



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 698 20 253 T2 2004.09.16

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 979 406 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 698 20 253.8

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/GB98/01231

(96) Europäisches Aktenzeichen: 98 919 322.2

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 98/049553

(86) PCT-Anmeldetag: 28.04.1998

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 05.11.1998

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 16.02.2000

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 03.12.2003

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 16.09.2004

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: G01N 29/04  
E02D 33/00

(30) Unionspriorität:

9708740 29.04.1997 GB

(73) Patentinhaber:

Aberdeen University, Aberdeen, Schottland, GB;  
University of Bradford, Bradford, West Yorkshire,  
GB

(74) Vertreter:

Berendt und Kollegen, 81667 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE

(72) Erfinder:

RODGER, Alexander, Albert, Bridge of Don, GB;  
LITTLEJOHN, Stuart, Gavin, Harrogate, GB;  
NEILSON, David, Richard, Aberdeen AB22 8FJ,  
GB; PENMAN, James, Angus DD10 8SP, GB

(54) Bezeichnung: Erdverankerungs-Testsystem

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung befaßt sich mit einem Erdverankerungs-Testsystem. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf ein System zum Aufbringen eines Belastungsimpulses auf Erdverankerungen.

[0002] Bekannte Erdverankerungen werden eingesetzt, um Aufbauten, Bauwerke oder dergleichen, wie Tunnels, Mienen, Stützwände, Trockendocks und Dämme abzustützen. Es gibt zwei Haupttypen von Erdverankerungsgliedern, nämlich eine Bauart mit einem massiven Metallstab oder eine Bauart mit einer mehradrigen Strangauslegung. Um ein Erdverankerungsglied im Untergrund zu fixieren, wird zuerst ein Bohrloch in einem Teil der Untergrundfläche erstellt. Dann wird das Verankerungsglied in das Bohrloch eingesetzt, und ein Längsstück eines Teils, welches von der Untergrundsfläche entfernt liegt, wird haftend mit dem Untergrund mit Hilfe von Harz, Zementpaste oder dergleichen verbunden. Ein weiteres Längsstück des Verankerungsgliedes kann auch anschließend haftend mit dem Untergrund verbunden werden. Eine Spanneinrichtung wird dann im Untergrund angeordnet, und mit dem Erdverankerungsglied derart gekoppelt, daß die Verankerung nachträglich auf einen geeigneten Spannungswert unter Spannung bzw. Vorspannung gesetzt werden kann. Es soll noch erwähnt werden, daß die Spanneinrichtung unterschiedlich abhängig davon ausgelegt ist, ob das Erdverankerungsglied von der Stangenbauart oder der Mehrstrang-Bauart ist.

[0003] Mit der Zeit ändert sich die nachträglich auf die Verankerung aufgebrachte Spannung aus mehreren Gründen, beispielsweise infolge einer graduellen Bewegung des Untergrunds, infolge einer plötzlichen Bewegung des Untergrunds bei Erdbeben, infolge einer Alterung der Verankerung, infolge von einem Verlust der Haftverbindung usw.. Diese Veränderung bei der nachträglich aufgebrachten Spannung, bei der es sich im allgemeinen um eine Verringerung der aufgebrachten Spannung handelt, kann zu einer lokalen Reduzierung der Abstützung des betreffenden Bauwerks führen, was eventuell sogar dazu führen kann, daß man eine mangelnde Abstützung des Bauwerks hat, wenn die Verankerungen hierdurch beeinträchtigt werden. Somit besteht ein Bedürfnis nach einer Ermittlung der fortlaufenden Integrität der Untergrundsverankerungen.

[0004] In WO-A-95/27831 wird zusätzlich zu der Beschreibung unterschiedlicher Fixiermethoden für Untergrundsverankerungen ein Verfahren zum Ermitteln der Integrität der Untergrundsverankerungen beschrieben. Eine Impulsplatte wird fest mit der Endfläche einer Verankerung des Stangentyps verbunden, und eine Impulserteilungseinrichtung wird betriebsmäßig und wirkungsmäßig mit der Impulsplatte verbunden, um einen Belastungsimpuls auf die Verankerung aufzubringen. Die Vorrichtung arbeitet derart, daß manuell eine Masse gegen die Spannkraft einer Feder angedrückt wird, die Masse in ihrer Position

festgelegt wird, und daß dann die Masse manuell losgelassen wird, so daß die Energie der Feder die Masse bewegt, um die Impulsplatte mit einem Stoß zu beaufschlagen, wodurch bewirkt wird, daß das Erdverankerungsglied in Schwingungen versetzt wird. Die resultierende Schwingungsantwort wird mit einer Bezugssantwort von der Verankerungsseite an einem früheren Stadium der Erstellungszeit verglichen, um Veränderungen hinsichtlich des Verankerungszustandes zu bestimmen.

[0005] Das Testen von Untergrundverankerungen erfolgt jedoch meist an ungünstig zugänglichen oder nicht leicht zugänglichen Stellen. Somit ist das manuelle Betätigen der Impulserteilungseinrichtung schwierig, umständlich und zeitraubend. Ferner ist die bekannte Impulserteilungseinrichtung nicht anwendbar auf Verankerungsglieder der Multistrangbauart. In der Tat besteht ein Bedürfnis, längere Untergrundsverankerungen einzusetzen, welche insbesondere seismischen Belastungen stand halten können, aber es hat sich gezeigt, daß sich Untergrundsverankerungen mit einer Länge von größer als beispielsweise **10** Metern mit der bekannten Einrichtung nicht in ausreichender Weise in Schwingung versetzen lassen, um eine nutzbare Schwingungsantwort zu bekommen. Somit besteht ein Bedürfnis, größere Belastungsimpulse den Erdverankerungen zu erteilen. Obgleich der aufgebrachte Belastungsimpuls so ausreichend bemessen sein muß, daß das Verankerungsglied in ausreichender Weise in Schwingungen versetzt wird, muß dafür Sorge getragen werden, daß der Belastungsimpuls nicht so groß ist, daß hierdurch möglicherweise Beschädigungen an der Verankerung verursacht werden.

[0006] Somit besteht ein Bedürfnis nach einer Impulserteilungseinrichtung, welche sich einfach einsetzen läßt, die auf einfache Weise eine Veränderung an der Größe der eingeleiteten Belastungsimpulse ermöglicht, so daß die Einrichtung universell einsetzbar ist, und die eingesetzt werden kann, um eine Impulsbelastung bzw. einen Belastungsimpuls einer Verankerung der Mehrstrangbauart zu erteilen.

[0007] Die Erfindung zielt darauf ab, ein Untergrundsverankerung-Testsystem bereit zu stellen, welches eine Impulserteilungseinrichtung hat, welche einen geeigneten Belastungsimpuls auch längeren Untergrundsverankerungen erteilen kann, welche sich auf einfache Weise einsetzen läßt, und die auf einfache Weise eine Veränderung der Größe des eingeleiteten Belastungsimpulses gestattet.

[0008] Nach der Erfindung wird hierzu ein System bereitgestellt, welches es einem Anwender ermöglicht, von einer entfernt liegenden Stelle einen Belastungsimpuls auf einen Erdankerstrang oder ein Element hiervon aufzubringen, welcher zu prüfen ist, wobei das System folgendes aufweist:

einen Stoßempfänger, welcher relativ zu dem Strang oder dem Element hiervon derart festlegbar ist, daß im Betriebszustand mechanische Energie zwischen denselben übertragen wird;

ein rohrförmiges Element, welches mit dem Stoßempfänger verbunden ist, den Strang oder das Element hiervon umgibt, und gegenüber einer axialen Bewegung relativ hierzu festgelegt ist;

eine ringförmige Masse, welche koaxial zu dem rohrförmigen Element angeordnet ist, wobei die Masse desselben eine Gleitbewegung längs des rohrförmigen Elements ausführen kann, und hierdurch in Richtung zu dem Stoßempfänger ausgehend von einem beabstandet hiervon liegenden Anfangsposition geführt ist;

eine Kraftantriebseinrichtung, welche entfernt von dem Strang oder dem Element hiervon betätigbar ist, um eine spezifische Bewegungskraft auf die Masse aufzubringen und zu bewirken, daß die Masse sich von der Anfangsposition weg bewegt und mit dem Stoßempfänger zusammentrifft, wodurch ein Belastungsimpuls erzeugt wird, und dieser im Betriebszustand zu dem Strang oder dem Element hiervon übertragen wird; und

eine Sensoreinrichtung zum Detektieren der Schwingungsantwort des Strangs oder des Elements hier von auf den Belastungsimpuls und zum Erzeugen von elektrischen Signalen, welche die Antwort wiedergeben.

[0009] Vorzugsweise ist die Kraftantriebseinrichtung derart betreibbar, daß die Größe der Bewegungskraft variiert werden kann, durch die die ringförmige Masse längs des rohrförmigen Elements angetrieben wird.

[0010] Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die Kraftantriebseinrichtung derart betreibbar, daß sich der Weg ändert, um den die ringförmige Masse längs des rohrförmigen Elements angetrieben wird.

[0011] Zweckmäßigerweise weist das System ferner ein relativ größeres rohrförmiges Element koaxial zu dem erstgenannten, rohrförmigen Element auf, wobei die ringförmige Masse einen Außendurchmesser hat, der im wesentlichen gleich groß wie der Innendurchmesser des relativ großen, rohrförmigen Elements ist.

[0012] Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die Kraftantriebseinrichtung mit einer Ventilanordnung zur Verbindung mit einer Quelle für hydraulische oder pneumatische Energie verbunden.

[0013] Vorzugsweise weist bei dem System die Kraftantriebseinrichtung eine Schaltanordnung zum Verbinden mit Quelle für elektrische Energie auf.

[0014] Beispiele der Erfindung werden nachstehend unter Bezugnahme auf die beigelegte Zeichnung näher erläutert. Darin gilt:

[0015] **Fig. 1** verdeutlicht in einer schematischen Darstellung ein Untergrundverankerungs-Integritäts testsystem unter Einsatz der Erfindung;

[0016] **Fig. 2** verdeutlicht eine Impulserteilungseinrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform nach der Erfindung; und

[0017] **Fig. 3** verdeutlicht typische Beschleunigungsmesserantwortverläufe für eine ungespannte Verankerung der Mehrstrangbauart.

[0018] Zur notwendigen Abstützung wird eine Untergrundsverankerung vorgesehen, und die darauf aufgebrachte Spannung  $T$  wird auf einen vorbestimmten Spannungswert  $T_{\max}$  vergrößert, welcher zum Abstützen des betreffenden Aufbaus oder Bauwerks geeignet ist. Der Wert von  $T(t)$  ist eine Zeitfunktion und ändert sich ausgehend von  $T_{\max}$ . Das Untergrundsverankerungs-Integritätstestsystem nach der Erfindung versucht, die Ermittlung des Wertes von  $T(t)$  dadurch zu erleichtern, daß man die Abweichung von  $T_{\max}$  berücksichtigt.

[0019] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** wird ein Bohrloch im Gestein **4** oder im Fels **4** unter Durchgang durch die Oberfläche **5** des Gesteins gebohrt. Ein Untergrundsverankerungsglied **2** mit einer Länge von **30** Metern wird in das Bohrloch eingesetzt. Dann wird eine Zementpaste eingebracht, um eine Endlänge **1** des Verankerungsgliedes **2** mit dem Gestein **4** haftend zu verbinden. Der Zwischenraum zwischen der verbleibenden Länge des Verankerungsgliedes und dem Gestein kann mit einer Paste auf an sich bekannte Weise ausgefüllt werden. Eine Spannanordnung **6** wird an der Gesteinoberfläche **5** in der Nähe der Verankerung angeordnet. Eine Impulserteilungseinrichtung **7** ist über dem Verankerungsglied angeordnet, um einen Belastungsimpuls gegen eine Impulsplatte **8** aufzubringen, welche an dem Verankerungsglied angebracht ist. Die Impulsplatte **8** kann einen Teil der Impulserteilungseinrichtung bilden. Ein Beschleunigungsmesser **9** ist an der Impulsplatte angebracht, um die Schwingungsantwort der Verankerung zu erfassen. Alternativ kann der Beschleunigungsmesser **9** direkt an der Untergrundverankerung selbst angebracht werden.

[0020] Der Ausgang des Beschleunigungsmessers ist mit dem Eingang einer Analyseeinheit **15** verbunden. Die vom Eingang erhaltenen Signale sind mit einer Datenerfassungsstufe **10** verbunden, welche ihrerseits mit einer statistischen Verarbeitungsstufe **11** verbunden ist. Der Ausgang von der statistischen Verarbeitungsstufe **11** ist mit einem künstlichen neuronalen Netzwerk **12** verbunden, welches Zugang zu einem Speicher **13** hat. Die Analyseeinheit **15** ist durch einen Mikroprozessor **17** gesteuert, und ist mit einer Anzeige **16** und einer Eingabeeinrichtung **14**, wie einer Tastatur, verbunden.

[0021] Das in **Fig. 1** gezeigte System arbeitet auf die nachstehend näher beschriebene Weise. Das Bohrloch **3** wird erstellt, und das Erdverankerungsglied **2** wird eingebaut, sowie mit dem Gestein haftend verbunden. Dann werden die Spannanordnung und die Impulserteilungseinrichtung **7** an dem Erdanker **2** zusammen mit der Impulsplatte **8** angebracht. Anschließend wird das Erdanker **2** auf 10% von  $T_{\max}$  gespannt. Zu diesem Zeitpunkt aktiviert der Mikroprozessor **17** die Impuls- bzw. Belastungsteilungseinrichtung **7**, um einen geeigneten Belastungsimpuls auf die Impulsplatte **8** aufzubringen, um eine nutzbare Schwingungsantwort zu erhalten. Der Mikroprozessor **17** steuert die Datenerfassungsstufe

**10**, so daß die Schwingungssignale von dem Beschleunigungsmesser **9** erfaßt werden, wenn ein vorbestimmter Triggerpunkt erreicht ist. Wenn der Triggerpunkt einmal erreicht ist, wird das ankommende Signal erfaßt und gefiltert, um Rauschzusätze und/oder andere unerwünschte Signalzusätze zu entfernen.

[0022] Der Ausgang der Datenerfassungsstufe wird auf der Anzeigeeinrichtung **16** sowohl im Zeit- als auch im Frequenzbereichformat angezeigt, so daß der Anwender bei der Auswahl der Daten unterstützt wird, die zur Identifikation durch die Einheit geeignet sind.

[0023] Zusätzlich zu dem Ausgang der Datenerfassungsstufe **10** erfolgt eine Verarbeitung durch die statistische Stufe **11** unter Einsatz einer Reihe von mathematischen und statistischen Methoden. Bei dieser Vorverarbeitung werden verschiedene Techniken, wie eine Hauptkomponentenanalyse, eine Wellenformtransformation und Spektralanalysen höherer Ordnung eingesetzt. Durch den Einsatz dieser Vorverarbeitung des Signals wird ermöglicht, daß die maximale Menge an Einzelheiten bezüglich der wichtigen Einflußgrößen des Schwingungsantwortverlaufs herausgefiltert werden, während unerwünschte Informationen und das Rauschen so weit wie möglich unterdrückt werden. Somit ist die Arbeitsweise des anschließenden, künstlichen neuralen Netzwerks hinsichtlich der Klassifikation der Schwingungsantwortverläufe genauer.

[0024] Der Ausgang der statistischen Stufe **11** wird dann zu dem künstlichen neuralen Netzwerk weitergeleitet. Das künstliche, neurale Netzwerk, welches bei der bevorzugten Ausführungsform zum Einsatz kommt, ist als eine mehrschichtige Wahrnehmung bekannt, bei der ein lernender Überwachungsalgorithmus genutzt wird, welcher als Rückkopplung bezeichnet wird. Hierdurch wird eine Klassifikation der Eingänge ermöglicht, die nicht linear getrennt werden können, und die komplizierte Zusammenhänge haben, welche sich mit anderen Einrichtungen nur schwierig bestimmen lassen. Die Klassifikation und die Information betreffend des Verlaufs werden in dem Speicher **13** gespeichert.

[0025] Der Mikroprozessor **17** steuert die Impulsteilungseinrichtung **7**, so daß eine Reihe von **20** Belastungsimpulsen auf die unter Spannung gesetzte Verankerung aufgebracht wird. Die Anzahl der Belastungsimpulse kann von **20** verschieden sein. Die Optimalschwingungsantwortverläufe werden ausgewählt und durch das neurale Netzwerk bearbeitet und klassifiziert als 10%  $T_{max}$  für diese Stelle der Verankerung.

[0026] Anschließend wird dann die auf die Verankerung aufgebrachte Vorspannung um weitere 10%  $T_{max}$  vergrößert, und es werden wiederum 20 Belastungsimpulse aufgebracht. Wenn die Spannung 80%  $T_{max}$  erreicht, wird die Zunahme der Spannung auf 2%  $T_{max}$  reduziert, bevor man die Versuche wiederholt durchführt. Es wäre nämlich möglich, daß man die

Spannung  $T_{max}$  erreicht, mit der die Verankerung in korrekter Weise den Aufbau bzw. das Bauwerk stützt und trägt. Die Zunahme bei der Spannung kann so variiert werden, daß auch Werte unterschiedlich zu 2% gewählt werden können.

[0027] Das künstliche, neurale Netzwerk hat somit eine Reihe von Verläufen, welche gemäß der betreffenden Verankerung und gemäß der entsprechend aufgebrachten Vorspannung klassifiziert sind. Die Versuche werden bei einer großen Anzahl von gleichen Verankerungen an dieser Stelle wiederholt und durchgeführt, so daß das künstliche, neurale Netzwerk die Funktion erlernt, die Schwingungsantwortverläufe genauer zu klassifizieren.

[0028] Wenn man auf diese Weise Tests mit der Klassifikation, erhalten nach diesem System, durchführt, kann man eine verbesserte Klassifikation und eine höhere Genauigkeit bei den anschließenden Änderungen hinsichtlich der Integrität der Erdverankerung erzielen.

[0029] Später, beispielsweise **6** Monate später, kann das System wiederum bei den nunmehr unter Vorspannung gesetzten Verankerungen eingesetzt werden. Bei den Versuchen wird wiederum eine Reihe von **20** Belastungsimpulsen auf die Verankerungen wiederholt aufgebracht, und durch einen Vergleich mit den klassifizierten Schwingungsantwortverläufen für diese Verankerung und diese Stelle, welche im Speicher **13** im Zusammenwirken mit dem künstlichen, neuralen Netzwerk gespeichert worden sind, ist es möglich zu identifizieren, ob eine Änderung bei der Vorspannung auf die Verankerung beim Test gegenüber dem optimalen Wert  $T_{max}$  aufgetreten ist. Der Einsatz des vorstehend genannten Bearbeitungsschritts ermöglicht eine Identifikation des Zustands der Verankerungen unter Testbedingungen mit wesentlich größerem Erfolg als bisher bekannt, und insbesondere können Verankerungen hierbei untersucht werden, welche größer als beispielsweise 10 Meter sind.

[0030] Zum Klassifizieren und zum Ermitteln der auf die Verankerung aufgebrachten Vorspannung ist es gemäß der voranstehenden Beschreibung erforderlich, einen Belastungsimpuls **1** auf das Erdverankerungsglied aufzubringen. Jedoch ist es wichtig, daß der Belastungsimpuls **1** nicht größer als 20% von  $T_{max}$  ist, da andererseits Beschädigungen an der Verankerung auftreten können. Es hat sich gezeigt, daß **1** vorzugsweise 25% von  $T_{max}$  beträgt. Jedoch kann sich der Wert für **1** nach Maßgabe des Werts von  $T_{max}$  für die zu Rede stehende Verankerung ändern. Daher ist es wichtig, daß die Belastungsimpulsteilungseinrichtung leicht den Wert des angelegten Belastungsimpulses **1** ändern kann. Um ferner entsprechend der voranstehenden Beschreibung eine genauere Klassifikation des Schwingungsantwortverlaufs zu erzielen, werden **20** Belastungsimpulse auf die Verankerung aufgebracht, um eine entsprechende Anzahl von Verläufen zu erhalten. Bei langen Verankerungen von größer als 10 Metern muß ferner der auf die Veranke-

nung aufgebrachte Belastungsimpuls so groß sein, daß man eine nutzbare Schwingungsantwort erhält. Schließlich sollte die Belastungsimpulserteilungseinrichtung auch die Fähigkeit haben, den Belastungsimpuls auf die einzelnen Stränge des Verankernungsgliedes der Mehrstrangbauart aufzubringen.

[0031] Es hat sich gezeigt, daß die Dämpfung des Schwingungsantwortverlaufs mit dem Größerwerden der Vorspannung größer wird. Wenn man die ersten **6** Spitzenverte der positiven Dämpfungseinhüllen über einen Bereich von Vorspannungswerten vergleicht, ist deutlich zu erkennen, daß die Verzögerungsrate des Antwortverlaufs mit der Vorspannung größer wird. Hierdurch wird ermöglicht, daß man unter den verschiedenen Vorspannungswerten differenzieren kann. Eine schnelle Fourier-Transformationsanalyse angewandt auf die Antwortverläufe gibt zusätzlich eine Änderung der Hauptfrequenzkomponente mit einer Änderung der Vorspannung an.

[0032] **Fig. 2** verdeutlicht eine Impulserteilungseinrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform nach der Erfindung, welche einen Belastungsimpuls auf die Stränge einer Erdverankerung der Mehrstrangbauart aufbringen kann. Es ist zu erkennen, daß die Einrichtung leicht in der Weise modifiziert werden kann, daß ein Belastungsimpuls auf eine stangenförmige Verankerung dadurch aufgebracht werden kann, daß man eine Gewindeverbindung an der Einrichtung vorsieht, um die Einrichtung auf das Verankerungsglied aufzuschrauben.

[0033] Unter Bezugnahme auf **Fig. 2** hat die Einrichtung einen äußeren Zylinder **28** mit einer ersten, kreisförmigen Endplatte **25** an einem Ende, und einer zweiten kreisförmigen Endplatte **33** am anderen Ende. Der äußere Zylinder **28** definiert die Achse **0** der Einrichtung und ist bei einer ringförmigen Ausnehmung (nicht gezeigt) ausgerichtet, welche in den zugewandten Flächen der ersten und zweiten Endplatten **25** und **33** ausgebildet ist. Ein hohler, innerer Zylinder **34** verläuft längs dieser Achse und wird an Ort und Stelle mittels weiteren ringförmigen Ausnehmungen **27** und **35** gehalten, welche in den zugewandten Flächen der ersten und der zweiten Endplatten jeweils ausgebildet sind. Der Innendurchmesser des inneren Zylinders **34** entspricht dem Durchmesser eines Verankerungsgliedes **20**, welches bei der Verankerung zu testen ist. Bei diesem Beispiel handelt es sich um eine Komponente oder einen Strang einer Mehrstrang-Verankerung. Der Außendurchmesser des inneren Zylinders entspricht im wesentlichen dem Durchmesser der zentralen Öffnung in einer ringförmigen Masse **31**, welche eine Gleitbewegung längs des inneren Zylinders ausführt. Der Außendurchmesser der ringförmigen Masse **31** entspricht im wesentlichen dem Innendurchmesser des äußeren Zylinders **28**. Somit kann die ringförmige Masse entlang und geführt durch den inneren Zylinder eine Gleitbewegung ausführen, und man erhält auch einen im allgemeinen luftdichten Abschluß sowohl gegenüber dem inneren Zylinder als auch gegenüber

dem äußeren Zylinder.

[0034] Die erste Endplatte **25** ist mit einer Verankerungsanbringungseinrichtung **22** versehen. Bei der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform wird diese von einem Rohr gebildet, welches integral mit der ersten Platte ausgebildet ist, und sich von der Ebene der Platte weg erstreckt. Das Rohr hat eine axial angeordnete Bohrung mit einem Durchmesser, welcher von der Ebene der ersten Endplatte **25** weg zunehmend größer wird, wie dies dort verdeutlicht ist. Die Bohrung fluchtet mit einer Öffnung **37**, welche zentral in der ersten Endplatte angeordnet ist, und durch die das Verankerungsglied **20** geht. Eine Mehrzahl von Durchgangsöffnungen **26** ist in der ersten Endplatte um die Einrichtungssachse als Auslassöffnungen ausgebildet.

[0035] Die zweite Endplatte **33** hat auch eine Öffnung **36**, welche darin zentral angeordnet ist, und durch die das Verankerungsglied **20** geht. Eine Mehrzahl von Durchgangsöffnungen **32** ist in der zweiten Endplatte um die Einrichtungssachse als Einlaßöffnungen ausgebildet.

[0036] Sowohl die erste als auch die zweite Endplatte verlaufen radial über den Durchmesser des äußeren Zylinders hinaus und hat eine Mehrzahl von Umfangsdurchgangsöffnungen **35** an dieser Stelle. Eine Reihe von Stäben **29**, welche an beiden Enden mit einem Gewinde versehen sind, gehen durch die Öffnungen der beiden Endplatten. Muttern **24**, welche an den mit Gewinde versehenen Enden des jeweiligen Stabs vorgesehen sind, werden angezogen, um die Endplatten zusammen zu drücken oder zusammen zu spannen, wodurch die äußeren und inneren Zylinder an Ort und Stelle gehalten werden. Eine äußere Hülse **30** ist um die Stangen vorgesehen.

[0037] Beim Einsatz wird die Einrichtung auf einem Strang einer Mehrstrangverankerung angeordnet, welche zu testen ist. Ein Satz von konischen Teilen **23**, welche an den axial nach innen weisenden Flächen mit Riffelungen versehen sind, werden in die Verankerungsglied-Anbringungseinrichtung **22** eingesetzt, und in Richtung auf die erste Endplatte durch ein mit einem Gewinde versehenen Bund **21** gedrückt, welcher auf einem zugeordneten Gewindegang aufgeschraubt wird, welcher auf der nach außen weisenden Fläche der Verankerungsglied-Anbringungseinrichtung **22** ausgebildet ist. Somit ergreift die Einrichtung den Strang der Mehrstrangverankerung, so daß die Einrichtung betriebsmäßig mit der Verankerung verbunden ist, um einen Belastungsimpuls auf die Verankerung aufzubringen, oder auf diese zu übertragen.

[0038] Eine Druckluftquelle ist mit den Einlassöffnungen über Schaltventile (nicht gezeigt) verbunden, welche durch den Mikroprozessor **17** gesteuert werden. Wenn auf die Verankerung ein Belastungsimpuls aufzubringen ist, steuert der Mikroprozessor die Schaltventile, um Druckluft durch die Einlassöffnungen einzuleiten. Hierdurch wird die Masse angetrieben, so daß sie sich schnell von einer Stelle in der

Nähe der zweiten Endplatte in Richtung zu der ersten Endplatte bewegt, um eine Stoßbeanspruchung zu erzeugen. Die Bewegung der Masse wird durch den inneren Zylinder geführt. Bereits im äußeren Zylinder vorhandene Luft wird über die Auslassöffnungen ausgeleitet.

[0039] Der Stoß der ringförmigen Maße 31 auf die erste Endplatte 25 erzeugt eine Kraft oder einen Belastungsimpuls, welcher betriebsmäßig mit dem Verankerungsglied entfernt von der Anbindungsstelle im Untergrund verbunden ist. Die Masse wird dann von der ersten Endplatte zurückbewegt. Um zu vermeiden, daß ein zweiter Impuls beim Auftreffen auf die zweite Endplatte erzeugt wird, kann eine Kompressionsfeder (nicht gezeigt) zwischen der ringförmigen Masse 31 und der zweiten Endplatte 35 angeordnet werden, um die rückfedernde Masse zu dämpfen. Die Entfernung der Feder ermöglicht auch eine einfache Änderung der Hublänge.

[0040] Die maximale Größe der Impulskraft läßt sich durch folgende Gleichung abschätzen:

$$F_{\text{Stoß}} = \frac{\sqrt{m2l(PA - \text{Reibung})}}{\Delta t}$$

wobei m die Masse der sich gleitend bewegenden Masse ist, l die Länge des Hubs ist, P der anliegende Luftdruck ist, A der Bereich der ringförmigen Masse senkrecht zu der Achse ist, die Reibung die trockene Reibung an der Masse ist, und  $\Delta t$  die Dauer des Stoßes ist.

[0041] **Fig. 3** verdeutlicht einen typischen Beschleunigungsantwortverlauf für eine nicht gespannte Mehrstrangverankerung. Die bei der Einrichtung eingesetzten Werte sind wie folgt gewählt:

$$m = 2 \text{ Kg}$$

$$l = 140 \text{ mm}$$

$$P = 196,2 \cdot 10^3 \text{ Pa (2 Bar)}$$

$$A = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\Delta t = 0,1 \text{ ms}$$

[0042] Wenn man die Masse auf diese Weise antriebt, ist es möglich, große Belastungsimpulse auf die Verankerung in so ausreichendem Maße zur Einwirkung zu bringen, daß man geeignete Schwingungsantwortverläufe von den Verankerungen auch mit einem Längenbereich von 10 bis 30 Metern erhält. Ferner läßt sich die Stärke des Belastungsimpulses auf einfache Weise durch Steuerung des Wertes von P variieren, so daß sich die Einrichtung universell einsetzen läßt. Weitere Änderungen kann man dadurch erhalten, daß man den Wert von m variiert. Es ist noch zu erwähnen, daß der Wert von m und A sich zu verändern versuchen, da der Durchmesser des Verankerungsgliedes sich ändert, so daß es notwendig ist, den inneren Zylinder, die Verankerungsanbringung und die Masse zu verändern.

[0043] Die Einrichtung nach der Erfindung kann leicht abgenommen werden, um unterschiedlich groß bemessene innere Zylinder einzusetzen, unterschiedliche Massegewichte einzusetzen, unterschiedliche Verankerungsanbringungseinrichtungen

einsetzen (beispielsweise eine mit Gewinde versehene Verankerungsanbringung 22 zum Anbringen einer Stangenverankerung), und um den Hub zu variieren.

[0044] Unter Einsatz einer Antriebskraft zum Bewegen der Masse läßt sich zusätzlich die Vorrichtung auch von einer entfernt liegenden Stelle aus betreiben, wenn die Einrichtung einmal installiert ist. Ferner ist es möglich, auf einfache Weise eine Anzahl von Belastungsimpulsen aufzubringen, um eine Kalibrierung und ein Testen der Verankerungen auf einfachere Weise als bisher durchzuführen. Wenn man ferner die Verankerungsanbringungseinrichtung nach der Erfindung einsetzt, kann die Einrichtung dazu eingesetzt werden, daß Belastungsimpulse auf Stränge bei Mehrstrangverankerungen aufgebracht werden.

[0045] Es ist zu ersehen, daß zahlreiche Abänderungen und Modifikationen möglich sind, die sich für den Fachmann ohne weiteres aus den Erläuterungen der bevorzugten Ausführungsformen ergeben. Beispielsweise können hydraulische Einrichtungen eingesetzt werden, um die Masse der Impulserteilungseinrichtung anzureiben, oder es kommen auch elektrische Ausführungsvarianten in Betracht.

## Patentansprüche

1. System, welches einem Anwender ermöglicht, von einer entfernt liegenden Stelle einen Belastungsimpuls auf einen Erdankerstrang (2, 20) oder ein Element hiervon aufzubringen, welcher zu prüfen ist, wobei das System folgendes aufweist:

einen Stoßempfänger (8, 25), welcher relativ zu dem Strang oder dem Element hiervon derart festlegbar ist, daß im Betriebszustand mechanische Energie zwischen denselben übertragen wird;

ein rohrförmiges Element (34), welches mit dem Stoßempfänger verbunden ist, den Strang oder das Element hiervon umgibt, und gegenüber einer axialen Bewegung relativ hierzu festgelegt ist;

eine ringförmige Masse (31), welche koaxial zu dem rohrförmigen Element angeordnet ist, wobei die Masse desselben eine Gleitbewegung längs des rohrförmigen Elements ausführen kann, und hierdurch in Richtung zu dem Stoßempfänger ausgehend von einem beabstandet hiervon liegenden Anfangsposition geführt ist;

eine Kraftantriebseinrichtung (17, 32, 33), welche entfernt von dem Strang oder dem Element hiervon betätigbar ist, um eine spezifische Bewegungskraft auf die Masse aufzubringen und zu bewirken, daß die Masse sich von der Anfangsposition weg bewegt und mit dem Stoßempfänger zusammentrifft, wodurch ein Belastungsimpuls erzeugt wird, und dieser im Betriebszustand zu dem Strang oder dem Element hier von übertragen wird; und

eine Sensoreinrichtung (9) zum Detektieren der Schwingungsantwort des Strangs oder des Elements hiervon auf den Belastungs-Impuls und zum Erzeugen von elektrischen Signalen, welche die Antwort

wiedergeben.

2. System nach Anspruch 1, bei dem die Kraftantriebseinrichtung derart betreibbar ist, daß die Größe der Bewegungskraft variiert werden kann, durch die die ringförmige Masse längs des rohrförmigen Elements angetrieben wird.

3. System nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, bei dem die Kraftantriebseinrichtung derart betreibbar ist, daß sich der Weg ändert, um den die ringförmige Masse längs des rohrförmigen Elements angetrieben wird.

4. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, welches ferner ein relativ größeres, rohrförmiges Element (28) koaxial zu dem erstgenannten, rohrförmigen Element (34) aufweist, wobei die ringförmige Masse (31) einen Außendurchmesser hat, der im wesentlichen gleich groß wie der Innendurchmesser des relativ großen, rohrförmigen Elements ist.

5. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Kraftantriebseinrichtung mit einer Ventilanordnung zur Verbindung mit einer Quelle für hydraulische oder pneumatische Energie verbunden ist.

6. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Kraftantriebseinrichtung eine Schaltanordnung zum Verbinden mit einer Quelle für elektrische Energie aufweist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



