



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 650 356 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.04.2006 Patentblatt 2006/17

(51) Int Cl.:
E02D 3/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05022632.3**

(22) Anmeldetag: **18.10.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **ED. ZÜBLIN AG**
D-70567 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Mayer, Peter-Michael, Dr.**
70192 Stuttgart (DE)
• **Roberti, Piero**
76297 Stutensee (DE)

(30) Priorität: **20.10.2004 DE 102004051009**

(54) **Verfahren zur Optimierung von Niederdruckinjektionen im Baugrund mittels
Manschettenrohren**

(57) Durch Einteilung der Manschettenrohre in Untereinheiten, um die herum ein Volumenelemente definiert wird, für das gleiche Eigenschaften gelten sollen, und durch Messung von Verpreßmenge, Verpreßdruck und Verpreßzeit kann der Verpreßvorgang, der in mehreren Stufen verläuft, visualisiert werden. Im Falle von Kompensationsinjektionen werden auch noch Gebäude-

verformungen gemessen und mit den Verpressungen visuell korreliert.

Die Korrelation zwischen Verpreßmengen und Gebäudeverformungen ergibt einen Verpreßwirkungsgrad des Injektionsprozesses, aufgrund dessen die folgenden Verpressungen gesteuert werden können.

EP 1 650 356 A1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung befaßt sich mit der Injektion von Baugrund mittels Manschettenrohren zum Zwecke der Hohlraumverfüllung, Verdichtung oder Verdrängung des Bodens (wie z.B. bei Kompensationsinjektionen)

Stand der Technik

[0002] Durch die intensive Nutzung des Baugrundes in Ballungsgebieten sowie durch den Bau moderner Infrastruktur werden vermehrt innerstädtische Tunnelbaumaßnahmen notwendig, bei denen auch setzungsempfindliche Bauwerke unterfahren werden müssen. Die Anbindung an bestehende, oberflächennah liegende Infrastruktur sowie geologische oder wirtschaftliche Belange verhindern oftmals eine ausreichende Tieflage eines solchen Tunnels, um eine Beeinflussung der darüber befindlichen Bebauung zu reduzieren.

[0003] Setzungen und Senkungen von Bauwerken sind dabei tunnelbau- und vortriebstechnisch nicht immer in einem bauwerksverträglichen Maße zu halten, so daß die Kompensation von Verformungen des Baugrundes eine mögliche Variante zur Sicherung der Gebrauchstauglichkeit der betroffenen Bauwerke darstellt.

[0004] Eine Möglichkeit zur Setzungsminderung stellt die Kompensationsinjektion mit Manschettenrohren dar, bei der wiederholt jeweils geringe Mengen Injektionsgut mit niedrigem Druck in einem engen Raster unter das Bauwerk injiziert werden.

[0005] Wesentlich für den Erfolg dieser Injektionstechnik sind die genaue Kenntnis des Baugrunds und der im injizierten Boden ablaufenden Verformungen in Verbindung mit den Gebäudeverschiebungen.

[0006] Kompensationsinjektionen sind dadurch gekennzeichnet, daß in der Regel aus nahezu horizontalen Bohrungen über Manschettenrohre eine aushärtende Zement-Suspension in den Untergrund eingepreßt wird, die eingetretene Senkungen des Bauwerks über einen Volumenausgleich kompensiert. Aufgrund der Vielzahl an Manschetten fallen sehr große Datenmengen an, die wiederum mit der über ein Meßsystem registrierten Verformungsreaktion des Bauwerks abgeglichen werden müssen.

[0007] Insbesondere bei maschinellen Tunnelvortrieben werden zudem große Vortriebsleistungen erreicht, so daß für die Kompensation der eingetretenen Setzungen nur kurze Reaktionszeiten zur Verfügung stehen. Die Herausforderung bei der technischen Begleitung von Hebungsinjektionen wird somit geprägt durch:

- große Mengen an Injektionsdaten,
- Zusammenführung von Daten aus der Setzungsmessung und den Injektionsvorgängen und Bewertung der aktuellen Situation verbunden mit der Vorbereitung neuer Injektionsangaben

- Dokumentation und Archivierung von Meß- und Injektionsdaten

[0008] Auch bedingt durch andere geologische Situationen (Abdeckinjektionen bzw. Verfüllinjektionen, etc.) können Manschettenrohrinjektionen erforderlich werden, die nur über ein geeignetes Auswertverfahren gesteuert werden können.

[0009] Anstehende Projekte mit umfangreichen Injektionsarbeiten (Nord-Süd-Stadtbahn Köln, Randstad Rail Rotterdam, Metro Amsterdam) werden in den kommenden Jahren ausgeführt. Es handelt sich dabei um Baumaßnahmen, bei denen die Setzungskompensation von Pfahlgründungen oder die Stabilisierung verflüssigunggefährdeter Sandschichten mit Hart- und Weichgel erforderlich werden.

[0010] Z.B. müssen in Amsterdam an sechs verschiedenen Standorten Gebäude mit unterschiedlichen Gründungssystemen gesichert werden, was enormen Aufwand zur Steuerung der Injektionen erfordert. Hinzu kommt, daß Bauherren immer stärker ein Instrument zur Qualitätssicherung und -kontrolle der Injektionstechnik fordern, die in ihren Augen eine Art undurchschaubare "blackbox" darstellt.

[0011] Daher ergibt sich die Notwendigkeit für die Entwicklung eines leistungsfähigen Verfahrens zur Steuerung der Injektionen auch daraus, eine zeitnahe und prüffähige Aufstellung und Abrechnung der Injektionsarbeiten gegenüber dem Auftraggeber bei Einheitspreisverträgen zu besitzen.

Aufgabe der Erfindung

[0012] Aufgabe der Erfindung ist Optimierung der Steuerung von Injektionen für Kompensationsinjektionen, aber auch für gewöhnliche Verfüllinjektionen.

Darstellung der Erfindung

[0013] Die Aufgabe wird durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

[0014] Dies geschieht erfindungsgemäß durch die Visualisierung der Injektionsmengen sowie der vorhandenen Injektionsdrücke als Voraussetzung zur Steuerung der Kompensationsinjektion. Sowohl Bauherr als auch Baufirma sind dadurch in der Lage, das Ausführungs- und Kostenrisiko zu minimieren und die Effizienz der Injektionen zu erhöhen.

[0015] Der immense Aufwand zur Steuerung der Injektionen erfordert nämlich eine Systematisierung der Injektionsvorgaben und ermöglicht dadurch in der Folge eine gezielte Bewertung und Auswertung des Injektionsvorganges.

[0016] Im einzelnen sieht die Erfindung vor, die Injektionskörper, die in der Regel komplexe räumliche Strukturen sind, in einfache Untereinheiten (Cluster) aufzuspalten, die vereinfacht mit wenigen Parametern beschrieben werden. Diese Grundidee hat Ähnlichkeit zur

Finite-Element-Methode (FEM):

Bei der FEM werden Spannungen und Dehnungen an der geometrischen Struktur (FE-Netz) sichtbar gemacht.

Bei der Injektionstechnologie fallen dementsprechend Daten in Form von Mengen und Drücken an. Die Parameter Druck, Menge, Zeit etc. werden erfindungsgemäß als Dateninformation einem definierten Cluster (Manschette mit zugehörigem Bodenvolumen), vergleichbar einem FE-Element zugeordnet.

Aufgrund dieser formalen Analogie lassen sich dann erfindungsgemäß auch die für die FEM eigens entwickelten Prozessoren direkt für die Injektionstechnologie verwenden, wodurch enorme Entwicklungskosten für Spezialhardware eingespart werden können. Auch die FEM-Software kann auf einfache Weise an den neuen Verwendungszweck angepaßt werden und liefert daher bevorzugt das Rückgrat für die benötigten Rechenprogramme.

Die Visualisierung geschieht z.B. durch einen FEM-Postprozessor. Ein solcher ist z.B. Tecplot.

Aufgrund des großen Datenanfalls (je nach Größe des Bauvorhabens teilweise über 1 Million Datensätze) ist eine strukturierte, stabile und schnelle Datenbank für die Abwicklung des Verfahrens erforderlich.

Vorgehensweise (beispielhaft)

[0017] Am Beginn wird bei komplizierten Geometrien der Injektionskörper mit einem externen CAD-Programm konstruiert. Bei einfachen Geometrien ist auch eine tabellarische Beschreibung über Koordinaten möglich. Im Anschluß erfolgt die Übergabe der Geometriedaten (z.B. Schacht- und Manschettrohrgeometrie, Bauwerksgrundriß, Hebefläche, Teilflächen der Meßpunkte) an einen Rechner mit geeigneter Software (FEM-basiert).

[0018] Die Definition der Manschettentröhe geschieht im Rechnerprogramm über Vollrohr- und Ventiltröhlängen, sowie den Ventilabstand (dieser beträgt häufig etwa 30 bis 50 Zentimeter). Im Anschluß wird die Geometrie über Visualisierungsfunktionen der Software geprüft.

[0019] Im nächsten Schritt wird die Injektionsrezeptur eingegeben, so daß eine automatische Mengenermittlung für den Bauleiter erstellt wird.

[0020] Das verwendete Programm erlaubt weiterhin die Vorgabe von Verformungsgrenzwerten als zweistufige Warn- und Alarmwerte (maximale Hebung und Setzung, zulässige Schiefstellung).

[0021] In der letzten Phase der Injektionsvorbereitung werden Menge und Nettodruck ganzen Manschettentröhen oder einzelnen Ventilbereichen zugeordnet. Ein Druckverlust kann separat eingegeben werden.

[0022] Nach Prüfung der kompletten Eingabedaten wird ein Eingabefile für den Injektionscontainer erzeugt, der die SOLL-Werte für die Pumpensteuerung definiert.

[0023] Auf dem Überwachungsbildschirm wird bevorzugt der Gebäudegrundriß mit den symbolisierten Meßpunkten dargestellt. Die Abfrage der Meßdaten aus dem Schlauchwaagensystem erfolgt über eine direkte Verbindung mit der Meßwarte automatisch in einem wählbaren Zeit-Intervall. Die Anzeige von Warn- oder Grenzwertüberschreitungen geschieht bevorzugt durch Färbung der betroffenen Meßpunkte und Teilflächen im Grundriß. Die aktuellen Injektionsdaten werden bevorzugt manuell in das Rechnerprogramm eingepflegt, z.B. aktuelle bzw. kumulierte Injektionsmengen je Hebefläche, aktuelle Wirkungsgrade der Injektion.

[0024] Der Ingenieur übernimmt die Bewertung der aktualisierten Daten und liefert SOLL-Vorgaben für neue Injektionsstufen. Das verwendete Rechenprogramm kann auf der Grundlage des vorhandenen Wirkungsgrads das Ergebnis der SOLL-Werte prognostizieren und entsprechend visualisieren. Die SOLL-Werte können iterativ solange verändert werden bis die gewünschte Hebung erreicht ist. Danach werden die SOLL-Werte durch den Techniker bestätigt und das Rechenprogramm erzeugt eine neue Eingabedatei für den Injektionscontainer.

[0025] Der Techniker vor Ort hat die sofortige Kontrolle über die Hebungsergebnisse, da alle wesentlichen Daten auf dem Überwachungsbildschirm visualisiert werden. Kritische Setzungsbereiche werden bei erfolgreicher Injektion automatisch auf "unbedenklich" zurückgestuft und dies am Bildschirm durch Farbänderung visualisiert.

[0026] Ein zentraler Bestandteil des verwendeten Rechenprogramms ist die Auswertung der angefallenen Injektionsdaten. Grundlage der Auswertung sind die Summendaten jedes Injektionsvorgangs: Zeit - Anfang - Ende, Dauer, Injektionsvolumen, Enddruck, Mitteldruck, Pumpennummer, etc.

[0027] Darüber hinaus können je nach Aufzeichnung des Injektionssystems auch Momentandaten über einen Injektionsvorgang (z.B. Erfassung in 5 sec Intervallen) eingelesen werden. Damit kann auch der Verlauf jedes Injektionsvorgangs detailliert nachvollzogen werden.

[0028] Für die Baustelle von besonderer Bedeutung ist die Erstellung von Baustellenberichten, in denen die Daten nach Zeit, Geometrie, Injektionsstufe, Schicht und Pumpe sortiert werden. Die Visualisierung der Momentandaten (Ventildaten) in Diagrammform z.B. Druck, Menge oder Pumprate über die Zeit ist ebenso möglich, wie die Darstellung beliebiger Parameter einzeln oder kumuliert als Diagramm über die Bohrlochlänge.

[0029] Das verwendete FEM-basierte Rechenprogramm ermöglicht erstmals die Visualisierung beliebiger Injektionsparameter an der räumlichen Struktur oder in beliebigen Schnitten analog zur Darstellung von Ergebnissen einer FE-Berechnung. Auf diese Weise lassen sich bei komplizierten räumlichen Geometrien die Ergebnisse sehr gut veranschaulichen, da der Injektionskörper aus allen Raumrichtungen betrachtet werden kann. Mit Hilfe der Schnittfunktionen werden auch im Innern der

Struktur Schwachstellen, z.B. bei Verfüllinjektionen, lokalisiert und im Sinne der Qualitätssicherung dann nachinjiziert.

[0030] Wichtige Randbedingungen für die verwendete Software waren eine komfortable Benutzung mittels graphischer Oberfläche (GUI) und Robustheit als Voraussetzung für den Baustelleneinsatz.

[0031] Für die Visualisierung der Injektionsdaten wird dabei auf bereits bestehende kommerzielle Software aus dem Bereich der Finiten-Elemente zurückgegriffen.

[0032] Eine weitere wichtige Forderung war die Betriebssystemunabhängigkeit der Software. Sie wird so gewählt und angepaßt, daß sie sowohl Linux- als auch Windows-tauglich ist, um breitere Anwendbarkeit in Unternehmen zu gewährleisten.

[0033] Die eindeutige Beschreibung der Bohrlöcher und Ventile/Manschetten erfolgt über den Anfangs- und Endpunkt der Manschettenrohre sowie deren Einordnung in die Projekthierarchie, z.B. Tunnel, Schirm, Fächer, etc.

[0034] Abhängig von der Komplexität der Manschettenrohranordnung kann die Manschettenrohr- bzw. Bohrlochgeometrie über ein spezielles Tabellenformat oder über eine CAD-Schnittstelle (GID) importiert werden. Nach Einlesen der Geometrie wird der Anwender bevorzugt über ein Fenster durch die erforderliche Manschettendefinition geführt.

[0035] Für die graphische Darstellung der Injektions- und Meßdaten wird auf bereits bestehende kommerzielle Software und Hardware, z.B. einen externen Finiten-Elemente-Postprozessor zurückgegriffen.

[0036] Daß die erfinderische Aufgabe dergestalt gelöst wird, daß bereits bestehende Software und vor allem auch (ansonsten nur sehr teuer spezifisch fertigbare) Hardware direkt aus dem Finite-Elemente Bereich verwendet werden können, ist ein sehr großer Vorzug der Erfindung und war auch ein Ziel derselben.

Zusammengefaßt läßt sich sagen:

[0037] Die Erfindung sieht vor, die Kompensationsinjektionen und Verfüllinjektionen mittels Manschettenrohre dadurch zu optimieren, daß die große Anzahl an Parametern solcher Injektionen visualisiert dargestellt werden, denn Menschen sind leichter und schneller in der Lage, Bilder zu deuten, als bloße Zahlenkolonnen.

[0038] Hierzu werden die Manschettenrohre, vergleichbar der Belastbarkeitsberechnung von Baukörpern in der Finite-Elemente-Methode FEM, in Untereinheiten aufgeteilt, für die nur einige wenige Parameter definiert werden.

[0039] Dadurch ist es möglich, auf kostengünstige bereits verfügbare Software und Hardware aus eben diesem Bereich (FEM) zurückzugreifen.

[0040] Über die Visualisierung werden dann nach dem ersten Injektionszyklus für jede Untereinheit Injektionswirkungsgrade errechnet, die vorhersagen, wieviel Injektionsmaterial im nächsten Injektionszyklus injiziert werden

muß, um einen bestimmten Zweck zu erreichen, sei es eine Anhebung oder bloße Verfüllung zu Abdichtungszwecken. Ein geringer Injektionsdruck im ersten Zyklus weist z.B. auf poröses Gestein hin, das viel Injektionsmaterial aufnehmen wird, bevor eine Hebung erzielt wird oder eine Abdichtungswirkung eintritt.

[0041] Messungen im Gebäude über der Verfüllfläche werden zeitgleich oder sehr zeitnah (binnen Sekunden) dargestellt und zeigen die Wirkung der Injektion an.

[0042] Dadurch kann bei Injektionen nicht nur mit geringerem Material- und Zeitaufwand, sondern auch deutlich exakter als bisher gearbeitet werden.

15 Patentansprüche

1. Verfahren zur Optimierung von Niederdruckinjektionen im Baugrund mittels Manschettenrohren, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Manschettenrohre formal in Untereinheiten unterteilt werden und diese Untereinheiten mit nur wenigen Parametern, darunter Einpreßdruck und Einpreßvolumen, beschrieben werden, daß diese Untereinheiten mit wenigstens einem Teil ihrer Parameter über einen Rechner und ein Rechenprogramm visualisiert dargestellt werden, und daß diese Parameter aus dem ersten oder einem folgenden Injektionszyklus dazu verwendet werden, einen Verpreßwirkungsgrad zu berechnen, der für den oder die folgenden Injektionszyklen die benötigten Injektionsmengen und Injektionsbedingungen festzulegen gestattet.
2. Verwendung eines für Berechnungen mittels der Finite-Elemente-Methode konfigurierten käuflichen Rechenprozessors für das Verfahren nach Anspruch 1.
3. Verwendung des Kerns einer für Berechnungen mittels der Finite-Elemente-Methode programmierten käuflichen Software für das Verfahren nach Anspruch 1.



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 02 2632

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 101 48 730 A1 (TRACTO-TECHNIK GMBH; DRILLTEC GUT GMBH) 30. April 2003 (2003-04-30) * Absatz [0030] - Absatz [0062]; Abbildungen 1,5,6 *	1-3	E02D3/12
A	EP 0 174 268 A (GTE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ENTWICKLUNG AG) 12. März 1986 (1986-03-12) * Seite 5, Zeile 30 - Seite 7, Zeile 24; Abbildung 1 *	1-3	
A	DE 34 28 549 A1 (ALTEMOELLER, WOLFGANG K., DIPL.-ING) 13. Februar 1986 (1986-02-13) * Seite 6, Zeile 18 - Seite 9, Zeile 15; Abbildung 2 *	1-3	
A	DE 34 47 924 A1 (PHILIPP HOLZMANN AG; PHILIPP HOLZMANN AG, 6000 FRANKFURT, DE) 19. September 1985 (1985-09-19) * Seite 4, Zeile 20 - Seite 8, Zeile 24 *	1-3	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			E02D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 24. Januar 2006	Prüfer Geiger, H
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 05 02 2632

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

24-01-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 10148730	A1	30-04-2003	WO	03031731 A1	17-04-2003
EP 0174268	A	12-03-1986	CH	664589 A5	15-03-1988
DE 3428549	A1	13-02-1986	KEINE		
DE 3447924	A1	19-09-1985	KEINE		

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82