

Tiefenreiche Bodenstabilisierung Nature Drill-Mix

1. Einleitung

Die „Tiefreichende Bodenstabilisierung“, auch „Tiefe Bodenvermörtelung“ oder im englischen Sprachraum „Deep Soil Mixing - DSM“ genannt, kommt bei unterschiedlichsten Bauaufgaben, zur Verbesserung weicher Böden, Baugrubenumschließungswände, auch bewehrt, als Schwergewichtskörper, zur Reduzierung der Verflüssigungsgefahr, Immobilisation von Schadstoffen, Tauch- und Dichtwände zur Anwendung.

Bei den Bodenmischverfahren handelt es sich um Verfahren der Baugrundverbesserung durch Bindemittelzugabe, bei denen der anstehende Boden als Baustoff genutzt wird. Das Verfahrensprinzip beruht auf der mechanischen Zerlegung des anstehenden Bodens bei einer überwiegend vertikalen Bewegung einer Mischwelle. Das Vermischen des zu verbessernden Bodens mit dem Bindemittel erfolgt in Situ (direkt am Einbauort) durch rotierende mechanische Mischwerkzeuge. Als Bindemittel werden vorwiegend Zemente und Kalke, aber auch Flugasche, Sand, Gips und Mischungen aus den genannten Stoffen eingesetzt. Das Bindemittel reagiert mit dem anstehenden Boden und/oder Grundwasser zu einem Bodenmörtel, der in der Regel eine geringere Durchlässigkeit und eine geringere Verformbarkeit und somit eine höhere Steifigkeit und höhere Scherfestigkeit aufweist als der nicht verbesserte Boden.

2. Zielsetzung

Aus den komplexen Soil-Mix Verfahren hat die Firma Nature Drill ein Verfahren entwickelt, das in vielen Anwendungsgebieten und in fast allen Hauptbodenarten erfolgreich ausgeführt werden kann, das Verfahren `Nature Drill-Mix` mit nachfolgenden Merkmalen:

- Variable Ausführungsgeometrie (Einzelsäule, Wand, Block)
- Variable Ausführungsparameter in Abhängigkeit von den Bodenarten
- Verformungs- und erschütterungsfreie Herstellung
- Optimale Nutzung der natürlichen Ressourcen



3. Das `Nature Drill-Mix` Verfahren

Herstellungsmethode

Bei der Herstellung von Bodenmischelementen im Schutz einer Bohrlochverrohrung wird der Boden in einer im Doppelkopfbohrverfahren niedergebrachten verrohrten Bohrung an Ort und Stelle vermischt. Die Vermischung erfolgt wiederum mit einer speziellen Mischschnecke. Die Herstellung erfolgt dabei in folgenden Phasen: Im Doppelkopfbohrverfahren werden eine Außenverrohrung und die innenlaufende Mischschnecke (Hohlbohrgestänge mit Mischflügeln) durch zwei, getrennt auf einem gemeinsamen Bohrschlitten in der Bohrachse hintereinander montierte Drehantriebe, gegenläufig abgebohrt. Da kein Bodenmaterial aus dem Bohrloch gefördert werden soll, ist die Mischschnecke relativ kurz und dient in Form eines Anfängers zum Lösen und Auflockern des Bodens. Zum Mischen des Bodens mit der Bindemittelsuspension ist das Werkzeug oberhalb des Anfängers entweder in Form von Paddeln oder speziellen Schneckenflügeln ausgebildet. Bereits beim Abbohren wird durch Düsen am unteren Ende der Mischschnecke Zementsuspension eingepresst und eine Teilvermischung mit dem Boden erzielt. Durch kontinuierliches, gegenläufiges Eindrehen von Außenverrohrung und Mischschnecke und unter gleichmäßiger Suspensionszugabe wird der Boden mit der Suspension durchmischt.

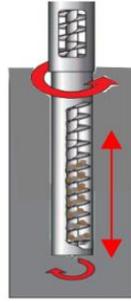
Nach dem Erreichen der Endtiefe wird die Drehrichtung, Außenverrohrung und Mischschnecke geändert, und es erfolgt das weitere Durchmischen des Bodens in gleicher Weise wie zuvor beschrieben. Wie beim Abbohren wird auch beim Ziehen kontinuierlich die Bindemittelsuspension eingepumpt, so dass der bereits aufgemischte Boden nochmals gleichmäßig durchmischt wird und somit eine homogene Mörtelsäule entsteht. Der Durchmesser des Bodenmischelements entspricht dem Außendurchmesser der Verrohrung und hat analog zu einer unverrohrt hergestellten Säule einen definierten Durchmesser. Je nach Bodenverhältnissen und Mischtiefe können Durchmesser von 50 bis 120 cm ausgeführt werden.

Bei dieser Art der Herstellung wird das Boden-Bindemittel-Gemisch innerhalb der Verrohrung auf ganzer Säulenlänge gemischt (sog. Zwangsmischung), so dass es zu keinen ungewollten Bodeneinschlüssen von außen kommen kann. Trotz der geringen Drehzahl der Mischschnecke gegenüber der Drehzahl bei den herkömmlichen Mischantrieben, wird durch die gegenläufige Drehbewegung von Rohr und Mischgestänge sowie durch die großen Drehmomente des Bohrmotors das eingezwängte Boden-Bindemittel-Gemisch zu einer homogenen Mörtelsäule gemischt. Aus diesem Grund werden für die Ausführung dieses Verfahrens leistungsstarke Geräteeinheiten und Doppelkopfbohrantriebe mit großem Drehmoment eingesetzt.

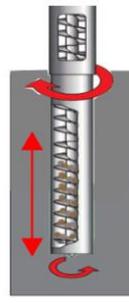




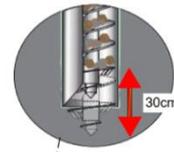
*Einrichten des
Bohrgerätes
am Bohrpunkt*



*Bohrung wird
mit Mix-
Schnecke
abgeteuft und
gemixt*



*Durch Auf- und
Absenken,
sowie Ändern
der
Drehrichtung
der Mix
Schnecke
entsteht ein
homogene
NatureDrill-Mix-
Säule*



*Der Mixvorgang
kann durch
Verschieben der
Schnecke noch
erhöht werden
(Relativverschiebung am
Getriebe)*

4. Eigenschaften und Anwendung

Die Anwendung ergibt sich aus dem eingesetzten Gerätesystem: Mit dem verrohrten Mixen im System `Nature Drill-Mix` können mit den entsprechenden Mischwerkzeugen die meisten Bodenarten, auch bindige Böden, vollständig durchmischt werden. In den frisch hergestellten Bodenmischsäulen lassen sich Stahlprofile, aber auch Bewehrungskörbe einstellen, um damit ein statisch wirksames Verbausystem zu erzeugen. Das `Nature Drill-Mix` Verfahren kann auch dann angewendet werden, wenn ähnliche Verfahren aufgrund schwieriger Baugrundverhältnisse nicht mehr ausgeführt werden können. Dies kann in sehr dicht gelagerten Böden notwendig werden, in denen das freie Mischgestänge stark verläuft. Die Vertikalität der Säulen bei der Ausführung des verrohrten Verfahrens ist im Gegensatz zu unverrohrt hergestellten Säulen weitaus höher.

In geologischer Hinsicht ist die Anwendung des Verfahrens eingeschränkt bei humosen Böden wie z. B. Torf, Mudde, Faulschlamm etc. Ähnlich wie beim jet-grouting müssen solche Schichten nahezu vollständig ausgetauscht werden, um eine halbwegs ordentliche Druckfestigkeit und weitestgehend homogene Elemente zu erhalten. Ein bloßes Durchmischen des anstehenden Bodens reicht hier nicht aus.



5. Qualitätssicherung

Zur Sicherung der Entwurfs- und Anwendungsqualität werden vorab in ausreichendem Umfang Baugrunduntersuchungen durchgeführt. Im Hinblick auf das Mischverhalten und die erzielbaren Eigenschaften werden an verschiedenen Aufschlussstellen aus unterschiedlichen Tiefen Bodenproben entnommen. Diese Proben werden dann im Labor mit variablen Zementzugaben vermischt und auf die für das Projekt erforderliche Brauchbarkeit getestet.

Mit den brauchbaren Labormischungen werden vor Ausführung der Bauwerksäulen Probesäulen hergestellt und getestet, auf Homogenität und Festigkeit. Diese Ergebnisse sind dann Bestandteil der Bemessung.

Während der Herstellung der Bauwerksäulen werden die Herstellungsparameter – Druck, Suspensionsmenge, Umdrehungen, Einfahr- und Ziehgeschwindigkeiten - kontinuierlich erfasst und aufgezeichnet, um gegebenenfalls Anpassung des Herstellvorgangs vorzunehmen.

2mal pro Arbeitstag werden zur Sicherstellung der geforderten Eigenschaften der Zementsuspension Proben entnommen und auf die Suspensionsdichte getestet, anhand derer auch der geforderte W/2 Wert überprüft werden kann.

Aus den frischen Säulen werden einmal täglich Proben entnommen, welche dann nach 7, 14 und 28 Tagen auf ihre Druckfestigkeit geprüft werden.



PDE



Kontrolle Suspension



Rückstellproben



Abschnitte geborgener Mix-Pfähle



6. Gerätesystem mit Ausrüstung

Hier kommen Doppelkopfantriebe und Trägergeräte mit großer Motorisierung und hoher Hydraulikleistung zum Einsatz. Doppelkopfbohrantriebe werden auch im Doppelkopfbohrverfahren verwendet. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass 2 getrennte Getriebe hintereinander in der Bohrachse auf einem Schlitten montiert sind. Der Antrieb für das Bohrrohr weist ein deutlich höheres Drehmoment als der des Innenantriebs.

7. Merkmale und Eigenschaften des `Nature Drill-Mix` Verfahrens

- Hohe Produktivität
- Außer Bindemittel keine zusätzlichen Zuschlagsstoffe notwendig
- Statisch wirksame Verbausysteme
- In kontaminierten Böden anwendbar
- Kein bzw. sehr wenig Bodenaustrag (außer bei humosen Böden)
- Variable Anordnung der Säulen
- Beliebige Säulenraster ausführbar
- Erschütterungsfrei
- Geringe Umwelteinflüsse

8. Baustellenberichte

Das Verfahren wurde bereits bei mehreren Bauvorhaben angewendet.

Bauvorhaben 1

Auf dieser Baustelle wurde ein Verbau aus überschrittenen Pfahlelementen mit einfacher Rückverankerung ausgeführt.

Geologische Verhältnisse: feinkiesige Sande.

Die Pfahlelemente hatten einen Durchmesser von 750 mm und wurden als überschritten hergestellt. In jedes fünfte Element wurde ein 2U-Träger eingestellt, so dass eine tragende Verbauwand das Ergebnis war. Insgesamt wurden 1,900 m² in einer Bauzeit von 8 Wochen hergestellt.



Bauvorhaben 2

Auf dieser Baustelle wurde eine aufgelöste Wand mit Spritzbetonausfachung ausgeführt.

Geologische Verhältnisse: kiesige Sande

Die Säulenelemente hatten einen Durchmesser von 750 mm und eine Mixlänge von 9.0 m. In die tragenden Mixsäulen wurden Bewehrungskörbe eingestellt. Insgesamt wurden 2,100 m² aufgelöste Wand mit Tragelementen System `Nature Drill-Mix` in einer Bauzeit von 8 hergestellt.



Bauvorhaben 1



Bauvorhaben 2

9. Zusammenfassung

Die Firma Nature Drill im Verbund der Gollwitzer Gruppe entwickelte das System `Nature Drill-Mix` um in Zukunft in fast allen Bodenarten den klassisch hergestellten Bohrpfahl zu ersetzen. Die Intention dabei ist, ein ressourcenschonendes Verfahren gegenüber dem klassischen Bohrpfahl anzubieten, und damit dessen Nachteile -nämlich die Förderung und Abfuhr von Boden- vermeiden zu können. Bei diesem Verfahren kann also anstehender Boden genutzt werden, um Pfahlelemente herzustellen.

