

Die Probleme der aufgeschwellten Tonböden in den Forstwegen und ihre Lösung

Eskioglou P. – Karagiannis K. – Doukas K.

Engineering Behaviour and Improvement of swelling soils of forest road construction

Expansive soils usually cause serious damage to pavement structures, and on the other hand they couldn't be used as embankment material in roads. The expansive potential of soils is mainly affected by their clay fraction and by the consistency of this fraction.

In this paper some experiences gained by treating swelling in forest soils of road and embankments, which were either constructed or founded on swelling soils. Also the engineering properties are described and we tried to improve the swelling soils with stabilization with fly ash and lime.

In each case we found the swell pressure reduction and the increase of bearing capacity.

EINFÜHRUNG

In vielen Waldgebieten unserer Heimat sind Schäden am Forstwegkörper festgestellt, die von Erosionen und Rutschungen (Karagiannis, 1995) hervorgerufen wurden. Stamatopoulos u.a. (1989) haben Planumschäden und Böden festgestellt, die nicht als Auftragsmaterial verwendet werden können wegen der Anwesenheit von aufgeschwellten Tonböden.

Aufgeschwellt sind die Böden, die bei Veränderung ihrer Feuchtigkeit auch ihr Volumen verändert wird (Christodoulis, 1997), eine Veränderung, die von dem Anteil und der Art der enthaltenen aktiven tonhaltigen Mineralien (Gillot, 1987) abhängt.

Diese gefährliche Eigenschaft führt den Forstingenieur zur Laborerkennung der Böden, die das obenangeführte Problem aufweisen, um ihre Verwendung bei Wegebauwerken zu vermeiden (Karagiannis, Doukas, 1995).

Erster Versuch in Muttergesteine zeigte, daß die reichen an Kalkfeldspaten Magmagessteine Montmorillonit und andere aufgeschwellte Tonmineralien produzieren (Gillot, 1987).

Die Erkennung von aufgeschwellten Böden wird im Labor mit der Blauen Adsorptionsmethode von Methylen durchgeführt, eine Methode die die Atterberg – Methoden ersetzen kann (Schäffner, 1984, Sweere and Galjaard, 1984).

Die Bestimmung von aufgeschwellten Böden wird im Labor auch mit Hilfe der Diffraktion der x-Strahle in Tonmineralien durchgeführt (Bayliss, 1986). Man hat gefunden, daß die Menge des adsorptierten Wassers sich unmittelbar auf der spezifischen Fläche der Tonmineralien bezieht. Böden mit großer spezifischer Fläche adsorbieren große Wassermengen und ihr Volumen großen Veränderungen ausgesetzt sind.

Die Größe der Aufschwellung und die Gefährlichkeit eines Bodens als Auftragsmaterial steht in Verbindung mit der Aufschwellungstendenz, die in ungestörten Bodenproben ermittelt wird und in Verbindung mit der Verminderung der natürlichen Feuchtigkeit erhöht wird (TRRL, 1954).

Nach der Erkennung sollen diese arm an natürlichen mechanischen Kennzeichen verstärkt werden, damit sie einerseits der Verkehrsbelastung und andererseits der Ersparnis an inaktiven Materialien mit gleichzeitigem Umweltschutz entsprechen können.

Eine der häufigsten Verstärkungsmethoden ist die Bearbeitung der natürlichen Böden und inaktiven Materialien mit Zusatzstoffen, damit sie ähnliche mit den von der technischen Vorschriften auferlegten Eigenschaften bekommen. Durch diesen Prozeß erhöht sich die Scherfestigkeit der Böden, während die Wahl des Zusatzstoffes vom jeweils beabsichtigenden Ziel abhängt.

Im vorliegenden Beitrag wird anfänglich eine Forschung durchgeführt – in Wäldern von Thrazien - um aufgeschwellte tonhaltige Böden aufzusuchen. Man hat dieses Gebiet bevorzugt, weil es von der griechischen Literatur als voll von häufigen Problemen charakterisiert wird (Xeidakis, 1993, Christodoulis, 1997).

In der Folge werden die Möglichkeiten zur Verbesserung dieser Böden mit dem Zusatz von Kalk und Flugasche untersucht. Man hat diese Materialien bevorzugt, weil Forscher aus der ganzen Welt (Akoto, 1988, Bell 1990 und 1993) aber auch Forschungen in Waldwegen unserer Heimat befriedigende Resultate bei der Erhöhung der Tragfähigkeit und Verminderung ihrer Plastizität gegeben haben (Eskioglou, u.a. 1996, Eskioglou und Efthymiou, 1996).

FORSCHUNGSMETHODE UND -MATERIALIEN

Forschungsgebiete

Man hat drei Waldgebiete in N.W. Griechenland bei Xanthi, Komotini und Evros gewählt. In diesen Gebieten traten nach der Beendigung der Bauarbeiten in verschiedenen Teilen der Auftragsfläche Längst- oder Bogenriße auf.

Am Anfang hatte man die Meinung, daß diese Riße von verschiedenen Ursachen, wie Bodenbewegungen, Sedimentationen und Rutschungen hervorgerufen wurden, aber durch die

durchgeführten Forschungen ist es bewiesen, daß Hauptursache die Anwesenheit von aufgeschwellten Böden in den Baumaterialien war.

Laborversuche

Aus jedem Gebiet wurden Tonbodenproben untersucht und die Kennzeichen der Werke jeden Gebiets bestimmt. Nach der Erkennung des natürlichen Zustandes (Atterberg-Grenze, Beziehung zwischen Feuchtigkeit - Dichte) wurden die Kontraktiosgrenzen, die lineare Kontraktion, die Aufschwellungstendenz und die minerale Zusammensetzung der Ton mit der Hilfe der X-Strahlen berechnet.

- Man hat die Zunahme der Bodentragfähigkeit untersucht, indem man sie mit 3-12% Kalk und Flugasche in Dosierungen 5-25% je Gewichtsprozent des natürlichen Bodens stabilisiert. Zu den Trockenmaterialien wurden sowohl Wasser zugefügt, bis sie die optimale Proctor-Feuchtigkeit erreichen und der Versuch der unbehinderten Druck zur Bestimmung der Festigkeit der mit Flugasche und Kalk beigemischten Böden angewandt. Der verwendete Kalk war reich an CaO, während die Asche aus sehr feinen Teilchen (ungefähr 85% gehen durch den Sieb Nr 200) gebildet wird.
- Man hat die Beziehung zwischen maximaler Trockendichte und optimaler Feuchtigkeit für verschiedene Dosierungen von Flugasche und Wasserkalk untersucht.

ERGEBNISSE

- Die Untersuchung mit der Hilfe der Blauen Methode (Methylen) hat bewiesen, daß der Auftragsuntergrund in den Forstwegen dieser Gebiete, einen großen Anteil aufgeschwelter Ton 20-30 % (< 0.002) enthielt
- Die Resultate der Laborversuche, die die Werkekenzeichen jeden Gebiets bestimmen, sind in der Tabelle 1 dargestellt, wo bewiesen wird, daß die Aufträge und der Forstweg aus tonhaltigen Materialien mittlerer bis großer Plastizität gebaut waren und aufgeschwellten Tonmineralen enthielten.
- Die Eignung der Böden für Unterbau wird als mittel bis schlecht gehalten, deswegen wurde die Zunahme ihrer Tragfähigkeit mit Stabilisierung mit Kalk und Flugasche untersucht. Die Versuchsergebnisse sind in der Tabelle 2 ersichtlich, während in der Tabelle 3 die Beziehung zwischen maximaler Trockendichte und optimaler Feuchtigkeit für verschiedene Stabilisatorsdosierungen gezeigt wird.

Tabelle 1. Werkekennzeichen

Gebiet	Forstamt in Xanthe	Forstamt in Komotini	Forstamt in Alexandroupolis
Werk	Auftrag	Auftrag	Forstweg
Bodenart	Roter Ton	Tonsand	Roter Ton
Durchgehendes Anteil (Sieb Nr 200)	85-90	62-90	80-95
Materialanteil $\% < 2 \mu$	22	22	24
L _L	35	42	44
P _L	16	18	20
L _S	20	13	12
S _L	11	11	12
Aufschwellungs- tendenz Kpa	210	120	480
Tonmineralen %	Monmorrillonit		
	25	28	35
	Illit		
	5	10	15
	Chlorit		
	10	5	8
	Quarzit		
	30	28	15

L_L % = Fließgrenze

P_L % = Plastizitätsgrenze

L_S % = lineare Kontraktion

S_L % = Kontraktionsgrenze

Tabelle 2. Einfluß der Stabilisatorsdosierung auf die Probenfestigkeit

Unbehinderte Druckfestigkeit kg/cm ²					
Zusatz - Flugasche			Zusatz - Kalk		
Anteil %	Erhaltung 7 Tage	Erhaltung 28 Tage	Anteil %	Erhaltung 7 Tage	Erhaltung 28 Tage
0	0.81	1.62	0	0.81	1.62
5	1.21	2.15	3	1.43	4.06
10	1.40	2.25	6	1.53	4.42
15	1.54	2.39	9	1.74	4.56
20	1.65	2.43	12	1.98	3.90
25	1.98	2.53			

Tabelle 3. Feuchtigkeits - Dichte Versuchsergebnisse für verschiedene Stabilisatordosierungen (Erhaltung 24 Stunden)

Zusatz %	Optimale Feuchtigkeit %			Maximale Trockendichte kg/m ³		
0	20	21.4	22	1580	1602	1640
Flugasche						
5	22	23.1	22.8	1540	1552	1620
10	22.5	23.6	23.5	1532	1513	1605
15	23	24.3	24.5	1500	1487	1580
20	23.6	25.4	25.4	1485	1463	1570
25	24.5	26.6	26.6	1450	1433	1555
Kalk						
3	24	25.0	26	1450	1479	1510
6	25	25.7	26.5	1430	1444	1500
9	26	26.3	27	1420	1431	1485
12	27	27.6	27.5	1410	1413	1450

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Aus der Kornverteilung und der Bestimmung der Atterberg-Grenze hat man gefunden, daß die untersuchten Böden der Klassen CH und CL gehören. Die überwiegenden Tonminerale sind Monmorillonit und Quarzit. Durch die Bodenstabilisierung mit Asche oder

Kalk beobachtet man eine Erhöhung der optimalen Feuchtigkeit mit gleichzeitiger Verminderung der maximalen Trockendichte.

An der anderen Seite wird eine Erhöhung der Plastizitätsgrenze bei Zunahme der Stabilisatordosierungen bemerkt. Das bedeutet, daß das stabilisierte Material die Fähigkeit besitzt, seine Stabilität trotz der Zunahme der beibehaltenen Feuchtigkeit zu erhalten.

Die Tragfähigkeit der Böden wird mit der Zugabe von Stabilisatoren bis 25% für Asche und 9% für Kalk erhöht. Dasselbe gilt wenn die Erhaltungsdauer der Proben 28 Tage statt 7 dauert.

Diese eindrucksvolle Zunahme kann aber keine befriedigenden Werte erreichen, die diese Eingriffe gerechtfertigen, deswegen sollen wir uns zu maschinellen Lösungen wenden.

Konkreter wird in der Forschung vorgeschlagen, die obenerwähnten Aufträgeile mit Steinbruchmaterial zu ersetzen, mit Kalk in 5% - Dosierungen zu stabilisieren, umrühren, beregnen und mit einer Radmaschine befestigen.

Man soll die Böschungen mit einer Öllösung 3,5 lt/m² bedecken und Abwässerungswerke vorsehen. Die Sanierungsmaterialien sollen vor stehenden Gewässern geschützt werden und die kapillare Phänomene des feinkörnigen Materials zu eliminieren versuchen.

In jedem Fall soll man die ungeeigneten tonigen Böden bei der Trassierungen der Forststrassen vermeiden.

LITERATUR

1. Akoto, B.K.A. 1988: Influence of Flyash on the Strength Characteristics of Lime-Laterite Soil Mixtures. Australian Road Research 18 (4), pp. 224-231.
2. Bayliss, P. 1986: Quantitative analysis of sedimentary minerals by powder x-ray diffraction. Powder diffraction, V.I., No 2, June, p. 37-39.
3. Bell, F.G. 1993: An Examination of the Use of Lime and Pulverized Fly Ash to Stabilize Clay Materials. Bulletin of the Association of Engineering Geologists, Vol. XXX, No 4, pp. 469-479.
4. Bell, F.G., Coulthard, J.M. 1990: Stabilization of Clay Soils with Lime. Municipal Engineer, Vol. 7, No 3, pp. 125-140.
5. Christodoulis, I., Giannatos, H. 1997: Failure of Road embankments due to Swelling Soils. 3rd Hellenic Conference on geotechnical Engineering, May 1997, Patra, Greece, pp. 75-80.
6. Christodoulis, I. 1998: Engineering behaviour of swelling soils of Thrace province. Technical Chamber of Greece. Vol. 4. Pp. 25-30, Athens.

7. Eskioglou P., Hirt, R., Burlet Ed. 1996: Investigations of pavement performance using the Benkelmann beam method. Scientific Annals of Department of Forestry and Natural Environment, Vol. 38/1995, pp. 813-824.
8. Eskioglou P., Efthymiou P.N. 1996. Alternative stabilization methods of forest roads for an efficient and gentle mechanization in forestry. ECE/FAO/ILO Seminar. Proc. p.p. 184-194.
9. Gillot, J.E. 1987: Clay in Engineering Geology, Elsevier.
10. Karagiannis, K.N. 1995: Schädenmarkierung und –bewertung in den Forstwegen. Wiss. Jahrbuch der Abteilung für Forstwissenschaften und Natürliche Umwelt. Bd. 38-1995.
11. Karagiannis, K.N., Doukas K.G. 1995: Gestaltung der Boschungen der Forstwege und Schutzmaßnahmen. 7o Griechische Forstliche Konferenz der Griechischen Forstwissenschaftliche Gesellschaft, Karditsa.
12. Schaeffner, M. 1984. Introduction de la Valeur de Bleu de Methylene d' un Sol dans la Classification des Sols de la Recommandation pour les Terrassements Roulier. Bulletin de Liaison des Laboratoirew des Ponts et Chassees, 163, sept-oct., pp. 9-16.
13. Stamatopoulos, Gassios, Christodoulis, Giannaros. (1989). Recent experiences with swelling soils. Proceedings of the 12th Intr. Conf. On SMFE. Rio de Janeiro, 13-18 August, pp. 655-658, Bulkema.
14. Sweere, G.T.H. and Galjaard, P.J. 1984: The Methylene Blue Test as a Rapid Means of Estimating the Cation Exchange Capacity of Soils. International Symposium of Geotechnical Aspects of Mass and Material Trasportion, Bankok, pp. 47-52.
15. Transport and Road Research Laboratory. 1954. Soil Mechanics for Road Engineers, HMSO,U.K. pp. 50-53.
16. Xeidakis, G.S. 1993: Swelling soils in Thrace. Northern Greece: Origins and properties. Prov. Intern. Symposium Geotechnical Engin. of Hard Soils-Soft Rocks. Balkema. V.I. pp. 863-870. Athens.