

УДК 556.3

FORECASTING THE CARRYING CAPACITY SAFE OF SHALLOW FOUNDATIONS

*BOLSHAKOV V.I.¹, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
KIRICHEK Yu.A.^{2*}, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
TREHUB A.V.³, Ass. Prof.*

¹ Department of Materials Science, State Higher Educational Establishment "Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-39-56, e-mail: bolshakov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

^{2*} Department of Land Management, Geodesy and Road Construction, State Higher Educational Establishment "Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-93-27, e-mail: sadig@mail.pgasa.dp.ua

³ Department of Land Management, Geodesy and Road Construction, State Higher Educational Establishment "Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-93-27, e-mail: sadig@mail.pgasa.dp.ua

Abstract. Safety and serviceability in geotechnical design applicable to shallow foundations are studied for the purpose of harmonization of Ukrainian standards with Eurocodes. The paper contains the analysis of 86 field tests and calculations conducted by the authors for predicting the safe bearing capacity of shallow foundations. Both safe bearing pressure on the soil and design resistance of the soil are derived in different ways. Spread of plastic shear zones in the soil is studied using the field test results and the numerical simulations for the purpose of estimation of bearing capacity of shallow foundations. This paper presents a comparison between the results obtained from plate load tests and analyses by two approaches – safe bearing pressure using safety factor given by Eurocodes and design resistance of the foundation given by the Ukrainian norms.

Keywords: geotechnical design; shallow foundations; Ukrainian standards; Eurocodes; safe bearing pressure; design resistance

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ФУНДАМЕНТОВ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

*БОЛЬШАКОВ В. И.¹, д. т. н., проф.,
КИРИЧЕК Ю. А.^{2*}, д. т. н., проф.,
ТРЕГУБ А. В.³, доц.*

¹ Кафедра материаловедения и обработки материалов, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-39-56, e-mail: bolshakov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

^{2*} Кафедра землеустройства, строительства автодорог и геодезии, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 46-93-27, e-mail: sadig@mail.pgasa.dp.ua

³ Кафедра землеустройства, строительства автодорог и геодезии, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 46-93-27, e-mail: sadig@mail.pgasa.dp.ua

Аннотация. Безопасность и удобство обслуживания в геотехнической конструкции, применимые к неглубоким фундаментам, изучаются с целью гармонизации украинских стандартов и Еврокодов. Статья содержит анализ 86 полевых испытаний и расчетов, проведенных авторами для прогнозирования безопасной несущей способности фундаментов мелкого заложения. Как безопасное опорное давление на почву, так и расчетное сопротивление почвы получены различными способами. Распространение пластических зон сдвига в почве изучается с использованием результатов тестирования в полевых условиях и численного моделирования для целей оценки несущей способности фундаментов мелкого заложения. Выполнено сравнение данных, полученных в результате испытаний нагрузки пластин, и анализа, с помощью двух подходов – безопасное давление подшипников, с использованием коэффициента безопасности по данным Еврокодов, и расчетное сопротивление фундамента, по украинским нормам.

Ключевые слова: геотехнический дизайн; фундаменты мелкого заложения; украинские нормы; Еврокоды; безопасное давление подшипника; расчетное сопротивление

ПРОГНОЗУВАННЯ БЕЗПЕЧНОЇ НЕСНОЇ ЗДАТНОСТІ ФУНДАМЕНТІВ МІЛКОГО ЗАКЛАДЕННЯ

БОЛЬШАКОВ В. І.¹, д. т. н., проф.,
КИРИЧЕК Ю. О.^{2*}, д. т. н., проф.,
ТРЕГУБ О. В.³, доц.

¹ Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-39-56, e-mail: bolshakov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

^{2*} Кафедра землеустрою, будівництва автодоріг та геодезії, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 46-93-27, e-mail: sadig@mail.pgasa.dp.ua

³ Кафедра землеустрою, будівництва автодоріг та геодезії, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 46-93-27, e-mail: sadig@mail.pgasa.dp.ua

Анотація. Безпека і зручність обслуговування в геотехнічній конструкції, що застосовується до неглибоких фундаментів, вивчаються з метою гармонізації українських стандартів і Єврокодів. Стаття містить аналіз 86 польових випробувань і розрахунків, проведених авторами для прогнозування безпечної несної здатності фундаментів мілкового закладення. Як безпечний опорний тиск на ґрунт, так і розрахунковий опір ґрунту отримано різними способами. Поширення пластичних зон зсуву в ґрунті вивчається з використанням результатів тестування в польових умовах і числового моделювання для цілей оцінки несної здатності фундаментів мілкового закладення. Наведено порівняння даних, отриманих у результаті випробувань навантаження пластин і аналізу, за допомогою двох підходів – безпечний тиск підшипників, із використанням коефіцієнта безпеки за даними Єврокодів, і розрахунковий опір фундаменту, за українськими нормами.

Ключові слова: геотехнічний дизайн; фундаменти мілкового закладення; українські норми; Єврокоди; безпечний тиск підшипника; розрахунковий опір

Introduction

Various safety concepts for shallow foundations have been followed through the world. Over the years regions of Europe, Asia and America have used different limit states-based design concepts. The conventional method of foundation design is based on the approach either of bearing capacity or allowable bearing pressure. The bearing capacity of foundations is derived from the shear strength of the soil within the area of load. Modified Terzaghi's bearing capacity equations have been used in the shallow foundations design. According to Eurocode 7 two types of limit state have to be considered for selecting dimensions of foundations. The most common limit states for shallow foundations are bearing failure and excessive settlements.

Widely used in former Soviet Union countries the shallow foundations safety concept was based on the method of calculated resistance of foundation, R . This approach is used for the estimation of the safe foundation pressure $q = R$ which is the maximum loading rate which can be applied to the soil without developing of the shear failure, irrespective of the settlement that may occur. In this case depths of plastic shear deformation zones in the soil underneath the footing theoretically equal to one quarter of the width of the footing and the settlements are limited by linear zone of deformation.

The Construction Products Directive – 89/106/EEC "The system of standardization and setting of norms in construction" "Application and use of Eurocodes" ДСТУ – Н Б А 1.1 – 77:2007 has been recently

implemented in Ukraine. The standard established the action program of harmonization of technical norms for planning the first stage construction works will be an alternative to the national norms.

Method of the calculation of the safe bearing capacity of shallow foundations is based on the safety factor and ultimate bearing capacity (Bodo & Jones, 2013). The key point of the method is the estimating of the factor, which depends on the local circumstances. The uncertainties in geotechnical engineering are very large because of variability on natural soils in the ground and the complexity of theoretical soil mechanics. To take into account all these uncertainties it is common to apply a safety factor. The safety factor can be applied as partial factors to reflect the various uncertainties or as a single lumped value. The National Annex may contain the information on values for partial factors, which are open in the Eurocode for national choice, known as Nationally Determined Parameters.

Application of the results of the plate load tests for the bearing capacity prediction for shallow foundations

In this paper the field data are studied for comparison of bearing capacity analyses utilizing two methods -safe bearing capacity using the safety factor and calculated resistance of the foundation given by the Ukrainian nonns ДБН В.2.1-10.2009. Tables 1 and 2 describe some of 86 plate load test results (Alyohin, 2004; Berezancev, Yaroshenko, Prokopovich, Razorenov, Sidorov, 1958; Cimbal & Sheyhazari, 2011; Drukovaniy, Matvev, Korchevskiy, Rindyuk, Cherniy, Shokarev, 2006;

Klepikov 1996; Kushner, 1990; Skormin & Malishev, 1970; Timchenko, 2009; Tugaenko, 2003).

Table 1

Soils and plate dimensions used in plate load tests

№ test	Soils	With and length of plate, m	Depth of embedment of plate, m
1	Medium dense fully saturated silty sand	1x1	0
2	Medium dense silty sand	2x0.52	0
3	Medium dense partially saturated medium sand	Ø 0.6	0
4	Medium dense partially saturated silty sand	Ø 0.63	0
5	Medium dense partially saturated silty sand	Ø 0.63	0
6	Stiff loam	1.4x1.6	0
7	Stiff clay	1.2x2.4	0
8	Stiff loam	1.4x1.6	0
9	Stiff loam	1.2x2.4	0
10	Stiff loam	1.4x1.6	0
11	Stiff loam	1.2x2.4	0
12	Stiff loam	1.2x2.4	0
13	Stiff clay	2 x 2.5M	0
14	Stiff clay	1x1	0
15	Medium dense partially saturated medium sand	1x1	0.5
16	Dense partially saturated fine sand	2x0.52	0.5
17	Medium dense partially saturated silty sand	Ø 0.628	0.63
18	Stiff loam	0.5x0.5	0.7
19	Stiff clay	1.0x1.0	0.8
20	Stiff clay	1.0x1.0	1.2
21	Medium dense partially saturated silty sand	1.0x1.0	4.18
22	Medium dense fine sand	2x0.52	2.16
23	Medium soft eluvial loam	Ø 0,7	2.8
24	Medium soft eluvial loam	Ø 0,7	5

The plate load tests are performed with square, rectangular and circular plates. Width (diameter) of the plates ranged from 0.5 to 3.3 meters and depth of embedment is in the range between 0 m and 4.18 m. Table 1 presents type of soil, width B and length L of the plates used in the plate load tests, depth of embedment of the plates D. Table 2 contains the following soil properties: modulus of elasticity E, angle of friction φ , cohesion C, bulk weight density γ and voids ratio e.

Figures 1–6 show the load-settlement curves of rested on a homogeneous soil shallow horizontal plates of various shapes and sizes in case of the load increase. These figures depict the results of plate load tests performed on sand and cohesive soil with embedment depth of the plates D/B in the range from 0.0 to 7.14.

The result shows the ratios of calculated resistances of the soils to the ultimate bearing capacity for medium dense sands and dense sands which are in the range between 0.1 and 0.21. For clayey soils from medium soft to very stiff consistency the ratios are between 0.21 and 0.59. These ratios correspond to the range of safety factor from 4.8 to 10 for sand, and from 1.7 to 4.8 for clayey soils. It can be seen that the resistance is not fully used for maximum values of the factors and safety is not ensured for minimum values of the factors. Furthermore, the resistances are not used completely for middle dense sand, stiff and medium stiff cohesive soils.

The calculated resistances of the foundations R are within the range between $0.1q_u$ and $0.65q_u$, where q_u is the ultimate bearing capacity. The settlements of the plates under pressures equal in value of calculated resistances of the foundations are in the range from $0.01S_s$ to $1.25S_s$, where S_s are the safe settlements. At the same time the corresponding safety factors are in the range from 1.5 to 10. The safety factors are deviating from ultimate limit state of the structure. Therefore minimum experimental values of the safety factors are insufficient and maximum values are excess.

Experimental settlements under corresponding to calculated resistance of the foundation pressure are much less as well as greater than ones given by the norms.

The analysis of computed results shows that the safe bearing capacity given by Eurocode 7 is some bigger that one provided by the Ukrainian norms. At the same time Eurocode 7 has a range of partial factors and other reliability parameters that ensure safety.

Table 2

Soil properties at the sites of plate load tests

Test №	E, MPa	φ , degree	C, KPa	γ , KN/m ³	e
1	8	35	3	19.2	0.77
2	15	35	3	16.1	0.77
3	53.1	36	1	16.6	0.62
4	21.8	35	3	16.2	0.7
5	22.6	36	5	17.9	0.63
6	19	23	43	18.7	0.75
7	19.7	24	45	19.6	0.68
8	16.8	27	57	19.8	0.62
9	46.7	32	20	19.6	0.68
10	23.3	27	57	19.8	0.62
11	34.3	35	28	19.2	0.72
12	36.7	18	32	19.1	0.68
13	4.5	15	38	18	1.0
14	3.3	15	38	18	1.0
15	54	35	8	18.2	0.6
16	35	34	8	17.8	0.64
17	22.6	35	3.0	16.1	0.7
18	6	24	18	17.3	0.9
19	4.8	15	38	18	1.0
20	17	19	49	19.3	0.7
21	53.4	37	10	16.8	0.7
22	34.7	36	10	16.6	0.72
23	30.3	34	8	17.8	0.64
24	15.7	26	30	17.2	0.65
25	18.5	26	30	17.2	0.65

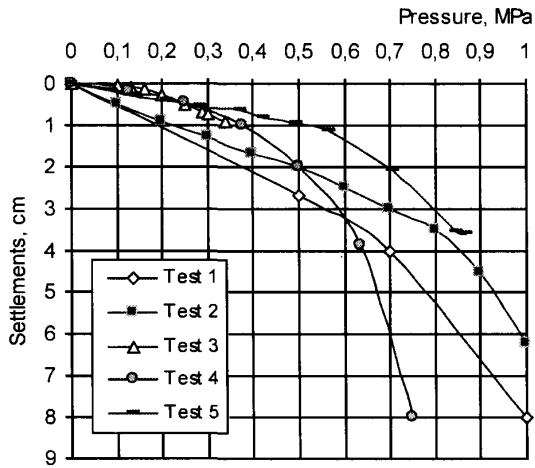


Fig. 1. Plate load tests 1-5 for plates with depth of embedment $D/B = 0$ rested on the sand

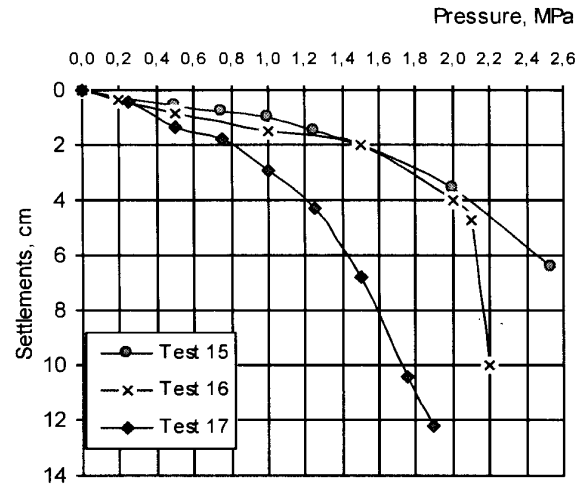


Fig. 4. Plate load tests 15-17 for plates with depth of embedment D/B from 0.5 to 1 rested on the sand

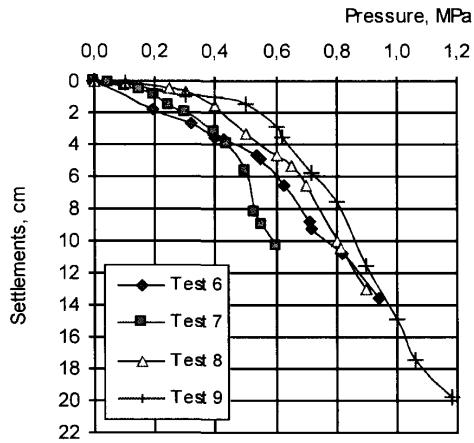


Fig. 2. Plate load tests 6-9 for plates with depth of embedment $D/B = 0$ rested on the stiff loam

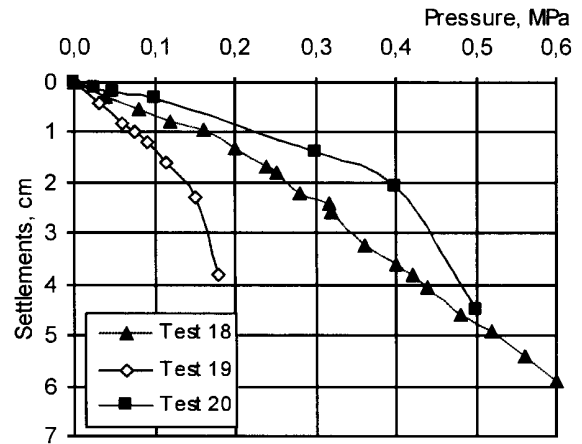


Fig. 5. Plate load tests 18-20 for plates with depth of embedment D/B from 0.8 to 1.4 rested on the stiff loam and the clay

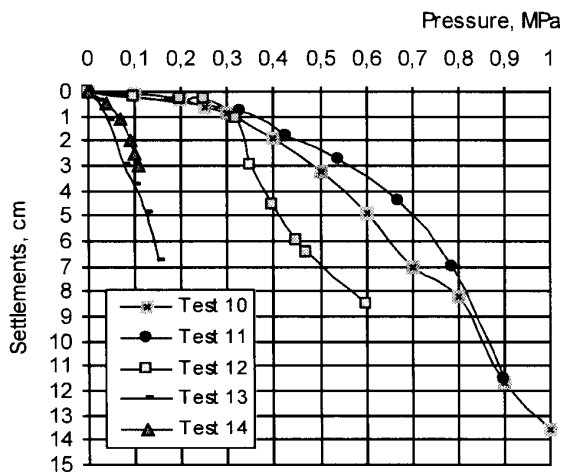


Fig. 3. Plate load tests 10-14 for plates with depth of embedment $D/B = 0$ rested on the stiff loam

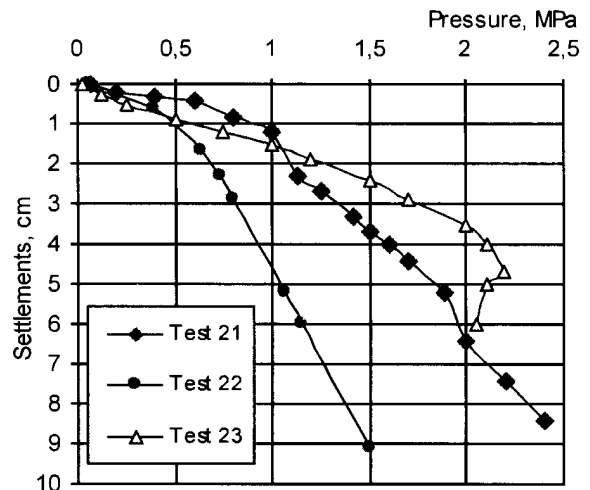


Fig. 6. Plate load tests 21-23 for plates with depth of embedment D/B from 2.16 to 4.18 rested on the sand

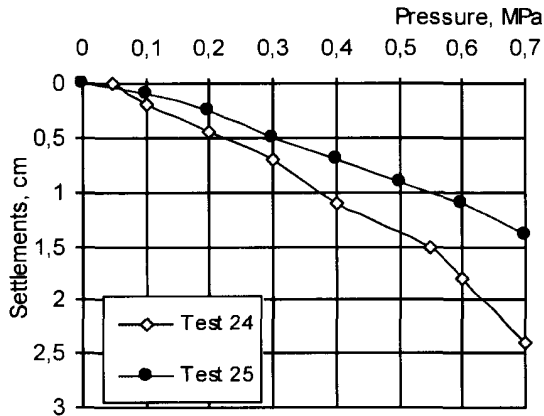


Fig. 7. Plate load tests 24–25 for plates with depth of embedment D/B from 4 to 7.14 rested on the soft eluvial loam

The experimental settlement-load dependences are compared with ones obtained by Plaxis modeling. Discrepancies between the predicted and experimental values of settlements are in the range from 2.6 % to 16.4 % under pressure $1.2R < P \leq 2R$ for silty sands and 10.2 % for stiff loam under pressure $R < P \leq 1.2R$.

Discrepancies of the other comparisons are greater and the predicted settlements are always greater than experimental ones

Plastic shear zones

An increase of load on foundation greater than corresponding first critical pressure is accompanied by increase of dimension of plastic shear zone in the soil. The local shear failure in the soil will gradually extend outward from the foundation.

The result of plate load test (Skoromin & Malishev, 1970) and FE analysis depicting the shear plastic zones is presented on the left side of Figure 8.

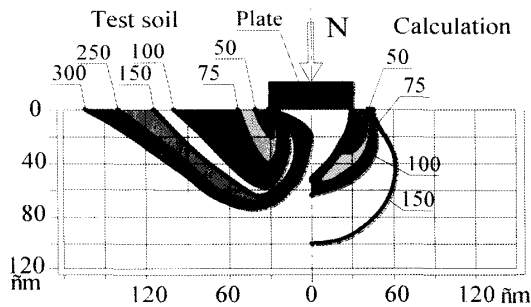


Fig. 8. Lxiad plate test on the left and FE analysis on the right

The field test was performed on a circular plate with diameter $D = 0.6$ m on the dense medium sand ($e = 0.62$; $\gamma = 16.6$; kN/m^3 ; ($\varphi = 36$.) In this case first critical pressure equal to 11.3 kPa, $R = 33$ kPa and $q_u = 274$ kPa. The axisymmetric FE-analysis is given on the right side of Figure 8. The plastic shear zone in the soil is appeared under pressure 20 kPa. Under pressure equal to calculated resistance the depth of plastic shear zone is some greater than a quarter of the plate diameter.

Two plastic shear zones are joined under pressure 100 KPa at the depth $1.2 D$. The failure in the soil took place when the plastic shear zone reaches the critical dimensions under the pressure equal to $q_u = 230$ kPa. In this case failure surface in the soil is extended to the ground surface and both zones under the edges of the foundation are connected under the centre of the footing.

According to the Ukrainian norms the depth of plastic shear zones is practically limited by one quarter of the footing width for engineering purposes. The comparison of numerical and experimental results shows that safe dimensions of plastic shear zones can be some greater than $1/4$ of the footing width and they can be limited by load within the range of $0.27 q_u$ to $0.36 q_u$.

Cost savings in foundation design

It is significantly important to take into account the economical and safety factors during the foundation design. The safe bearing pressure of footing given by Eurocode 7 is generally greater than one given by the Ukrainian norms. Therefore, a footing designed using the Ukrainian norms, has greater dimension and consequently is more expensive than one designed using Eurocode 7. Figures 9 and 10 show an analysis of costs for square footings from 1 m to 5 m in width and from 1 m to 5 m in depths rested on sand and loam, respectively.

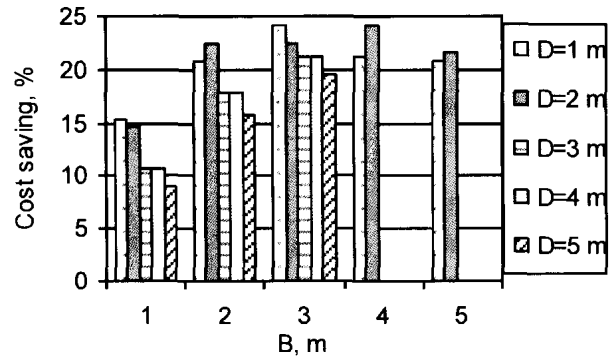


Fig. 9. Analysis of cost savings of foundations rested on a sand

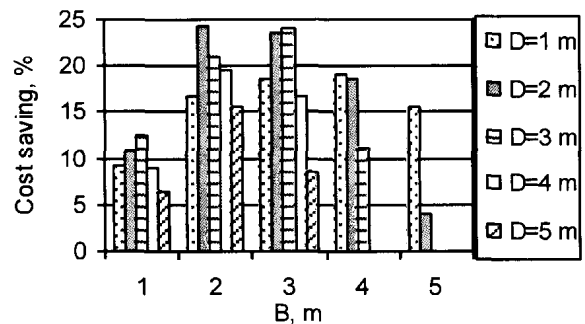


Fig. 10. Analysis of cost savings of foundations rested on a loam

The cost saving is in the range between 12 and 47 %. Foundations with middle dimension (from 2 m to 3 m in width) rested on middle dense sand, stiff and medium

stiff cohesive soils have greater cost savings than foundations with large and small dimensions.

Conclusions

The safe bearing capacity of shallow foundation has been studied. Results of 84 load plate tests and FE-analyses have been used to simulate the footing-soil interaction and dimensions of plastic shear zones underneath the footing in soil.

The safe bearing pressure of footing in foundation design given by Eurocode 7 is greater than the one given by the Ukrainian norms. It is found out that the

implementation of Eurucodes in Ukraine will effectively save about 20...40 % of total costs for shallow foundation construction and at the same time sustain the high level of safety.

It is very important to harmonize the safety and economical profit, but many important problems remain unsolved.

Acknowledgement

The authors are grateful to the aforementioned researcher for test load plate results.

REFERENCES

1. Alekhin A.N. *Metod rascheta osadok gruntovyh osnovanij s ispol'zovaniem nelinejnoj modeli* [Method of calculation of the residue soil bases with nonlinear model] *Rekonstrukcija gorodov i geotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Reconstruction of cities and geotechnical construction]. Vol. 8, 2004, pp. 156–161. (in Russian).
2. Bodo B. and Jones C. *Introduction to soil mechanics*. Wiley Blackwell, 2013, 586 p.
3. V.G. Berezantsev, V.A. Yaroshenko and A.G. Prokopovich. *Issledovaniya prochnosti peschanyh osnovanij: monografiya* [Research strength sandy grounds: monograph]. Leningrad : Transzheldorizdat Publ., 1958. (in Russian).
4. Tsymbal S.I. and Sheyhazari H.R. *Statični viprobuvannya stovpcastih fundamentiv v gruntovyh umovah Iranu* [Static testing pier foundation soil conditions in Iran]. *Osnovi ta fundamenti* [Bases and foundations]. Kyiv : KNUCA Publ., 2011, pp. 159–164. (in Ukrainian).
5. Drukovanij M.F., Matveev S.V. and Korchevskij V.V. *Armovani osnovi budivel' ta sporud* [Reinforced the foundations of buildings]. Vinnytsia : "UNIVERSUM-Vinnytsia", 2006, pp. 161–164. (in Ukrainian).
6. Klepikov S.N. *Raschet sooruzhenij na deformiruемом sostoyanii* [Calculation of structures on deformable state]. Kiev : SRIBC Publ., 1996, pp. 188–190. (in Russian).
7. Kouchner S.G. *Raschet osadok osnovanij zdaniy i sooruzhenij* [Calculation of sediment bases of buildings]. Kyiv : Budivel'nik Publ., 1990, pp. 137–139. (in Russian).
8. Skoromin G.A. and Malyshev M.V. *Eksperimental'noe issledovanie raspredeleniya napryazhenij v peschanom osnovanii pod kruglym fundamentom v processe rosta nagruzki* [Experimental study of stress distribution in the sandy ground under the foundation of a round in the process of load growth]. *Osnovaniya. Fundamenty i mehanika gruntov* [Grounds. Foundations and soil mechanics]. No. 5, 1970, pp. 1–4. (in Russian).
9. Timchenko R.A. *Vzaimodejstvie fundamentnyh плит s neravnomerno-deformiruемым osnovaniem pri slozhnom nagruzhении: diss. na soisk. uchen. step. dokt. tehn. nauk* [Interaction foundation slabs with uneven-deformable base under complex loading: thesis for the degree of Dr Tech. Sc.]. Dnipropetrovsk, 2009. (in Russian).
10. Tugaenko Yu.F. *Razvitie deformacij v osnovaniyah fundamentov, sposoby ih ogranicheniya i metody ochenki: monografiya* [Strain development in osnovaniyah foundations, methods of control and evaluation methods: a monograph]. Odessa : Astroprint Publ., 2003. (in Russian).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алехин А. Н. Метод расчета осадок грунтовых оснований с использованием нелинейной модели / А. Н. Алехин // Реконструкция городов и геотехническое строительство. – Вып. 8. – 2004. – С. 156–161.
2. Bodo B. and Jones C. *Introduction to soil mechanics* / B. Bodo, C. Jones // Wiley Blackwell. – 2013. – 586 p.
3. Исследования прочности песчаных оснований : монография / [В. Г. Березанцев, В. А. Ярошенко, А. Г. Прокопович]. – Ленинград : Трансжелдориздат, 1958.
4. Цимбал С. І. Статичні випробування стовпчастих фундаментів в ґрунтових умовах Ірану / С. І. Цимбал, Х. Р. Шейхназарі // Основи та фундаменти. – Київ : КНУБА, 2011. – С. 159–164.
5. Друкований М. Ф. Армовані основи будівель та споруд / М. Ф. Друкований, С. В. Матвеев, В. В. Корчевський. – Вінниця : «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 2006. – С. 161–164.
6. Клепиков С. Н. Расчет сооружений на деформируемом состоянии / С. Н. Клепиков. – Киев : НИИСК, 1996. – С. 188–190.
7. Кушнер С. Г. Расчет осадок оснований зданий и сооружений / С. Г. Кушнер. – Київ : Будівельник, 1990. – С. 137–139.
8. Скоромин Г. А. Экспериментальное исследование распределения напряжений в песчаном основании под круглым фундаментом в процессе роста нагрузки / Г. А. Скоромин, М. В. Малышев // Основания. Фундаменты и механика грунтов. – № 5. – 1970. – С. 1–4.
9. Тимченко Р. А. Взаимодействие фундаментных плит с неравномерно-деформируемым основанием при сложном нагружении : дисс. ... докт. техн. наук / Р. А. Тимченко. – Днепропетровск, 2009.
10. Тугаенко Ю. Ф. Развитие деформаций в основаниях фундаментов, способы их ограничения и методы оценки : монография / Ю. Ф. Тугаенко. – Одесса : Астропринт, 2003.

Стаття рекомендована до публікації д-ром техн. наук, проф. О. С. Петраковською (Україна); д-ром техн. наук, проф. С. І. Головком (Україна)

Надійшла до редколегії 14.02.2016

Прийнята до друку 21.02.2016

УДК 539.375.5+539.421.5

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МІЖ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ РУЙНУВАННЯ ТА СТРУКТУРНИМИ СКЛАДОВИМИ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВИХ МІКРОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

БОЛЬШАКОВ В. І.¹, д. т. н, проф.,
ЛАУХІН Д. В.², д. т. н, проф.,
БЕКЕТОВ О. В.^{3*}, к. т. н., доц.,
ІВАНЦОВ С. В.⁴, к. т. н., доц.,
ЛАУХІН В. Д.⁵, м. н. с.

¹ Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Державний вищий навчальний заклад “Придніпровська державна академія будівництва та архітектури”, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-39-56, e-mail: bolshakov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

² Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Державний вищий навчальний заклад “Придніпровська державна академія будівництва та архітектури”, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-62, e-mail: lab120@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9842-499X

^{3*} Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Державний вищий навчальний заклад “Придніпровська державна академія будівництва та архітектури”, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 46-93-72, e-mail: lab120@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0664-0327

⁴ Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Державний вищий навчальний заклад “Придніпровська державна академія будівництва та архітектури”, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-62, e-mail: freibergerde@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8715-0778

⁵ Лабораторія експериментальних наукових досліджень, Державний вищий навчальний заклад “Придніпровська державна академія будівництва та архітектури”, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-62, e-mail: mom@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6718-4639

Анотація. Постановка проблеми. Аналіз взаємозв'язку між характеристиками руйнування та структурними складовими низьковуглецевих мікролегованих сталей. **Методика.** Проведено комплекс фрактографічних досліджень із використанням растрового електронного мікроскопа. Виконано розрахунки деформаційного стану феритної складової низьковуглецевих мікролегованих сталей. **Результати.** У ході виконання роботи проведено порівняльний аналіз деформації феритної складової досліджуваних марок сталей відповідно до концепції Томассона. **Наукова новизна** полягає у визначенні залежності пластичної деформації, яка забезпечує ріст та розповсюдження в'язкого руйнування, від структури низьковуглецевих мікролегованих сталей. **Практична значимість.** Вивчення закономірностей руйнування сприятиме можливості керування процесами розповсюдження тріщин у будівельних матеріалах, і, як наслідок, підвищить надійність виробів із цих матеріалів.

Ключові слова: структурні складові; ферит; перліт; руйнування; пластична деформація; пора; тріщина

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ РАЗРУШЕНИЯ И СТРУКТУРНЫМИ СОСТАВЛЯЮЩИМИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ МИКРОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

БОЛЬШАКОВ В. И.¹, д. т. н, проф.,
ЛАУХИН Д. В.², д. т. н, проф.,
БЕКЕТОВ А. В.^{3*}, к. т. н., доц.,
ИВАНЦОВ С. В.⁴, к. т. н., доц.,
ЛАУХИН В. Д.⁵, м. н. с.