



Doctoral Thesis

Einsatz von zementstabilisiertem Asphaltgranulat in Fundationsschichten

Author(s):

Shojaati, Mazyar

Publication Date:

1998

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001848323> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 12319

Einsatz von zementstabilisiertem Asphaltgranulat in Foundationsschichten

zur Erlangung des Titels

Doktor der Technischen Wissenschaften der
Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

verlegt von
Mazyar Shojaati
Dipl. Bauingenieur ETH
von Iran

Angenommen auf Antrag von:
Prof. Karl Dietrich (Referent)
Prof. Hans-Jürgen Lang (Korreferent)
Dr. Markus Caprez (Korreferent)

1997

Zusammenfassung

Jährlich werden in der Schweiz rund 5 Millionen Tonnen bituminös gebundene Oberbaumaterialien verbaut. In diesem Prozess wird die Umwelt zweifach belastet. Einerseits werden immer wieder neue Flächen benötigt, um das bituminös gebundene Altmaterial zu deponieren. Andererseits ist der Eingriff in die Natur für neue Kiessandressourcen unvermeidbar. Um die natürlichen Ressourcen zu schonen und die Umwelt durch Altmaterialdeponien weniger zu belasten, sollte der Ausbauasphalt wieder im Strassenbau verwendet werden.

Angesichts der Tatsache, dass nicht die ganze Menge der anfallenden bituminös gebundenen Materialien in ihren ursprünglichen Schichten wieder eingebaut werden kann, und wegen der bereits angesprochenen Ressourcenverknappung sowie umwelt-relevanter Probleme drängt sich die Suche nach neuen Einsatzgebieten der ausgebauten bituminös gebundenen Materialien auf.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Einsatzmöglichkeit von zementstabilisiertem Asphaltgranulat in gebundenen Foundationsschichten. Die bautechnischen und mechanischen Eigenschaften des Materials wurden unter verschiedenen Bedingungen an mehr als 800 Laborproben und rund 100 Bohrkernen untersucht.

Eignungsprüfung und Festigkeitsversuche zeigten, dass Asphaltgranulat nicht wie natürliche Kiessande mit wenig Verdichtungsenergie (Proctor standard), sondern mit Proctor modified verdichtet werden muss. Das Vorhandensein des bituminösen Bindemittels erschwert die Verdichtung. Ein grosser Teil der Verdichtungsenergie wird in Deformation umgewandelt. Erst mit höherer Verdichtungsenergie (Proctor modified) kann ein vernünftiger Verdichtungsgrad erreicht werden. Das Asphaltgranulat besitzt sehr wenig bis gar keine Feianteile. Diese sind durch das bituminöse Bindemittel miteinander verklebt. Dieser Mangel an Feianteilen < 0.06 mm erschwert die Verdichtung zusätzlich. Der optimale Wassergehalt für die Verdichtung liegt nicht bei der Höchstdichte, sondern bei der Höchstfestigkeit.

Die Frostauftau- und Wasseraufnahmefähigkeitsversuche zeigten, dass zementstabilisiertes Asphaltgranulat völlig klimabeständig ist. Dies war aufgrund der sehr kleinen Feianteilmenge zu erwarten. Ausserdem zeigten die Versuche, dass das Material ab einer Trockendichte von rund 2 t/m^3 als dicht angenommen werden kann. Das Material besitzt einen dynamischen E-Modul von rund $6'000 \text{ N/mm}^2$. Sein Wärmeleitvermögen ist sehr niedrig; im Sommer muss deshalb in gebundenen Schichten aus Asphaltgranulat mit hohen Temperaturen gerechnet werden. Die Versuche haben gezeigt, dass die Stabilisierungen mit hohen Zementgehalten nur in der Frühphase eine höhere Druckfestigkeit aufweisen. Die Druckfestigkeit der Proben mit niedrigeren Zementgehalten nimmt mit der Zeit weiter zu. Nach einem Jahr wiesen die

Stabilisierungen mit 5, 7 und 9% Zementgehalt Druckfestigkeiten in der gleichen Grössenordnung auf.

Die mechanischen Eigenschaften von zementstabilisiertem Asphaltgranulat sind wegen dem bituminösen Bindemittelanteil temperaturabhängig. Diese Temperaturabhängigkeit wurde vor allem mit Langzeitversuchen untersucht. Die Ermüdungs- und Kriechversuche wurden an rund 400 Laborproben und Bohrkernen bei 5 verschiedenen Temperaturen durchgeführt. Die Resultate dieser Versuche zeigten, dass dieses Material sowohl bei der Zunahme als auch der Abnahme der Temperatur – ausgehend von Raumtemperatur = ca. 22° C – ein besseres Langzeitverhalten aufweist. Eine Abnahme der Temperatur hat zur Folge, dass das bituminöse Bindemittel im Prozess der Kraftübertragung mitwirken kann. Bei einer Temperaturzunahme werden die Risse später als bei Raumtemperatur eintreten.

Die Vergleichsversuche mit zementstabilisiertem Kiessand zeigten, dass zementstabilisiertes Asphaltgranulat grundsätzlich in gebundenen Foundationsschichten eingebaut werden kann; für die Verdichtung sind jedoch wesentlich grössere Energien notwendig als z. B. bei Kiessand.

Aufgrund der Resultate der Langzeitversuche wird für die Dimensionierung nach AASHTO für mit 5% Zementgehalt stabilisiertes Asphaltgranulat ein Materialkoeffizient a von 0.19 vorgeschlagen; mit 7% Zementgehalt stabilisiertem Asphaltgranulat kann ein Materialkoeffizient $a = 0.21$ zugeordnet werden.

Die Arbeit wurde mit einem Vorschlag für eine reduzierte Eignungsprüfung abgeschlossen.

Summary

Every year in Switzerland about 5 million tons of bituminous mix are used for the construction and reconstruction of roads. This process is harmful to the environment in two ways: Firstly, additional land is necessary to deposit the old bituminous mix. Secondly, the use of new resources of quarrying natural gravel is not possible without interfering with the environment. In order to protect scarce resources and to reduce the amount of land fills old pavement materials should be re-used in new pavements.

Due to the fact, that it is impossible to use all the old bituminous - bound materials in their initial layers, and because of the increasing scarcity of new natural materials and due to environmental problems, one has to look for new areas to re-use old pavement materials.

This research deals with the possibilities to use cement - treated granulate asphalt in bound foundation layers. The constructional and mechanical properties of this material have been tested with more than 800 laboratory specimens and about 100 cores under different conditions.

Quality control tests and strength experiments showed that granulate asphalt cannot be compacted the same way as natural gravel with low compaction energy (Proctor standard); it needs to be compacted according to Proctor modified. The bituminous binder complicates the compaction: A major part of the compaction energy is absorbed by deformation. Only with a higher energy level (Proctor modified) it is possible to reach an acceptable degree of compaction. Granulate asphalt contains only a small amount of fine fractions or none at all. The small particles are bound together by the bituminous binder. The shortage of fine fractions < 0.06 mm further complicates the compaction. The optimal water content for compaction does not coincide with the highest density but with the highest compression strength.

The frost-thaw and the water absorption experiments showed that cement bound granulate asphalt is completely resistant to climate. This was to be expected due to the very small amount of fine fractions. The experiments showed as well, that the granulate asphalt may be considered as watertight if the dry density is higher than 2 t/m^3 . The material possesses a dynamic modulus of elasticity of about 6000 N/mm^2 . Its heat conductivity is very low. In summer one has to reckon with high temperatures in layers of cement - treated granulate asphalt. In addition, the experiments have shown that the specimens with high cement contents have a higher compression strength only in an early stage. The compression strength of the specimens with a lower cement content continues to increase during the course of the time. After a year specimens with 5, 7 and 9% cement content showed compression strengths of the same magnitude.

Due to the bituminous binder the mechanical properties of cement bound granulate asphalt are a function of temperature. This temperature - dependency has been investigated above all with long - term experiments. About 400 laboratory specimens and cores have been subjected to fatigue and creep experiments at 5 different temperatures. The results of these experiments showed that this material exhibits a better long - term behaviour at lower as well as at higher temperatures as compared to its behaviour at room temperature (ca. 22° C). In the case of a decrease in temperature the bituminous binder may contribute to the load transfer process. In the case of a rise in temperature cracks will open later than at room temperature.

For comparison purposes experiments with cement - bound natural sand - gravel were carried out. They showed that cement - bound granulate asphalt basically may be used in bound foundation layers, however compaction must take place at a considerably higher level of energy as compared to e. g. gravel.

From the results of the long - term experiments for pavement design according to AASHTO a material coefficient (a-value) of 0.19 for granulate asphalt with 5% cement content is suggested. For granulate asphalt with 7% cement, an a-value of 0.21 is recommended.

Finally this research proposes a reduced set of quality tests.

Résumé

Chaque année on assiste en Suisse à une consommation d' environ cinq mille tonnes de matériaux de construction bitumineux. Dans ce procès l' environnement est chargé doublement. D' une part on a toujours besoin de plus de surfaces pour décharger les matériaux utilisés, d' autre part l' intervention dans la nature est inévitable pour l' acquisition de nouvelles ressources de gravier. Il faudrait réutiliser les matériaux bitumineux de démolition dans la construction routière afin de ménager les ressources naturelles et de réduire les besoins en décharges.

Parce qu' on ne peut pas déposer toute la quantité des matériaux bitumineux dans leurs couches originales et à cause de la raréfaction des ressources et des problèmes écologiques déjà mentionnés il faut trouver un nouveau domaine où on pourra réutiliser les matériaux bitumineux de démolition.

Ce travail étudie les possibilités d' utilisation des granulats bitumineux stabilisés au ciment dans des couches de fondations liées. Les propriétés mécaniques du matériau ont été déterminées à des conditions différentes à l' aide de plus de 800 échantillons de laboratoire et de plus de 100 carottes.

Les essais d' aptitude ainsi que les essais de résistance ont démontré que le granulats bitumineux doit être compacté avec le système Proctor modified et non comme le gravier naturel avec peu d' énergie de compactage (Proctor standard). La présence de liants bitumineux rend le compactage difficile, puisqu' une majeure partie de l' énergie de compactage est transformé en déformation. On peut atteindre un degré de compactage raisonnable uniquement avec le système Proctor modified. Le granulats bitumineux possède très peu à presque pas de particules fines. Celles-ci sont collées entre elles par le liant bitumineux. Ce manque des particules inférieures à 0.06 mm rend le compactage encore plus difficile. La teneur en eau optimale pour le compactage ne se situe pas à la densité maximale, mais à la résistance maximale.

Les essais du gel-dégel et d' adsorption d' eau ont démontré que le granulats bitumineux stabilisé au ciment est totalement résistant au climat. On pouvait s' y attendre à cause de la petite quantité de particules fines. De plus les essais ont montré que le matériau est dense à partir d' une masse volumique du sol sec de 2 t/m^3 . Le matériau possède un module dynamique d' environ $6'000 \text{ N/mm}^2$. Sa conductivité thermique étant basse il faut

compter en été avec des températures hautes dans les couches liées composées de granulat bitumineux. Les essais ont aussi montré que les stabilisations à haut dosage de ciment n'atteignent une résistance à la compression plus haute qu'au début du durcissement. La résistance à la compression des éprouvettes à petit dosage de ciment augmente en fonction du temps. Les stabilisations à dosage de ciment de 5, 7 et 9% ont des résistances à la compression du même ordre de grandeur après une année.

Les propriétés mécaniques du granulat bitumineux stabilisé au ciment dépendent de la température à cause du liant bitumineux. Cette dépendance de la température a été déterminée à l'aide d'essais à long terme. Les essais de fatigue et du fluage ont été réalisés à l'aide de 400 échantillons de laboratoire et de carottes à cinq températures différentes. Les résultats de ces essais ont montré que le matériau possède un meilleur comportement à long terme lors de l'augmentation et de la diminution de la température à partir de la température ambiante de 22° C. La diminution de la température a pour conséquence que le liant bitumineux puisse participer à la transmission de forces. Lors d'une augmentation de la température la fissuration commence à un délai plus tard qu'à la température ambiante.

Les essais de comparaison avec le gravier stabilisé à l'aide de ciment ont montré que le granulat bitumineux stabilisé à l'aide de ciment peut être mis en général dans les couches de fondations liées; mais son compactage nécessite beaucoup plus d'énergie que celui du gravier.

On propose un coefficient du matériau $a = 0.19$ pour le granulat bitumineux stabilisé à l'aide de 5% de ciment si le dimensionnement se fait selon AASHTO. Pour la stabilisation avec 7% de ciment, la valeur $a = 0.21$ est proposée.

La thèse est terminée par la proposition pour un examen réduit en vue de l'attestation d'aptitude des granulats bitumineux.