



ВЛИЯНИЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА ЗЕМНАТА ОСНОВА ПРИ ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ЗЕМЕТРЪС СПОРЕД ЕВРОКОД 8

Стойна Любенова Костова

kostova.stoyna@gmail.com

*Висше транспортно училище “Тодор Каблешков”
София, ул. „Гео Милев” № 158,
БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** Еврокод 8, земетръс, втечняване на пясъци, псевдостатичен анализ, спектър на реагиране.*

***Резюме:** Изчисляването на фундаментните конструкции на земетръс се извършва според Еврокод 8, и неговите части от 1 до 6. В част 1 са дадени общите изисквания и правила при изчисляването строителните конструкции на сеизмични въздействия и правилата за изчисляване на сгради на земетръс. В нашата страна по Националното приложение към последния стандарт са приети типове земна основа от А до Е, за разлика от препоръчаните в [3]. Главният параметър, характеризиращ коравината на земната основа при натоварване от земетръс е модулът на срязване G . С особено внимание трябва да се подхожда при почви склонни към „втечняване”. В статията са описани почвите, при които нарастването на порния натиск при циклично натоварване и при земетръс, води до загуба на якост или т.нар. ”втечняване”. Разгледани са разликите между препоръчаните еластични спектри на реагиране за хоризонтална и за вертикална компонента на сеизмичното въздействие според Еврокод 8-1, и Националното приложение към този стандарт. Дадени са особеностите при използването на якостните параметри, които характеризират земната основа от свързани и несвързани почви в условията на земетръс. Разгледано е влиянието на топографските фактори при стабилността на склонове и откоси. Дадени са особеностите за определяне на сеизмична инерционна сила в хоризонтално и вертикално направление при псевдостатичните анализи. Статията акцентира върху особеностите на прилагане на Еврокод 8-1 в нашата страна.*

I. УВОД

Изчисляването на конструкции на земетръс се извършва според Еврокод 8: „Проектиране на конструкции за сеизмични въздействия” части от 1 до 6. Изчисляването на геотехнически конструкции на земетръс се извършва по Еврокод 8 Част 5: „Фундаменти, подпорни конструкции и геотехнически аспекти” [1]. С особено внимание от страна на проектанта трябва да се подхожда при по-сложни конструкции и райони със степен на сеизмичност по-висока от VII. При изчисляването на

фундаментни конструкции, разбира се трябва да се вземат в предвид и всички останали Еврокодове от EN 1990 до 1999

Счита се, че въвеждането на общ базов модел за представяне на сеизмичното въздействие в EN 1998, е важно за хармонизиране на нормативните документи на страните от ЕС. Допускат се различия в определянето на някои изчислителни параметри в отделните стани членки на ЕС, уточнени в националните им приложения, каквито са и нашите [2],[5]. Специални конструкции като атомни електроцентрали, нефтени платформи и големи язовири са извън обхвата на EN 1998.

II. ВЛИЯНИЕ НА ЗЕМНАТА ОСНОВА ПРИ ИЗЧИСЛЯВАНЕТО НА КОНСТРУКЦИИ НА ЗЕМЕТРЪС СПОРЕД ЕВРОКОД 8

За да се отчете влиянието на земната основа върху сеизмичното въздействие земната основа е разделена на типове *A*, *B*, *C*, *D* и *E* [5].

Земната основа се класифицира според средната скорост на напречната вълна, $v_{S,30}$, която се изчислява по формула:

$$(1) \quad v_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{v_i}}$$

където h_i и v_i означават дебелината (в метри) и скоростта на напречната вълна на i -тия пласт, от общо N броя, в горните 30 m. Ако скоростта на напречната вълна е неизвестна се използва стойността на N_{SPT} . Това са броят удари за потъване на крайника при стандартно пенетрационно изпитване.

Земна основа тип *A* е скала или друг вид скални образувания, включващи най-много 5 m по-слаби материали под повърхността, със средна скорост на напречната вълна $v_{S,30} > 800 [m/s]$. Типът земна основа „*E*” е с най-неблагоприятни условия за строителство според националното приложение на Еврокод 8-1 . Проектирането на фундаментите трябва да се извърши така, че типът на земната основа да не създава опасност от разрушение на конструкцията. Класификацията на земната основа в Еврокод 8-1[3], освен почви от тип от *A* до *E* има и типове почви S_1 и S_2 . Като тип S_1 са депозити или пластове с дебелина най-малко 10 m, съставени от меки глини или наноси с висок показател на пластичност и голямо водно съдържание, а S_2 са депозити от втечняващи се почви, от чувствителни глини, или други почвени профили, невключени в типове от *A* до *E* или S_1 . Почвите от тип S_1 и S_2 са опасни, поради възможност от втечняване и усилване на сеизмичното въздействие. В нашето Национално приложение [5] тези типове земна основа не са дадени. Оттук следва извода, че в нашата страна, поради високата сеизмичност в такъв тип земна основа не трябва да се фунда на без предварителни мерки за подобряването ѝ.

В случаите на много ниска сеизмичност указанията в EN 1998 могат да не бъдат вземани под внимание. Като за много ниска сеизмичност се смята тази, при която изчислителното ускорение на земната основа тип *A*, ag , е не по-голямо от $0,04.g$ ($0,39 m/s^2$), или тази, при която произведението $ag.S$ е не по-голямо от $0,05.g$ ($0,49 m/s^2$). В Националното ни приложение към Еврокод 8 -1 е отбелязано, че на територията на нашата страна няма зони с много ниска сеизмичност, определени по изискванията на Еврокод 8-1.

Коравината на фундаментите трябва да бъде достатъчна за пренасяне до земната основа, колкото е възможно по-равномерно въздействията, получени от конструкцията над фундамента.

За да се характеризира земната основа могат да се използват якостните параметри на почвите, определени при статични натоварвания, като за свързани почви подходящият якостен параметър е недренираната якост на срязване c_u . Този параметър следва да се коригира чрез адекватни експериментални резултати за бързо нарастващи товари и циклични разрушаващи ефекти вследствие на земетръс. За несвързани почви подходящият якостен параметър е цикличната недренирана якост на срязване $\tau_{cy,u}$, която отчита възможното нарастване на порния натиск. Също може да бъдат използвани и ефективни якостни параметри, получени чрез генериране на порен натиск при циклични натоварвания.

Главният параметър на коравина на земната основа при натоварване от земетръс е модулът на срязване G . Той оказва влияние върху изчислителните сеизмични въздействия, и се дава с израза:

$$(2) \quad G = \rho v_s^2,$$

където ρ е обемната плътност, а v_s е скоростта на разпространение на напречната вълна в земната основа.

Демпфирането може да окаже неблагоприятно въздействие върху: конструкции, за които P - δ ефектите (от втори ред) играят значителна роля; конструкции с масивни или дълбоко заложиени фундаменти, като например стълбове на мостове, кесони в открито море и силози; стройни високи конструкции, като например кули и комини, които са предмет на EN 1998-6:2004 и конструкции в много меки почви със средна скорост на напречните вълни $v_{s,max}$ [1], по-малка от 100 m/s , както е за почви тип S_I .

По степен на значимост сградите са квалифицирани в четири класа от I-IV, като с най-голяма обществена значимост са тези от IV-ти клас. Към тях се отнасят сгради, чиято цялост по време на земетресения е от жизнено значение за защита на населението, например-болници, противопожарна охрана, електроцентрали и др.

Сгради с клас на значимост II, III, IV, определени в EN 1998-1:2004, не трябва да се изграждат в непосредствена близост до тектонични разломи, които са сеизмично активни. Специални геоложки проучвания трябва да се извършат за значими конструкции, които ще бъдат построени близо до потенциално активни разломи в райони с висока сеизмичност, за да се определи опасността от разрушаването на земната основа от силата на земното движение.

Проверката за устойчивост на земната основа се извършва за конструкции, които се изграждат върху или близо до естествени или изкуствени откоси, с оглед да се осигури сигурността и експлоатационната им годност за изчислително земетресение. При сеизмични въздействия граничното състояние на откоси се определя като състояние, свързано с недопустимо големи постоянни премествания на земните маси в дълбочина, което е от значение за поведението на конструкциите. При проектиране на конструкции в откоси и проверка на устойчивостта на земни откоси, трябва да се вземе в предвид топографията, като коефициентите S_T за отчитане на топографията са със стойности от 1,0 до 1,68. Коефициентите на усилване на сеизмичното въздействие трябва да се прилагат когато откосите имат топографски нерегулярности, например стръмни скатове с височина, по-голяма от 30 m. Изчисляването на откосите може да се извърши и чрез познатите методи на динамичен анализ, като например с крайни елементи, или с модели от корави блокове, или чрез опростени псевдостатични методи.

Изчислителните сеизмични инерционни сили F_H и F_V , действащи върху почвената маса в хоризонтално и вертикално направление при псевдостатичните анализи, трябва да се определят по следния начин:

$$(3) \quad F_H = 0,5 \alpha \cdot S \cdot W$$

$$(4) \quad F_v = \pm 0,5F_H, \text{ ако отношението } a_{vg}/a_g \text{ е по-голямо от } 0,6$$

$$(5) \quad F_v = \pm 0,33F_H, \text{ ако отношението } a_{vg}/a_g \text{ не е по-голямо от } 0,6$$

Проверката на устойчивост не е задължителна за сгради с клас на значимост I, ако от опит е известно, че почвата на строителната площадка е стабилна.

За целите на Евронормите - 1998 територията на Р. България е разделена на сеизмични райони, в зависимост от локалния сеизмичен hazard. Степента на риск в границите на всеки район се приема за постоянна. За повечето от европейските страни рискът е определен чрез параметър, който е еквивалентен на стойността на референтно максимално ускорение a_{gR} на земна основа тип A. За нашата страна стойностите на референтното максимално ускорение на земна основа тип A, a_{gR} , са дадени в допълнително „Приложение NA.D” на Националното приложение [5]. Референтното максимално ускорение на земната основа, за всяка сеизмична зона, съответства на референтния период на повторяемост T_{NCR} на сеизмичното въздействие, за изискването за незразрушаване. В това приложение са дадени „Карти за райониране на територията на страната, в зависимост от референтното максимално ускорение за период на повторяемост от 95, 475 и 1000 години”.

За период на повторяемост 50 години коефициентът за значимост γ_I , равен на 1,0. За периоди на повторяемост, различни от приетия, изчислителното ускорение на земната основа тип A, a_g , е равно на a_{gR} , умножено по коефициента на значимост γ_I :

$$(6) \quad a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$$

Коефициентите на значимост γ_I за съответните класове на значимост за сгради, дадени в таблица NA.4.3 на EN 1998-1, се приемат, както следва за I-ви клас -0,8, за II-ри клас -1,0, за III-ти 1,2 и за IV-ти клас -1,4.

В случаи на ниска сеизмичност могат да се използват съкратени или опростени процедури за проектиране на определени видове или категории конструкции. Псевдостатичните опростени методи, не се използват за почви, при които е възможно да възникне висок порен натиск или значително намаляване на коравината при циклично натоварване.

Особено опасно при земетресение е ”втечняването” на водонаситени несвързани материали, т.е. това явление представлява намаляването на якостта на срязване или коравината, причинени от увеличаването на порния натиск. Това води до значителни постоянни деформации или дори до състояние на почти нулево ефективно напрежение в почвата.

Във връзка с това явление, при мощни пластове или дебели лещи от рохък пясък, със, или без прахови или глинести частици под нивото на почвените води, трябва да се направи оценка за склонността им към втечняване. Необходимите изследвания за тази цел като минимум включват извършването на място на стандартни пенетрационни изпитвания (SPT), или конусни пенетрационни изпитвания (CPT), както и лабораторно определяне на кривите на зърнометричния състав. Като особеностите на изпитванията са посочени в нормите [2].

За сгради с плитко заложени фундаменти, оценката на потенциалната склонност към втечняване може да не се извършва, когато водонаситените пясъчливи почви се намират на дълбочина, по-голяма от 15 m от повърхността на терена. Опасността от втечняване е пренебрежима, когато $\alpha \cdot S < 0,15$ и едновременно с това са изпълнени едно или повече от следните условия: Пясъците имат съдържание на глина, по-голямо от 20 %, и показател на пластичност $PI > 10$, или това са пясъчливи глини и те не се числят към пясъчливите почви по нашите стари норми [6]; или пясъците имат съдържание на

прах, по-голямо от 35 %, и в същото време от изпитването по SPT брой удари $N_I(60) > 20$; или пясъците са чисти и от изпитването им по SPT брой удари $N_I(60) > 30$.

Подобряване на земната основа срещу втечняване се извършва чрез уплътняване на почвата с цел увеличаване на нейното съпротивление на пенетрация над опасното ниво, или чрез използване на дренаж за намаляване на допълнителния порен натиск, причинен от вибрациите на земната основа. При фундиране върху неблагоприятни земни пластове може да се използват и пилотни фундаменти, които пренасят натоварването към здрави почви.

Емпирични графики на втечняването, илюстриращи подхода на полеви зависимости, приложени за различни видове измервания на място, са дадени в приложение В на [1]. При този подход сеизмичното напрежение на срязване τ_e може да се определи от опростения израз:

$$(7) \quad \tau_e = 0,65 \cdot \alpha \cdot S \cdot \sigma_{vo},$$

където σ_{vo} е пълното напрежение от геоложки товар. Този израз не трябва да се прилага за дълбочини, по-големи от 20 m.

α е отношението на изчислителното ускорение на земна основа тип А a_g към земното ускорение g ;

S е почвеният коефициент за хоризонтална компонента на сеизмичното въздействие, който зависи от типа земна основа. В таблици на [5] са дадени стойности на коефициентите характеризиращи еластичните спектри на реагиране за хоризонтална и за вертикална компонента на сеизмичното въздействие. Почвеният коефициент S и стойностите на периодите T_B , T_C и T_D , дефинират приетите форми на еластичните спектри на реагиране в зависимост от типа земна основа.

В [3] са препоръчани два вида спектъра на реагиране „Спектър 1” и „Спектър-2”. В националното ни приложение [5] препоръчаният втори вид спектър на реагиране е премахнат, поради това, че не се среща в България. Добавен е съвсем нов спектър на реагиране „Спектър 3”, основаващ се на земетресението във Вранча. Като направим сравнение между параметрите за Спектър вид 1 и вид 3 намираме, че стойностите на периодите на спектър Вранча са по-високи от тези при спектър вид 1. От [5] можем да отбележим още, че и препоръчаният спектър на реагиране вид 1, като стойности в нашето национално приложение също търпи промени.

Известно е, че някои строителни почви имат склонност към уплътняване при сеизмично въздействие. На такова влияние може да са подложени рохки неводонаситени несвързани почви, меки глини. Изпитването на такива почви трябва да се извърши с познатите статични и циклични изпитвания. Ако тези почви имат склонност към разрушаване, е необходимо да се приложат подходящи методи за подобряване на земната основа преди фундиране. Когато не са направени специални изследвания, базирани на наличната информация, изчислителното преместване на земната основа d_g , съответстващо на изчислителното ускорение на земната основа, може да се определи по формулата:

$$(8) \quad d_g = 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D$$

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направено е обобщение за земните основи, които са подходящи за фундиране и тези, които практически не са удачни за фундиране при сеизмични или циклични и динамични натоварвания. При някои от строителните почви фундирането без подобряване качествата на земната основа не е допустимо. В зависимост от класа на

сградите се отчита дали е необходимо, или не подобряване на съществуващата земна основа.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] БДС EN 1998-5(Еврокод 8-5): Проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия Част 5: Фундаменти, подпорни конструкции и геотехнически аспекти, 2007
- [2] БДС EN 1998-5:2005/NA:2012 Проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия Част 5: Фундаменти, подпорни конструкции и геотехнически аспекти Национално приложение 2012, последно изменение 2015 г.
- [3] БДС EN 1998-1:Еврокод 8-1: Проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия Част 1: Общи правила, сеизмични въздействия и правила за сгради,2006
- [4] БДС EN 1997-1(Еврокод 7): Геотехническо проектиране. Част 1: Основни правила. БДС. EN 1997-1, 2004.
- [5] БДС EN 1998-1:2005/NA:2012, Проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия Част 1: Общи правила, сеизмични въздействия и правила за сгради Национално приложение,2012
- [6] БДС 676-1985. Почви строителни. Класификация, 1985

EFFECT OF SOIL CHARACTERISTICS IN THE CALCULATION OF EARTHQUAKE ACCORDING TO EUROCODE 8

Stoyna Kostova

*Todor Kableshkov Higher School of Transport
158, Geo Milev str., Sofia 1574
BULGARIA*

Keywords: *Eurocode 8, earthquake, liquefaction of sands, pseudostatic analysis, spectrum of response.*

Abstract: *The calculation of the foundation structures for an earthquake is performed according to Eurocode 8, and its parts from 1 to 6. Part 1 gives the basic requirements and rules for calculation of structures on earthquake, as well as the calculation of buildings for seismic actions . In our country, according to the National Annex to the last standard, are accepted earth base types from A to E, not exactly like the ones recommended in [3]. The main parameter characterizing the strength of the ground base under earthquake load is shear modulus G . Special attention should be taken of the engineers with soils liable to "liquefaction". The soils in which increase pore pressure during cyclic loading and earthquakes leads to loss of strength or the so-called "liquefaction" are described in present article. The differences between recommended elastic response spectra for the horizontal and vertical components of the seismic force according to Eurocode 8-1 and the National Annex to this standard are described. The specifics of use of the strength parameters, which characterize earth base from clayey and sandy soils in the conditions of earthquake, are given. The effect of topographic factors on the stability of slopes is observed. The specifics for determination of seismic inertial force in horizontal and vertical direction in pseudostatic analyzes are given. The article is focused in the specifics of national application of Eurocode 8-1.*