

УДК 625.714.24

Красникова Н.М. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: knm0104@mail.ru

Хохряков О.В. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: olvik@list.ru

Хозин В.Г. – доктор технических наук, профессор

E-mail: khozin@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Влияние цементов низкой водопотребности на степень пучинистости пылеватых грунтов*

Аннотация

Насыщенные влагой грунты при замерзании увеличиваются в объеме – это приводит к поднятию грунта и, как следствие, к необратимым деформациям дорожных покрытий. Потому к грунтам для верхней части земляного полотна предъявляются требования по морозному пучению. Показано, что грунты, подверженные морозному пучению, можно укреплять цементами низкой водопотребности с малым содержанием клинкера – ЦНВ-30.

Ключевые слова: степень пучинистости, пылеватые грунты, цементы низкой водопотребности.

При строительстве дорог их основания чаще всего устраивают из естественных или техногенных грунтов. Насыщающая их влага при замерзании увеличивается в объеме, в результате чего происходит поднятие грунта, приводящее к необратимым деформациям дорожных покрытий и потому к грунтам для верхней части земляного полотна предъявляются требования по морозному пучению [1].

В конце 50-х XX века была предложена классификация грунтов по степени морозной пучинистости по двум основным критериям – гранулометрическому составу грунта и величине вспучивания его поверхности при полном промерзании [2].

Разделение грунтов на пучинистые и непучинистые является чисто условным. Обычно к пучинистым грунтам относят: глины, песчаные пылеватые или крупномоноблочные, в которых глиняный наполнитель превышает 15 % [3]. Это явление можно объяснить тем, что глина плохо пропускает влагу, которая не уходит вниз, вызывая тем самым подъем замерзшего грунта, а в мелких песках и пылеватых, в пылевато-глинистых грунтах наблюдается капиллярный подъем ее снизу вверх (миграция) к фронту промерзания.

Во многих регионах России, в ее европейской части и даже в Сибири, имеется большое количество пылеватых суглинков, которые подвержены морозному пучению (табл. 1). К тому же такие грунты не позволяют достичь нужной несущей роли «скелета», что требует рационального укрепления этих грунтов вяжущими материалами для использования в дорожном строительстве.

Обеспечение прочности и устойчивости рабочего слоя дорожной одежды, в т.ч. и пучинистости, достигается устройством морозозащитного слоя и дренирующих или капилляропрерывающих прослоек, а также укреплением рабочего слоя грунта с использованием вяжущих, гранулометрических добавок и применением армирующих прослоек.

Согласно ГОСТ 23558 все виды пылевидных и глинистых грунтов, т.е. подверженные морозному пучению, укрепляют неорганическими вяжущими материалами. Традиционно это портландцемент или шлакопортландцемент. Следует отметить, что одним из приемов борьбы с пучением является использование гидрофобизаторов [4].

* Авторы выражают благодарность за помощь в проведении испытаний образцов инженеру Гелевяру Т.И. и аспиранту Бешенову М.Е. (КГАСУ, г. Казань).

Таблица 1

Группы грунтов по степени пучинистости [1]

Грунт	Группа
Песок гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 2 %	Непучинистый
Песок гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 15 %, мелкий с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 15 %; супесь легкая крупная	Слабопучинистый
Супесь легкая; суглинок легкий и тяжелый; глины	Пучинистый
Песок пылеватый; супесь пылеватая; суглинок тяжелый пылеватый	Сильнопучинистый
Супесь тяжелая пылеватая; суглинок легкий пылеватый	Чрезмерно-пучинистый

Целью нашего исследования стала оценка степени пучинистости пылеватых суглинков (табл. 2), укрепленных цементом (вяжущим) низкой водопотребности (ЦНВ) на основе золошлаковых отходов с гидроотвалов зол-уноса (ЗШО), образующихся при сжигании Окино-Ключевских углей в агрегатах Гусиноозерской ГРЭС.

Таблица 2

Физические характеристики суглинка пылеватого

Наименование показателя	Единицы измерения	Количественное значение
Плотность частиц грунта	г/см ³	2,7
Плотность скелета грунта	г/см ³	2,06
Максимальная плотность	г/см ³	1,77
Оптимальная влажность	%	16,0
Влажность на границе текучести	%	24,0
Влажность на границе раскатывания	%	16,5
Число пластичности	%	7,5
Содержание отмученных частиц, <0,05 мм	%	69,83

ЦНВ – неорганические вяжущие, содержащие всего 30 % портландцемента, а остальные 70 % – золошлаковые отходы. Получали ЦНВ путем совместного помола портландцемента ПЦ400Д0 с ЗШО и суперпластификатором С-3. При этом по физико-механическим свойствам они не уступают рядовым портландцементам (табл. 3).

Следует отметить, что цементы (вяжущие) низкой водопотребности (сокращенно ЦНВ или ВНВ) – вяжущие нового поколения, которые уже с 1990 года рекомендованы для устройства бетонных дорожных покрытий [5].

Основные физические характеристики применяемых грунтов приведены в табл. 2.

Степень морозного пучения определяли двумя методами:

- по гранулометрическому составу исходного и укрепленного грунта (ГОСТ 12536);
- по величине вспучивания его поверхности при полном промерзании (ГОСТ 28622).

Образцы для испытаний грунта изготавливались согласно ГОСТ 22733.

Определение гранулометрического (зернового) состава глинистых грунтов и укрепленных ЦНВ-30 в количестве 16 % от массы грунта определяли ареометрическим методом (табл. 4-5) путем измерения плотности суспензии ареометром в процессе ее отстаивания.

Таблица 3

Результаты оценки активности по прочности ЦНВ-30

№ п/п	Наименование показателей	ЦНВ-30 на ЗШО
1	Исходная удельная поверхность ЗШО, см ² /г	100...120
2	Удельная поверхность ЦНВ, см ² /г	5800
3	Плотность, г/см ³	2,5
4	Содержание СП С-3, (% от ЦНВ)	1
5	Водоцементное отношение	0,34
6	Расплав конуса (ГОСТ 310.4), мм	122
7	Активность вяжущего в возрасте 1 суток нормального твердения, МПа: - при изгибе - при сжатии	2,6 9,3
8	Активность вяжущего в возрасте 3 суток нормального твердения, МПа: - при изгибе - при сжатии	2,9 18,9
9	Активность вяжущего в возрасте 7 суток нормального твердения, МПа: - при изгибе - при сжатии	4,1 26,4
10	Активность вяжущего в возрасте 28 суток нормального твердения, МПа: - при изгибе - при сжатии	5,9 37,7

Таблица 4

Гранулометрический состав естественного грунта (суглинок пылеватый)

№ п/п	Время отсчета	Упрощенный отсчет по ареометру без поправок	Температура суспензии в данное время отсчета	Отсчет по ареометру с поправкой на мениск ареометра	Окончательный отсчет по ареометру со всеми поправками	Диаметр частиц, мм	Подсчет содержания частиц с учетом частиц крупнее d	Фракция частиц, мм	Истинное содержание конкретно данного размера частиц, %
1	1 мин	14,50	20	14,80	14,80	<0,05	54,0	0,05-0,01	29,8
2	30 мин	6,35	20	6,65	6,65	<0,01	24,3	0,01-0,005	30,0
3	2 ч	1,50	20	1,3	1,30	<0,005	4,7	<0,005	10,0

Из табл. 5 видно, что после обработки грунта 16 % составом ЦНВ-30, подверженного морозному пучению, происходит «укрупнение зерен» пылеватых частиц, что, в свою очередь, ведет к снижению и полному прекращению пучинообразования грунтов земляного полотна.

Эти данные подтверждаются и методом лабораторного определения степени пучинистости. Степень пучинистости грунта определяли по значению относительной деформации морозного пучения, полученному по результатам испытаний образцов грунта в специальных установках, обеспечивающих промораживание образца исследуемого грунта в заданном температурном и влажностном режимах, и измерение перемещений его поверхности по ГОСТ 28622-90. Для определения показателя морозного пучения использовали прибор ППГ-1М с индикаторами часового типа.

Таблица 5

Гранулометрический состав грунта с ЦНВ-30

№ п/п	Время отсчета	Упрощенный отсчет по ареометру без поправок	Температура суспензии в данное время отсчета	Отсчет по ареометру с поправкой на мениск ареометра*	Окончательный отсчет по ареометру со всеми поправками	Диаметр частиц, мм	Подсчет содержания частиц с учетом частиц крупнее d	Фракция частиц, мм	Истинное содержание конкретно данного размера частиц
1	1 мин	12,50	20	12,8	12,6	< 0,05	34,2	0,05-0,01	22,0
2	30 мин	4,20	20	4,50	4,50	< 0,01	12,2	0,01-0,005	19,5
3	2 ч	1,00	20	1,3	1,3	< 0,005	3,5	< 0,005	7,1

Примечание: * к заводскому ареометру поправки отсутствуют

Согласно ГОСТ 25100, пучинистый грунт – это грунт, который при переходе из талого в мерзлое состояние увеличивается в объеме, вследствие образования кристаллов льда, и имеет относительную деформацию морозного пучения $\epsilon_{fh} \geq 0,01$.

В результате после испытания неукрепленных грунтов толщина промерзшего слоя в образце грунта превышала 35 мм. Относительную деформацию морозного пучения образца грунта ϵ_{fh} вычисляли с точностью 0,01 по формуле:

$$\epsilon_{fh} = h_f / d_i,$$

где h_f – вертикальная деформация образца грунта в конце испытания, мм;

d_i – фактическая толщина промерзшего слоя образца грунта, мм.

При расчете относительная деформация морозного пучения составляла 0,3, поэтому пылеватые суглинки в соответствии с ГОСТ 28622-90 являются чрезмерно пучинистыми.

При этом грунт, укрепленный цементом низкой водопотребности (16 % от массы грунта, при этом содержание клинкерной части цемента в ЦНВ-30 составляет 4,8 %), после испытания имел незначительную толщину промерзания – 8 мм. Расчет показал, что относительная деформация составляет 0,009.

Согласно ГОСТ 28622 «Метод лабораторного определения степени пучинистости» укрепленный грунт относится к непучинистым ($\epsilon_{fh} < 0,01$). Следовательно, процесс морозного пучения прекращен полностью.

Таким образом, грунты, подверженные морозному пучению, можно укреплять цементами низкой водопотребности с малым содержанием клинкера – ЦНВ-30.

Список литературы

1. СНиП 2.05.02-85*. Автомобильные дороги. – М.: Госстрой России, 2004. – 170 с.
2. Дружинин М.К., Горелик А.М. О глубине заложения фундаментов в пучинистых грунтах // Основания, фундаменты и механика грунтов, 1959, № 4. – С. 12-15.
3. Абжалимов Р.Ш., Головкин Н.Н. Отчего вспучивается грунт? // Автомобильные дороги, 2008, № 11. – С. 102-107.
4. Хабибуллина И.Н., Бешенов М.Е., Гелеверя Т.И. Использование укрепленных грунтов для устройства противопучинистых слоев на автомобильных дорогах // Известия КГАСУ, 2011, № 2. – С. 257-261.
5. Методические рекомендации по применению ВНВ в монолитном дорожном бетоне. – М., Государственный всесоюзный дорожный научно-исследовательский институт СОЮЗДОРНИИ, 1990. – 7 с.

Krasnikova N.M. – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: knm0104@mail.ru

Khohryakov O.V. – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: olvik@list.ru

Khozin V.G. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: khozin@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Influence of cements of low water requirement on degree swellings of dusty soil

Resume

In many regions of Russia – in its European part and even in Siberia, – there is a large amount of dusty loams which are subject to frosty swelling. Usually, they are strengthened by inorganic knitting materials, traditionally by ordinary cement or slag cement.

The purpose of the study was the assessment of extent of swelling of the dusty adobe strengthened by cement (knitting) to low water requirement (CNV) on the basis of a cindery and slagwaste from hydrodumps and the evils ablations, the Okino-Klyuchevsky coals which were formed at burning in units of Gusinozerskaya GRES in number of 16 % from weight of soil. Extent of frosty swelling determined by two methods:

1) on disperse composition of the initial and strengthened soil; definition of granulometric (grain) composition of clay soil and strengthened CNV-30 in number of 16 % from weight of soil determined by an areometric method a way of measurement of density of suspension the areometer in the course of its upholding.

It is shown that after processing of soil of 16 % by structure CNV-30 subject to frosty swelling, there is an «oversanding» of dusty particles that, in turn, conducts to decrease and the complete termination to swelling of soil of a road bed.

2) on size of swelling of its surface at complete volume freezing (GOST 28622).

As a result after testing of unfortified soil the thickness of the chilled layer in a sample of soil exceeded 35 mm. At calculation, relative deformation of frosty swelling made 0,3 therefore dusty loam according to GOST 28622-90 is excessively bulking up.

Thus, soil strengthened by cement of low water requirement (16 % from weight of soil) after test had insignificant thickness of volume freezing – 8 mm. Calculation showed that relative deformation makes 0,009. Therefore, process of frosty swelling is stopped completely.

Thus, it is shown that it is possible to strengthen the soil subjects, exposed to frosty swelling, by cements of low water requirement with the small maintenance of a klinker – CNV-30.

Keywords: extent of swelling, dusty soil, cements of low water requirement.

References

1. Construction norms and regulations 2.05.02-85*. Highways. – M.: State Committee for Construction of Russia, 2004. – 170 p.
2. Druzhinin M.K., Gorelik A.M. About depth of an arrangement of the bases in bulking-up soil // the Bases, the bases and mechanics of soil, 1959, № 4. – P. 12-15.
3. Abzhalimov R.Sh., Golovko N.N. Why soil bulks up? // Highways, 2008, № 11. – P. 102-107.
4. Khabibullina I.N, Beshenov M.E., Geleverya T.I. The use of fortified soil layers for the device soil bulks up on highways // Proceedings of KGASU, 2011, № 2. – P. 257-261.
5. Methodical recommendations about CNV application in monolithic road concrete. – M.: State all-Union road research institute SOYUZDORNII, 1990. – 7 p.