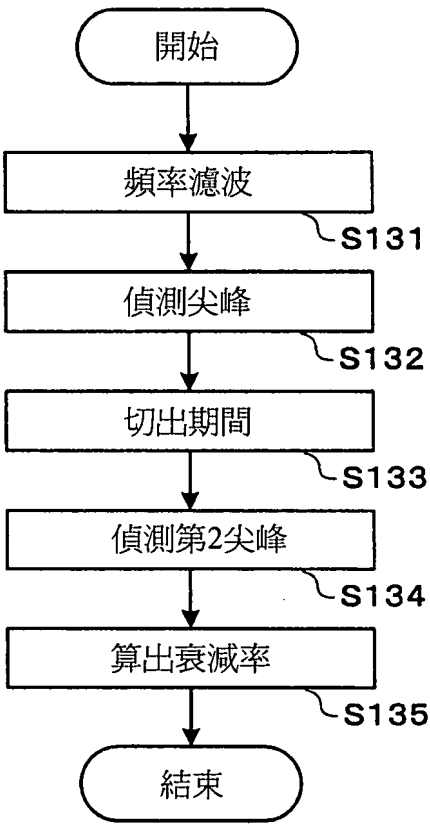
第2圖



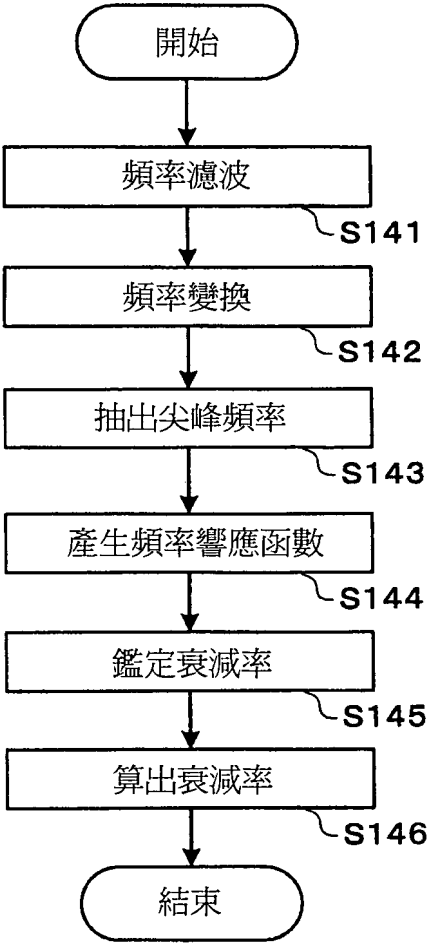
第3圖



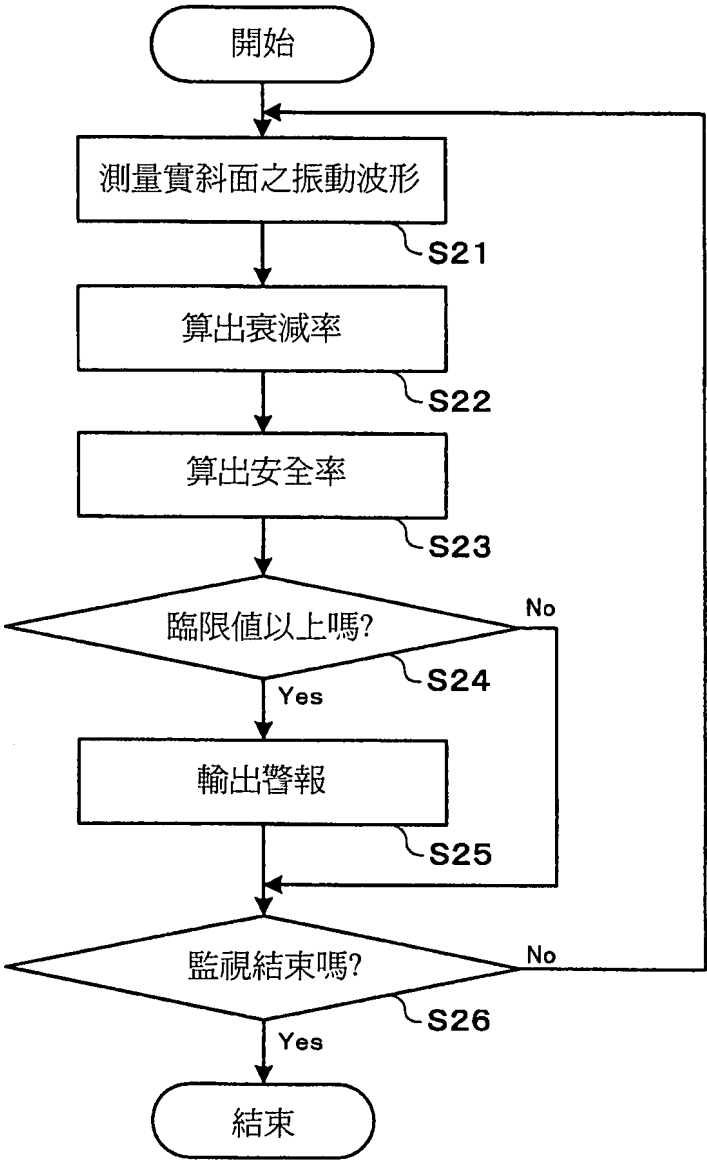
第4圖



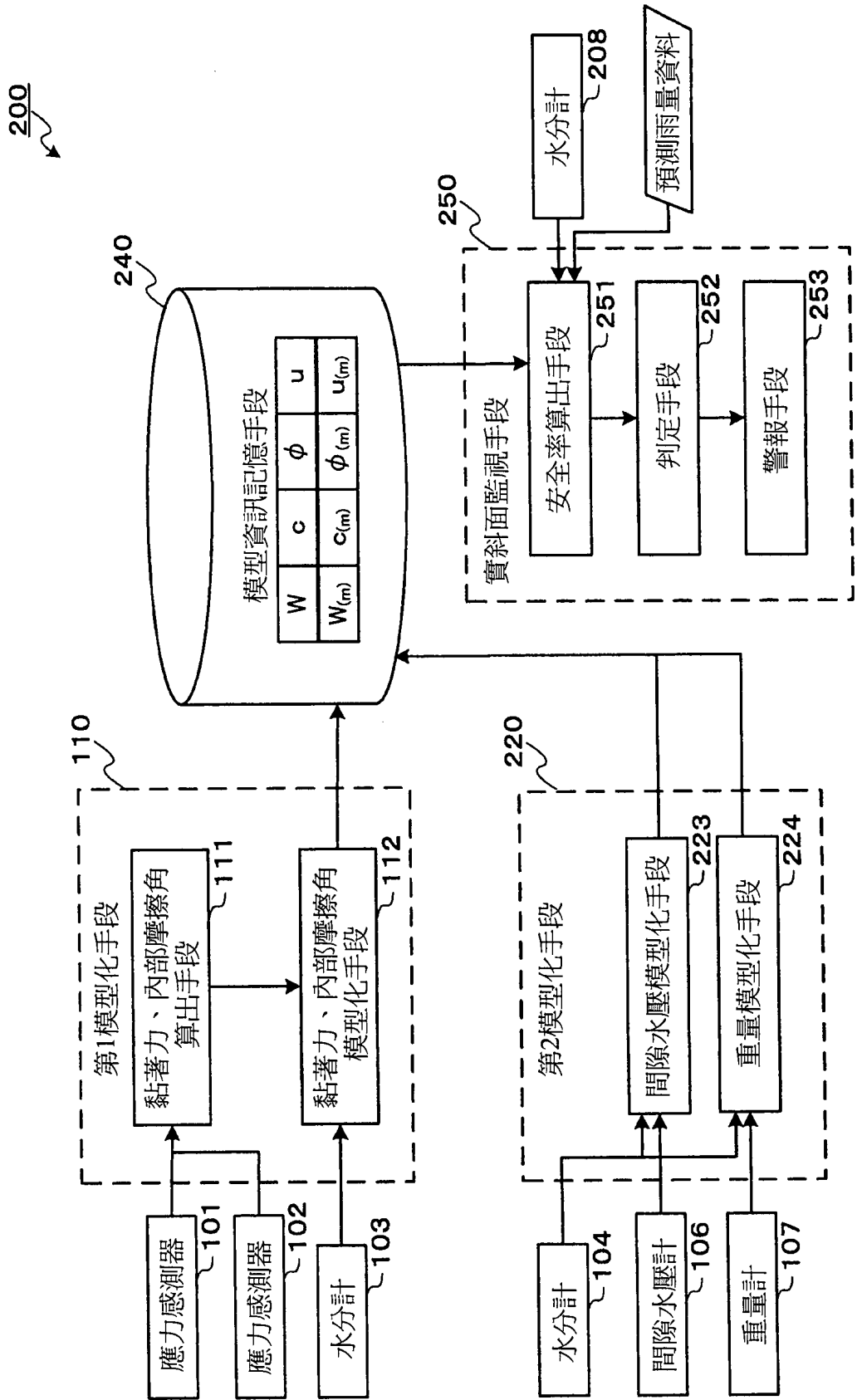
第5圖



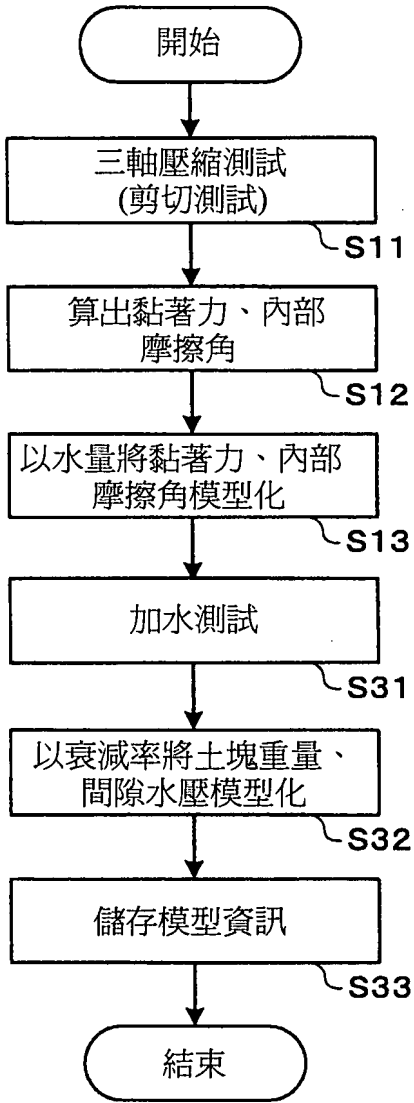
第6圖



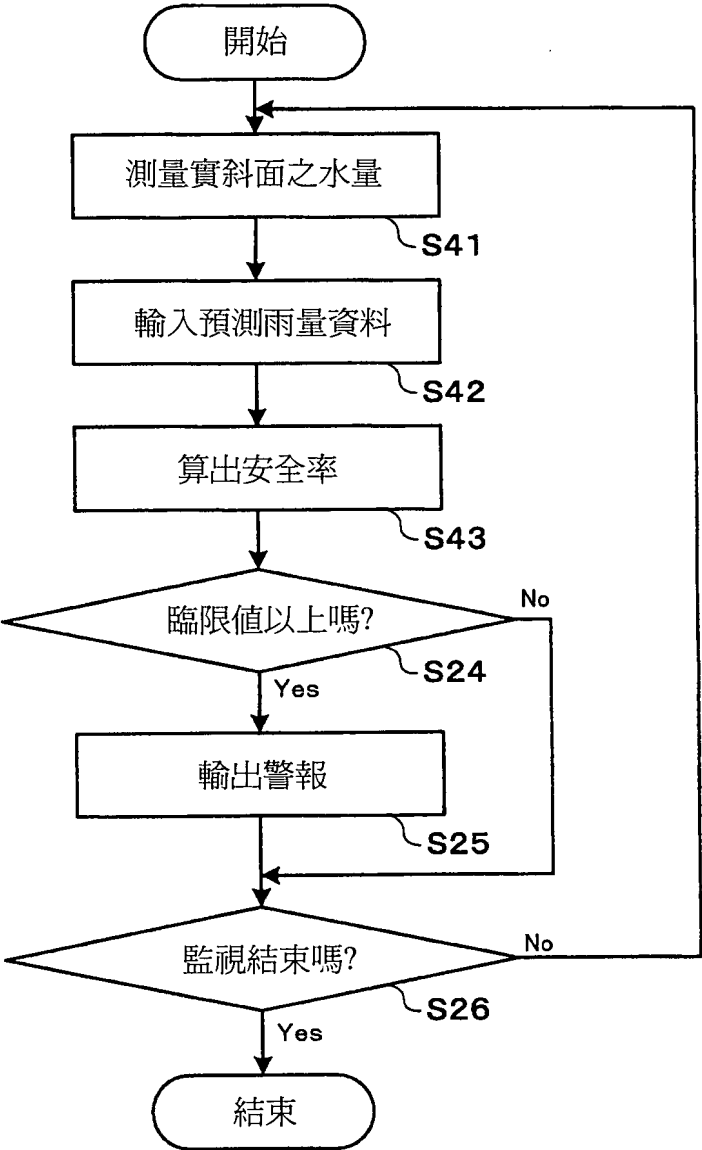
第7圖



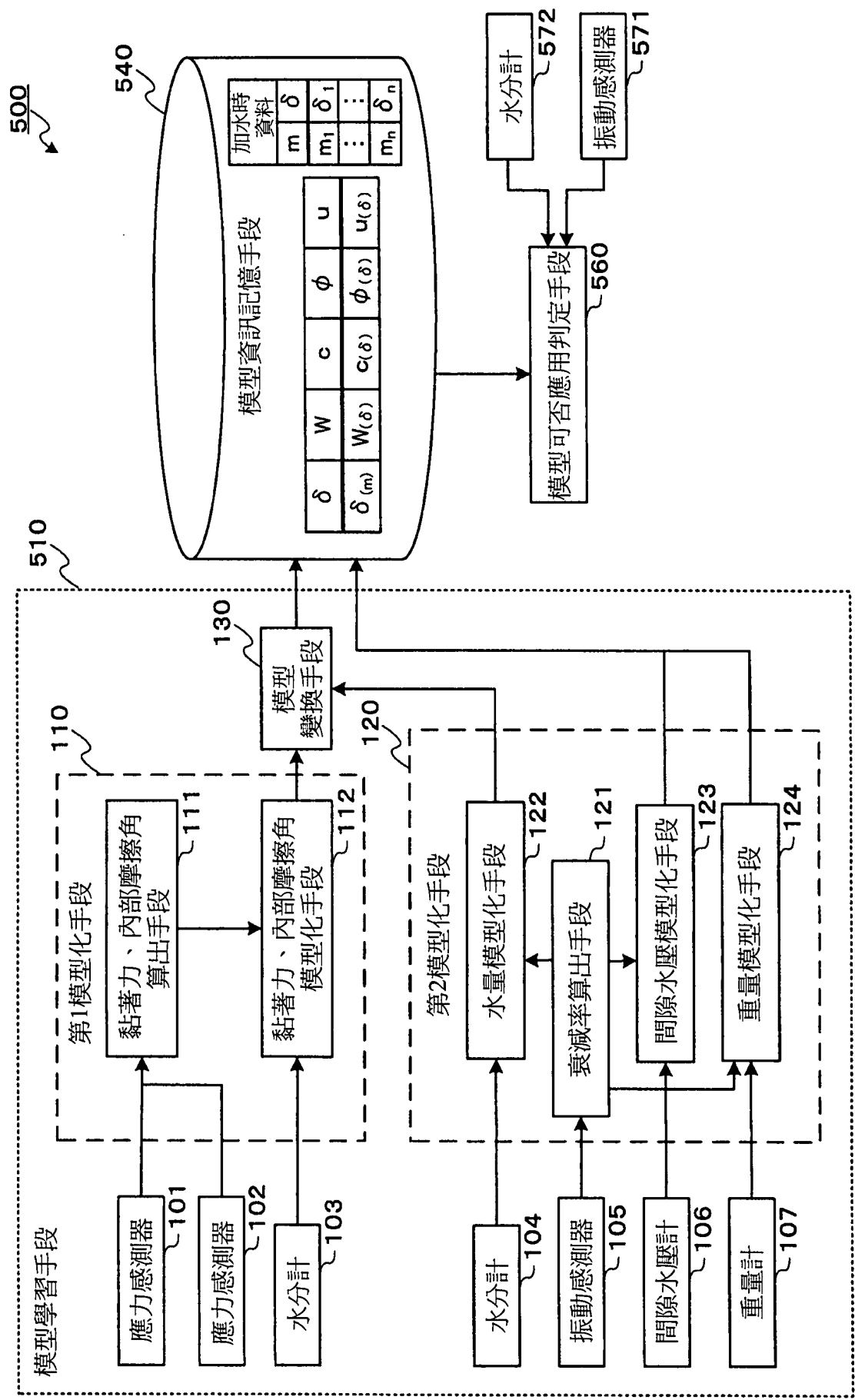
第8圖



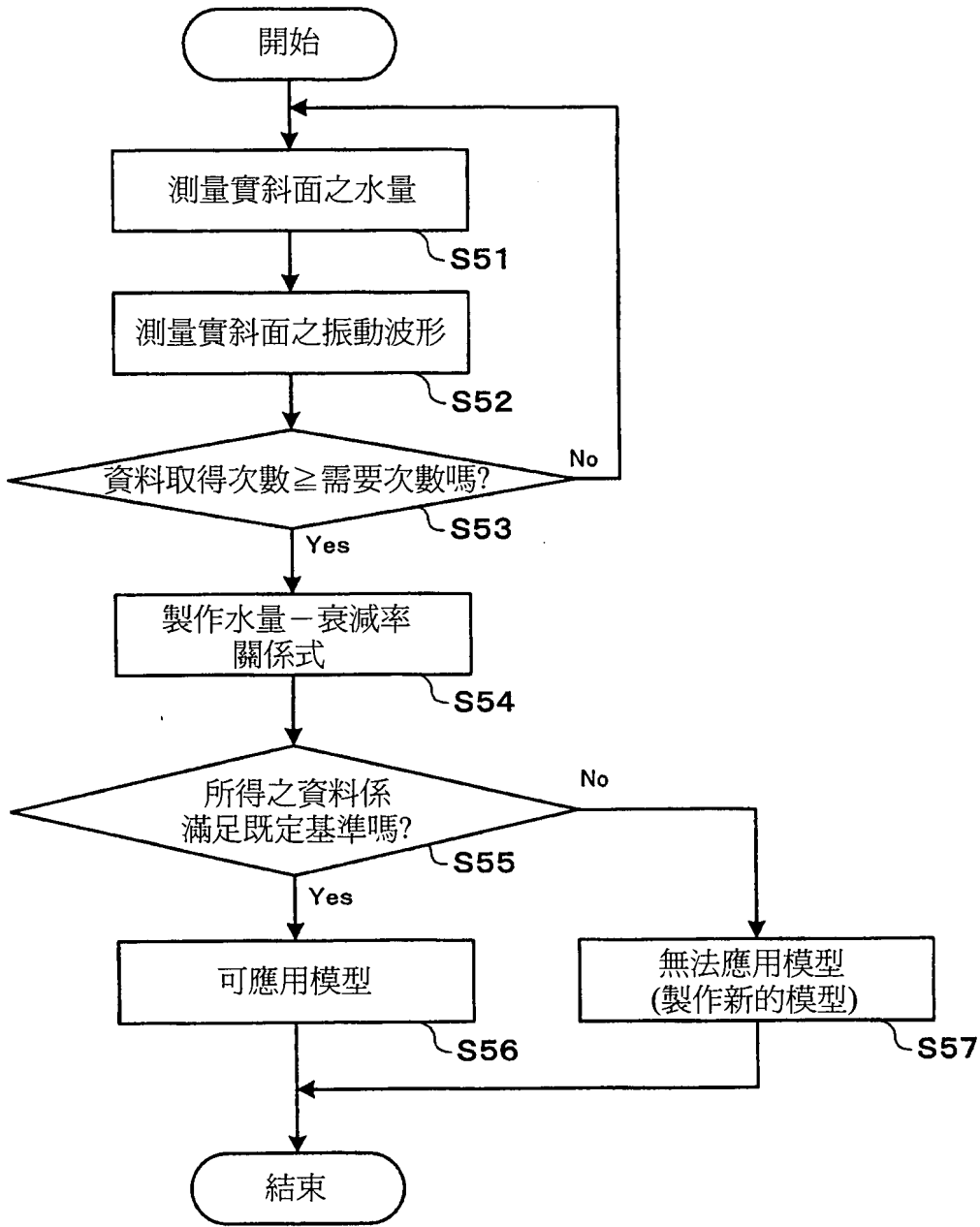
第9圖



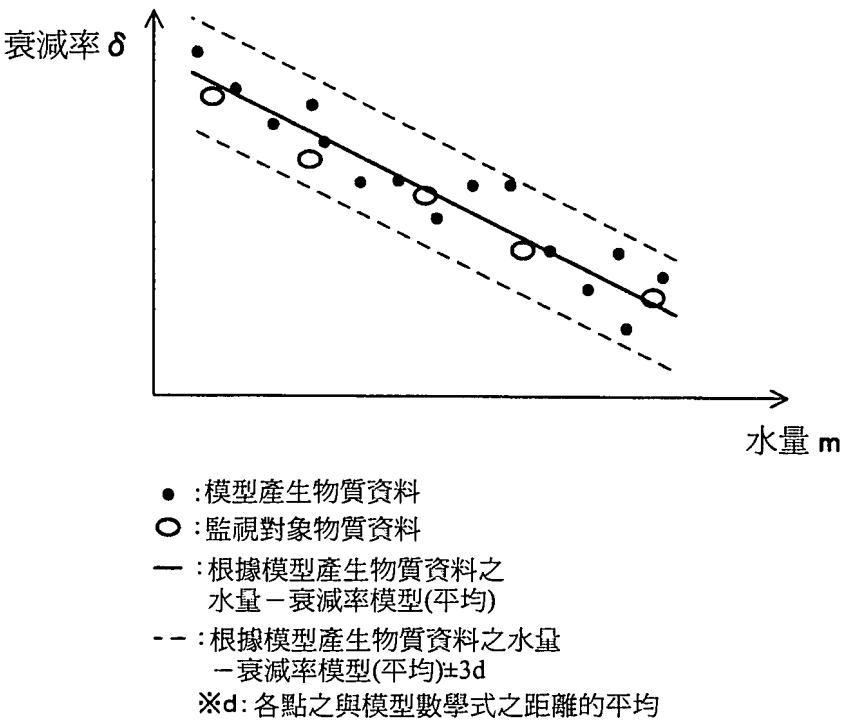
第10圖



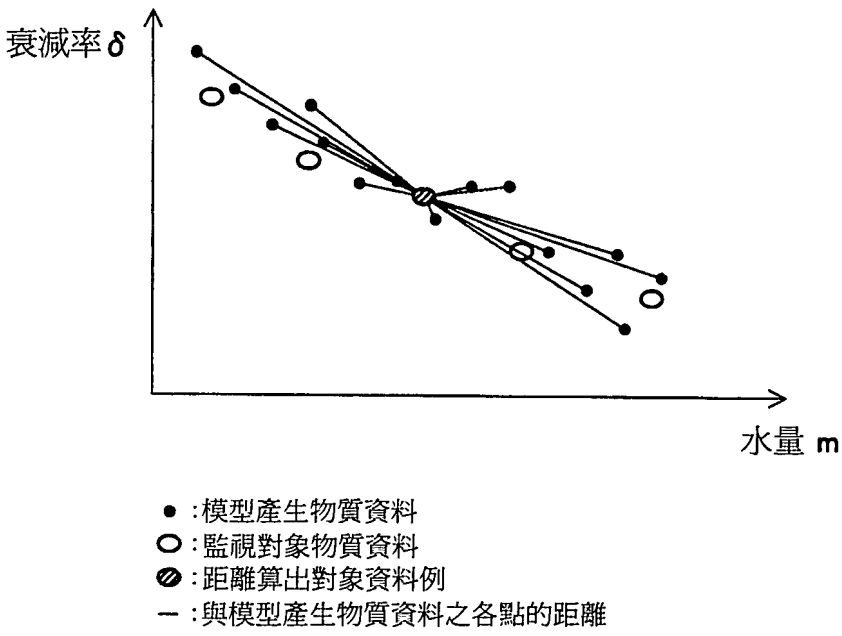
第11圖



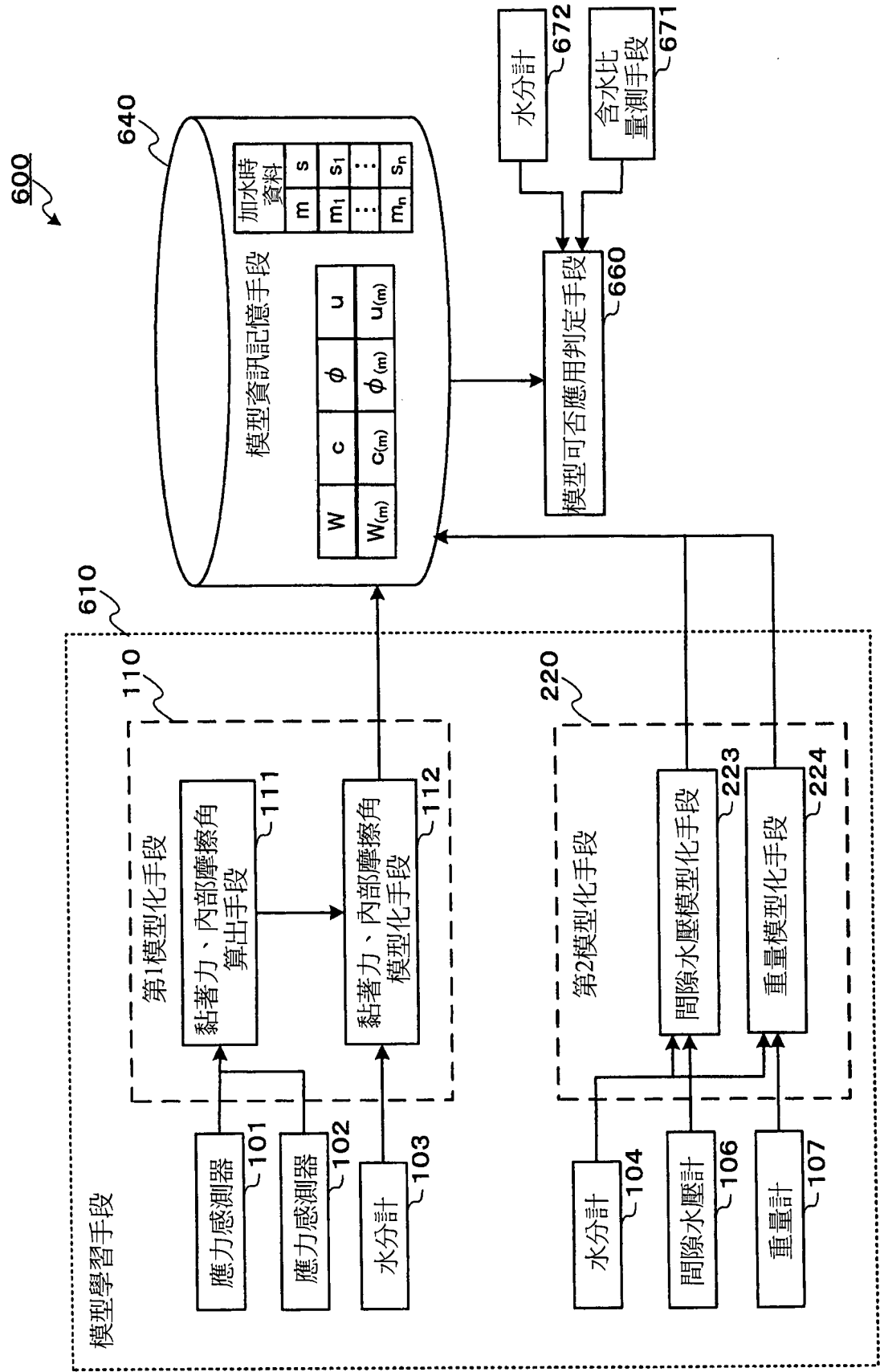
第12圖



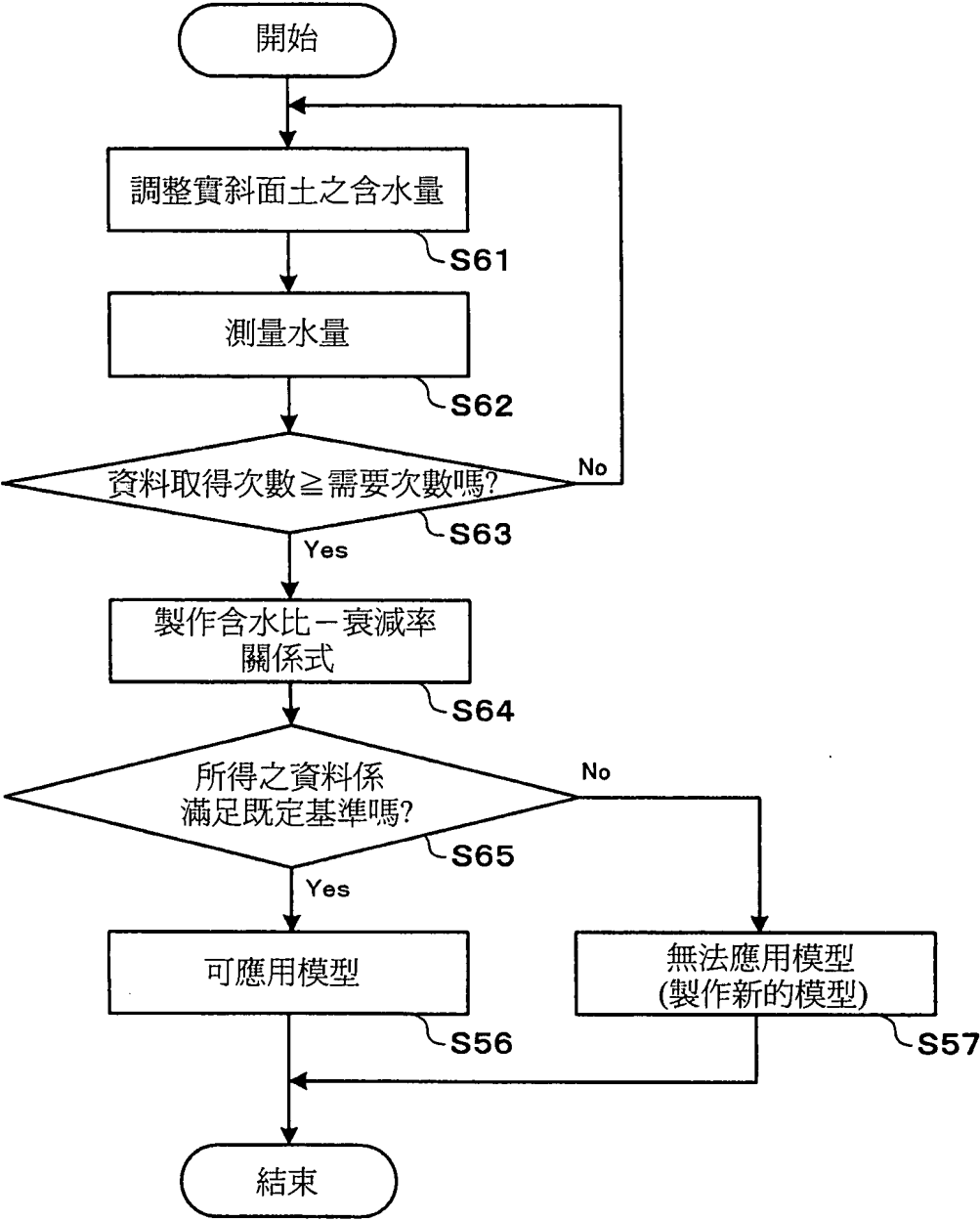
第13圖



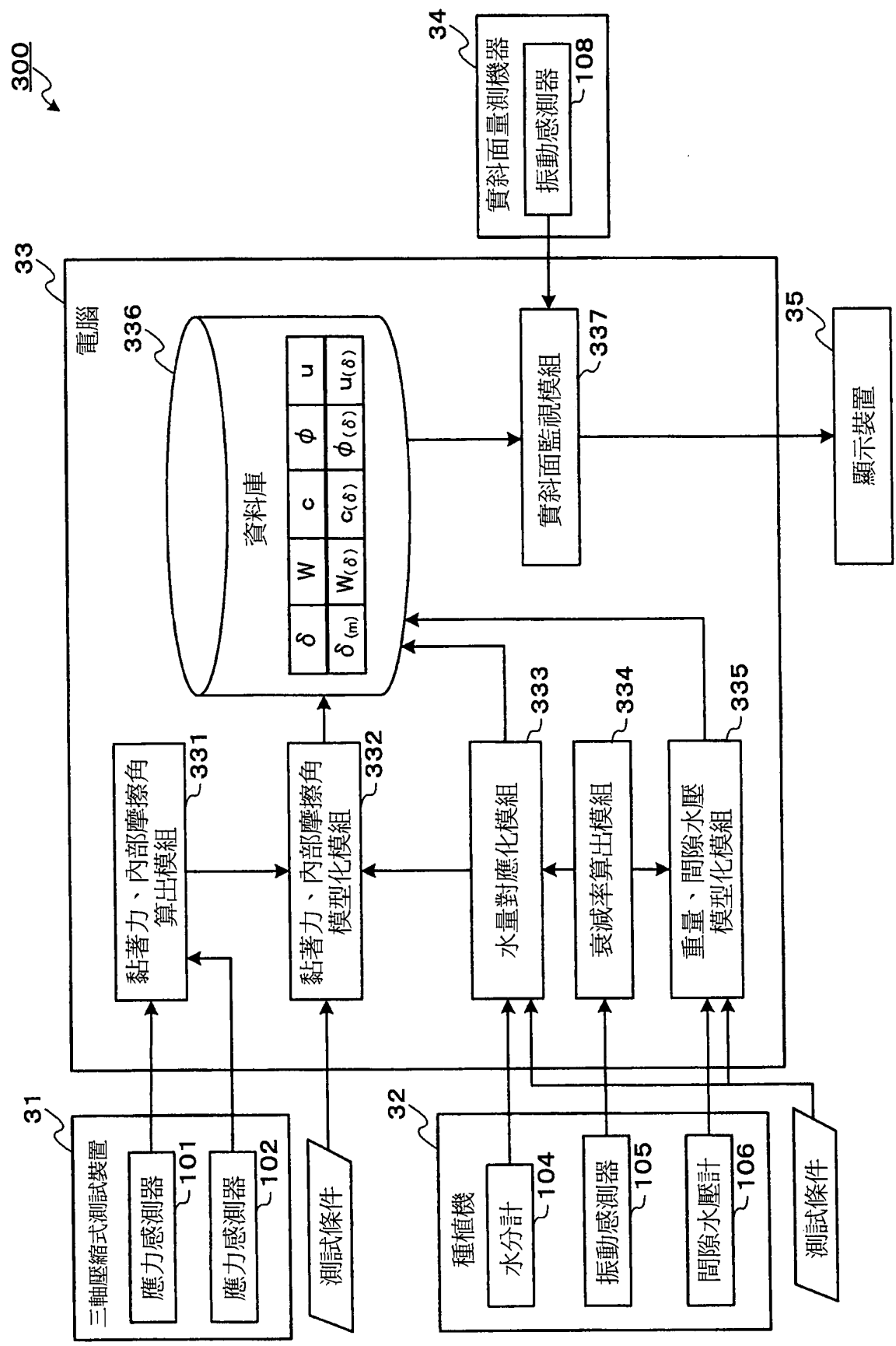
第14圖



第15圖



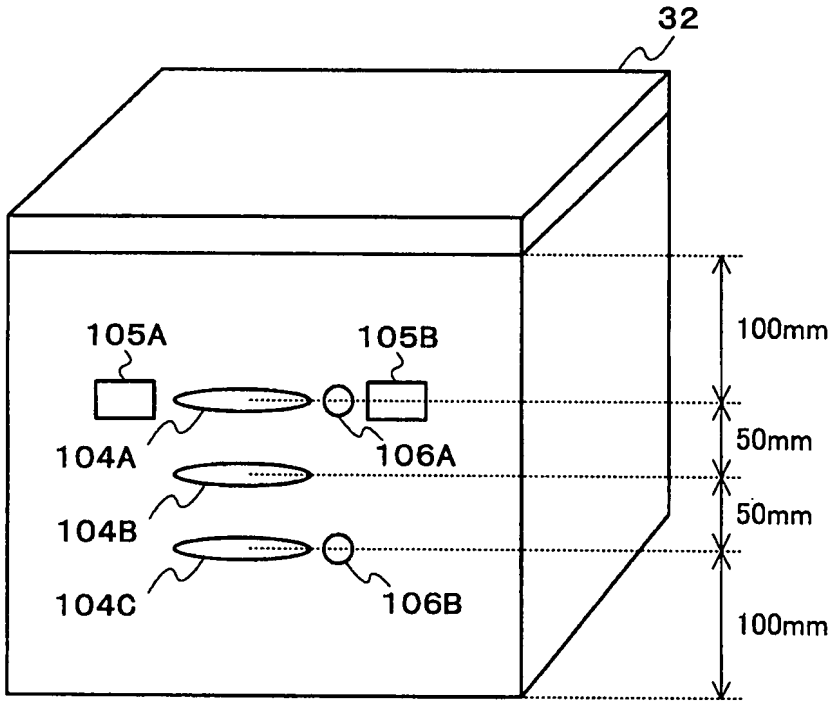
第16圖



第17圖

測試體No	含水比 [%]	黏著力c [kN/m ²]	內部摩擦角φ [°]	有效摩擦係數 (tan φ)
1	14	2.52	28.4	0.540698
2	15	1.72	26.7	0.502948
3	16	1.77	26.2	0.492061
4	17	1.65	25.3	0.472698
5	18	1.91	20.3	0.369911
6	19	2.32	22.6	0.416260
7	20	7.84	16.3	0.292420
8	21	6.84	13.5	0.240079
9	22	4.81	13.8	0.245624
10	23	7.87	8.8	0.154808
11	24	6.76	6.3	0.110401

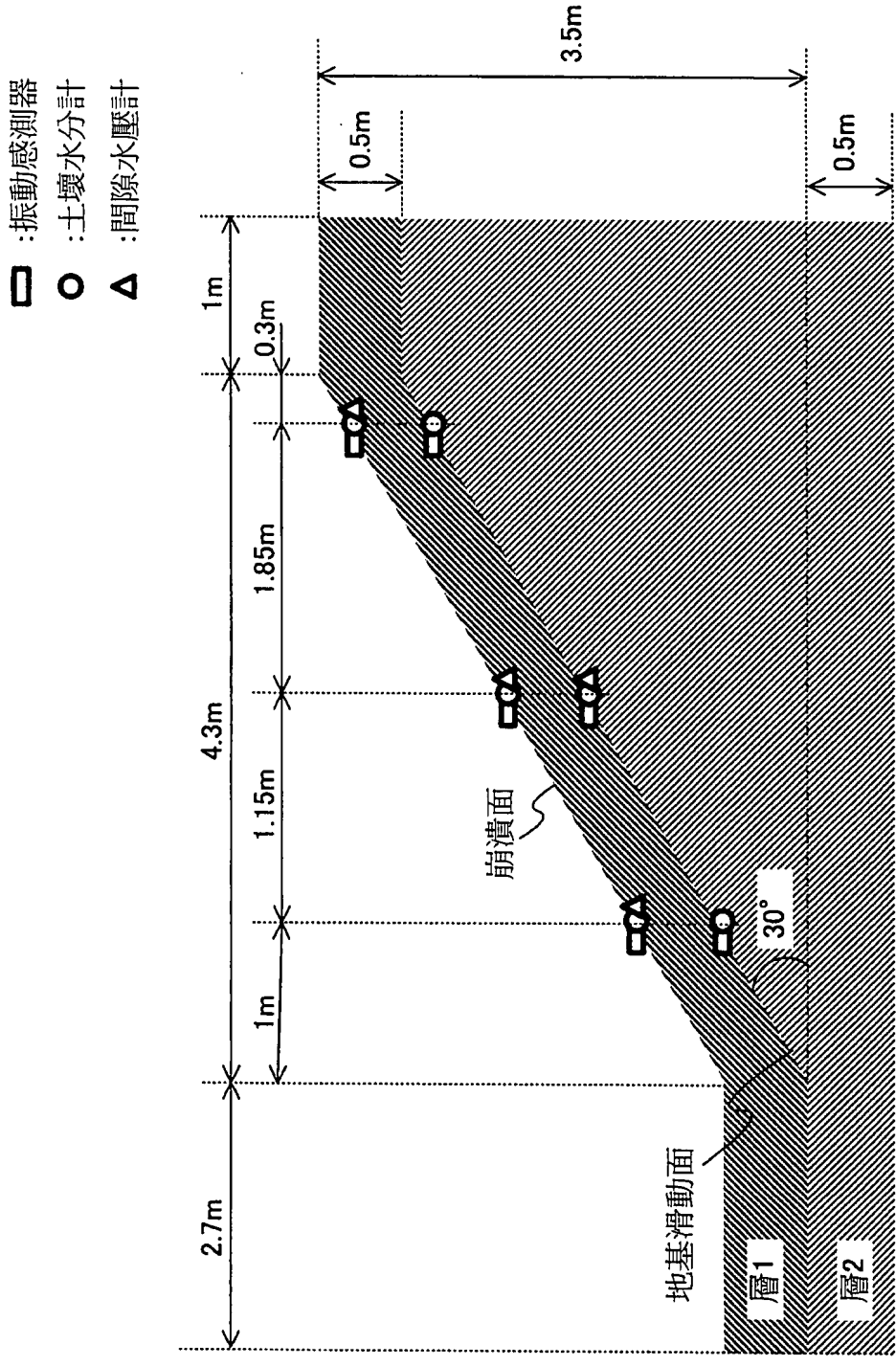
第18圖



第19圖

循環 No	加水量 [L]	含水比 [-]	土塊重量 [kg]	土塊密度 [kg/m³]	水量 [-]				衰減率[-]		間隙水壓 [cm]		
					水分計 A	水分計 B	水分計 C	平均	CH1	CH2	CH1	CH2	平均
1	13.042	0.159	95.2	1586.6	0.184	0.191	0.198	0.191	3.355	3.361	-1.656	2.823	0.583
2	16.042	0.195	98.2	1636.667	0.232	0.263	0.234	0.243	3.353	3.358	-1.77	7.896	3.063
3	19.042	0.232	101.2	1686.667	0.236	0.281	0.292	0.27	3.354	3.358	-1.502	11.124	4.811
4	22.042	0.268	104.2	1736.667	0.27	0.367	0.391	0.343	3.352	3.357	-3.5	18.903	7.701
5	23.842	0.29	106	1766.667	0.344	0.398	0.395	0.379	3.351	3.356	2.785	28.374	15.58
6	26.842	0.327	109	1816.667	0.344	0.401	0.395	0.38	3.351	3.355	2.367	40.739	21.553

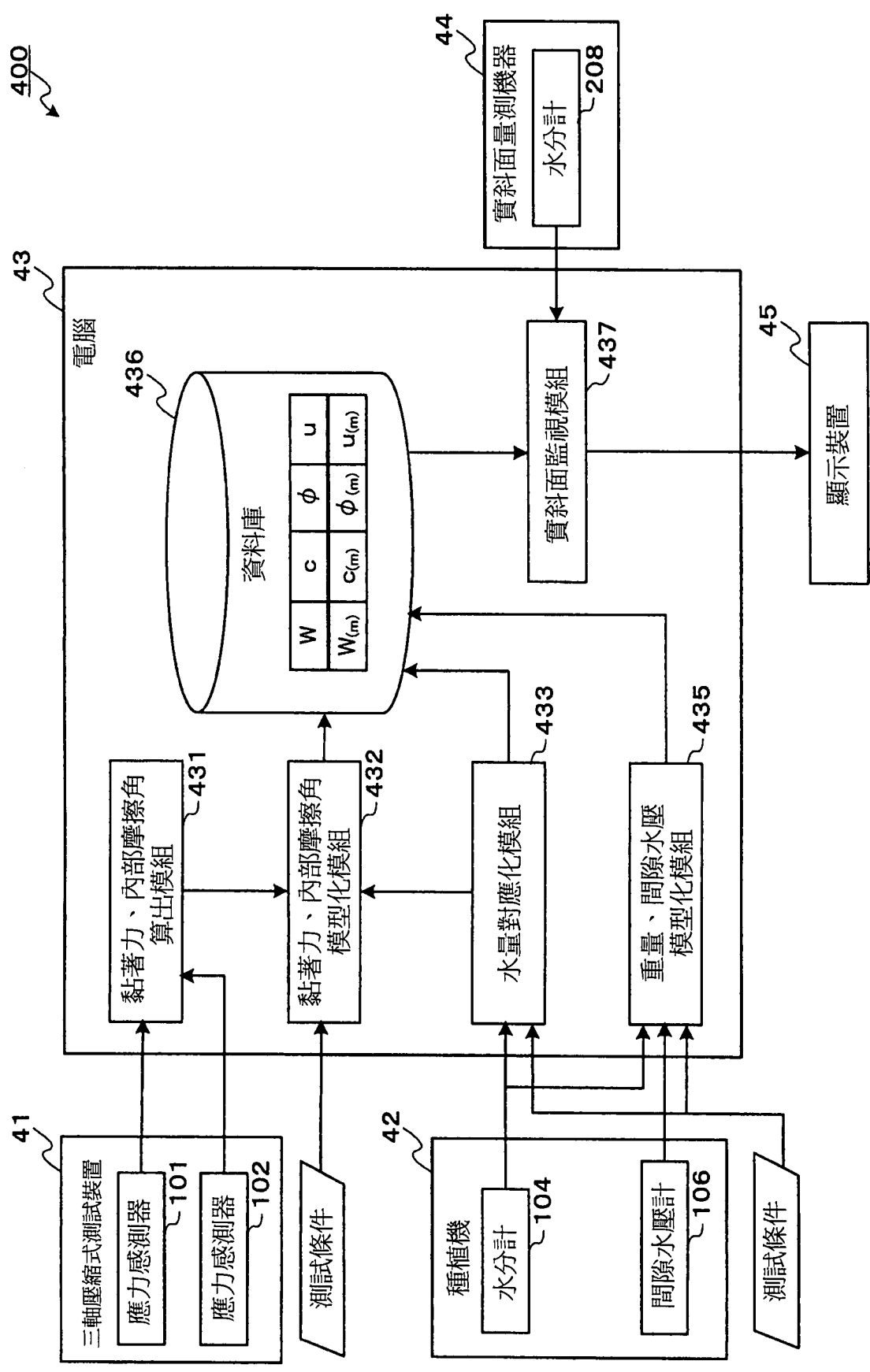
第20圖



第21圖

循環 No	經過時間 [時：分]	衰減率 [-]	時刻 [時：分]	安全率 [-]
1	0:00	3.360	11:56	4.654869
2	0:23	3.359	12:19	4.061446
3	0:42	3.359	12:38	4.061446
4	1:02	3.358	12:58	3.582952
5	1:26	3.355	13:22	2.558008
6	1:52	3.356	13:48	2.849414
7	2:26	3.355	14:22	2.558008
8	2:56	3.354	14:52	2.301445
9	3:49	3.353	15:45	2.071979
10	4:16	3.353	16:12	2.071979
11	4:35	3.352	16:31	1.863679
12	4:53	3.352	16:49	1.863679
13	5:10	3.351	17:06	1.671824
14	5:26	3.351	17:22	1.671824
15	5:43	3.350	17:39	1.492492
16	5:58	3.349	17:54	1.322257
17	6:14	3.349	18:10	1.322257
18	6:34	3.348	18:30	1.157947
19	6:49	3.348	18:45	1.157947
20	7:06	3.347	19:02	0.996412
21	7:22	3.347	19:18	0.996412
22	7:39	3.346	19:35	0.834276
23	7:59	3.347	19:55	0.996412

第22圖



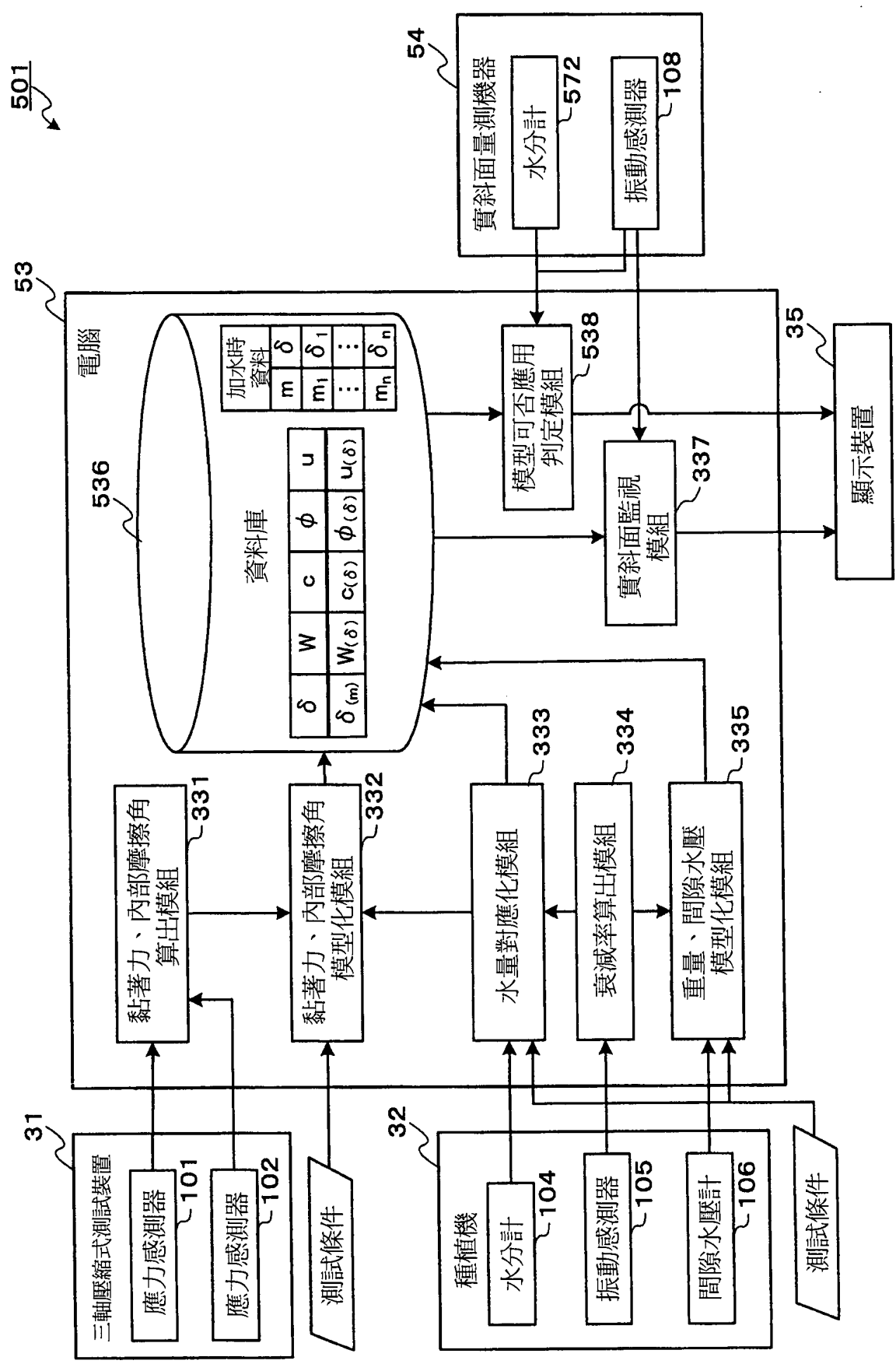
第23圖

循環 No	經過時間 [時：分]	水量 [-]						時刻 [時：分]	安全率 [-]
		水分計 1	水分計 2	水分計 3	水分計 4	水分計 5	水分計 6		
1	0:00	0.117	0.092	0.152	0.110	0.107	0.077	11:56	5.193
2	0:23	0.189	0.091	0.195	0.109	0.139	0.076	12:19	4.689
3	0:42	0.217	0.092	0.258	0.110	0.179	0.075	12:38	4.255
4	1:02	0.230	0.093	0.274	0.110	0.185	0.076	12:58	4.138
5	1:26	0.234	0.142	0.298	0.171	0.183	0.077	13:22	3.720
6	1:52	0.237	0.164	0.323	0.185	0.188	0.081	13:48	3.507
7	2:26	0.234	0.256	0.319	0.188	0.191	0.161	14:22	3.029
8	2:56	0.248	0.468	0.305	0.190	0.192	0.174	14:52	2.436
9	3:49	0.213	0.446	0.262	0.193	0.188	0.175	15:45	2.690
10	4:16	0.255	0.448	0.273	0.207	0.190	0.186	16:12	2.481
11	4:35	0.334	0.449	0.287	0.246	0.187	0.193	16:31	2.143
12	4:53	0.388	0.448	0.308	0.358	0.185	0.200	16:49	1.696
13	5:10	0.402	0.449	0.315	0.419	0.180	0.200	17:06	1.520
14	5:26	0.402	0.449	0.331	0.416	0.178	0.200	17:22	1.496
15	5:43	0.401	0.449	0.354	0.414	0.178	0.202	17:39	1.447

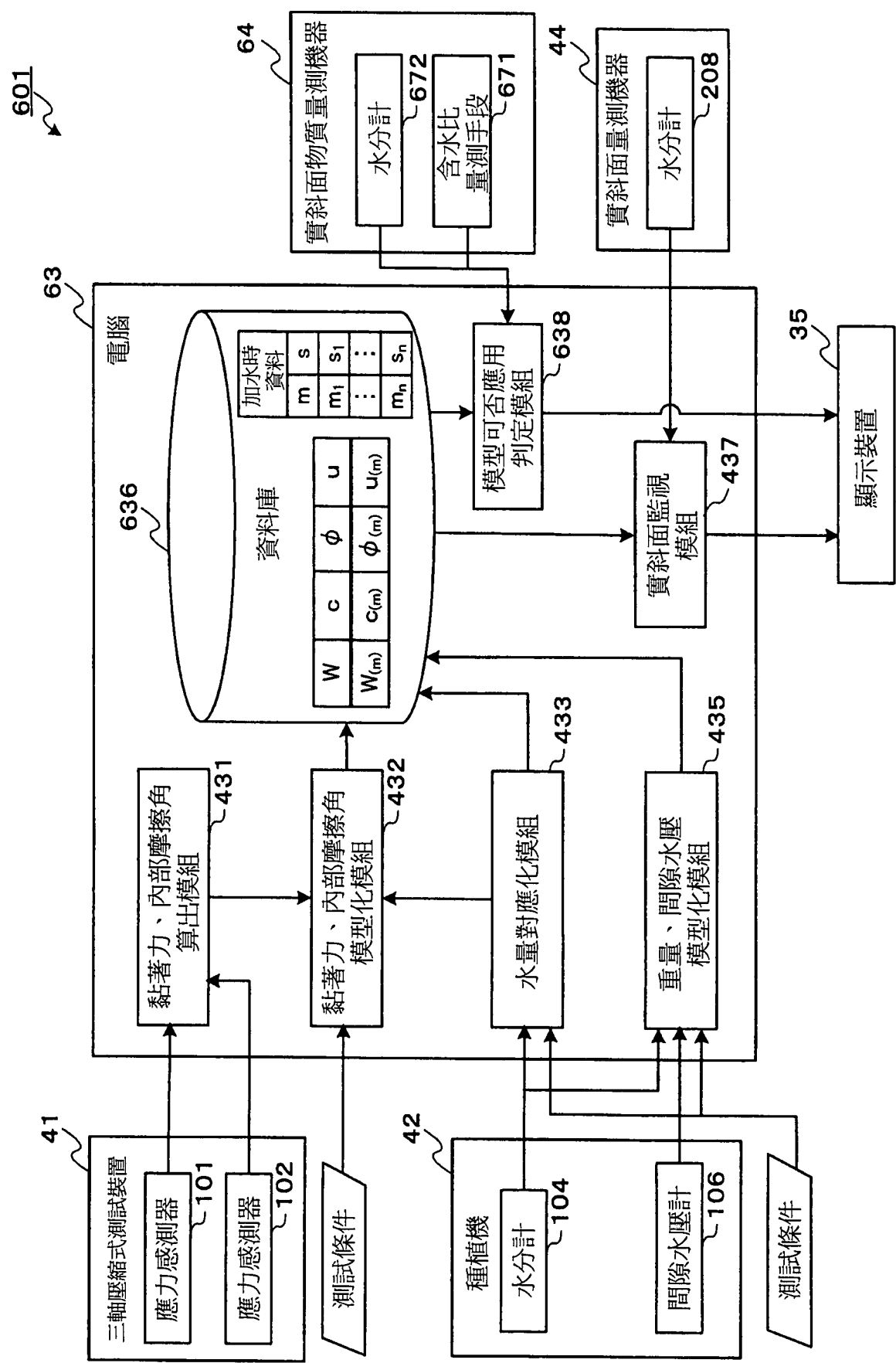
第24圖

循環 No	經過時間 [時：分]	水量 [-]						時刻 [時：分]	安全率 [-]
		水分計 1	水分計 2	水分計 3	水分計 4	水分計 5	水分計 6		
16	5:58	0.400	0.448	0.366	0.414	0.178	0.207	17:54	1.414
17	6:14	0.399	0.448	0.370	0.413	0.179	0.215	18:10	1.390
18	6:34	0.397	0.446	0.377	0.412	0.179	0.225	18:30	1.364
19	6:49	0.394	0.445	0.382	0.412	0.179	0.236	18:45	1.337
20	7:06	0.389	0.441	0.395	0.412	0.180	0.247	19:02	1.303
21	7:22	0.387	0.438	0.412	0.411	0.181	0.266	19:18	1.236
22	7:39	0.385	0.432	0.422	0.411	0.189	0.466	19:35	0.796
23	7:59	0.382	0.423	0.440	0.406	0.195	0.457	19:55	0.800

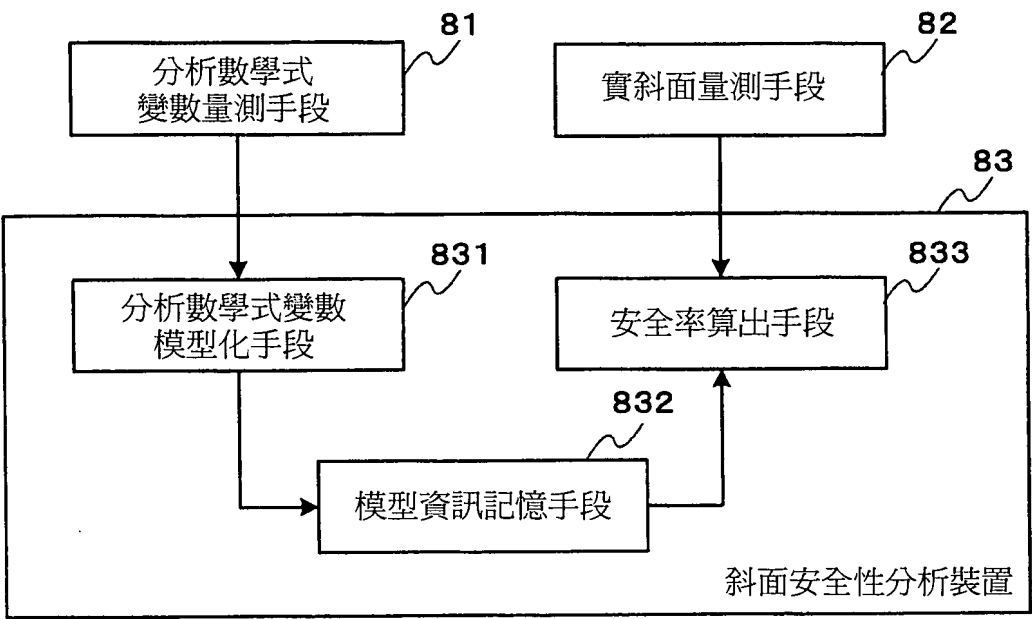
第25圖



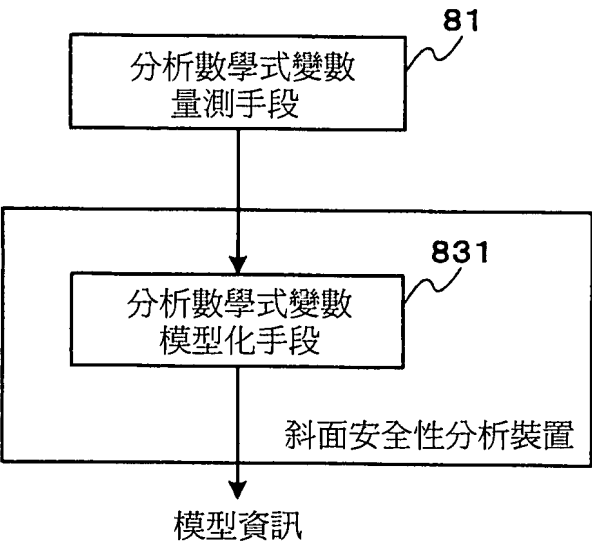
第26圖



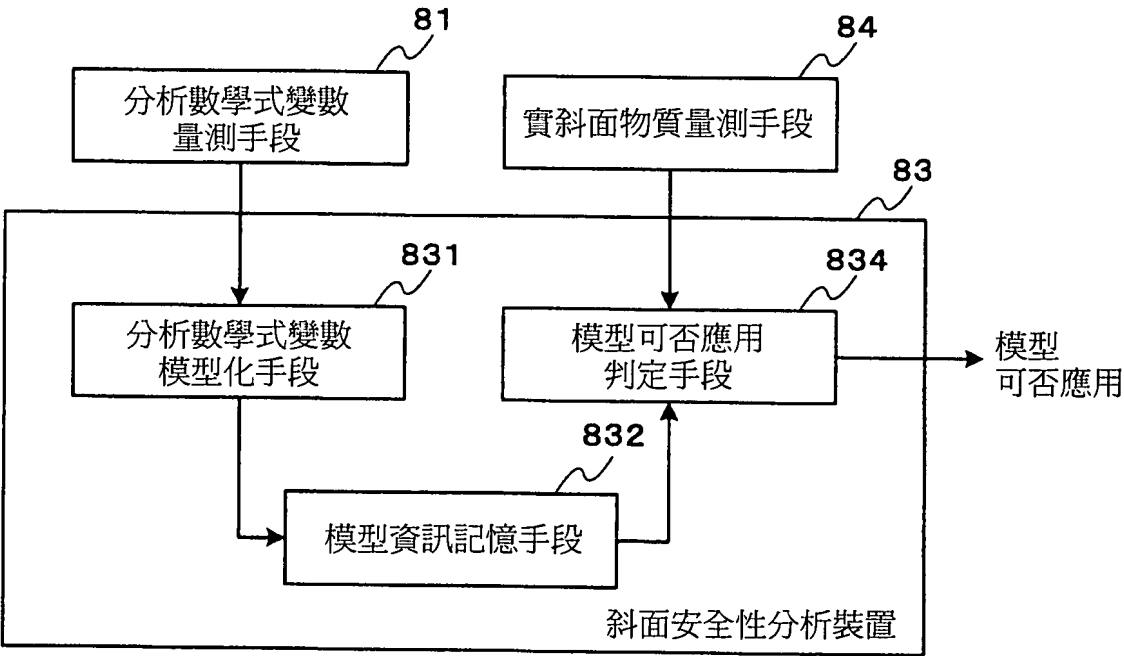
第27圖



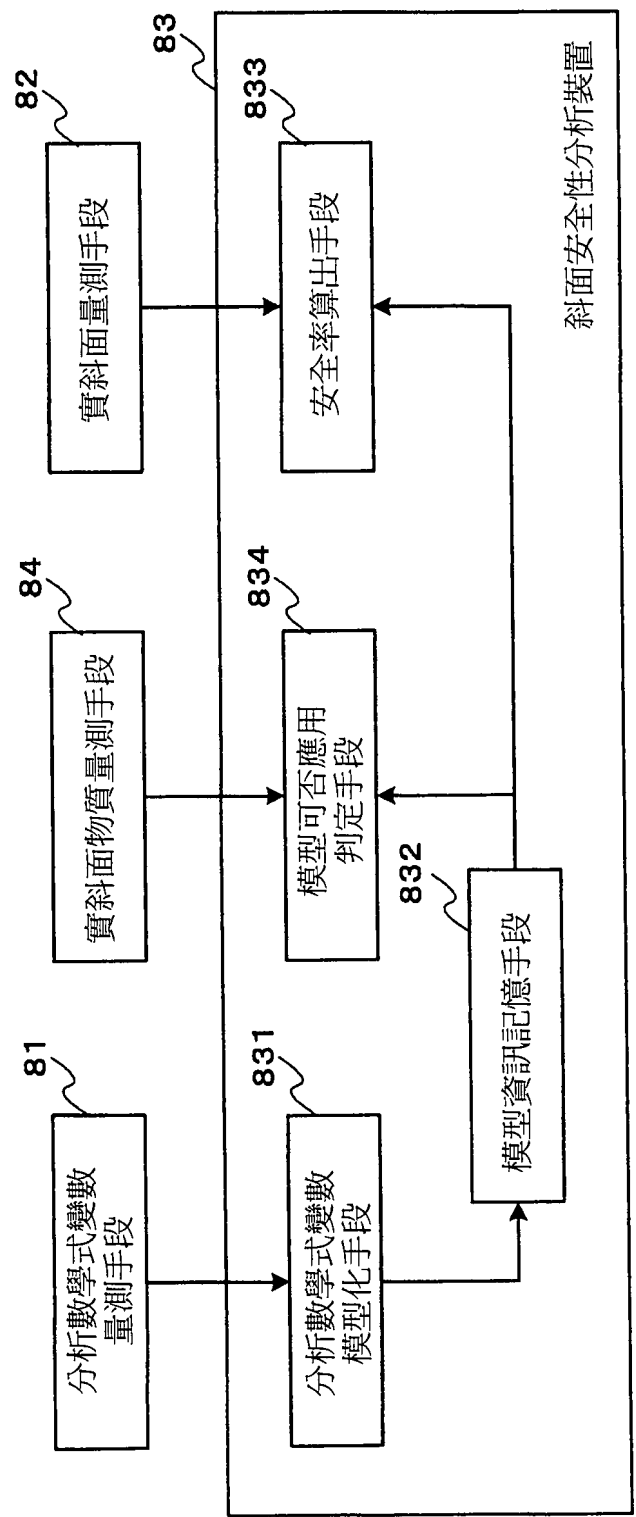
第28圖



第29圖



第30圖



第31圖

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（29）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

81 分析數學式變數量測手段

831 分析數學式變數模型化手段

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無。

的測試層之測試環境所測量之改變測試層的狀態時之是既定斜面穩定分析數學式所需之變數的分析數學式變數之各個的值、與因應於測試層之狀態而變化之既定第 1 可觀測量的值，對各個分析數學式變數，構築規定與是因應於構成監視對象斜面之物質層的狀態而變化之既定第 2 可觀測量且與第 1 可觀測量相同或與第 1 可觀測量之關係已知的既定第 2 可觀測量、或者從第 2 可觀測量可算出之既定第 3 變數之關係的模型。

【0015】 又，本發明之斜面監視方法係特徵為：電腦根據從至少具有是由具有與構成監視對象斜面之物質層大致相同之種類、乾燥密度以及壓實度的物質群所構成之物質層的測試層之測試環境所測量之改變測試層的狀態時之是既定斜面穩定分析數學式所需之變數的分析數學式變數之各個的值、與因應於測試層之狀態而變化之既定第 1 可觀測量的值，對各個分析數學式變數，構築規定與是因應於構成監視對象斜面之物質層的狀態而變化之既定第 2 可觀測量且與第 1 可觀測量相同或與第 1 可觀測量之關係已知的既定第 2 可觀測量、或者從第 2 可觀測量可算出之既定第 3 變數之關係的模型；電腦根據從監視對象斜面所測量之第 2 可觀測量的值，使用所構築之模型，算出測量第 2 可觀測量的值時之各分析數學式變數的值，再根據所算出之各分析數學式變數的值，使用斜面穩定分析數學式算出監視對象斜面的安全率。

【0016】 又，本發明之記錄了斜面監視程式之電腦可讀取的記錄媒體係記憶用以使電腦執行如下之處理的斜面監視程式，構築處理，係根據從至少具有是由具有與構成監視對象斜

面之物質層大致相同之種類、乾燥密度以及壓實度的物質群所構成之物質層的測試層之測試環境所測量之改變測試層的狀態時之是既定斜面穩定分析數學式所需之變數的分析數學式變數之各個的值、與因應於測試層之狀態而變化之既定第 1 可觀測量的值，對各個分析數學式變數，構築規定與是因應於構成監視對象斜面之物質層的狀態而變化之該既定第 2 可觀測量且與第 1 可觀測量相同或與第 1 可觀測量之關係已知的既定第 2 可觀測量、或者從第 2 可觀測量可算出之既定第 3 變數之關係的模型；及算出處理，係根據從監視對象斜面所測量之第 2 可觀測量的值，使用所構築之模型，算出測量第 2 可觀測量的值時之各分析數學式變數的值，再根據所算出之各分析數學式變數的值，使用斜面穩定分析數學式算出監視對象斜面的安全率。

【發明效果】

【0017】 若依據本發明，一面迴避對監視對象斜面之量測的困難性，一面可高精度地監視或預測監視對象斜面的安全性。

【圖式簡單說明】

【0018】

第 1 圖係表示第 1 實施形態之斜面監視系統之構成例的方塊圖。

第 2 圖係表示第 1 實施形態的斜面監視系統之在模型學習階段的動作之一例的流程圖。

第 3 圖係表示在第 1 實施形態之斜面監視系統的剪切測試

$$F_s = \frac{1}{\sum \{(W + \Delta X) \tan \alpha + Q\}} \sum \left\{ \frac{c + \{(W - u) + \Delta X\} \tan \phi}{\cos^2 \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{F_s} \right)} \right\} \cdot \cdot \cdot (4)$$

【0030】 又，作為沖村們所提議之斜面安定分析數學式(1985)，有以下的第(5)數學式。

【0031】 [第 4 數學式]

$$F_s = \frac{c + c_r + A \cos^2 \tan \phi}{B \sin \alpha \cos \alpha} \cdot \cdot \cdot (5)$$

$$A : (\gamma_{sat} - \gamma_w)h + \gamma_t(H - h)$$

$$B : \gamma_{sat}h + \gamma_t(H - h)$$

【0032】 在第(5)數學式， $A = (\gamma_{sat} - \gamma_w)h + \gamma_t(H - h)$ 、 $B = \gamma_{sat}h + \gamma_t(H - h)$ 。又， c_r 係根系之黏著力， γ_{sat} 係土之飽和單位體積重量， γ_w 係水之單位體積重量， γ_t 係土之濕潤單位體積重量， H 係來自基岩面之表土層壓， h 係來自基岩面之地下水位。因為土之單位體積重量 γ_t 係相當於在 Fellenius 方法之重量 W ，所以在 Fellenius 方法無新的變動參數成為僅根系之黏著力 c_r 與水之單位體積重量 γ_w 。此外，因為兩參數(c_r 及 γ_w)係不會受到土質本身影響，所以在沖村們之手法，亦受到土質本身影響的參數係可當作與 Fellenius 方法相同。

【0033】 又，以下的第(6)數學式係根據 Nash 之斜面穩定分析數學式(1987)。

【0034】 [第 5 數學式]

$$F_s = \frac{c}{\gamma \cdot z \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha} + \left(1 - \frac{\gamma_w \cdot h}{\gamma \cdot z} \right) \frac{\tan \phi}{\tan \alpha} \cdot \cdot \cdot (6)$$

【0035】 在第(6)數學式， γ 係土之密度， γ_w 係水之密度， z

係表土層的厚度， h 係地下水面的高度。土之密度 γ 係相當於在 Fellenius 方法中之重量 W 。又， z 及 h 係各斜面之固定參數。因此，在根據 Nash 之手法，亦受到土質本身影響的參數係與 Fellenius 方法、Bishop 方法相同。

【0036】 又，以下的第(7)數學式係 Taylor 們所提議之斜面穩定分析數學式(2007)。

【0037】 [第 6 數學式]

$$F_s = \frac{\tan \phi}{\tan \alpha} + \frac{c - \Psi(z)\gamma_w \tan \phi}{\gamma \sin \alpha \cos \alpha} \quad \dots (7)$$

【0038】 在第(7)數學式， z 係安全率算出對象深度。又， $\Psi(z)$ 係壓力頭，係與降雨量相關的參數。在係 Taylor 們之手法，亦受到土質本身影響的參數係與 Fellenius 方法、Bishop 方法相同。

【0039】 又，以下的第(8)數學式係 Rossi 們所提議之斜面穩定分析數學式(2012)。

【0040】 [第 7 數學式]

$$F_s = \frac{\tan \phi}{\tan \alpha} + \frac{c}{\{\gamma_d(z-h) + \gamma_{sat}\} \sin \alpha} - \frac{\gamma_w h \tan \phi}{[\gamma_d(z-h) + \gamma_{sat}] \cdot \tan \alpha} \quad \dots (8)$$

【0041】 在第(8)數學式， γ_d 係乾燥土塊密度。此外，其他的參數係如上述所示。在此，亦乾燥土塊密度 γ_d 相當於土塊重量 W 。因此，在 Rossi 們之手法，亦受到土質本身影響的參數係與 Fellenius 方法、Bishop 方法相同。

【0042】 土塊係由土粒、介於粒子間之間隙的間隙空氣以及間隙水所構成。作為支撐土塊之重量的阻力，土粒所造成之垂直阻力、間隙氣壓以及間隙水壓作用。但，在這些力之中，

黏著力 c 及內部摩擦角 ϕ 。

【0057】 黏著力、內部摩擦角模型化手段 112 係根據自水分計 103 所得之各測試層的水量 m 、與藉黏著力、內部摩擦角算出手段 111 所算出之各測試層的黏著力 c 及內部摩擦角 ϕ ，構築將黏著力 c 作為水量 m 之函數所模型化的黏著力－水量模型及將內部摩擦角 ϕ 作為水量 m 之函數所模型化的內部摩擦角－水量模型。

【0058】 水分計 104 係在是第 2 測試之加水、加振測試，測量在對測試層施加振動時所產生之振動波形。亦可水分計 104 係例如一直或以既定間隔或者因應於使用者之指示，測量測試層之水量 m ，並輸出表示量測結果之水量資料的感測器。

【0059】 振動感測器 105 係在是第 2 測試之加水、加振測試，測量在對測試層施加振動時所產生之振動波形。亦可振動感測器 105 係例如一直或以既定間隔或者因應於使用者之指示，測量在測試層所產生之振動波形，並輸出表示量測結果之波形資料的感測器。

【0060】 間隙水壓計 106 係在是第 2 測試之加水、加振測試，測量測試層之間隙水壓 u 。亦可間隙水壓計 106 係例如一直或以既定間隔或者因應於使用者之指示，測量測試層之間隙水壓 u ，並輸出表示量測結果之間隙水壓資料的感測器。

【0061】 重量計 107 係在是第 2 測試之加水、加振測試，測量測試層之重量 W 。亦可重量計 107 係例如一直或以既定間隔或者因應於使用者之指示，測量測試層之重量，並輸出表示量測結果之重量資料的感測器。

【0062】 又，第 2 模型化手段 120 係根據藉是第 2 測試之加水、加振測試所得之在加水過程中的重量 W 與間隙水壓 u 之各個的值以及波形資料，算出振動波形之衰減率 δ ，而且構築規定重量 W 與衰減率 δ 之關係的重量－衰減率模型及規定間隙水壓 u 與衰減率 δ 之關係的間隙水壓－衰減率模型。又，第 2 模型化手段 120 係根據在藉是第 2 測試之加水、加振測試所得之在加水過程中的水量 m 的值及波形資料，構築規定水量 m 與振動波形之衰減率 δ 之關係的水量－衰減率模型。

【0063】 第 2 模型化手段 120 係更具體而言，包含衰減率算出手段 121、水量模型化手段 122、間隙水壓模型化手段 123 以及重量模型化手段 124。

【0064】 衰減率算出手段 121 係根據藉振動感測器 105 所得之在加水過程的振動波形，算出在加水過程之振動波形的衰減率 δ 。

【0065】 水量模型化手段 122 係根據藉水分計 104 所得之在加水過程之測試層的水量 m 、與藉衰減率算出手段 121 所算出之在該過程之振動波形的衰減率 δ ，構築將水量 m 作為衰減率 δ 之函數所模型化的水量－衰減率模型。

【0066】 此外，在可從加水前之測試層的含水比、重量、加水量等算出每次加水之測試層的水量 m 的情況，亦可省略水分計 104。在這種情況，例如，水量模型化手段 122 在從加水前之測試層的含水比、重量、加水量等算出現在之測試層的水量 m 後，構築將水量 m 作為衰減率 δ 之函數所模型化的水量－衰減率模型。在此時，作為水量 m ，亦可使用含水比。

【0067】 間隙水壓模型化手段 123 係根據藉間隙水壓計 106 所得之在加水過程之測試層的間隙水壓 u 、與藉衰減率算出手段 121 所算出之在該過程之振動波形的衰減率 δ ，構築將間隙水壓 u 作為衰減率 δ 之函數所模型化的間隙水壓－衰減率模型。

【0068】 重量模型化手段 124 係根據藉重量計 107 所得之在加水過程之測試層的重量 W 、與藉衰減率算出手段 121 所算出之在該過程之振動波形的衰減率 δ ，構築將重量 W 作為衰減率 δ 之函數所模型化的重量－衰減率模型。

【0069】 此外，在可從加水前之測試層的含水比、重量以及加水量等算出每次加水之測試層的重量 W 的情況，亦可省略重量計 107。在這種情況，例如，重量模型化手段 124 在從加水前之測試層的含水比、重量、加水量等算出現在之測試層的重量 W 後，構築將重量 W 作為衰減率 δ 之函數所模型化的重量－衰減率模型。

【0070】 模型變換手段 130 係根據水量模型化手段 122 所製作之水量－衰減率模型，將黏著力、內部摩擦角模型化手段 112 所製作之黏著力－水量模型及內部摩擦角－水量模型分別變換成將振動波形之衰減率 δ 作為函數的模型。即，模型變換手段 130 係將黏著力－水量模型及內部摩擦角－水量模型之模型化輸入變數從水量 m 變換成振動波形之衰減率 δ ，而構築黏著力－衰減率模型及內部摩擦角－衰減率模型。

【0071】 模型資訊記憶手段 140 係將是在斜面穩定分析數學式所使用之變數的各個分析數學式變數作為根據在是監視

對象斜面的實斜面可測量之可觀測量所學習之模型的資訊，至少記憶上述之重量－衰減率模型、間隙水壓－衰減率模型、黏著力－衰減率模型以及內部摩擦角－衰減率模型的資訊。

【0072】 亦可模型資訊記憶手段 140 係例如，記憶鑑定函數模型之參數、或組裝以模型化輸入變數為引數並送回分析數學式變數之值的處理之模組的位址等，作為模型之資訊。

【0073】 振動感測器 108 係測量在實斜面之滑動層所產生的振動波形。振動感測器 108 係例如設置於實斜面之滑動層，測量因在該滑動層落下物或降雨所造成之加振所產生的振動波形，並輸出表示量測結果之波形資料的感測器。

【0074】 實斜面監視手段 150 係根據藉振動感測器 108 所得之在實斜面之滑動層所產生的振動波形，算出實斜面之安全率，並因應於需要，輸出警報。實斜面監視手段 150 係更具體而言，包含安全率算出手段 151、判定手段 152 以及警報手段 153。

【0075】 安全率算出手段 151 係根據藉振動感測器 108 所得之在實斜面之滑動層所產生的振動波形、模型資訊記憶手段 140 所記憶之重量－衰減率模型、間隙水壓－衰減率模型、黏著力－衰減率模型以及內部摩擦角－衰減率模型的資訊，算出該振動波形量測時之實斜面的安全率 F_s 。安全率算出手段 151 係具體而言，從實斜面之振動波形算出衰減率 δ ，再根據所算出之衰減率 δ 的值，使用上述之各模型，算出各分析數學式變數之值，即重量 W 、間隙水壓 u 、黏著力 c 以及內部摩擦角 ϕ 之值，再將所得之值應用於上述之第(1)數學式，算出安全率

態一樣。但，在本實施形態，第 2 模型化手段 120(更具體而言，水量模型化手段 122)具有使模型資訊記憶手段 540 記憶在是第 2 測試的加水、加振測試所得之在加水過程之測試層的水量 m 及衰減率 δ 等之關於在模型產生所使用之是物質層的測試層之土質的資料(以下稱為模型產生物質資料)的功能。又，例如，亦可第 2 模型化手段 120 係除了第 2 實施形態的功能以外，還具有根據藉加水、加振測試所得之在加水過程之測試層的衰減率 δ 及水量 m 的值，構築規定水量 m 與衰減率 δ 之關係的水量－衰減率模型，再將所構築之水量－衰減率模型的資訊作為模型產生物質資料，記憶於模型資訊記憶手段 540 的功能。

【0155】 本實施形態之模型資訊記憶手段 540 係除了第 1 實施形態之模型資訊記憶手段 140 的功能以外，還至少記憶該模型產生物質資料。亦可模型資訊記憶手段 540 係例如，將各個分析數學式變數作為根據在實斜面可測量之可觀測量所學習之模型的資訊，記憶重量－衰減率模型、間隙水壓－衰減率模型、黏著力－衰減率模型以及內部摩擦角－衰減率模型的資訊，而且記憶從在這些之模型產生所使用的測試層在加水過程所取得的水量和所對應之衰減率的資料，作為模型產生物質資料。又，亦可模型資訊記憶手段 540 係例如作為模型產生物質資料，亦可記憶複數組在加水、加振測試所得之每次加水之測試層的水量與衰減率的組合，記憶水量－衰減率模型之資訊。

【0156】 振動感測器 571 及水分計 572 係用以從作為監視對象之斜面(實斜面)的滑動層(實斜面的土塊等)或作成與該滑動層實質上相同的物質層取得關於土質之資料的感測器。在第

11 圖所示之例子，振動感測器 571 及水分計 572 係測量實斜面的滑動層之在加水狀態相異的複數種狀態時的振動波形及水量。亦可振動感測器 571 係例如測量在實斜面之滑動層所產生的振動波形，並輸出表示量測結果之波形資料的感測器。又，亦可水分計 572 係例如測量實斜面之滑動層的土中水量，並輸出表示量測結果之水量資料的感測器。此外，亦可振動感測器 571 及/或水分計 572 係在從實斜面之滑動層難直接測量振動波形及/或水量的情況，藉使用從該滑動層所拿出之物質層的加水、加振測試等，收集振動波形及/或水量。以下，將依此方式從實斜面之滑動層直接或從藉從該滑動層拿出等而作成實質上相同的物質層所測量或收集之關於該物質層之土質的資料稱為實斜面物質資料。此外，在第 11 圖所示之例子，係作為實斜面物質資料，收集加水狀態相異之複數種狀態時的水量 m 與所對應之衰減率 δ 的例子。

【0157】 此外，振動感測器 571 及/或水分計 572 係在作為系統監視實斜面之手段包括進行相同之量測的振動感測器 108 或水分計 208 的情況，亦可省略。在此情況，使用振動感測器 108 或水分計 208，收集實斜面物質資料即可。

【0158】 模型可否應用判定手段 560 係對成為監視對象的斜面，判定是否應用模型資訊記憶手段 540 所儲存之模型亦可監視。模型可否應用判定手段 560 係更具體而言，比較實斜面物質資料所示之衰減率 δ 與水量 m 的關係、和模型資訊記憶手段 540 所儲存之實斜面物質資料所示之衰減率 δ 與水量 m 的關係，並評估兩者之相似度，藉此，判定可否應用模型資訊記憶

手段 540 所儲存之模型。又，亦可模型可否應用判定手段 560 係將判定結果輸出至使用者。

【0159】 又，斜面監視系統 501 係在藉模型可否應用判定手段 560 判定可應用模型的情況，亦可使安全率算出手段 151 進行根據模型資訊記憶手段 540 所記憶之重量－衰減率模型、間隙水壓－衰減率模型、黏著力－衰減率模型以及內部摩擦角－衰減率模型的資訊，算出該衰減率算出時之實斜面的安全率 F_s 之處理。另一方面，在藉模型可否應用判定手段 560 判定無法應用模型的情況，亦可斜面監視系統 501 係從使用與監視對象斜面之滑動層同性質的物質層之測試資料的收集重做，而產生新的監視對象斜面用的模型。

【0160】 此外，作為實斜面物質資料及模型產生物質資料，使用水量與衰減率之至少包含在實斜面之監視所使用的可觀測量之至少 2 種以上的可觀測量或從該可觀測量可算出之物理量(變數)較佳，但是實斜面物質資料及模型產生物質資料係未限定如此。例如，亦可使用含水比，替代水量 m 。在此情況，亦可將水分計 103、水分計 104 以及水分計 572 各自置換成藉含水比測試可測量含水比的手段(含水比量測手段)。亦可含水比量測手段係例如測量或收集土塊之乾燥重量與施加於該土塊之水的重量，並從那些重量算出含水比者。此外，測試體之含水比係已知，在作為測試體資料，輸入表示該測試體之含水比之含水比資料的情況，含水比量測手段係亦可省略。

【0161】 此外，實斜面物質資料及模型產生物質資料係未限定為含水比或對含水比有影響的物質質量，只要是表示土質之

物理量，並可從在模型產生用所使用之測試體及實斜面之滑動層或實質上與該滑動層相同之物質層可收集的物理量即可。

【0162】 又，在這種情況，如第 2 實施形態所示，亦可間隙水壓模型化手段及重量模型化手段以從水分計 104 所得之水量 m 將間隙水壓及重量進行模型化。在此情況，只要將振動感測器 571 及振動感測器 108 更換成水分計 572 及水分計 208 即可。依此方式，可省略模型變換手段 130，而且不需要藉安全率算出手段 151 之衰減率的算出處理。此外，在本例的情況，第 2 模型化手段(更具體而言，重量模型化手段)係作為模型產生物質資料，例如將水量與對應於該水量之含水比記憶模型資訊記憶手段即可。關於這種分析數學式變數模型提供系統的構成例及動作，將作為第 4 實施形態後述。

【0163】 其次，說明本實施形態的動作。應用本實施形態的分析數學式變數模型提供系統之斜面監視系統的動作係大致上可分成模型學習階段、模型判定階段以及實斜面監視階段之 3 個階段。分析數學式變數模型提供系統 500 係進行其中之模型學習階段與模型判定階段。此外，模型學習階段的動作係基本上與第 1 實施形態一樣。又，在斜面監視系統 501 之實斜面監視階段的動作亦可與第 1 實施形態一樣。但，在本實施形態，在模型學習階段(例如，第 2 圖之步驟 S17 等)，第 2 模型化手段使模型資訊記憶手段 540 記憶將在加水過程之各狀態的衰減率 δ 與水量 m 賦與對應的資訊，作為模型產生物質資料。在以下，與第 1 實施形態一樣者係附加相同的符號，並省略說明。

【0164】 第 12 圖係表示在模型判定階段之本實施形態的動作之一例的流程圖。在第 12 圖所示的例子，首先，使用水分計 572，測量是作為監視對象之斜面的實斜面之滑動層的水量(步驟 S51)。藉此，模型可否應用判定手段 560 得到水量資料。

【0165】 又，在與步驟 S51 之水量的量測同時地使用振動感測器 571，測量那時之振動波形(步驟 S52)。藉此，模型可否應用判定手段 560 得到波形資料。此外，在步驟 S52，模型可否應用判定手段 560 係從所得之波形資料算出衰減率。

【0166】 接著，進行對實斜面之滑動層進行加水等的含水調整，並重複水量量測及波形資料量測所需的次數(步驟 S53)。藉此，模型可否應用判定手段 560 係作為實斜面物質資料，得到包含複數組水量 m 與所對應之衰減率 δ 之組合的資訊。此外，亦可模型判定階段係從包含複數組水量 m 與所對應之衰減率 δ 之組合的實斜面物質資料被輸入時開始。

【0167】 得到包含所需的次數份量之水量 m 與衰減率 δ 的實斜面物質資料時(步驟 S53 之 YES)，模型可否應用判定手段 560 係從所得之實斜面物質資料，製作表示在作為監視對象之斜面的物質層之水量與衰減率的關係之水量－衰減率關係式(步驟 S54)。

【0168】 接著，模型可否應用判定手段 560 係判定從所製作之關係式所得的水量－衰減率分布是否滿足從根據位於模型資訊記憶手段 540 內之模型產生物質資料之水量－衰減率的分布所設定之既定基準(步驟 S55)。在此，若滿足既定基準(步驟 S55 之 YES)，模型可否應用判定手段 560 判定現在模型資

訊記憶手段 540 所記憶之模型是可應用於作為監視對象之斜面的監視(步驟 S56)。另一方面，若未滿足既定基準(步驟 S55 之 NO)，模型可否應用判定手段 560 判定無法應用該模型，亦可移往製作新模型之處理(步驟 S57)。

【0169】 亦可既定基準係例如從所製作之關係式所得的分布是否位於從模型產生物質資料所設定之關係式上限值與關係式下限值之間。亦可模型可否應用判定手段 560 係例如若從所製作之關係式所得的分布位於從模型產生物質資料所設定之關係式上限值與關係式下限值之間，判定可應用模型，若未位於此範圍，判定無法應用模型。例如，亦可模型可否應用判定手段 560 係根據是否滿足以下之第(9)數學式所示的判定條件，判定可否應用模型。

【0170】 $(\text{平均} - 3\beta) < \text{所得之各值} < (\text{平均} + 3\beta) \dots (9)$

【0171】 在第(9)數學式，「所得之各值」係是比較對象之實斜面物質資料的值(例如水量)。又， β 是不均指數，例如是標準偏差。在此，「平均 + 3β 」相當於關係式上限值，「平均 - 3β 」相當於關係式下限值。此外，平均及不均指數係從是比較源之模型產生物質資料所算出。第 13 圖係表示分布之類似否判定之例子的說明圖。亦可模型可否應用判定手段 560 係如第 13 圖所示，根據第(9)數學式，若實斜面物質資料之各值是對模型產生物質資料之平均在不均指數之既定倍(例如 3 倍)以內，當作兩分布係類似，判定可應用模型。此外，在第(9)數學式，不均指數係未限定為標準偏差。例如，作為不均指數，亦可使用各點之對模型數學式之距離的平均等。

【0172】 此外，亦可模型可否應用判定手段 560 係在步驟 S54 不製作水量－衰減率關係式，而在步驟 S56 直接算出根據模型產生物質資料之水量－衰減率分布、與根據實斜面物質資料之水量－衰減率分布之間的類似度，再根據所算出之類似度，判定可否應用模型。

【0173】 又，亦可模型可否應用判定手段 560 係例如各自以向量表達模型產生物質資料與實斜面物質資料，並算出那些向量空間模型的類似度，藉此，判定可否應用模型。作為向量空間模型之類似度的算出方法，列舉例如利用內積之方法、或利用餘弦相關值之方法等。

【0174】 又，亦可模型可否應用判定手段 560 係例如算出將實斜面物質資料配適於從模型產生物質資料所得之水量－衰減率關係式時之各值的標準偏差與平均的比，作為類似度，再根據所算出之類似度，判定可否應用模型。

【0175】 又，作為模型產生物質資料與實斜面物質資料之間的類似度之其他的例子，列舉算出模型產生物質資料之點資訊(水量－衰減率圖形上之位置座標等)與實斜面物質資料之點資訊之間的距離，再根據所算出之距離的資料所算出之類似度等。亦可模型可否應用判定手段 560 係例如算出模型產生物質資料之點資訊與實斜面物質資料之點資訊彼此的距離，並將在複數個點所算出之距離相加，而算出總距離。而且，亦可模型可否應用判定手段 560 係將那種總距離除以相加之次數，而算出平均一點之距離的平均，作為類似度的指標。第 14 圖係表示分布之類似度的算出方法之例子的說明圖。亦可模型可否應

用判定手段 560 係例如如第 14 圖所示，對實斜面物質資料之點資訊的各個，算出與模型產生物質資料之全部的點資訊之距離，再算出平均一點之距離的平均。而且，亦可模型可否應用判定手段 560 係對各點資訊所求得之平均一點之距離的平均係全部位於既定範圍內，當作兩分布係類似，判定可否應用模型。

【0176】 進而，亦可判定可否應用模型之部分係調查作為監視對象之斜面之土的土質(構成元素或土質分類或密度或壓實度等)，並在地質學上判斷是否是與在模型資訊記憶手段 540 所儲存之模型的製作所使用之土相同，藉此，判斷可否應用模型。

【0177】 又，在判定可應用模型後，亦可輸出判定結果並結束處理，亦可直接移至實斜面監視階段。

【0178】 如以上所示，若依據本實施形態，每當監視對象斜面改變，亦可未必要進行模型學習，因為可再利用模型，所以可削減模型學習的耗費，而提高處理之效率。

第 4 實施形態

【0179】 其次，參照圖面，說明本發明之第 4 實施形態。在以下，對與第 2、第 3 實施形態一樣者附加相同的符號，並省略說明。又，在以下，有將在第 2 實施形態的斜面監視系統將用以對各個分析數學式變數學習與實斜面之可觀測量對應的模型之手段總稱為「模型學習手段 610」的情況。例如，在第 8 圖所示的例子，模型學習手段 610 包含是測試用之各種感測器的應力感測器 101、應力感測器 102、水分計 103、水分計 104、間隙水壓計 106 及重量計 107、第 1 模型化手段 110 以及

所拿出之物質層的含水比測試等，收集含水比及/或水量。此外，在第 15 圖所示之例子，係作為實斜面物質資料，收集實斜面之滑動層或作成實質上與該滑動層相同的物質層之在加水狀態相異之複數種狀態時的含水比 s 與所對應之水量 m 的例子。

【0184】 此外，與第 3 實施形態一樣，水分計 672 係在作為系統監視實斜面之手段，包括進行相同之量測的水分計 208 的情況，亦可省略。在此情況，使用水分計 208，收集實斜面物質資料即可。

【0185】 模型可否應用判定手段 660 係對成為監視對象的斜面，判斷是否應用模型資訊記憶手段 640 所儲存之模型亦可監視。模型可否應用判定手段 660 係更具體而言，比較實斜面物質資料所示之水量 m 與含水比 s 的關係、和模型資訊記憶手段 640 所儲存之模型產生物質資料所示之水量 m 與含水比 s 的關係，並評估兩者之相似度，藉此，判定可否應用模型資訊記憶手段 640 所儲存之模型。又，亦可模型可否應用判定手段 660 係將判定結果輸出至使用者。

【0186】 又，斜面監視系統 601 係在藉模型可否應用判定手段 660 判定可應用模型的情況，亦可使安全率算出手段 251 進行根據模型資訊記憶手段 640 所記憶之重量－水量模型、間隙水壓－水量模型、黏著力－水量模型以及內部摩擦角－水量模型的資訊，算出該水量算出時之實斜面的安全率 F_s 之處理。另一方面，在藉模型可否應用判定手段 660 判定無法應用模型的情況，亦可斜面監視系統 601 係從使用與監視對象斜面之滑

動層同性質的物質層之測試資料的收集重做，而產生新的監視對象斜面用的模型。

【0187】 其次，說明本實施形態的動作。在本實施形態，亦斜面監視系統的動作係大致上可分成模型學習階段、模型判定階段以及實斜面監視階段之 3 個階段。分析數學式變數模型提供系統 600 係進行其中之模型學習階段與模型判定階段。此外，模型學習階段的動作係基本上與第 2 實施形態一樣。又，在斜面監視系統 601 之實斜面監視階段的動作亦可與第 1 實施形態一樣。但，在本實施形態，亦與第 3 實施形態一樣，在模型學習階段(例如，第 9 圖之步驟 S32 等)，第 2 模型化手段使模型資訊記憶手段 640 記憶將在加水過程之各狀態的水量 m 與含水比 s 賦與對應的資訊，作為模型產生物質資料。在以下，與第 2 或第 3 實施形態一樣者係附加相同的符號，並省略說明。

【0188】 第 16 圖係表示在模型判定階段之本實施形態的動作之一例的流程圖。在第 16 圖所示的例子，首先，調整作為監視對象之斜面的滑動層或作成與該滑動層實質上相同之物質層的含水量(步驟 S61)。在此時，使用含水比量測手段 671，測量該測試層或該物質層的含水比。藉此，模型可否應用判定手段 660 得到含水比資料。

【0189】 又，使用水分計 672，與步驟 S61 之含水比的量測同時地或使用在步驟 S61 測量含水比時的物質層，測量該測試層或該物質層的水量(步驟 S62)。藉此，模型可否應用判定手段 660 得到水量資料。

【0190】 接著，進行實斜面之滑動層或與該滑動層實質上

相同之物質層的含水調整，並重複含水比量測及水量量測所需的次數(步驟 S63)。藉此，模型可否應用判定手段 660 係作為實斜面物質資料，得到包含複數組含水比 s 與所對應之水量 m 之組合的資訊。此外，亦可模型判定階段係從包含複數組含水比 s 與所對應之水量 m 之組合的實斜面物質資料被輸入時開始。

【0191】 得到包含所需的次數份量之含水比 s 與水量 m 的實斜面物質資料時(步驟 S63 之 YES)，模型可否應用判定手段 660 係從所得之實斜面物質資料，製作表示在作為監視對象之斜面的物質層之含水比與水量的關係之含水比－水量關係式(步驟 S64)。

【0192】 接著，模型可否應用判定手段 660 係判定從所製作之關係式所得的含水比－水量分布是否滿足從根據位於模型資訊記憶手段 640 內之模型產生物質資料之含水比－水量的分布所設定之既定基準(步驟 S65)。在此，若滿足既定基準(步驟 S65 之 YES)，模型可否應用判定手段 660 判定現在模型資訊記憶手段 640 所記憶之模型是可應用於作為監視對象之斜面的監視(步驟 S66)。另一方面，若未滿足既定基準(步驟 S65 之 NO)，模型可否應用判定手段 660 判定無法應用該模型，亦可移往製作新模型之處理(步驟 S67)。

【0193】 亦可模型可否應用判定手段 660 係例如若從所製作之關係式所得之含水比－水量的分布位於從模型產生物質資料所設定之關係式上限值與關係式下限值之間，判定可應用模型，若未位於此範圍，判定無法應用模型。又，亦可模型可

否應用判定手段 660 係在步驟 S64 不製作含水比－水量關係式，而在步驟 S66 直接算出根據模型產生物質資料之含水比－水量的分布、與根據實斜面物質資料之含水比－水量的分布之間的類似度，再根據所算出之類似度，判定可否應用模型。關於其他的例子亦一樣。本實施形態之模型可否應用判定手段 660 係在判定可否應用模型之處理，使用含水比－水量的分布，進行第 3 實施形態之模型可否應用判定手段 560 使用水量－衰減率之分布所進行的判定處理即可。

【0194】 又，在判定可應用模型後，亦可輸出判定結果並結束處理，亦可直接移至實斜面監視階段。

【0195】 如以上所示，若依據本實施形態，與第 3 實施形態一樣，每當監視對象斜面改變，亦可未必要進行模型學習，因為可再利用模型，所以可削減模型學習的耗費，而提高處理之效率。

[實施例]

【0196】 其次，使用具體之例子，更詳細說明上述之各實施形態。

第 1 實施例

【0197】 在以下，說明是第 1 實施形態之斜面監視系統之具體的例子之第 1 實施例。第 17 圖係第 1 實施例之斜面監視系統的構成圖。第 17 圖所示之斜面監視系統 300 包括三軸壓縮式測試裝置 31、種植機 32、電腦 33、實斜面量測機器 34 以及顯示裝置 35。

【0198】 三軸壓縮式測試裝置 31 包含應力感測器 101 與應

力感測器 102。又，種植機 32 包含水分計 104、振動感測器 105 以及間隙水壓計 106。又，實斜面量測機器 34 包含振動感測器 108。

【0199】 收集並處理資料之電腦 33 係例如包括根據程式動作之 CPU(未圖示)、與作為記憶裝置之資料庫 336 之一的電腦。

【0200】 在本例之電腦 33，作為程式模組，以可執行包含黏著力、內部摩擦角算出模型 331、黏著力、內部摩擦角模型化模組 332、水量對應化模組 333、衰減率算出模組 334、重量、間隙水壓模型化模組 335 以及實斜面監視模組 337 的形態被安裝。即，電腦 33 係 CPU 讀入那種斜面監視程式後，該 CPU 係可執行斜面監視程式所含的各模組所規定之既定處理的狀態。

【0201】 在本例，黏著力、內部摩擦角算出模型 331 係相當於第 1 實施形態之黏著力、內部摩擦角算出手段 111。黏著力、內部摩擦角模型化模組 332 係相當於第 1 實施形態之黏著力、內部摩擦角模型化手段 112 及模型變換手段 130。又，水量對應化模組 333 係相當於第 1 實施形態之水量模型化手段 122 或感測器資料受理手段之一部分功能。又，衰減率算出模組 334 係相當於第 1 實施形態之衰減率算出手段 121。又，重量、間隙水壓模型化模組 335 係相當於第 1 實施形態之間隙水壓模型化手段 123 及重量模型化手段 124。又，實斜面監視模組 337 係相當於第 1 實施形態之實斜面監視手段 150，即安全率算出手段 151、判定手段 152 以及警報手段 153。

【0202】 此外，本例之三軸壓縮式測試裝置 31 係未包括水

分計 103。因此，使用者將表示作為測試條件所預先測量之各測試體的測試層之水量 m (含水比)等的資料輸入電腦 33。一樣地，種植機 32 係未包括重量計 107。因此，重量、間隙水壓模型化模組 335 從加水前之測試層的含水比、重量以及每次加水之加水量算出每次加水之測試層的重量 W 。此外，在算出所需之這些資料係例如，作為測試條件，由使用者輸入電腦 33 即可。

【0203】 黏著力、內部摩擦角算出模型 331 係從藉應力感測器 101 及應力感測器 102 所測量之量測值的垂直應力 σ 及剪切應力 τ ，算出三軸壓縮測試之測試體的黏著力 c 與內部摩擦角 ϕ 。

【0204】 黏著力、內部摩擦角模型化模組 332 係根據作為三軸壓縮測試之測試條件所示之三軸壓縮測試之各測試體的含水比、所算出之三軸壓縮測試之各測試體的黏著力 c 及內部摩擦角 ϕ 、與藉後述之水量對應化模組 333 的賦與對應所得之三軸壓縮測試之各測試體的含水比對應的衰減率 δ ，將黏著力 c 與內部摩擦角 ϕ 各自作為振動波形之衰減率 δ 的函數，進行模型化。

【0205】 衰減率算出模組 334 係從是藉振動感測器 105 所測量之量測值的振動波形，算出在加水過程的各狀態之振動波形的衰減率 δ 。

【0206】 水量對應化模組 333 係將作為在三軸壓縮測試所得之水量的含水比、與至少在加水、加振測試所得之衰減率 δ 賦與對應。在本例，水量對應化模組 333 係從在種植機 32 所

斜面逐漸加水的過程，使鐵球從以固定間隔所設置之振動感測器 108 之各個的正上落下，並測量來自那時之各個振動感測器 108 的值，而得到振動波形的波形資料。然後，根據所得之各振動波形的波形資料，求得衰減率 δ ，再根據所求得之衰減率 δ ，實斜面監視模組 337 求得安全率 F_s ，藉此，評估安全性。亦可從在複數處進行量測之各個振動感測器，算出衰減率，並使用平均值。在本例，亦約每隔 20 分鐘取得波形資料，而且為了評估該監視動作而進行加水至斜面崩潰，並記錄斜面崩潰時的時刻。

【0239】 根據本實施例，亦與第 1 實施例一樣，可偵測斜面崩潰的可能性。

第 3 實施例

【0240】 在以下，說明是第 2 實施形態之斜面監視系統之具體的例子之第 3 實施例。第 23 圖係第 3 實施例之斜面監視系統的構成圖。第 23 圖所示之斜面監視系統 400 包括三軸壓縮式測試裝置 41、種植機 42、電腦 43、實斜面量測機器 44 以及顯示裝置 45。

【0241】 三軸壓縮式測試裝置 41 係與第 1 實施例之三軸壓縮式測試裝置 31 一樣。

【0242】 種植機 42 係與第 1 實施例之種植機 32 相比，在未包括振動感測器 105 上相異。此外，其他的事項係與第 1 實施例之種植機 32 一樣。

【0243】 實斜面量測機器 44 包含水分計 208。

【0244】 電腦 43 亦係例如包括根據程式動作之 CPU(未圖

示)、與作為記憶裝置之資料庫 436 之一般的電腦。

【0245】 在本例之電腦 43，作為程式模組，以可執行包含黏著力、內部摩擦角算出模型 431、黏著力、內部摩擦角模型化模組 432、水量對應化模組 433、重量、間隙水壓模型化模組 435 以及實斜面監視模組 437 之斜面監視程式的形態被安裝。即，電腦 43 係 CPU 讀入那種斜面監視程式後，該 CPU 係可執行斜面監視程式所含的各模組所規定之既定處理的狀態。

【0246】 在本例，黏著力、內部摩擦角算出模型 431 係相當於第 2 實施形態之黏著力、內部摩擦角算出手段 111。黏著力、內部摩擦角模型化模組 432 係相當於第 2 實施形態之黏著力、內部摩擦角模型化手段 112。又，重量、間隙水壓模型化模組 435 係相當於第 2 實施形態之間隙水壓模型化手段 223 及重量模型化手段 224。又，實斜面監視模組 437 係相當於第 2 實施形態之實斜面監視手段 250，即安全率算出手段 251、判定手段 252 以及警報手段 253。

【0247】 此外，水量對應化模組 433 係在該第 2 實施形態未明示，但是在各測試所得之水量、與從在實斜面之監視所使用之水分計 208 的量測值所得之水量的資料形式相異的情況，將這些賦與對應。藉此，作成各模型化模組能以從在實斜面之監視所使用之水分計 208 的量測值所得之水量將各分析數學式變數模型化。在本例，水量對應化模組 433 係從在種植機 42 所加水的量求得在加水過程之各狀態之測試體的含水比，並將在加水過程之各狀態的感測器資料及所算出之值(至少包含作為被當作模型化輸入變數的水量之水分計量測值的平均值)與

所求得之含水比一起記憶於資料庫 436，藉此，將作為在三軸壓縮測試所得之水量的含水比、與作為至少在加水測試所得之水量之水分計量測值的平均值賦與對應(參照後述之第 20 圖)。

【0248】 此外，在本例，亦將在加水測試得到在與得到在黏著力 c 及內部摩擦角 ϕ 之算出所使用的垂直應力資料與剪切應力資料時相同的條件下的水量資料作為前提，但是在無法得到那種水量資料的情況，水量對應化模組 433 係構築規定作為在三軸壓縮測試所得之水量的含水比、與作為被當作模型化輸入變數的水量 m 之水分計量測值的平均值之關係的含水比－水分計量測值模型即可。

【0249】 黏著力、內部摩擦角算出模型 431 係與第 1 實施例之黏著力、內部摩擦角算出模型 331 一樣。

【0250】 黏著力、內部摩擦角模型化模組 432 係根據作為測試條件所示之各測試體的含水比、所算出之各測試體的黏著力 c 及內部摩擦角 ϕ 、與藉水量對應化模組 433 的賦與對應所得之三軸壓縮測試的各測試體之含水比對應的水分計量測值(之平均值)，將黏著力 c 與內部摩擦角 ϕ 各自作為比水量 m 更具體之水分計量測值(之平均值)的函數，進行模型化。

【0251】 重量、間隙水壓模型化模組 435 係從在加水過程的各狀態之是以間隙水壓計 106 所測量之量測值的間隙水壓 u 、從加水量所求得之測試體的重量 W 以及是以水分計 104 所測量之量測值的水量 m ，將重量 W 與間隙水壓 u 各自作為水量 m ，即水分計量測值(之平均值)的函數，進行模型化。

【0252】 資料庫 436 係記憶藉黏著力、內部摩擦角模型化

模組 432 所模型化之黏著力 c 的函數模型(黏著力－水量模型)及內部摩擦角 ϕ 的函數模型(內部摩擦角－水量模型)、與藉重量、間隙水壓模型化模組 435 所模型化之重量 W 的函數模型(重量－水量模型)及間隙水壓 u 之函數模型(間隙水壓－水量模型)的資訊。

【0253】 實斜面監視模組 437 係根據是藉設置於實斜面之水分計 208 所測量之量測值的水量 m ，算出斜面之安全率 F_s ，再根據所算出之安全率 F_s ，判定斜面之安全性。亦可實斜面監視模組 437 係作為安全性之判定結果，例如與安全率 F_s 同時輸出警報之有無。

【0254】 顯示裝置 45 顯示實斜面監視模組 437 的判定結果。

【0255】 其次，說明本實施例的動作。以下之例子係將所造成之斜面作為監視對象斜面，構成該斜面之滑動層的物質群由土，更具體而言係壓實度 85%之山砂所構成的情況。

【0256】 首先，使用與構成實斜面之滑動層的山砂相同之構成、乾燥密度以及壓實度的試料，準備調整成複數種含水比的測試體(土塊)。

【0257】 接著，使用三軸壓縮式測試裝置 41，根據與第 1 實施例一樣之方法，實施三軸壓縮測試。而且，得到第 18 圖所示之資料。

【0258】 在本例之加水測試，利用如第 19 圖所示之小形種植機。但，本例之種植機 42 係不需要振動感測器。在小形之種植機 42，堆上由與構成實斜面之滑動層的山砂相同之構成、

乾燥密度以及壓實度的試料所構成，並含水比被調整成比在三軸壓縮測試所使用之測試體更小的土，而形成測試體(填土)。

【0259】 照這樣測量土壤水分計 104A、土壤水分計 104B、土壤水分計 104C、間隙水壓計 106A 以及間隙水壓計 106B 的值。

【0260】 然後，藉蓮蓬頭施加既定量的水後，以與上述相同之方法，測量土壤水分計 104A、土壤水分計 104B、土壤水分計 104C、間隙水壓計 106A、間隙水壓計 106B 的值。重複這種加水、量測循環至土變成飽和。

【0261】 在本例，亦在每一次的操作，測量複數個水量資料及間隙水壓資料。此外，在模型學習所使用之水量 m 及間隙水壓 u 係算出各量測值的平均值。而且，得到第 20 圖所示之資料(但，衰減率係除外)。

【0262】 依此方式，得到與構成實斜面之滑動層的山砂相同之構成、乾燥密度以及壓實度的土之對複數種含水比的黏著力 c 、內部摩擦角 ϕ 、間隙水壓 u 、重量 W 以及水量 m 的資料時，黏著力、內部摩擦角模型化模組 432 及重量、間隙水壓模型化模組 435 係根據所得之資料，對各個分析數學式變數，學習對水量 m 之函數模型。在本例，對重量 W 、間隙水壓 u 、黏著力 c 以及內部摩擦角 ϕ 學習對水量 m 之迴歸數學式。此外，在含水比高的情況與低的情況黏著力 c 之傾向相異的情況，亦可在迴歸數學式之學習僅使用含水比高之部分的黏著力 c 。

【0263】 其次，說明監視動作。在本例，亦將第 21 圖所示之造成的斜面作為監視對象斜面(實斜面)，評估本發明之斜面

監視方法。但，在第 1 實施例及第 2 實施例，作為評估用所說明之 3×2 個土壤水分計(參照圖記號)成為監視用之水分計 208。

【0264】 作為斜面之監視動作，在使用蓮蓬頭對所造成的實斜面逐漸加水的過程，約每隔 20 分鐘測量各個水分計 208 的值，而得到水量資料。然後，根據所得之水量資料，求得水量 m (在此係水分計量測值的平均值)，再根據所求得之水量 m ，實斜面監視模組 437 求得安全率 F_s ，藉此，評估安全性。在本例，亦為了評估該監視動作而進行加水至斜面崩潰，並記錄斜面崩潰時的時刻。

【0265】 第 24 圖及第 25 圖係表示藉加水動作從本例之實斜面所得之各種值的說明圖。在第 24 圖及第 25 圖，表示本例之對實斜面之在加水過程之水量資料的取得時的經過時間、各水分計量測值、係其平均值之水量 m 、時刻以及安全率 F_s 。此外，在本例，從實驗開始經過 7 小時 59 分鐘後斜面崩潰。

【0266】 在第 24 圖及第 25 圖所示的例子，相對實際之斜面崩潰時間係從實驗開始經過 7 小時 59 分鐘後，而安全率 F_s 低於 1 之時間係從實驗開始經過 7 小時 39 分鐘後。此外，因為在前一個測量時(安全率 F_s 比 1 更大時)的經過時間係 7 小時 22 分鐘，所以得知實際之崩潰與警報輸出之間的時間差係 20~37 分鐘之間。

第 4 實施例

【0267】 在以下，說明對第 1 實施例之構成追加通訊手段的第 4 實施例。通訊手段係例如經由網際網路線路或無線 LAN(Local Area Network)等，接收有監視斜面之地區的預測雨

隙水壓或黏著力或內部摩擦角)的資料一起各自儲存於模型資訊記憶手段等，若藉使用構成監視對象斜面之物理層的物質群之測試等所測量之改變土中水量時之各個分析數學式變數的資料位於平均 $\pm 3\beta$ 之範圍，亦可將兩物質層當作具有大致相同之種類、乾燥密度以及壓實度。又，例如，預先將滲水係數之資料的平均與標準偏差 β 與在模型產生所使用的測試層之對土中水量之各個分析數學式變數(土塊重量或間隙水壓或黏著力或內部摩擦角)的資料一起儲存於模型資訊記憶手段等，若藉使用構成監視對象斜面之物理層的物質群之滲水測試等所測量之滲水係數位於平均 $\pm 3\beta$ 之範圍，亦可將兩物質層當作具有大致相同之種類、乾燥密度以及壓實度。

【0307】 實斜面量測手段 82(例如實斜面量測機器 34、實斜面量測機器 44 等)係從監視對象斜面，測量因應於構成監視對象斜面之物質層的狀態而變化之既定第 2 可觀測量的值。在此，第 2 可觀測量係與第 1 可觀測量相同或與第 1 可觀測量之關係是已知的既定可觀測量。

【0308】 分析數學式變數模型化手段 831(例如第 1 模型化手段 110、第 2 模型化手段 120、第 2 模型化手段 220、黏著力、內部摩擦角模型化模組 332、水量對應化模組 333、重量、間隙水壓模型化模組 335、黏著力、內部摩擦角模型化模組 432、水量對應化模組 433 以及重量、間隙水壓模型化模組 435 等)係根據藉分析數學式變數量測手段 81 所得之分析數學式變數之各個的值、與第 1 可觀測量的值，對各個分析數學式變數，構築出規定各個分析數學式變數與第 2 可觀測量之關係、或各

個分析數學式與從第 2 可觀測量可算出之既定第 3 變數之關係的模型。

【0309】 模型資訊記憶手段 832(例如模型資訊記憶手段 140、模型資訊記憶手段 240、模型資訊記憶手段 540、模型資訊記憶手段 640、資料庫 336、資料庫 436、資料庫 536 以及資料庫 636 等)記憶分析數學式變數模型化手段 831 所構築之模型的資訊。

【0310】 安全率算出手段 833(例如安全率算出手段 151、安全率算出手段 251、實斜面監視模組 337 以及實斜面監視模組 437 等)係根據藉實斜面量測手段 82 所得之第 2 可觀測量的值、與模型資訊記憶手段所記憶之模型的資訊，算出測量第 2 可觀測量的值時之各分析數學式變數的值，再根據所算出之各分析數學式變數的值，使用斜面穩定分析數學式，算出監視對象斜面的安全率。

【0311】 因為包括這種特徵性要素，所以可一面迴避對監視對象斜面之量測的困難性，一面高精度地監視該斜面的安全性。例如，若依據本發明，例如作為實斜面量測手段 82，僅將一種感測器設置於監視對象斜面，可高精度地監視該斜面的安全性。

【0312】 又，亦可第 1 可觀測量及第 2 可觀測量係對量測對象之物質層的含水比有影響的可觀測量。

【0313】 又，分析數學式變數量測手段係作為第 1 可觀測量之至少一個，至少包含測量在測試層所產生之振動波形的振動感測器，實斜面量測手段係作為第 2 可觀測量，包含測量在

構成監視對象斜面之物質層所產生之振動波形的振動感測器，亦可分析數學式變數模型化手段係對各個分析數學式變數，構築出規定各個分析數學式變數與是從第 2 可觀測量可算出之第 3 變數的衰減率之關係的模型。

【0314】 又，亦可該振動感測器係測量是在量測對象之物質層因落下物或降雨所產生之振動的波形之振動波形的振動感測器。

【0315】 又，亦可分析數學式變數模型化手段係作為第 1 可觀測量之至少一個，包含測量在測試層所含之水量的水分計，實斜面量測手段係作為第 2 可觀測量，包含測量在構成監視對象斜面之物質層所含之水量的水分計，分析數學式變數模型化手段係對各個分析數學式變數，構築出規定各個分析數學式變數與是第 2 可觀測量之水量之關係的模型。

【0316】 又，亦可分析數學式變數模型化手段包含：第 1 測試分析數學式變數量測手段，係在至少 2 種相異之測試中的第 1 測試，測量分析數學式變數中之至少一個的值及與第 2 可觀測量係相異之第 1 可觀測量；及第 2 測試分析數學式變數量測手段，係在至少 2 種相異之測試中的第 2 測試，測量分析數學式變數中之至少一個的值，及包含與該第 1 測試之第 1 可觀測量相同的可觀測量、和與該第 2 可觀測量相同的可觀測量之 2 種以上之第 1 可觀測量的值；分析數學式變數模型化手段具有：第 1 分析數學式變數模型化手段，係根據藉第 1 測試分析數學式變數量測手段所得之分析數學式變數的值、與和第 2 可觀測量相異之第 1 可觀測量的值，對該分析數學式變數，構築

出規定該分析數學式變數與該第 1 可觀測量之關係的模型；第 2 分析數學式變數模型化手段，係根據藉第 2 測試分析數學式變數量測手段所得之分析數學式變數的值、與和第 2 可觀測量相同之第 1 可觀測量的值，對該分析數學式變數，構築出規定該分析數學式變數與第 2 可觀測量之關係、或該分析數學式變數與第 3 變數之關係的模型；第 1 可觀測量模型化手段，係根據藉第 2 測試分析數學式變數量測手段所得之和第 1 測試的第 1 可觀測量相同之第 1 可觀測量的值、與和第 2 可觀測量相同之第 1 可觀測量的值，對與第 1 測試相同之第 1 可觀測量，構築出規定第 1 可觀測量與第 2 可觀測量之關係、第 1 可觀測量與或第 3 變數之關係的模型；以及模型變換手段，係使用藉第 1 可觀測量模型化手段所構築的模型，將第 1 分析數學式變數模型化手段所構築的模型變換成將第 2 可觀測量或第 3 變數作為模型化輸入變數的模型。

【0317】 又，亦可分析數學式變數模型化手段係對分析數學式變數之至少一個，根據改變測試層之狀態時之該分析數學式變數之值中滿足既定條件之一部分的值與第 1 可觀測量的值，構築出規定該分析數學式變數之至少一個與第 2 可觀測量之關係、或分析數學式變數之至少一個與第 3 變數之關係的模型。

【0318】 又，亦可分析數學式變數模型化手段係測量在藉加水改變測試層之狀態時之各個分析數學式變數的值、與在藉加水改變測試層之狀態時之因應於測試層之狀態而變化之既定第 1 可觀測量的值，斜面安全性分析裝置係包含模型化輸入

變數模型化手段，該模型化輸入變數模型化手段係根據藉分析數學式變數量測手段所得之第 1 可觀測量的值、與測量該值時之加水量，構築出規定是分析數學式變數模型化手段在各分析數學式變數之模型化所使用之模型化輸入變數的第 2 可觀測量與累積降雨量之關係、或第 3 變數之與累積降雨量的關係之模型或對每既定單位時間之預測雨量的變動模型，安全率算出手段係根據模型化輸入變數模型化手段所構築之模型、藉實斜面量測手段所得之第 2 可觀測量的值、以及預測雨量資料，預測未來之第 2 可觀測量，再預測未來之安全率。

【0319】 又，第 29 圖係表示本發明之斜面監視系統之其他的構成例的方塊圖。如第 29 圖所示，亦可斜面監視系統係包括分析數學式變數量測手段 81、與分析數學式變數模型化手段 831 的構成。分析數學式變數量測手段 81 及分析數學式變數模型化手段 831 係如上述所示。亦可第 29 圖所示之斜面監視系統係例如，對各個分析數學式變數，構築出規定各個分析數學式變數與第 2 可觀測量之關係、或各個分析數學式變數與從第 2 可觀測量可算出之既定第 3 變數之關係的模型並輸出的系統。

【0320】 又，第 30 圖係表示本發明之斜面監視系統之其他的構成例的方塊圖。如第 30 圖所示，亦可斜面監視系統係包括分析數學式變數量測手段 81、實斜面物質質量測手段 84、分析數學式變數模型化手段 831、模型資訊記憶手段 832 以及模型可否應用判定手段 834 的構成。

【0321】 分析數學式變數量測手段 81、分析數學式變數模

型化手段 831 以及模型資訊記憶手段 832 係如上述所示。但，在第 30 圖所示系統，亦可分析數學式變數量測手段 81 係未必使用具有是由具有與構成監視對象斜面之物質層大致相同之種類、乾燥密度以及壓實度的物質群所構成之物質層的測試層之測試環境。換言之，分析數學式變數模型化手段係根據從具有任意之測試層的測試環境所測量之改變測試層之狀態時之各個分析數學式變數的值、與因應於測試層之狀態而變化之既定第 1 可觀測量的值，構築模型。又，分析數學式變數模型化手段係構築模型，而且使既定記憶手段(在本例的情況，模型資訊記憶手段 832)記憶在構築模型時從測試層所取得之既定 2 種物理量的值。

【0322】 又，模型資訊記憶手段 832 更記憶在分析數學式變數模型化手段 831 構築模型所使用之從該測試層所取得的因應於該測試層的狀態而變化之既定 2 種物理量的值。

【0323】 實斜面物質質量測手段 84(例如，實斜面量測手段 54 或實斜面物質質量測機器 64 等)係使用構成監視對象斜面之物質層，測量改變該物質層之狀態時的該既定 2 種物理量。

【0324】 又，模型可否應用判定手段 834(例如模型可否應用判定手段 560、模型可否應用判定手段 660、模型可否應用判定模組 538、模型可否應用判定模組 638 等)係根據模型資訊記憶手段 832 所記憶之該既定 2 種物理量的值、與藉實斜面物質質量測手段 84 所測量之該既定 2 種物理量的值，判定可否將分析數學式變數模型化手段所構築之該模型應用於監視對象斜面。

【0325】 亦可模型可否應用判定手段 834 係例如，算出是從模型資訊記憶手段 832 所記憶之該既定 2 種物理量的值所構築之規定該既定 2 種物理量的關係之模型產生物質的模型、與從藉實斜面物質質量測手段 84 所測量之該既定 2 種物理量的值所構築之規定該既定 2 種物理量的關係之實斜面物質的模型之類似度的模型類似度，或算出是模型資訊記憶手段 832 所記憶之該既定 2 種物理量的值所示的分布、與藉實斜面物質質量測手段 84 所測量之該既定 2 種物理量的值所示的分布之類似度的分布類似度，再根據所算出之該模型類似度或分布類似度，判定可否應用模型。

【0326】 又，該既定 2 種物理量係例如，亦可是水量與衰減率，亦可是含水比與水量。

【0327】 又，第 31 圖係表示本發明之斜面監視系統之其他的構成例的方塊圖。如第 31 圖所示，亦可斜面監視系統係包括分析數學式變數量測手段 81、實斜面量測手段 82、實斜面物質質量測手段 84、分析數學式變數模型化手段 831、模型資訊記憶手段 832、模型可否應用判定手段 834 以及安全率算出手段 833 的構成。此外，第 31 圖所示之系統係將第 28 圖所示的構成與第 30 圖所示的構成合在一起者。

【0328】 又，上述之實施形態的一部分或全部係亦可記載成如以下之附註所示，但是未限定以下之附註。

【0329】 (附註 1)一種斜面安全性分析裝置，其特徵為包括：分析數學式變數模型化手段，係根據從至少具有是由具有與構成監視對象斜面之物質層大致相同之種類、乾燥密度以及

壓實度的物質群所構成之物質層的測試層之測試環境所測量之改變測試層的狀態時之是既定斜面穩定分析數學式所需之變數的分析數學式變數之各個的值、與因應於測試層的狀態而變化之既定第 1 可觀測量的值，對各個分析數學式變數，構築規定與是因應於構成監視對象斜面之物質層的狀態而變化之既定第 2 可觀測量且與第 1 可觀測量相同或與第 1 可觀測量之關係已知的既定第 2 可觀測量、或者從第 2 可觀測量可算出之既定第 3 變數之關係的模型；模型資訊記憶手段，係記憶分析數學式變數模型化手段所構築之模型的資訊；以及安全率算出手段，係根據從監視對象斜面所測量之第 2 可觀測量的值、與模型資訊記憶手段所記憶之模型的資訊，算出測量第 2 可觀測量的值時之各分析數學式變數的值，再根據所算出之各分析數學式變數的值，使用斜面穩定分析數學式，算出監視對象斜面的安全率。

【0330】（附註 2）一種斜面監視方法，其特徵為：電腦根據從至少具有是由具有與構成監視對象斜面之物質層大致相同之種類、乾燥密度以及壓實度的物質群所構成之物質層的測試層之測試環境所測量之改變測試層的狀態時之是既定斜面穩定分析數學式所需之變數的分析數學式變數之各個的值、與因應於測試層的狀態而變化之既定第 1 可觀測量的值，對各個分析數學式變數，構築規定與是因應於構成監視對象斜面之物質層的狀態而變化之既定第 2 可觀測量且與第 1 可觀測量相同或與第 1 可觀測量之關係已知的既定第 2 可觀測量、或者從第 2 可觀測量可算出之既定第 3 變數之關係的模型；電腦根據從監

視對象斜面所測量之第 2 可觀測量的值，使用所構築之模型，算出測量第 2 可觀測量的值時之各分析數學式變數的值，再根據所算出之各分析數學式變數的值，使用斜面穩定分析數學式，算出監視對象斜面的安全率。

【0331】 (附註 3)如附註 2 之斜面監視方法，其中第 1 可觀測量及第 2 可觀測量係對量測對象之物質層的含水比有影響的可觀測量。

【0332】 (附註 4)如附註 2 之斜面監視方法，其中在測試環境，作為第 1 可觀測量之至少一個，設置測量在測試層所產生之振動波形的振動感測器，在監視對象斜面，作為第 2 可觀測量，設置測量在構成監視對象斜面之物質層所產生之振動波形的振動感測器，電腦根據從測試環境所測量之在改變測試層的狀態時之各個分析數學式變數的值、與在測試層所產生之振動波形的波形資料，對各個分析數學式變數，構築規定與在構成監視對象斜面之物質層所產生之振動波形的衰減率之關係的模型。

【0333】 (附註 5)如附註 2 之斜面監視方法，其中在測試環境，作為第 1 可觀測量之至少一個，設置測量在測試層所含之水量的水分計，在監視對象斜面，作為第 2 可觀測量，設置測量在構成監視對象斜面之物質層所含之水量的水分計，電腦根據從測試環境所測量之在改變測試層的狀態時之各個分析數學式變數的值、與在測試層所含之水量的值，對各個分析數學式變數，構築規定與在構成監視對象斜面之物質層所含的水量之關係的模型。

【0334】 (附註 6)如附註 2 至 5 中任一附註之斜面監視方法，其中電腦輸入以下之結果：在至少 2 種相異之測試中的第 1 測試，測量分析數學式變數中之至少一個的值及與第 2 可觀測量係相異之第 1 可觀測量的結果；及在至少 2 種相異之測試中的第 2 測試，測量分析數學式變數中之至少一個的值，及包含與第 1 測試之第 1 可觀測量相同的可觀測量、和與第 2 可觀測量相同的可觀測量之 2 種以上之第 1 可觀測量的值的結果；電腦根據第 1 測試的結果所得之分析數學式變數的值及與第 2 可觀測量係相異之第 1 可觀測量的值，對該分析數學式變數，構築規定與該第 1 可觀測量之關係的模型，電腦根據第 2 測試的結果所得之分析數學式變數的值及與第 2 可觀測量相同之第 1 可觀測量的值，對該分析數學式變數，構築規定與第 2 可觀測量或第 3 變數之關係的模型，電腦根據第 2 測試的結果所得之與第 1 測試之第 1 可觀測量相同之第 1 可觀測量的值、及與第 2 可觀測量相同之第 1 可觀測量的值，對與第 1 測試相同之第 1 可觀測量，構築是規定與第 2 可觀測量或第 3 變數之關係的模型之第 1 可觀測量模型，電腦使用所構築之第 1 可觀測量模型，將第 1 分析數學式變數模型化手段所構築之模型變換成將第 2 可觀測量或第 3 變數作為模型化輸入變數的模型。

【0335】 (附註 7)如附註 2 至 6 中任一附註之斜面監視方法，其中電腦對分析數學式變數之至少一個，根據改變測試層的狀態時之該分析數學式變數的值中滿足既定條件之一部分的值、與第 1 可觀測量的值，構築規定與第 2 可觀測量或第 3 變數之關係的模型。

【0336】 (附註 8)如附註 2 至 7 中任一附註之斜面監視方法，其中電腦根據從測試環境所測量之在藉加水改變測試層的狀態時之第 1 可觀測量的值、與測量該值時之加水量，構築規定是在各分析數學式變數之模型化所使用之模型化輸入變數的第 2 可觀測量或第 3 變數之與累積降雨量的關係之模型或對每既定單位時間之預測雨量的變動模型後，電腦根據所構築之是模型化輸入變數之第 2 可觀測量或第 3 變數的模型、從監視對象斜面所測量之第 2 可觀測量的值、以及預測雨量資料，預測未來之第 2 可觀測量的值，再根據所預測之第 2 可觀測量的值，預測未來之安全率。

【0337】 (附註 9)一種斜面安全性分析裝置，其特徵為：包括分析數學式變數模型化手段，該分析數學式變數模型化手段係根據從至少具有是由具有與構成監視對象斜面之物質層大致相同之種類、乾燥密度以及壓實度的物質群所構成之物質層的測試層之測試環境所測量之改變測試層的狀態時之是既定斜面穩定分析數學式所需之變數的分析數學式變數之各個的值、與因應於測試層的狀態而變化之既定第 1 可觀測量的值，對各個分析數學式變數，構築規定與是因應於構成監視對象斜面之物質層的狀態而變化之既定第 2 可觀測量且與第 1 可觀測量相同或與第 1 可觀測量之關係已知的既定第 2 可觀測量、或者從第 2 可觀測量可算出之既定第 3 變數之關係的模型。

【0338】 (附註 10)一種電腦可讀取之記錄媒體，其記錄了用以使電腦執行構築處理的斜面安全性分析程式，該構築處理係根據從至少具有是由具有與構成監視對象斜面之物質層大

致相同之種類、乾燥密度以及壓實度的物質群所構成之物質層的測試層之測試環境所測量之改變該測試層的狀態時之是既定斜面穩定分析數學式所需之變數的分析數學式變數之各個的值、與因應於該測試層的狀態而變化之既定第 1 可觀測量的值，對各個該分析數學式變數，構築規定與是因應於構成該監視對象斜面之物質層的狀態而變化之既定第 2 可觀測量且與該第 1 可觀測量相同或與該第 1 可觀測量之關係已知的既定第 2 可觀測量、或者從該第 2 可觀測量可算出之既定第 3 變數之關係的模型。

【0339】 以上，參照實施形態及實施例，說明了本發明，但是本發明係未限定上述之實施形態及實施例。在本發明的構成或細節，可進行在本發明之範圍內本專業者可理解之各種的變更。

【0340】 本專利申請係主張將於 2004 年 8 月 21 日所申請之國際專利申請 PCT/JP2014/004303 作為基礎的優先權，在此取入該揭示之全部。

【工業上的可應用性】

【0341】 本發明係未限定為 Fellenius 方法，只要是使用既定斜面穩定分析數學式來監視斜面的系統，可適合地應用。

【符號說明】

【0342】

100、200、300、400、501、601 斜面監視系統

101、102 應力感測器

103、104、208、572、672 水分計

104A、104B、104C 土壤水分計

105、105A、105B、108、571 振動感測器

106、106A、106B 間隙水壓計

107 重量計

110 第 1 模型化手段

111 黏著力、內部摩擦角算出手段

112 黏著力、內部摩擦角模型化手段

120、220 第 2 模型化手段

121 衰減率算出手段

122 水量模型化手段

123、223 間隙水壓模型化手段

124、224 重量模型化手段

130 模型變換手段

140、240、540、640 模型資訊記憶手段

150 實斜面監視手段

151、251 安全率算出手段

152、252 判定手段

153、253 警報手段

500、600 分析數學式變數模型提供系統

510、610 模型學習手段

560、660 模型可否應用判定手段

671 含水比量測手段

31、41 三軸壓縮式測試裝置

32、42 種植機

33、43 電腦

34、44 實斜面量測機器

35、45 顯示裝置

64 實斜面物質量測機器

331、431 黏著力、內部摩擦角算出模組

332、432 黏著力、內部摩擦角模型化模組

333、433 水量對應化模組

334 衰減率算出模組

335、435 重量、間隙水壓模型化模組

336、436 資料庫

337、437 實斜面監視模組

538、638 模型可否應用判定模組

81 分析數學式變數量測手段

82 實斜面量測手段

83 斜面安全性分析裝置

84 實斜面物質量測手段

831 分析數學式變數模型化手段

832 模型資訊記憶手段

833 安全率算出手段

834 模型可否應用判定手段

申請專利範圍

1. 一種斜面監視系統，其特徵為：包括：

分析數學式變數量測手段，係用以從至少具有是由具有與構成監視對象斜面之物質層大致相同之種類、乾燥密度以及壓實度的物質群所構成之物質層的測試層之測試環境，測量改變該測試層的狀態時之是既定斜面穩定分析數學式所需之變數的分析數學式變數之各個的值、與因應於該測試層的狀態而變化之既定第 1 可觀測量的值；

斜面安全性分析裝置；及

實斜面量測手段，係用以從監視對象斜面，測量因應於構成該監視對象斜面之物質層的狀態而變化之既定的第 2 可觀測量的值，其中既定之該第 2 可觀測量和該第 1 可觀測量相同或是與該第 1 可觀測量之關係是已知；

該斜面安全性分析裝置係包含分析數學式變數模型化手段，該分析數學式變數模型化手段係用以根據藉該分析數學式變數量測手段所得之該分析數學式變數之各個的值、與該第 1 可觀測量的值，對各個該分析數學式變數，構築出規定各個該分析數學式變數與該第 2 可觀測量之關係、或各個該分析數學式變數與從該第 2 可觀測量可算出之既定第 3 變數之關係的模型；

模型資訊記憶手段，係用以記憶該分析數學式變數模型化手段所構築之模型的資訊；及

安全率算出手段，係用以根據藉該實斜面量測手段所得之該第 2 可觀測量的值、與該模型資訊記憶手段所記憶之模

型的資訊，算出測量該第 2 可觀測量的值時之各分析數學式變數的值，再根據所算出之各分析數學式變數的值，使用該斜面穩定分析數學式，算出該監視對象斜面的安全率。

2. 如申請專利範圍第 1 項之斜面監視系統，其中第 1 可觀測量及第 2 可觀測量係對量測對象之物質層的含水比有影響的可觀測量。
3. 如申請專利範圍第 1 項之斜面監視系統，其中分析數學式變數量測手段係測量在藉加水改變測試層的狀態時之分析數學式變數之各個的值、與因應於該測試層的狀態而變化之既定第 1 可觀測量的值；

斜面安全性分析裝置係包含模型化輸入變數模型化手段，其係根據藉該分析數學式變數量測手段所得之第 1 可觀測量的值、與在測量該值時之加水量，構築出規定是分析數學式變數模型化手段在各分析數學式變數之模型化所使用之模型化輸入變數的第 2 可觀測量與累積降雨量的關係、或第 3 變數之與累積降雨量的關係之模型或對每既定單位時間之預測雨量的變動模型；

安全率算出手段係根據該模型化輸入變數模型化手段所構築之模型、藉實斜面量測手段所得之該第 2 可觀測量的值、以及預測雨量資料，預測未來之該第 2 可觀測量，再根據所預測之該第 2 可觀測量的值，預測未來之安全率。

4. 如申請專利範圍第 1 項之斜面監視系統，其中分析數學式變數量測手段係作為第 1 可觀測量之至少一個，至少包含測量在測試層所產生之振動波形的振動感測器；

實斜面量測手段係作為第 2 可觀測量，包含測量在構成監視對象斜面之物質層所產生之振動波形的振動感測器；

分析數學式變數量測手段係對各個分析數學式變數，構築出規定各個分析數學式變數與是從該第 2 可觀測量可算出之第 3 變數的衰減率之關係的模型。

5. 如申請專利範圍第 1 項之斜面監視系統，其中分析數學式變數量測手段係作為第 1 可觀測量之至少一個，包含測量在測試層所含之水量的水分計；

實斜面量測手段係作為第 2 可觀測量，包含測量在構成監視對象斜面之物質層所含之水量的水分計；

分析數學式變數量測手段係對各個分析數學式變數，構築出規定各個該分析數學式變數與是該第 2 可觀測量之該水量之關係的模型。

6. 如申請專利範圍第 1 項之斜面監視系統，其中分析數學式變數量測手段係包含：

第 1 測試分析數學式變數量測手段，係在至少 2 種相異之測試中的第 1 測試，測量分析數學式變數中之至少一個的值及與第 2 可觀測量係相異之第 1 可觀測量；及

第 2 測試分析數學式變數量測手段，係在至少 2 種相異之測試中的第 2 測試，測量分析數學式變數中之至少一個的值，及包含與該第 1 測試之第 1 可觀測量相同的可觀測量、和與該第 2 可觀測量相同的可觀測量之 2 種以上之第 1 可觀測量的值；

分析數學式變數模型化手段係具有：

第 1 分析數學式變數模型化手段，係根據藉第 1 測試分析數學式變數量測手段所得之該分析數學式變數的值、與和該第 2 可觀測量相異之第 1 可觀測量的值，對該分析數學式變數，構築出規定該分析數學式變數與該第 1 可觀測量之關係的模型；

第 2 分析數學式變數模型化手段，係根據藉該第 2 測試分析數學式變數量測手段所得之該分析數學式變數的值、與和該第 2 可觀測量相同之第 1 可觀測量的值，對該分析數學式變數，構築出規定該分析數學式變數與該第 2 可觀測量之關係、或該分析數學式變數與第 3 變數之關係的模型；

第 1 可觀測量模型化手段，係根據藉該第 2 測試分析數學式變數量測手段所得之和該第 1 測試的第 1 可觀測量相同之第 1 可觀測量的值、與和該第 2 可觀測量相同之第 1 可觀測量的值，對與該第 1 測試相同之第 1 可觀測量，構築出規定該第 1 可觀測量與該第 2 可觀測量之關係、或該第 1 可觀測量與該第 3 變數之關係的模型；以及

模型變換手段，係使用藉該第 1 可觀測量模型化手段所構築的模型，將該第 1 分析數學式變數模型化手段所構築的模型變換成將該第 2 可觀測量或該第 3 變數作為模型化輸入變數的模型。

7. 如申請專利範圍第 1 項之斜面監視系統，其中分析數學式變數模型化手段係對分析數學式變數之至少一個，根據改變測試層的狀態時之該分析數學式變數的值中滿足既定條件之一部分的值、與根據改變測試層的狀態時之第 1 可觀

測量之值，構築出規定該分析數學式變數之至少一個與該第 2 可觀測量之關係、或該分析數學式變數之至少一個與第 3 變數之關係的模型。

8. 如申請專利範圍第 1 至 7 項中任一項之斜面監視系統，其中分析數學式變數量測手段係根據從具有任意之測試層的測試環境所測量之改變該測試層之狀態時之各個分析數學式變數的值、與因應於該測試層的狀態而變化之既定第 1 可觀測量的值，構築模型，而且使既定記憶手段記憶在構築該模型時從該測試層所取得之既定 2 種物理量的值；

並包括：

實斜面物質質量測手段，係使用構成監視對象斜面之物質層，並測量改變該物質層之狀態時的該既定 2 種物理量；及

模型可否應用判定手段，係根據該既定記憶手段所記憶之該既定 2 種物理量的值、與藉該實斜面物質質量測手段所測量之該既定 2 種物理量的值，判定可否將該模型應用於該監視對象斜面。

9. 一種斜面安全性分析裝置，其特徵為：包括分析數學式變數模型化手段，該分析數學式變數模型化手段係用以根據從至少具有是由具有與構成監視對象斜面之物質層大致相同之種類、乾燥密度以及壓實度的物質群所構成之物質層的測試層之測試環境所測量之改變該測試層的狀態時之是既定斜面穩定分析數學式所需之變數的分析數學式變數之各個的值、與因應於該測試層的狀態而變化之既定第 1 可

觀測量的值，對各個該分析數學式變數，構築出規定各個該分析數學式變數與是因應於構成該監視對象斜面之物質層的狀態而變化之既定第 2 可觀測量且與該第 1 可觀測量相同或與該第 1 可觀測量之關係已知的既定第 2 可觀測量之關係、或者各個該分析數學式變數與從該第 2 可觀測量可算出之既定第 3 變數之關係的模型；

模型資訊記憶手段，係用以記憶該分析數學式變數模型化手段所構築之模型的資訊；及

安全率算出手段，係用以根據藉從該監視對象斜面計測該第 2 可觀測量之該實斜面量測手段所得之該第 2 可觀測量的值、與該模型資訊記憶手段所記憶之模型的資訊，算出測量該第 2 可觀測量的值時之各分析數學式變數的值，再根據所算出之各分析數學式變數的值，使用該斜面穩定分析數學式，算出該監視對象斜面的安全率。

10. 一種斜面監視方法，其特徵為：電腦根據從至少具有是由具有與構成監視對象斜面之物質層大致相同之種類、乾燥密度以及壓實度的物質群所構成之物質層的測試層之測試環境所測量之改變該測試層的狀態時之是既定斜面穩定分析數學式所需之變數的分析數學式變數之各個的值、與因應於該測試層的狀態而變化之既定第 1 可觀測量的值，對各個該分析數學式變數，構築出規定各個該分析數學式變數與是因應於構成該監視對象斜面之物質層的狀態而變化之既定第 2 可觀測量且與該第 1 可觀測量相同或與該第 1 可觀測量之關係已知的既定第 2 可觀測量之關係、或者各

個該分析數學式變數與從該第 2 可觀測量可算出之既定第 3 變數之關係的模型；

電腦根據從該監視對象斜面所測量之該第 2 可觀測量的值，使用所構築之該模型，算出測量該第 2 可觀測量的值時之各分析數學式變數的值，再根據所算出之各分析數學式變數的值，使用該斜面穩定分析數學式，算出該監視對象斜面的安全率。

11. 一種電腦可讀取之記錄媒體，記錄了用以使電腦執行如下之處理的斜面監視程式：

構築處理，係根據從至少具有是由具有與構成監視對象斜面之物質層大致相同之種類、乾燥密度以及壓實度的物質群所構成之物質層的測試層之測試環境所測量之改變該測試層的狀態時之是既定斜面穩定分析數學式所需之變數的分析數學式變數之各個的值、與因應於該測試層的狀態而變化之既定第 1 可觀測量的值，對各個該分析數學式變數，構築出規定各個該分析數學式變數與是因應於構成該監視對象斜面之物質層的狀態而變化之既定第 2 可觀測量且與該第 1 可觀測量相同或與該第 1 可觀測量之關係已知的既定第 2 可觀測量之關係、或者各個該分析數學式變數與從該第 2 可觀測量可算出之既定第 3 變數之關係的模型；及算出處理，係根據從該監視對象斜面所測量之該第 2 可觀測量的值，使用所構築之該模型，算出測量該第 2 可觀測量的值時之各分析數學式變數的值，再根據所算出之各分析數學式變數的值，使用該斜面穩定分析數學式，算出該

監視對象斜面的安全率。