

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4588643号
(P4588643)

(45) 発行日 平成22年12月1日(2010.12.1)

(24) 登録日 平成22年9月17日(2010.9.17)

(51) Int.Cl.		F I	
GO1N 3/40	(2006.01)	GO1N 3/40	B
EO1C 23/00	(2006.01)	EO1C 23/00	A
EO1C 23/01	(2006.01)	EO1C 23/01	

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2006-26539 (P2006-26539)	(73) 特許権者	000173784
(22) 出願日	平成18年2月3日(2006.2.3)		財団法人鉄道総合技術研究所
(65) 公開番号	特開2007-205955 (P2007-205955A)		東京都国分寺市光町2丁目8番地38
(43) 公開日	平成19年8月16日(2007.8.16)	(73) 特許権者	000151520
審査請求日	平成20年4月3日(2008.4.3)		株式会社東京測器研究所
			東京都品川区南大井6丁目8番2号
		(74) 代理人	100077805
			弁理士 佐藤 辰彦
		(74) 代理人	100099690
			弁理士 鷺 健志
		(74) 代理人	100109232
			弁理士 本間 賢一
		(74) 代理人	100125210
			弁理士 加賀谷 剛

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 FWDの評価用装置、および評価方法。

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

地盤上に載架されるセンサ部と、該センサ部上に設置された緩衝部材とを有し、該緩衝部材上に錘体を落下させ、その落下に伴い前記センサ部に加わる荷重と該荷重によるセンサ部の上下方向の変位量とに応じた信号を該センサ部から出力するようにしたFWD (Falling Weight Deflectmeter) の評価用装置であって、

剛体状の床面に載架される剛体状の基体ブロックと、該基体ブロック上に金属ばねを介して支持されて、該金属ばねの弾性変形により該基体ブロックに対して上下方向に可動に設けられ、且つ前記FWDのセンサ部を載架するためのFWD載架面が上面部に形成された可動ブロックと、該可動ブロックの前記基体ブロックに対する上下方向の変位量を検出し、その検出信号を出力する変位センサとを備え、前記可動ブロックに作用する上下方向の荷重と該可動ブロックの変位量との間の線形関係を規定する比例定数の値があらかじめ特定されていることを特徴とするFWDの評価用装置。

【請求項2】

前記金属ばねは、軸心を上下方向に向けて前記基体ブロック上に設置された皿ばねであることを特徴とする請求項1記載のFWDの評価用装置。

【請求項3】

請求項1または2記載のFWDの評価用装置を使用して、前記FWDを評価する方法であって、

前記評価用装置の基体ブロックを前記剛体状の床面に載架すると共に、該評価用装置の

前記可動ブロックのFWD載架面に前記FWDのセンサ部を載架する第1ステップと、

次いで、前記FWDの錘体を落下させる第2ステップと、

該錘体の落下時における前記センサ部の出力信号に基づき、前記センサ部に作用する荷重と該センサ部の変位量とを計測すると共に、前記評価用装置の変位センサの検出信号に基づき、前記可動ブロックの変位量を計測する第3ステップとを備えると共に、前記FWDの錘体の重量と該錘体の落下開始時の高さとのうちの少なくともいずれか一方を変更して、前記第2ステップおよび第3ステップの処理を複数回実行し、

前記第3ステップで前記センサ部の出力信号に基づき計測された前記センサ部への作用荷重および該センサ部の変位量から把握される前記比例定数の計測値と前記あらかじめ特定された該比例定数の値との比較と、前記第3ステップで計測された変位センサの検出信号に基づき計測された前記可動ブロックの変位量と前記センサ部の出力信号に基づき計測された該センサ部の変位量との比較とに基づき、前記FWDを評価するようにしたことを特徴とするFWDの評価方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、地盤の剛性を検査するためのFWD(Falling Weight Deflectmeter)を評価するための装置、およびその評価方法に関する。

【背景技術】

【0002】

20

道路などの地盤の剛性を検査するために使用される剛性検査装置としては、小型で運搬などの取り扱いが容易な、いわゆる小型FWDが知られている。この小型FWDは、地盤上に載架されるセンサ部と、該センサ部上に設置されたゴムなどの緩衝部材とを有し、該緩衝部材上に錘体を落下させ、その落下に伴い前記センサ部に加わる荷重と該センサ部の変位(該荷重による地盤の撓みに伴うセンサ部の変位)とに応じた信号を該センサ部から出力するようにしたものである(例えば特許文献1を参照)。そして、センサ部の出力信号を基に、錘体の落下によって地盤に作用した荷重と地盤の撓み(上下方向の変位)とが計測され、その計測値を基に、地盤の剛性が検査される。

【特許文献1】特開2003-176504号公報

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

この種のFWDでは、特に前記緩衝部材の劣化、あるいは環境条件に応じた特性変化が生じやすい。そして、該緩衝部材の状態によって、錘体をセンサ部に落下させたときの荷重の計測値と地盤の撓みの計測値とが影響を受けやすい。従って、使用するFWDによって、地盤の剛性を適切に反映した計測値を得ることができるか否かを評価するための手段が望まれていた。また、この場合、FWDの使用者が、簡便にFWDの評価を行なうことができるようにすることが望まれていた。

【0004】

しかしながら、従来は、この種のFWDの評価を適切且つ簡便に行なうための手段が確立されておらず、FWDの製品毎のメーカーが独自の手法によって該FWDの評価を行なうようにしているのが実状である。

40

【0005】

本発明はかかる背景に鑑み、FWDの評価(FWDにより得られる計測値が地盤の剛性を検査する上で適切なものとなるか否かの評価)を簡便且つ適切に行なうことができる評価用装置および評価方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明のFWDの評価用装置は、かかる目的を達成するために、地盤上に載架されるセンサ部と、該センサ部上に設置された緩衝部材とを有し、該緩衝部材上に錘体を落下させ

50

、その落下に伴い前記センサ部に加わる荷重と該荷重によるセンサ部の上下方向の変位量とに応じた信号を該センサ部から出力するようにしたFWDの評価用装置であって、剛体状の床面に載架される剛体状の基体ブロックと、該基体ブロック上に金属ばねを介して支持されて、該金属ばねの弾性変形により該基体ブロックに対して上下方向に移動自在に設けられ、且つ前記FWDのセンサ部を載架するためのFWD載架面が上面部に形成された剛体状の可動ブロックと、該可動ブロックの前記基体ブロックに対する上下方向の変位量を検出し、その検出信号を出力する変位センサとを備え、前記可動ブロックに作用する上下方向の荷重と該可動ブロックの変位量との間の線形関係を規定する比例定数の値があらかじめ特定されていることを特徴とする。

【0007】

10

かかる本発明の評価装置によれば前記基体ブロックを剛体状の床面（剛性の高い床面）に載架すると共に、前記可動ブロックのFWD載架面にFWDのセンサ部を載架した状態で、FWDの錘体を落下させると、その落下に伴う荷重（衝撃荷重）がFWDのセンサ部を介して前記可動ブロックに作用する。また、その作用する荷重によって前記金属ばねが弾性変形し、その弾性変形によって可動ブロックがFWDのセンサ部と共に基体ブロックに対して下方に変位する。そして、その変位量に応じた検出信号が前記変位センサから得られる。従って、該変位センサの検出信号から、FWDの錘体の落下時のセンサ部および可動ブロックの変位量を計測できる。

【0008】

20

また、錘体の落下時において、その落下に伴いFWDのセンサ部に加わる荷重と該荷重による該センサ部の変位量とに応じた信号がFWDのセンサ部から出力される。この場合、基体ブロックを載架する床面、該基体ブロックおよび可動ブロックは剛体状のもの（高剛性のもの）であるので、錘体の落下時にセンサ部に実際に作用する荷重と可動ブロックに実際に作用する荷重とは等しく、また、該センサ部の実際の変位量と可動ブロックの実際の変位量とは等しい。従って、該センサ部の出力信号から、錘体の落下時における可動ブロックの変位量と該可動ブロックに作用した荷重とを計測できる。さらに、前記金属ばねのばね特性によって可動ブロックの変位量と荷重との間には、線形関係が成立するので、前記センサ部の出力信号に基づく該可動ブロックの変位量および荷重の計測値から、当該線形関係を規定する比例定数（ばね定数またはその逆数）を計測することもできる。

【0009】

30

ここで、FWDが正常に機能しておれば、センサ部の出力信号から計測されるセンサ部の変位量は、前記変位センサの検出信号から計測される可動ブロックの変位量と一致もしくはほぼ一致するはずである。また、センサ部の出力信号から計測されるセンサ部の変位量と該センサ部への作用荷重とを基に、前記比例定数を計測したとき、その比例定数の計測値は、あらかじめ特定された前記比例定数の値に一致もしくはほぼ一致するはずである。また、前記金属ばねは一般に、そのばね特性が環境条件の影響を受け難いと共に経年変化を生じにくいので、前記可動ブロックへの作用荷重と該可動ブロックの変位量との間の線形関係を規定する前記比例定数は、あらかじめ力基準機などを使用して高精度に特定しておくことができる。

【0010】

40

従って、本発明の評価用装置を使用することで、FWDの錘体の落下時におけるFWDのセンサ部の出力信号と、評価用装置の変位センサの検出信号と、あらかじめ特定された前記比例定数の値とを基に、FWDの評価を適切に行なうことができる。また、この場合、FWDを評価用装置の可動ブロックに載せた状態で、該FWDの錘体を落下させ、そのときのセンサ部の出力信号と評価用装置の変位センサの検出信号を観測するだけで、FWDの評価を行なうことができるので、その評価を容易に行なうことができる。

【0011】

よって、本発明の評価用装置を使用することで、FWDの評価を簡便且つ適切に行なうことができる。

【0012】

50

なお、本発明の評価用装置では、前記金属ばねは、軸心を上下方向に向けて前記基体ブロック上に設置された皿ばねであることが好適である。金属ばねとして皿ばねを使用することで、該金属ばねのばね特性の安定性を高めることができる。また、FWDの錘体の落下時の可動ブロックの振動を抑えて、前記センサ部の出力信号と前記変位センサの検出信号を波形を滑らかなものとすることができ、FWDの評価の信頼性を高めることができる。

【0013】

かかる本発明の評価用装置を使用したFWDの評価は、より具体的には、本発明の評価方法によって次のように行なうことが好ましい。

【0014】

すなわち、本発明のFWDの評価方法は、前記したFWDの評価用装置を使用して、該FWDを評価する方法であって、前記評価用装置の基体ブロックを前記剛体状の床面に載架すると共に、該評価用装置の前記可動ブロックのFWD載架面に前記FWDのセンサ部を載架する第1ステップと、次いで、前記FWDの錘体を落下させる第2ステップと、該錘体の落下時における前記センサ部の出力信号に基づき、前記センサ部に作用する荷重と該センサ部の変位量とを計測すると共に、前記評価用装置の変位センサの検出信号に基づき、前記可動ブロックの変位量を計測する第3ステップとを備えると共に、前記FWDの錘体の重量と該錘体の落下開始時の高さとのうちの少なくともいずれか一方を変更して、前記第2ステップおよび第3ステップの処理を複数回実行し、前記第3ステップで前記センサ部の出力信号に基づき計測された前記センサ部への作用荷重および該センサ部の変位量から把握される前記比例定数の計測値と前記あらかじめ特定された該比例定数の値との比較と、前記第3ステップで計測された変位センサの検出信号に基づき計測された前記可動ブロックの変位量と前記センサ部の出力信号に基づき計測された該センサ部の変位量との比較とに基づき、前記FWDを評価するようにしたことを特徴とする。

【0015】

かかる本発明の評価方法によれば、前記FWDの錘体の重量と該錘体の落下開始時の高さとのうちの少なくともいずれか一方を変更して、前記第2ステップおよび第3ステップの処理を複数回実行するので、前記第3ステップで前記センサ部の出力信号に基づき計測された前記センサ部への作用荷重および該センサ部の変位量から前記比例定数を適切に計測することができる。そして、この比例定数の計測値とあらかじめ特定された比例定数の値との比較と、前記第3ステップで計測された変位センサの検出信号に基づき計測された前記可動ブロックの変位量と前記センサ部の出力信号に基づき計測された該センサ部の変位量との比較とに基づき、FWDを評価するので、該FWDの評価を適切に行なうことができる。すなわち、前記比例定数の計測値とあらかじめ特定された比例定数の値とが一致もしくはほぼ一致し、且つ、各回の錘体の落下時において変位センサの検出信号に基づき計測された前記可動ブロックの変位量と前記センサ部の出力信号に基づき計測された該センサ部の変位量とが一致もしくはほぼ一致しておれば、FWDが正常に機能していると評価することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

本発明のFWDの評価用装置および評価方法の一実施形態を図1～図5を参照して説明する。図1は本実施形態の評価用装置の構成を示す断面図、図2は図1の評価用装置を使用して評価するFWD(小型FWD)とその評価システムの構成を示す図、図3は図1の評価用装置の可動ブロックに作用する荷重と該可動ブロックの変位量との関係を例示するグラフ、図4は図2に示すFWDにより計測される荷重と変位量との波形を例示するグラフ、図5は図2に示すFWDのセンサ部の出力から計測された荷重と変位量との関係を例示するグラフである。

【0017】

図1に示すように、評価用装置1は、基体ブロック2と、この基体ブロック2に金属ばねとしての皿ばね3を介して支持された可動ブロック4と、可動ブロック4の基体ブロッ

10

20

30

40

50

ク 2 に対する上下方向の変位量を検出する変位センサ 5 を備えている。

【 0 0 1 8 】

基体ブロック 2 は、円板状に形成された底板 6 と、この底板 6 の上面に固着された本体部 7 とから構成されている。底板 6 および本体部 7 は、剛体状の（高剛性の）金属材料などにより形成されている。本体部 7 は、大略筒状に形成されており、その貫通穴 8 の軸心を底板 6 の上下方向に向け、且つ、該軸心を底板 6 の軸心と一致させた状態で、底板 6 の上面に図示しないボルトなどの締結部材により固定されている。従って、貫通穴 8 の下端は、底板 6 により閉蓋されている。

【 0 0 1 9 】

この本体部 7 の貫通穴 8 は、その軸方向（上下方向）の中間部分が小さい径の小径穴 8 b となっており、この小径穴 8 b の上側の部分と下側の部分とが、それぞれ小径穴 8 b よりも径の大きい大径穴 8 a , 8 b となっている。換言すれば、これらの小径穴 8 b および大径穴 8 a , 8 b を同軸に連通させることで、貫通穴 8 が形成されている。なお、図示の例では、大径穴 8 c は、大径穴 8 a よりも小径とされている。また、本体部 7 の下部には、大径穴 8 c の内周面から本体部 7 の外周面に該本体部 7 の径方向に貫通するケーブル挿通孔 9 が穿設されている。

【 0 0 2 0 】

可動ブロック 4 は、円板状の大径部 4 a と、該大径部 4 a よりも径の小さい円柱状の小径部 4 b とから構成されている。小径部 4 a は、大径部 4 a の一端（図 1 の下端）から、該大径部 4 a と同軸且つ一体に突設されている。大径部 4 a は、貫通穴 8 の大径穴 8 a の径よりも若干小さい径に形成され、小径部 4 b は、貫通穴 8 の小径穴 8 b の径よりも若干小さい径に形成されている。そして、該可動ブロック 4 の小径部 4 b が貫通穴 8 の大径穴 8 a 側から小径穴 8 b を貫通させて大径穴 8 c まで該貫通穴 8 と同軸に挿入され、且つ大径部 4 a が、その上端部（小径部 4 b と反対側の端部）を大径穴 8 a の上方に突出させた状態で該大径穴 8 a に挿入されている。なお、大径部 4 a の上端面（可動ブロック 4 の上端面）は、後述する F W D 2 1 のセンサ部 2 2 を載架する F W D 載架面である。

【 0 0 2 1 】

さらに、可動ブロック 4 の大径部 4 a と小径部 4 b との境界の環状段差面 4 x（大径部 4 a の下端）と、前記貫通穴 8 の大径穴 8 a と小径穴 8 b との境界の環状段差面 8 x（大径穴 8 a の底面）との間に、前記皿ばね 3 が介装されている。該皿ばね 3 は、例えば J I S G 4 8 0 1 / ばね鋼鋼材 / S U P 1 0 により形成されている。この皿ばね 3 は、その軸心部に可動ブロック 4 の小径部 4 b の径とほぼ同径の貫通穴 3 a が穿設されており、この貫通穴 3 a を介して小径部 4 b に外挿されている。このとき、皿ばね 3 の貫通穴 3 a の周囲部分は、可動ブロック 4 の環状段差面 4 x に当接され、且つ、該皿ばね 3 の周縁部分は、可動ブロック 4 の環状段差面 4 x から可動ブロック 4 の軸方向（貫通穴 8 の軸方向）に間隔を有する状態で貫通穴 8 の環状段差面 8 x に当接されている。これにより、可動ブロック 4 が皿ばね 3 を介して基体ブロック 2 の貫通穴 8 の環状段差面 8 x 上に支持されている。そして、このとき、皿ばね 3 の撓み（弾性変形）によって、可動ブロック 3 がその軸方向（上下方向）に基体ブロック 2 に対して可動とされている。

【 0 0 2 2 】

なお、可動ブロック 4 の小径部 4 b の下部（大径穴 8 c 内に突出した部分）の外周には、一对の C 型止め輪 1 0 , 1 0 が装着されている。この C 型止め輪 1 0 , 1 0 は、貫通穴 8 の小径穴 8 b の径よりも大きい外径を有し、評価用装置 1 の運搬時などに、可動ブロック 4 が基体ブロック 2 の貫通穴 8 から抜け落ちるのを防止する。

【 0 0 2 3 】

前記変位センサ 5 は、本実施形態では、非接触変位センサであり、可動ブロック 4 の下端（小径部 4 b の下端）の中央部に大径穴 8 c 内で対向し、且つ、該下端と上下方向に間隔を有する状態で基体ブロック 2 の底板 6 の上面に固設されている。この場合、該変位センサ 5 と可動ブロック 4 の下端との間隔（上下方向の間隔）は、皿ばね 3 が最大限に撓んでも、可動ブロック 4 が変位センサ 5 に接触することがないような間隔に設定さ

10

20

30

40

50

れている。

【 0 0 2 4 】

この変位センサ 5 は、例えば公知のレーザ式変位センサ（レーザ式ギャップセンサ）により構成され、可動ブロック 4 と変位センサ 5 との間隔の変化量（該間隔の任意の初期値からの変化量）、すなわち可動ブロック 4 の上下方向の変位量を検出する。そして、その検出信号を該変位センサ 5 に接続された信号出力ケーブル 1 1 を介して出力する。該信号出力ケーブル 1 1 は、大径穴 8 c の内部から、基体ブロック 2 の前記ケーブル挿通孔 9 を通って、基体ブロック 2 の外部に導出されている。

【 0 0 2 5 】

なお、変位センサ 5 は、静電容量式の変位センサ、あるいは渦電流式の変位センサなど、他の種類のギャップセンサにより構成してもよい。あるいは、変位センサ 5 を接触式の変位センサにより構成してもよい。該変位センサ 5 は応答性と検出精度とが比較的高いものを使用することが望ましい。

10

【 0 0 2 6 】

以上が本実施形態の評価用装置 1 の構造である。

【 0 0 2 7 】

ここで、上記のように構成された評価用装置 1 にあっては、あらかじめ可動ブロック 4 にその上方から作用する荷重（静的荷重）と、該可動ブロック 4 の上下方向の変位量との関係があらかじめ図示を省略する力基準機とひずみゲージ式の高感度変位計（接触式変位計）とを使用して、計測され、その計測データを基に、可動ブロック 4 への作用荷重と該可動ブロック 4 の変位量との関係を規定する比例定数としてのばね定数（＝作用荷重 / 変位量）が特定されている。

20

【 0 0 2 8 】

この計測は、本実施形態では、次のように行なった。すなわち、評価用装置 1 を力基準機にセットして、該評価用装置 1 の可動ブロック 4 にその上方から、あらかじめ設定した複数種類の値の荷重を順次、力基準機により付与する。そして、各値の荷重の付与状態において、可動ブロック 4 の変位量（可動ブロック 4 に荷重を付与していない状態を基準とする変位量）を 2 台のひずみゲージ式高感度変位計により互いに異なる箇所計測し、それらの計測値の平均値を可動ブロック 4 の実際の変位量として得る。図 3 にその計測データを例示する。この例では、力基準機により可動ブロック 4 に付与する荷重の値を、1 k N、2 k N、3 k N、4 k N、5 k N の 5 種類の値に設定した。

30

【 0 0 2 9 】

そして、この計測データを基に、評価用装置 1 の可動ブロック 4 の作用荷重と変位量との関係を表す直線の傾きを最小 2 乗法などの 1 次回帰手法により求めることにより、評価用装置 1 の前記ばね定数を特定した。図 3 の例では、ばね定数は、7 . 6 5 k N / m m である。以下、このようにして特定した評価用装置 1 のばね定数を評価用装置 1 の基準ばね定数という。なお、本実施形態では、可動ブロック 4 の作用荷重と変位量との関係を規定する比例定数として、ばね定数を特定したが、該ばね定数の逆数値を当該比例定数として特定するようにしてもよい。

【 0 0 3 0 】

次に、この評価用装置 1 を使用して評価を行なう F W D（小型 F W D）の構成の概要を図 2 を参照して説明する。なお、小型 F W D は、公知のものであるので、その構成の説明は概略に留める。

40

【 0 0 3 1 】

図 2 に例示する F W D 2 1 は、例えば本願出願人が前記特許文献 1 に開示した小型 F W D であり、地盤上に載架されるセンサ部 2 2 と、このセンサ部 2 2 の上面部の周縁部に固設された緩衝部材 2 3 と、該センサ部 2 2 の上面中央部から立設されて上下方向に延在するガイドロッド 2 4 と、このガイドロッド 2 4 に外挿されて該ガイドロッド 2 4 に沿って上下動自在に設けられた錘体 2 5 とを備えている。図では、錘体 2 5 は、落下した状態で示されており、緩衝部材 2 3 上に載架されている。緩衝部材 2 3 は、例えばゴム材により

50

形成されている。

【 0 0 3 2 】

ガイドロッド 2 4 の上部には、手動操作によって錘体 2 5 を係脱自在に係止する係止機構 2 6 が装着されている。この場合、係止機構 2 6 は、ガイドロッド 2 4 に対する装着位置を上下方向に変更可能とされており、これにより錘体 2 5 を持ち上げて係止機構 2 6 により係止したときの該錘体 2 5 の高さを調整できるようになっている。

【 0 0 3 3 】

また、図示を省略するが、センサ部 2 2 には、その上方から加えられる荷重を検出する荷重センサと、その荷重作用時の該センサ部 2 2 の上下方向の変位量を検出するための変位検出用センサとが内蔵されている。この場合、本実施形態で説明する F W D 2 1 では、変位検出用センサは、センサ部 2 2 の上下方向の加速度を検出する加速度センサにより構成され、該加速度センサの出力信号が表す加速度を 2 階積分することで、センサ部 2 2 の上下方向の変位量が計測される。さらに、センサ部 2 2 には、荷重センサおよび変位検出用センサ（加速度センサ）の出力信号を処理するデータ処理部も内蔵されており、このデータ処理部によって、荷重センサの出力信号から所定のサンプリングタイム毎の荷重の計測値を示すデジタルデータが時系列的に生成されると共に、変位検出用センサの出力信号から所定のサンプリングタイム毎のセンサ部 2 2 の変位量の計測値を示すデジタルデータが時系列的に生成されるようになっている。そして、それらの計測値データが、センサ部 2 2 から導出されたケーブル 2 7 を介して外部に出力される。

【 0 0 3 4 】

以上が本実施形態において前記評価用装置 1 により評価する F W D（小型 F W D）2 1 の概要構成である。

【 0 0 3 5 】

なお、図 2 において、3 1 は小型 F W D 2 1 用の測定器、3 2 は評価用装置 1 用の測定器である。測定器 3 1 は、小型 F W D 2 1 のセンサ部 2 2 に前記ケーブル 2 7 を介して接続され、該センサ部 2 2 の出力信号が示す荷重および変位量の計測値の時系列波形を表示したり、該計測値のピーク値を表示するなどの処理を行なう。また、測定器 3 2 は、評価用装置 1 の前記信号出力ケーブル 1 1 に接続され、前記変位センサ 5 の出力信号が示す変位量の計測値の時系列波形を表示したり、該計測値のピーク値を表示するなどの処理を行なう。

【 0 0 3 6 】

次に、評価用装置 1 を使用した小型 F W D 2 1 の評価手法を図 2 を参照して説明する。

（手順 1）

まず、高剛性のコンクリートなど、剛体状の材質で形成された水平な床面 A 上に、評価用装置 1 を、その基体ブロック 2 の底板 6 を介して載架する。さらに、該評価用装置 1 の可動ブロック 4 の上端面（F W D 載架面）の中央箇所に、小型 F W D 2 1 のセンサ部 2 2 を載架する。

（手順 2）

次いで、小型 F W D 2 1 のセンサ部 2 2 のケーブル 2 7 と、評価用装置 1 の信号出力ケーブル 1 1 とをそれぞれ前記測定器 3 1 ， 3 2 に接続した後、小型 F W D 2 1 の錘体 2 5 を所定の高さまで持ち上げて、係止機構 2 6 により係止する。

（手順 3）

次いで、測定器 3 1 ， 3 2 を起動した状態で、錘体 2 5 を係止機構 2 6 から脱離させ、落下させる。このとき、錘体 2 5 は、前記緩衝部材 2 3 上に落下し、その落下によって、小型 F W D 2 1 のセンサ部 2 2 と評価用装置 1 の可動ブロック 4 に衝撃荷重が作用する。また、その衝撃荷重によって、評価用装置 1 の皿ばね 3 が撓み、可動ブロック 4 が小型 F W D 2 1 のセンサ部 2 2 と共に下動する。そして、このとき、センサ部 2 2 に作用する荷重（これは可動ブロック 4 に作用する荷重に等しい）が該センサ部 2 2 に内蔵された荷重センサ（図示しない）の出力信号を基に該センサ部 2 2 で計測され、その計測データ（所定のサンプリングタイム毎の計測データの時系列）が測定器 3 1 に出力される。また、セ

10

20

30

40

50

ンサ部 2 2 の変位量（これは可動ブロック 4 の変位量に等しい）が該センサ部 2 2 に内蔵された変位検出用センサ（図示しない）の出力信号を基に該センサ部 2 2 で計測され、その計測データ（所定のサンプリングタイム毎の計測データの時系列）が測定器 3 1 に出力される。

【 0 0 3 7 】

同時に、可動ブロック 4 の変位量は、評価用装置 1 の変位センサ 5 でも検出され、その検出信号が前記測定器 3 2 に出力される。

【 0 0 3 8 】

そして、測定器 3 1 では、センサ部 2 2 から入力された計測データが示す荷重および変位量の計測値の波形を表示すると共に、その荷重および変位量のそれぞれの計測値の波形のピーク値を求めて、該ピーク値の表示と記憶保持とを行なう。

10

【 0 0 3 9 】

また、測定器 3 2 では、変位センサ 5 から入力された検出信号が示す変位量の計測値の波形を表示すると共に、その変位量の計測値の波形のピーク値を求めて、該ピーク値の表示と記憶保持とを行なう。なお、測定器 3 1 , 3 2 における波形の表示は、省略してもよい。

【 0 0 4 0 】

上記のようにして、測定器 3 1 で得られる荷重および変位量の計測値の波形の具体例を図 4 に示す。図 4 中のグラフ a が、小型 F W D 2 1 のセンサ部 2 2 による荷重の計測値の波形を例示し、グラフ b が、該センサ部 2 2 による変位量の計測値の波形を例示している。なお、荷重の計測値の波形（グラフ a）は、小型 F W D 2 1 の錘体 2 5 を係止機構 2 6 で係止した状態におけるセンサ部 2 2 への荷重を基準として（0 として）示されている。同様に、変位量の計測値の波形（グラフ b）は、錘体 2 5 を係止機構 2 6 で係止した状態におけるセンサ部 2 2 の変位量を基準として（0 として）示されている。さらに、図 4 の縦軸の荷重は、下向きの荷重を正とし、変位量は、下向きの変位量を正としている。

20

【 0 0 4 1 】

図 4 のグラフ a , b に見られるように、センサ部 2 2 による荷重の計測値の波形は、小型 F W D 2 1 の錘体 2 5 が緩衝部材 2 3 上に落下した瞬間（図 4 の時刻 t 1）から立ち上がる、上に凸の波形となり、センサ部 2 2 による変位量の計測値の波形は、荷重の計測値の波形の立ち上がりからやや遅れて立ち上がる、上に凸の波形となる。

30

【 0 0 4 2 】

なお、図示は省略するが、測定器 3 2 で得られる変位量の計測値の波形は、測定器 3 1 で得られる変位量の計測値の波形と同様のパターンの波形となる。

【 0 0 4 3 】

以上のようにして、手順 3 では、小型 F W D 2 1 のセンサ部 2 2 から出力される計測データを基に、錘体 2 5 の落下時における該センサ部 2 2 への荷重（衝撃荷重）のピーク値と、該センサ部 2 2 の変位量（下方への変位量）のピーク値とが測定器 3 1 により求められ、そのピーク値の表示と記憶保持とが行なわれる。同時に、評価用装置 1 の変位センサ 5 から出力される検出信号を基に、錘体 2 5 の落下時における可動ブロック 4 の変位量（下方への変位量）のピーク値とが測定器 3 2 により求められ、そのピーク値の表示と記憶保持とが行なわれる。

40

（手順 4）

次いで、錘体 2 5 を再び前記手順 3 の開始時と同じ高さまで持ち上げることと、これに続いて手順 3 と同じ処理を行なうこととを、所定回数（例えば 5 回）、繰り返す。なお、この手順 4 は省略してもよい。

（手順 5）

次に、小型 F W D 2 1 の錘体 2 5 の重量、または落下開始時の高さ（以下、落下高さという）、あるいは、該重量および落下高さの両者を変更し、前記手順 3 および手順 4 と同じ処理を繰り返す。すなわち、小型 F W D 2 1 の錘体 2 5 の重量と落下高さとの組をあらかじめ複数種類、定めておき、その各種類の重量および落下高さの組に対して、手順 3 お

50

よび手順4と同じ処理を行なう。なお、手順4は省略してもよい。

(手順6)

次いで、測定器31で表示または記憶保持されたセンサ部22の作用荷重および変位量のピーク値の計測データを基に、該作用荷重と変位量との関係を規定するばね定数(比例定数)を求める。具体的には、まず、小型FWD21の錘体21の重量および落下高さの、各種類の組に対応する荷重のピーク値の計測データの平均値(前記手順4の回数分の計測データの平均値)と、変位量のピーク値の計測データの平均値(前記手順4の回数分の計測データの平均値)とを求める。これにより、作用荷重のピーク値の計測データの平均値と、変位量のピーク値の計測データの平均値とが、センサ部22の計測データから錘体21の重量および落下高さの各種類の組に対応して求められる。以下、このようにして求められる作用荷重のピーク値の計測データの平均値と変位量のピーク値の計測データの平均値とをそれぞれFWD計測荷重、FWD計測変位量という。なお、これらのFWD計測荷重、FWD計測変位量は、測定器31で演算してもよいが、測定器31とは別の計算機やパソコン等を使用して求めてよい。

10

【0044】

さらに、手順6では、測定器32で表示または記憶保持された可動ブロック4の変位量のピーク値の計測データを基に、錘体21の重量および落下高さの各種類の組毎に、該変位量のピーク値の計測データの平均値(前記手順4の回数分の計測データの平均値)とを求める。以下、このようにして求められる変位量のピーク値の計測データの平均値を評価用装置計測変位量という。なお、該評価用装置計測変位量は、測定器32で演算してもよいが、測定器32とは別の計算機やパソコン等を使用して求めてもよい。

20

【0045】

補足すると、前記手順4を省略するようにした場合には、測定器31で表示または記憶保持されたセンサ部22の作用荷重および変位量のピーク値の計測データ(錘体25の重量および落下高さの各種類の組毎の計測データ)を、それぞれ、FWD計測荷重、FWD計測変位量として得るようにすればよい。同様に、測定器32で表示または記憶保持された可動ブロック4の変位量のピーク値の計測データ(錘体25の重量および落下高さの各種類の組毎の計測データ)を、評価用装置計測変位量として得るようにすればよい。

(手順7)

次いで、錘体25の重量および落下高さの各種類の組毎の前記FWD計測荷重およびFWD計測変位量から、それらの間の関係を規定する比例定数としてのばね定数(=FWD計測荷重/FWD計測変位量)を算出する。具体的には、前記評価用装置1の基準ばね定数を特定した場合と同様に、FWD計測荷重とFWD計測変位量との関係を表す直線の傾きを最小2乗法などの1次回帰手法により求めることにより、ばね定数を算出する。このようにして、FWD計測荷重とFWD計測変位量とから求められるばね定数を以下、FWD計測ばね定数という。このFWD計測ばね定数は、評価用装置1の可動ブロック4の作用荷重と変位量との関係を規定するばね定数を、小型FWD21のセンサ部22の計測データを基に推定したものであるものとしての意味を持つ。

30

【0046】

なお、手順7は、前記評価用装置計測変位量を求める前に行なうようにしてもよい。

40

(手順8)

次いで、上記の如く求めたFWD計測ばね定数と前記評価用装置1の基準ばね定数との比較、並びに、錘体25の重量および落下高さの各種類の組毎のFWD計測変位量と評価用装置計測変位量との比較に基づいて、小型FWD21を評価する。具体的には、FWD計測ばね定数と基準ばね定数とがほぼ一致する(両ばね定数の差が所定範囲内に収まる)という条件と、錘体25の重量および落下高さの各種類の組毎のFWD計測変位量と評価用装置計測変位量とがほぼ一致する(両変位量の差が所定範囲内に収まる)という条件とが成立する場合には、小型FWD21が正常であると判断する。そして、これらの条件のいずれかが満たされない場合には、小型FWD21は不良であると判断する。ここで、小型FWD21が正常であるというのは、該小型FWD21を使用して、任意の地盤の剛性

50

を検査したときに、該小型FWD 2 1のセンサ部 2 2の計測データから地盤の剛性を適正に把握することができるということ、換言すれば、該計測データが地盤の実際の剛性状態を適切に反映したものとなることを意味する。

【 0 0 4 7 】

以上が、本実施形態における小型FWD 2 1の評価手法の手順である。

【 0 0 4 8 】

次に、該評価手法による具体的な実施例を表 1 および図 5 を参照して説明する。

【 0 0 4 9 】

小型FWD 2 1の錘体 2 5の重量を 5 k g、落下高さを 1 5 c m、3 0 c m、4 5 c mの 3 種類に定め、前記手順 1 ~ 8 に従って、小型FWD 2 1を評価した。なお、この例では、小型FWD 2 1は新品である。

【 0 0 5 0 】

このとき、錘体 2 5の重量および落下高さの各組に対応して、前記手順 6 で得られたFWD計測荷重、FWD計測変位量、評価用装置計測変位量の値を表 1 に示す。また、該FWD計測荷重およびFWD計測変位量の間関係を示すグラフを図 5 に示す。図 5 中の黒点が、錘体 2 5の重量および落下高さの各組に対応する、FWD計測荷重およびFWD計測変位量の組を示している。

【 0 0 5 1 】

【表 1】

重量 (kg)	落下高さ (cm)	FWD計測荷重 (kN)	FWD計測変位量 (mm)	評価用装置計測変位量 (mm)
5	15	2.857	0.359	0.355
	30	4.184	0.538	0.536
	45	5.212	0.692	0.689

【 0 0 5 2 】

この場合、評価用装置 1 の前記基準ばね定数は、前記図 3 に示した値 ($= 7.65 \text{ kN} / \text{mm}$) である。また、前記手順 7 で求められたFWD計測ばね定数、すなわち、図 5 の直線の傾きは、同図に示す如く、 $7.67 \text{ kN} / \text{mm}$ である。

【 0 0 5 3 】

この実施例では、基準ばね定数と、FWD計測ばね定数とは、ほぼ一致している。また、表 1 に示した如く、錘体 2 5の重量および落下高さの各組に対応する、FWD計測変位量と、評価用装置計測変位量とは、ほぼ一致している。従って、前記手順 8 において、小型FWD 2 1は、正常であると判断される。

【 0 0 5 4 】

なお、この実施例では、錘体 2 5の重量を 1 種類として、落下高さを複数種類 (3 種類) に設定したが、重量を複数種類に設定し、落下高さを 1 種類に設定してもよく、あるいは、重量および落下高さの両者を複数種類に設定してもよい。

【 0 0 5 5 】

以上説明したようにして、本実施形態によれば、評価用装置 1 を使用して、小型FWD 2 1の評価を簡易に行なうことができる。また、評価用装置 1 は、その構造が極めて簡単であるので、小型FWD 2 1の評価を低コストで行なうことができる。また、評価用装置 1 の可動ブロック 4 を基体ブロック 2 に支持する金属ばねとして、皿ばね 4 を使用しているので、小型FWD 2 1の錘体 2 5の落下時に、該皿ばね 4 の振動が生じにくいと共に、

評価用装置 1 の特性（可動ブロック 4 の作用荷重と変位置との関係）の安定性が高く、該特性が環境条件の影響を受け難いと共に、経年的な変化を生じにくい。従って、評価用装置 1 を長期間にわたって使用して、小型 F W D 2 1 の評価を安定且つ高い信頼性で行なうことができる。

【 0 0 5 6 】

なお、前記実施形態では、小型 F W D 2 1 の評価用装置 1 について説明したが、該評価用装置 2 1 は、図 2 に示した小型 F W D 2 1 と異なる構成の小型 F W D にも適用できる。さらに、本発明は、小型 F W D だけでなく、公知の通常の F W D（比較的大型な F W D）についても適用できる。その場合には、評価用装置の形状、大きさ、金属ばねのばね定数などを該 F W D に適合するように設定すればよい。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 7 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態の評価用装置の構成を示す断面図。

【 図 2 】 図 1 の評価用装置を使用して評価する F W D（小型 F W D）とその評価システムの構成を示す図。

【 図 3 】 評価用装置の可動ブロックに作用する荷重と該可動ブロックの変位置との関係を例示するグラフ。

【 図 4 】 小型 F W D により計測される荷重と変位置との波形を例示するグラフ。

【 図 5 】 小型 F W D のセンサ部の出力から計測された荷重と変位置との関係を例示するグラフ。

20

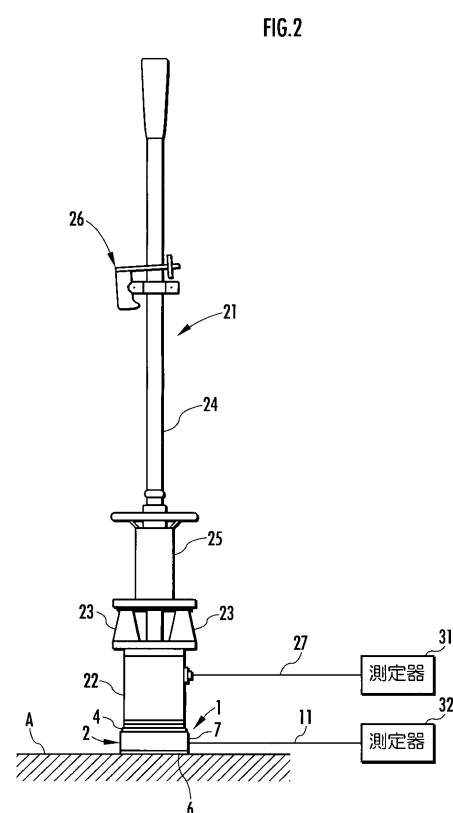
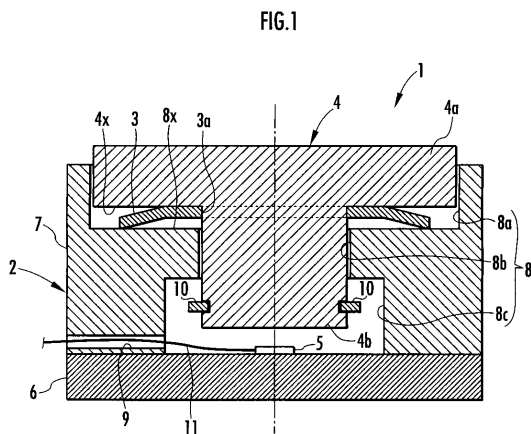
【 符号の説明 】

【 0 0 5 8 】

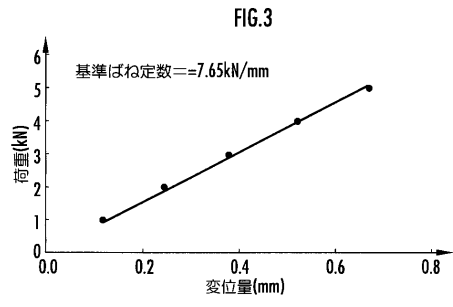
1 ... 評価用装置、 2 ... 基体ブロック、 3 ... 皿ばね（金属ばね）、 4 ... 可動ブロック、 5 ... 変位センサ、 2 1 ... F W D（小型 F W D）、 2 2 ... センサ部、 2 3 ... 緩衝部材、 2 5 ... 錘体。

【 図 1 】

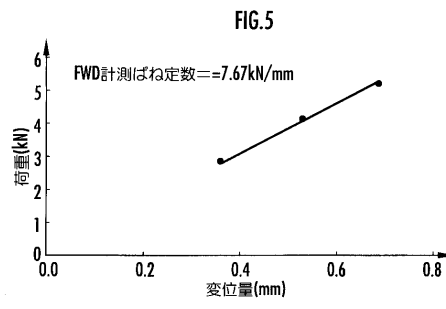
【 図 2 】



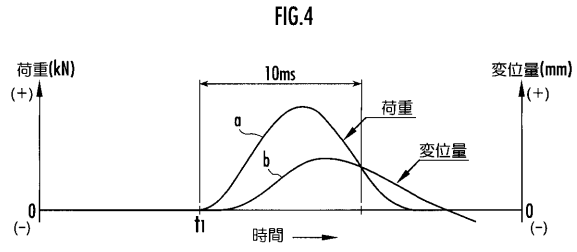
【 図 3 】



【 図 5 】



【 図 4 】



フロントページの続き

- (72)発明者 上浦 正樹
北海道札幌市西区西野四条八丁目1番56号
- (72)発明者 関根 悦夫
東京都国分寺市光町二丁目8番38号 財団法人鉄道総合技術研究所内
- (72)発明者 岡野 晴樹
群馬県桐生市相生町四丁目247番地 株式会社東京測器研究所桐生工場内
- (72)発明者 藤生 高弘
群馬県桐生市相生町四丁目247番地 株式会社東京測器研究所桐生工場内

審査官 高橋 亨

- (56)参考文献 特開2004-239701(JP,A)
実開昭61-089142(JP,U)
特開平03-013841(JP,A)
特開2000-081364(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 3/40
JSTPlus(JDreamII)