



An
ADINOTEC AG
Hohenzollernstrasse 89
D-80795 München

1702_Adinotec_Perenium DX_gtst_igpgeo.docx

Ihre Zeichen, Ihre Nachricht vom
-

Unser Zeichen, unsere Nachricht vom
-

Ort, Datum
Herzogenburg, 20. Februar 2017

Betr.: **Bodenverbesserung mit hydraulischen Bindemitteln;
Produkt PERENIUM DX**

GEOTECHNISCHE STELLUNGNAHME

HINSICHTLICH DER EIGNUNG VON PERENIUM DX ALS ZUSATZSTOFF

TEXTINHALT:

| | | |
|--|--------------|----------|
| 1. ALLGEMEINES | Seite | 2 |
| 2. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN; TESTERGEBNISSE | " | 3 |
| 3. GEOTECHNISCHE BEURTELUNG DER TESTERGEBNISSE | " | 5 |
| 4. MÖGLICHE ANWENDUNGSGEBIETE | " | 7 |

1. ALLGEMEINES

Das Polymer PERENIUM DX wurde als Zusatzstoff zur Herstellung von mit hydraulischen Bindemitteln verfestigten Bodenschichten ("polymer modifizierte Zementstabilisierung") entwickelt.

Zur Überprüfung der Wirkungsweise des Zusatzstoffes PERENIUM DX bzw. zur Abklärung inwieweit die Eigenschaften der mit hydraulischen Bindemitteln verfestigten Bodenschichten durch die Zugabe von PERENIUM DX verbessert werden, sind Versuche im Labor an einem Referenzboden durchgeführt worden.

In diesem Zusammenhang wurde die IGP Geo ZT GmbH, Herzogenburg, von der ADINOTEC AG, München, beauftragt, eine Geotechnische Stellungnahme hinsichtlich der Eignung des Polymers Perenium DX als Zusatzstoff für mit hydraulischen Bindemittel verfestigten Bodenschichten auszuarbeiten.

Als Basis dieser Stellungnahme dient der Expert report on results of comparative tests of cement treated soils containing polymer PERENIUM DX, erstellt durch die Nievelt Labor GmbH, Stockerau am 18. Dez. 2016. Es wird festgehalten, dass die Laborversuche in enger Abstimmung mit unserem Büro erfolgten.

Im gegenständlichen Bericht sollen vorerst die Ergebnisse der Laborversuche dargelegt werden.

Darauf aufbauend erfolgt eine geotechnische Beurteilung der Versuchsergebnisse.

Schließlich werden noch mögliche Anwendungsgebiete dargelegt, wo die Beigabe des Polymers PERENIUM DX als Zusatzstoff zu hydraulischen Bindemitteln einen technischen und wirtschaftlichen Vorteil bietet.

Einleitend wird festgehalten, dass es sich bei den Prozentangaben in den nachstehenden Kapiteln durchwegs um Massenprozentanteile handelt.

2. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN; TESTERGEBNISSE

Um die Wirkungsweise des Polymers PERENIUM DX hinsichtlich **Veränderung der Festigkeit und Frostbeständigkeit** eines mittels hydraulischen Bindemittels verfestigten Bodens erfassen zu können sind vergleichende Laboruntersuchungen durchgeführt worden.

Da jeder natürlich gewachsene Boden Inhomogenitäten aufweist sind die Versuche, zur Erhöhung der Vergleichbarkeit, an **Probekörpern** aus einem Vergleichsboden durchgeführt worden.

Der Vergleichsboden wurde aus 80 % Quarzsand (Produkt Siligrans) und 20 % Quarzmehl (Produkt Microsil M300) hergestellt. Dieser Boden weist einen Sandanteil von 80 %, einen Schluffanteil von 17 % und einen Tonanteil von 3 % auf. Es handelt sich somit um einen schluffigen Sand (si SA).

Als Bindemittel ist Zement des Typs CEM II/B-M (C-L) 32.5 R eingesetzt worden. Die Bindemittelmenge betrug einheitlich 3,5 %.

Als Zusatzstoff ist PERENIUM DX im Ausmaß von 0 %, 2,5 % und 4,0 % bezüglich Zementgehalt beigegeben worden.

Aus diesen Gemischen sind die Probekörper unter Zugabe von 8 % Wasser und Verdichtung nach Proctorbedingungen in Übereinstimmung mit der Norm EN 13286-2:2012 hergestellt worden.

Die maßgebenden Laborversuche zur Charakterisierung der Festigkeit und Frostbeständigkeit der Probekörper sind wie folgt festgelegt worden:

- Druckfestigkeit nach 7 und 28 Tagen gemäß EN 13286-41:2003
- Spaltzugfestigkeit nach 7 und 28 Tagen gemäß EN 13286-42:2003
- Elastizitätsmodul gemäß EN 13286-43:2003
- Frosthebungsversuche gemäß TP BF StB, Teil 11, Pkt. 1

Die erstgenannten drei Versuche sind für die Beurteilung der Festigkeit und der letztgenannte Versuch für die Frostbeständigkeit des mit Zement bzw. Zement und PERENIUM DX verbesserten Bodens maßgebend.

Nachstehend sollen die **Versuchsergebnisse** angeführt werden. Zusätzlich wird in Klammer jeweils die prozentuelle Erhöhung gegenüber den Werten des Zement-Bodengemisches ohne Zusatz von PERENIUM DX angegeben.

○ einaxiale Druckfestigkeit

| Probe | 7 Tage-Festigkeit N/mm ² | 28 Tage-Festigkeit N/mm ² |
|-----------------------------|--|---|
| Zement | 2,3 | 4,2 |
| Zement+2,5% PERENIUM | 2,6 (+10%) | 5,1 (+20%) |
| Zement+4 % PERENIUM | 1,9 (-21 %) | 4,2 (+/-0) |

○ Spaltzugfestigkeit

| Probe | 7 Tage-Festigkeit N/mm ² | 28 Tage-Festigkeit N/mm ² |
|-----------------------------|--|---|
| Zement | 0,10 | 0,30 |
| Zement+2,5% PERENIUM | 0,17 (+70%) | 0,33 (+10%) |
| Zement+4 % PERENIUM | 0,10 (+/-0) | 0,27 (-10%) |

○ E-Modul

| Probe | 28 Tage-Festigkeit N/mm ² |
|-----------------------------|---|
| Zement | 228 |
| Zement+2,5% PERENIUM | 419 (+83%) |
| Zement+4 % PERENIUM | 356 (+56%) |

- Frosthebung

| Probe | Lineare Ausdehnung ‰ |
|-----------------------------|-------------------------|
| Zement | 23,2 |
| Zement+2,5% PERENIUM | 7,9 (-66%) |
| Zement+4 % PERENIUM | 6,1 (-74%) |

3. GEOTECHNISCHE BEURTEILUNG DER TESTERGEBNISSE

Im gegenständlichen Kapitel sollen die unter Pkt. 2 angeführten Testergebnisse aus geotechnischer Sicht beurteilt werden.

Es wird dabei auf die Auswirkungen der Zugabe von PERENIUM DX auf die Festigkeit des Boden-Zement Gemisches einerseits und die Frostbeständigkeit andererseits eingegangen.

- Festigkeit

Hinsichtlich der **Druckfestigkeit** ist festzuhalten, dass die Zugabe von 2,5 % PERENIUM DX eine nennenswerte Festigkeitszunahme bewirkt. Diese beträgt nach 7 Tagen 10 % und nach 28 Tagen 20 %. Der 7-Tagewert von 2,6 MN/m² liegt bei Zugabe von PERENIUM DX nur knapp unter den Anforderungen für zementstabilisierte Tragschichten gemäß RVS 08.17.01. Dort beträgt der Soll-Wert 3,0 MN/m². Bei Erhöhung des Zementgehaltes kann auch dieser Wert erreicht werden.

Eine höhere Dosis an PERENIUM DX bleibt hingegen ohne positive Auswirkung auf die Druckfestigkeit. Die Werte entsprechen in etwa jenen ohne Zugabe von PERENIUM DX.

Im Falle der **Spaltzugfestigkeit** resultiert bei Zugabe von 2,5 % PERENIUM DX eine kurzzeitige Erhöhung um 70% nach 7 Tagen und eine langfristige Erhöhung um ca. 10 % nach 28 Tagen.

Eine weitere Erhöhung des Gehaltes an PERENIUM DX wirkt sich hingegen auch bei diesem Parameter nicht mehr positiv aus. Die Werte liegen in etwa 10 % unter jenen ohne Zugabe von PERENIUM.

Der E-Modul, der für das Verformungsverhalten maßgebend ist, erhöht sich durch die Zugabe von 2,5 % sehr stark. Es liegt ein um 83 % höherer Wert und somit eine wesentlich geringere Verformbarkeit vor, was sich äußerst positiv auf die Tragfähigkeit auswirkt.

Eine weitere Erhöhung des Gehaltes an PERENIUM DX führt zu einer etwas geringeren Erhöhung um 56 % gegenüber dem Ausgangswert ohne Zugabe von PERENIUM DX.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Zugabe von 2,5 % PERENIUM DX das Optimum aus technischer und wirtschaftlicher Sicht darstellt.

Diese Zugabemenge wirkt sich positiv auf das Tragverhalten und Verformungsverhalten des mittels Zement verfestigten Bodens aus. Durch das höhere Tragverhalten kann eine Reduzierung der Bodenauswechslungs- bzw. Tragschichtstärken erfolgen.

Die geringere Verformbarkeit wirkt sich hingegen positiv auf die Bemessung des Asphaltbelages bzw. einer Betondecke aus. Es kann dementsprechend die Schichtstärke bzw. im Falle der Betonplatte (Hallenbau) auch der Bewehrungsgehalt reduziert werden.

Die geringere Verformbarkeit soll im Zuge eines Probefeldes mit Durchführung von statischen und dynamischen Lastplattenversuchen über die im Straßenbau maßgebenden Verformungsmoduln E_{v2} und E_{vd} quantifiziert werden.

- Frostbeständigkeit

Die Frostbeständigkeit wird durch die Zugabe von PERENIUM DX exorbitant erhöht. Die Frosthebung vermindert sich bei Zugabe von 2,5 % um 66 % und bei Zugabe von 4 % um 74 %. Die Verbesserung zwischen 2,5 % und 4,0% ist allerdings nur mehr gering.

Die erzielten Werte liegen mit 7,6 ‰ bzw. 6,1 ‰, trotz des hohen Schluff-/Tongehaltes von 20 %, nur knapp über dem für mit Bindemittel behandelten fein- und gemischtkörnigen Böden gemäß ZTVE-StB zulässigen Wert von 1 ‰.

Der für frostsichere Gesteinskörnungen in der ÖNORM B 4811:2013, Pkt. 5.4, angegebenen Soll-Wert von 10 % (15 mm bei Probenhöhe 150 mm) wird jedenfalls nennenswert unterschritten.

Die Proben sind daher nach Zugabe von PERENIUM DX zumindest für Straßen des untergeordneten Straßennetzes als ausreichend frostsicher einzustufen.

4. ANWENDUNGSGEBIETE

Im gegenständlichen Kapitel soll auf Basis der Versuchsergebnisse und der geotechnischen Bewertung ein Ausblick auf mögliche Anwendungsgebiete von PERENIUM DX erfolgen.

Bei den möglichen Anwendungen ist einerseits die Verbesserung des Trag- und Verformungsverhalten und andererseits die Erhöhung der Frostbeständigkeit zu berücksichtigen.

Nachstehend soll auf mögliche Anwendungen eingegangen werden:

- Sanierung von untergeordneten Straßen mit Frostschäden

Es existiert im untergeordneten Straßennetz eine Vielzahl an Straßen, wo kein dem heutigen Stand der Technik entsprechender Aufbau vorhanden ist. Dies führt laufend zu Frostschäden, die üblicherweise provisorisch saniert werden. Eine Gesamtsanierung ist dann vorgesehen, wenn die Einzelschäden ein zu großes Ausmaß annehmen.

In diesem Zusammenhang bietet der Zusatz von PERENIUM DX zum Zement die Möglichkeit, den bestehenden Unterbau damit zu stabilisieren. Dadurch kann die Tragfähigkeit auf die Anforderungen erhöht werden. PERENIUM DX bietet allerdings auch den Vorteil, dass der Unterbau frostsicher gemacht wird. Dementsprechend können zukünftig auch die Frostschäden minimiert werden.

Darüber hinaus können die bestehenden Materialien belassen werden. Es entfallen dadurch der Materialbedarf und die Materialentsorgung. Durch den Entfall der Transporte kann auch die Bauzeit und die Umweltbelastung minimiert werden.

- Errichtung von untergeordneten Straßen/Wirtschafts- und Forstwegen/Parkplätzen/Betriebsgebiete

Auf Grund der Erhöhung der Frostbeständigkeit des anstehenden Untergrundes durch die Zugabe von PERENIUM DX kann die Stärke der Frostschutzschichte reduziert bzw. auf eine mechanisch stabilisierte Tragschichte (20 cm) beschränkt werden.

Zusätzlich ermöglicht die Erhöhung der Tragfähigkeit bzw. Verminderung der Verformbarkeit eine Optimierung des Asphaltaufbaues.

- Industriehallen

Im Falle von Industriebauten werden oftmals monolithische oder zweifach bewehrte Bodenplatten ausgeführt.

Durch eine Bodenstabilisierung mittels hydraulischem Bindemittel und Zugabe von PERENIUM DX kann am anstehenden Boden einerseits die Verformbarkeit minimiert und die Frostsicherheit erreicht werden.

Dementsprechend kann die Frostschutzschichte reduziert bzw. auf eine mechanisch stabilisierte Tragschichte (20 cm) beschränkt werden.

Die Erhöhung der Tragfähigkeit ermöglicht außerdem eine optimierte Bemessung der Bodenplatte durch Erhöhung der Bettung der Platte.

