

ПРИНЦИПНИ НОВОСТИ В ЛАБОРАТОРНИТЕ ОПИТИ И ИЗПИТВАНЕТО НА ПОЧВИТЕ НА МЯСТО СПОРЕД ЕВРОКОД 7

Стойна Костова

kostova.stoyna@gmail.com

*Висше транспортно училище "Тодор Каблешков", катедра "Строителни конструкции,
ул. "Гео Милев" 158, София 1574*

БЪЛГАРИЯ

Резюме: Стандартът БДС EN 1997-2 „Еврокод 7: Геотехническо проектиране Част 2: Изследване и изпитване на земната основа” е одобрен от Българския институт по стандартизация на 29.06.2007 г. Този стандарт е действащ в нашата страна на английски език. Той е в процес на съгласуване и разработка.

В доклада са разгледани основните принципни различия между Еврокод 7 - 2 и Българските държавни стандарти в областта на геотехническите изпитвания.

Изпитванията на почвите се провеждат по два метода „на място” и в лабораторни условия. В съответствие с горепосочените методи имаме уреди за лабораторни изпитвания и такива за изпитване „на място”. В зависимост от вида на почвата в Еврокод 7 - са препоръчани съответни опити, които могат да се използват за определяне свойствата ѝ. Особеностите в класификацията на почвите и скалите, тяхното изпитване на място и в лабораторни условия са разгледани в настоящия доклад.

Част от използваните съвременни апарати за изпитване на строителните почви не са се променили принципно по начина си на действие по отношение на предходните уреди. Напоследък са създадени редица усъвършенствани и нови апарати за изследване на строителните почви. Уредите навлизащи все повече в геотехническото изследване на строителните почви са снабдени с нови електронни системи за отчитане, измерване и извеждане на информация от изпитването на екрани с възможност за последваща обработка с компютърни програми.

С развитието на информационните технологии изключително се разширява приложението на „in situ” методите пред лабораторните. Това елиминира до известна степен някои от несъвършенствата на лабораторните изпитвания.

Ключови думи: геотехнически изследвания, Еврокод, почва, лабораторни опити, опити на място.

I. УВОД

Еврокод 7 - част 1 и част 2 са взаимно свързани. Според Еврокод 7 част 1 за строителните съоръжения и конструкции са въведени 3 геотехнически категории. С цел минимизиране на геотехническите изследвания се прави предварителна класификация на конструкцията или части от нея по геотехническа категория. Според EN 1997-1 изпитвания на почвите се правят главно за съоръжения от „геотехническа категория 2”. За „категория 1” може да се ползват предишни изследвания или натрупан опит и се направят необходимите проверки. За най-високата по сложност „геотехническа категория 3” се ползват също тези изпитвания, но поради

спецификата на съоръжението може да се наложат допълнителни изследвания и проучвания на земната основа. При всички методи за изпитване има препратки към ISO – стандартите, които третираат изискванията при провеждане на изпитванията. Съществуват различни типове апарати и съобразно тяхната специфика за всеки от тях се използват съответни ISO стандарти. Различни типове уреди се използват съответно за строителните почви и за скални почви. С разработването и създаването на ISO стандартите се занимават Технически комитети /ТС/ към Европейския комитет по стандартизация CEN. Например CEN /ТС 341 разработва стандартите свързани с геотехническите изследвания. Някои от ISO стандартите са в процес на подготовка от Техническите комитети към CEN.

II. КЛАСИФИКАЦИЯ НА ПОЧВИТЕ

Почвите са групирани по класове въз основа на подобния им състав и по геотехническите им характеристики. Класификации на почвите подобни на тези по БДС [2] са направени и в EN 1997-2 [1]. За класификацията на строителните почви се прави препратка към EN ISO 14688-1 и EN ISO 14688-2. Освен ISO стандартите за изясняване начина на провеждане на изпитванията могат да се ползват DIN, NF P, BS, ASTM и други стандарти дадени в Приложение X на [1].

В EN ISO 14688-1 е дадена класификация на почвите според зърнометричен състав табл. 1 според преобладаващата фракция. Основната фракция при съкратено изписване се прави с главни букви на английски език (напр. fine sand FSa - дребен пясък, coarse gravel CGr - едър чакъл). Голяма част от почвите са нееднородни и съдържат повече фракции. Подфракцията се изписва с малки букви (напр. Sandy Clay saCl пясъчлива глина). Всички подфракции се изписват с малки букви (fine gravelly, coarse sand fgrCSa - дребно чакълест едър пясък). Класификацията на почвите по зърнометрия не съвпада с тази по БДС [2]. Подробно е описано как основната фракция и подфракциите влияят върху строителните свойства на почвата. Съотношението на отделните фракции се определя по масата на съответната фракция. Ако фракциите които присъстват са по 50% то между техните означения се поставя наклонена черта (напр. gravel/sand Gr/Sa – чакъл пясък). Класификацията на почвите по зърнометрия не съвпада с тази по БДС [2]. Прави се ситов анализ за определяне на зърнометрията и се изчертава зърнометричната линия по стандарт ISO 3310-1 и ISO 3310-2. За класификация на почвите има триъгълна диаграма, която е по различна от тази по БДС.

Според пластичността им почвите са класифицирани на силно пластични и слабо пластични, като са дадени методите по които се съди за пластичността им. Съдържание на органични вещества се определя по химичен път със солна киселина. Нова е класификацията на вулканични почви, на едрозърнестите почви според формата на частиците им. Идентификация и описание на вулканичните почви е дадено в табл. 3 на EN ISO 14688-1. В табл. 4 са описани термини за формата на почвените частици и др. Дадени са методите за идентификация и описание на почвите.

Идентификацията и описанието на скалите се извършва по стандарта EN ISO 14689-1. При скалите има въведени видове скали според цвета им, изветрялостта им, съдържание на карбонати, стабилност на породата без и във вода. Например според стабилността на породата във вода се делят на стабилни, достатъчно стабилни и нестабилни. Има въведени термини за описание на масива и формата на блоковете, вида на пукнатините, описание на запълнителя на пукнатините, наличието на вода и скорост на потока през тях. В табл. 13 на EN ISO 14689-1 е дадена скалата за стадий на изветрелост на масива от 0 до 5 -та степен. Неизветряла скала се води степен 0, а остатъчна почва е 5-та степен по изветрялост.

От изпитването “in situ” или в лаборатория се получават геотехническите параметри или коефициенти чрез които се получават характеристичните стойности по Еврокод 7 EN 1997-1[3]. От изпитванията на място или в лаборатория на базата на измерените изпитвателния уред величини чрез корелации и емпирични формули се получават т. нар. “производни” величини или директно се получават почвените характеристики и параметри. Самият стандарт EN 1997-2 дава основните правила. В приложенията към него са включени емпирични формули и корелации за получаване на т. нар. „производни” почвени характеристики и параметри. По този начин те се явяват като изходни данни за проектиране и изчисление на конструкциите. Голяма част от тези величини се получават от полевите изпитвания.

Можем да разделим Еврокод 7 -2 [1] на две главни части: полеви изпитвания и лабораторни изпитвания на строителните почви и скалите.

В зависимост от вида на почвите в таблица 2.3 на [1] са дадени препоръчителните опити, които могат да се използват при определянето почвените характеристики. Систематизирано е описана последователността на извършването на опита.

III. ИЗПИТВАНЕ ПОЧВИТЕ НА МЯСТО

III. 1. Изпитване с **конусен пенетрометър**. Например при СРТ /конусен пенетрометър/ имаме различни типове уреди: механичен електрически и пиезоконусен пенетрометър (СРТУ), като последния има допълнителен инструментариум за измерване на порния натиск. Резултатите може да се използват за получаване на якостни и деформационни характеристики на почви и меки скали, такива като ефективния ъгъл на срязване f' , якостта на почвата и слягане на плоски фундаменти, недренирана якост на срязване c_u за фини почви, носеща способност на единичен пилот, модула на общите деформации E' . Например в приложение D на [1] са дадени следните зависимости при СРТ :

$$(1) \quad c_u = \frac{q_c - \sigma_{v,0}}{N_k}$$

N_k е коефициент, който се получава чрез корелации
 q_c е максималното съпротивление на конуса
 $\sigma_{v,0}$ начално общо вертикално напрежение от собствено тегло за съответната дълбочина

За пясъци ефективния ъгъл на срязване при СРТ опит е:

$$(2) \quad \phi' = 1,35 * \lg q_c + 23$$

III.2. **Пресиометричен опит**. Според [1] и съответните ISO стандарти имаме четири уреда използвани за провеждане на този опит:

– Уреди, които се спускат в предварително изкопани сондажни отвори като Дилатометъра (FDT) Flat dilatometer test по EN ISO 22476-5

– Пресиометър на Менард (MPM) EN ISO 22476-4

– Уреди, които сами изкопават сондажа като (SBP) Self Boring pressuremeter EN ISO 22476-6

– (FDP) Full-Displacement pressuremeter Напълно преместваем пресиометър EN ISO 22476-8. Той е снабден с конус, който потъва в почвата.

От опитите се получават чрез съответни корелации за съответните пресиометри следните величини - якостта на срязване на почвата под плоски фундаменти, слягане на плоски фундаменти, носеща способност на единичен пилот. В приложение E на [1] са дадени формули за определяне на тези величини с пресиометъра на Менард.

III.3. Опит с **еластичен дилатометър** (FDT) flexible dilatometer test се използва за определяне свойствата на скали или почви и имаме съответно два типа дилатометри за скали (RDT) и почви (SDT). При опита се упражнява радиален натиск на еластична разширяваща се мембрана в сондаж.

III.4. Стандартен **пенетрационен опит** (SPT). Служи за определяне на якостта на срязване пясъци, ефективния ъгъл на срязване f' при пясъци, модула на общите деформации E' , слягане на плоски фундаменти в пясъци, носеща способност на единичен пилот за пясъци. С накрайника, който представлява една тръба с коничен връх може да се изваждат проби. Почвените проби са в нарушено състояние, но може да се определят визуално някои почвени характеристики (водно съдържание, зърнометричен състав). Ударната част е с маса 63,5 кг. и дължина 760 мм. Броят на ударите необходими за достигане на дълбочина 30 см се нарича съпротивление на пенетрация. Резултатите и провеждането на опита се извършва съобразно EN ISO 22476-3.

III.5. Динамичен **пенетрационен опит** (DP). Служи за определяне якостта на срязване на почви и меки скали с динамично проникване на конус. Конусът пропада благодарение на падаща тежест (ударник). Резултатите служат за направа на геоложки профил на почвата. Определят се якостните и деформационни характеристики главно на по едрозърнести почви според EN ISO

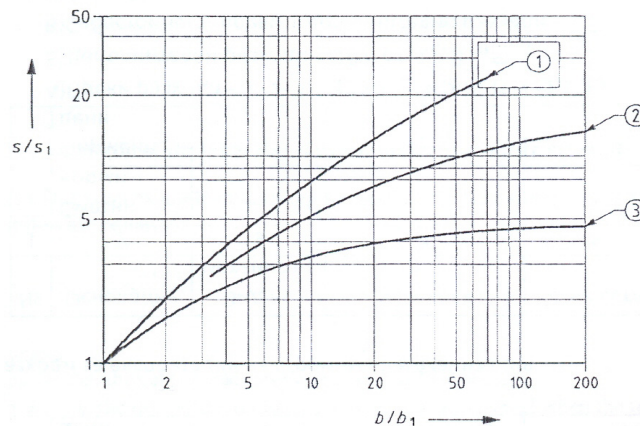
22476-3 като: ефективния ъгъл на срязване f' , компресионния модул E_{oed} , якостта на срязване на почвата q_c и др.

III.6. Срязване с **крилчатка** на място. Използва се за определяне на якостта на срязване на почвата при финозърнести меки почви. Срязването се извършва със завъртане на четири правоъгълни плочи поставени под ъгъл 90° на исканата дълбочина. Опитът се извършва по EN ISO 22476-9 и приложение I на [1]. Недренираната якост на срязване се получава от отчетената якост c_{fv} и корекционния коефициент μ по (3):

$$(3) \quad c_u = \mu * c_{fv}$$

III. 7. Изпитване с **метална плоча** (щампа) (PLT) в съответствие с EN ISO 22476-13. Целта на теста е определяне на вертикалните деформации и якостните свойства на почвени и скални маси. Опитът не е препоръчително да се използва за много меки и фини почви. Резултатите получени от теста може да се използват за директни изчисления само ако:

- размерът на плочата се взема в зависимост от ширината на планирания плосък фундамент;
- имаме хомогенен пласт два пъти по – дълбок от планирания плосък фундамент - в този случай резултатите получени от плоча с малки размери се трансформират с помощта на емпирични формули за актуалния размер на фундамента. Графика за определянето на слягането под плосък фундамент е дадена в приложение К на [1] фиг.1. Слягането се отчита в зависимост от плътността на почвата отношението между ширината b на фундамента и диаметъра b_1 на плочата. 1- почва с малка плътност, 2- почва със средна плътност и 3 плътна почва Фиг.1.



Фиг. 1. Графика за определяне на слягането от изпитване с метална плоча по Прилож. К на [1].

При определяне на носещата способност на земната основа R с изчислителни методи по приложение D на [3], недренираната якост на срязване c_u може да се получи по формули от този опит. Опитът се извършва с постоянна скорост на проникване в почвата достатъчно бързо, че да не се позволи дрениране на водата. Примерни аналитични методи са дадени в [1] Приложение К. За определяне на модула на общата деформация на почвата се използва E_{plt} наречен модул на плочата (4). Като за разлика от БДС 15130-80 коефициента на Поасон по [1] се приема $\nu = 0,3$ за едрозърнести почви и $\nu = 0,5$ за недренирани условия на фини почви.

$$(4) \quad E_{plt} = \frac{\Delta p}{\Delta s} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot b(1 - \nu^2)$$

Δp – нарастване на напрежението
 Δs – нарастване на слягането
 b – диаметър на плочата

Коефициента на леглото може също да се получи от този опит.

Това са само част от особеностите при изпитване почвите на място според Еврокод 7 EN 1997-2. Различни са формулите в зависимост от уредите. Уредите са по-модерни по-точни.

IV. ИЗПИТВАНЕ ПОЧВИТЕ В ЛАБОРАТОРНИ УСЛОВИЯ

Стандартът EN 1997-2 [1] дава броя на почвените проби, използвани за получаване на коректни резултати, тяхното тегло, изисквания към пробовземането, транспортирането и съхранението им в лабораториите. Почвените образци са класифицирани според степента на

нарушеност и водното им съдържание (напр. нарушени, ненарушени, със запазено или не водно съдържание).

IV.1. Начинът и последователността на работата е конкретно даден в стандарта [1]:

1. Съставя се програма за изпитване - цели, предварителни проучвания на площадката, полеви или лабораторни методи, последващ контрол и наблюдение.

1. Дадени са начините на пробовземане главно два: чрез сондиране или изкопаване от ями и шахти по съответния стандарт ISO 22475-1. Преценява се кой от тях ще се използва. Броя на изпитванията зависи от хомогенността на почвата.

2. Почвените образци са разделени на 5 класа по качество в според свойствата на почвите. В зависимост от необходимото качество на образците почвите са разделени на категории А, В и С по методите на пробовземане съгласно ISO 22475-1. Тези класове и категории са дадени в табл. 3.1 на [1]. Това е новост в сравнение с нашите норми [2].

-метод на пробовземане Категория А може да се ползва за образци от качествен клас 1,2,3,4,5.

-метод на пробовземане Категория В може да се ползва за образци от качествен клас 3,4,5.

-метод на пробовземане Категория С може да се ползва за образци от качествен клас 5.

Образци от качествен клас 1 и 2 могат да бъдат получени само по метод категория „А”, където образците отговарят на най - строги изисквания по време на вземане транспортиране и съхранение, няма промяна на химическия състав, в плътността и водното съдържание. Образци от качествен клас 3,4 и 5 могат да бъдат получени и по метод категория „В”, където структурата на почвите може да бъде нарушена. Върху качеството на образците влияят промените в геоложкия състав на почвените пластове и вида на почвата. Образци от качествен клас 5 могат да бъдат получени и по метод категория „С”. Те могат да бъдат с изцяло нарушена структура и променено водното съдържание. По подобен начин и при скалите имаме три категории на пробовземане „А” „В” „С”, като при най – ниската категория С се разрешава нарушаване непрекъснатостта на скалата, структурни и химични промени също се позволяват.

3. Транспортът, манипулациите и съхранението на образците се дава по ISO 22475-1.

4. Измерване на водното ниво за почвите и скалите се извършва по същия стандарт. Измерване на водното ниво става главно чрез два метода – отворена и затворена система. При отворената се използват пиезометри. Отворената система се прилага за пясък и чакъл и силно нарушени скали. Затворената система може да се използва за всички типове почви и скали, но непременно при слабо водопроникуеми почви и при високо налягане от артезиански води.

С изпитванията на почвите в лаборатория се определят: химичния състав на почвите и почвената вода, якостните качества на почвите, компресионните свойства, водопроникуемостта, прави се класификация, идентификация и описание на почвата. За скалите съответно се определят: набъбването на скалите, якостта им. Прави се идентификация и класификация на скалите.

IV.2. При определяне на **водното съдържание** на почвата е необходимо почвените образци да бъдат най - малко от клас по качество 3 съобразно [2]. Водното съдържание се дава със същото отношение както и при БДС 644-83. В таблица М.1. Приложение М на [1] са дадени какви опити и върху какъв клас почви се извършват. Важно за определянето на водното съдържание е правилното съхраняване транспорт и манипулации с почвените образци. За почви съдържащи значителни количества от гипс или органични вещества се препоръчва температурата на сушене да бъде по - ниска около 50°, а не препоръчителните 105±5°.

IV.3. Определянето на **обемната плътност** се извършва за почви клас по качество най - малко 2 по [1] по ISO TS 17892-2.

IV.4. **Зърнометричният анализ** се извършва в зависимост от големината на частиците по два метода със сита и чрез утаяване (у нас ареометров анализ). Границата при големината на частиците е 63µm, а не d<0.1mm по БДС2762-83. В [1] е отбелязано, че при провеждане на утаяването почвата не трябва да се суши. Карбонати органични и други примеси могат да се отстраняват, ако е подходящо. Определят се D₁₀, D₃₀ D₆₀ и се използват за определяне коефициента на равностепенност C_u и кривина C_c (5). D₁₅,D₈₅ се използват при критерия за филтри.

D_i - теглови проценти на зърната с диаметър по-малък от i

$$(5) \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$$

IV.5. Консистентни (атербергови) граници. От тях се определят само две по [1] - граница на протичане и граница на източване. Границата на протичане се определя по [1] с „паничката на Казагранде”, а по Българския стандарт с конуса на проф. Г. Стефанов. Границата на протичане може да се определя и с конус в съответствие с Прилож. X на [1]. По Френските норми [5] конусът не е същия както по БДС 648-84. По [6] има малки разлики - падащият конус е с тегло 80 гр. ъгъл при върха 30° и потъва за време 5 сек. Границата на протичане в случая е водното съдържание отчетено при потъване 17 мм, а не 10 мм, както по БДС. По [1] е казано, че за по слабо пластичните почви се получават по-достоверни резултати от изпитване с конуса.

IV.6. Якостните свойства на почвите се определят в дренирано и недренирано състояние от следните опити според [1]:

- Компресионен опит unconfined compression test;
- триаксиален опит при недренирано неконсолидирано състояние;
- триаксиален опит при консолидирано състояние;
- плоско срязване в правоъгълна и кръгла касета в консолидирано състояние.

Дадени са съответните изисквания и последователността на изпитване, почвите за които се прилагат, за кой качествен клас на образците се прилага съответния опит (например при плоско срязване е клас 1. В табл. P.1, P.2 и Q.1 на приложения P и Q на [1] са дадени броя на паралелните изпитвания, които се правят за определяне на якостните характеристики f или c_u от различните опити на срязване.

IV.6. Компресионен опит – Одометричен опит CEN ISO/TS 17892-5, и триаксиален опит за определяне на деформациите. Определя се компресионния модул M , като има значение и посоката на залагане на образеца, подготовката на образеца. Коефициент на водопропускливост се определя за глинести, тинести и органични почви клас 1 или 2, а за пясък и чакъл клас 3.

IV.7. CBR (California Bearing ratio) опит. Калифорнийско отношение за носеща способност. CBR отношението се получава като % от стандартен товар съответстващ на стандартна пенетрация, когато цилиндрична щампа със стандартно напречно сечение прониква в почвения материал. Стойността на CBR може да се използва като основен параметър за проектиране на настилки. Тя се използва за оценка на потенциалната якост на подосновни и основни пластове, и почвеното легло, включително и на рециклирани материали използвани за поддръжка настилките на пътищата, железниците, летищата. Тествания материал трябва да премине през сито с размер 20 мм, ако почвата съдържа повече от 25% зърна по-големи от 20 мм този опит е неприложим.

Голяма част от опитите вече са навлезли и в нашата практика, но Стандартът дава стройна теория за провеждането на опитите и съответни изисквания, които са определени на базата на опита на инженерите в областта, теорията и практиката в геотехническото проектиране.

Еврокод 7 - Част 2 се утвърждава като важен документ, влияещ при проектирането и изпълнението на строителните обекти. Настоящия доклад се улеснява въвеждането на специалистите в новия стандарт чрез сравнителни анализи и тълкувания на понятията и категориите.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. БДС EN 1997-2 на английски език, в електронен вариант, БИС, 2007. BDS EN 1997-2 на английски език, v elektronen variant, BIS, 2007.

[2]. БДС 2761:1986 Почви строителни. Физически свойства. Определяне и означение, 1986. BDS 2761:1986 Pochvi stroitelni. Fizicheski svoistva. Opredeliane i oznachenie, 1986

[3]. БДС EN 1997-1 на български и на английски език, в електронен вариант. BDS EN 1997-1 na balgarski i angliiski ezik v elektronen variant.

[4]. Национално приложение към Еврокод 7-1 БДС EN 1997-1 / NA, БИС, 2007. Nacionalno prilozhenie kam Evrocod 7-1 BDS EN 1997-1/NA, BIS, 2007.

[5]. NF P94-051 Mars 1993 Sols : reconnaissance et essais - Détermination des limites d'Atterberg - Limite de liquidité à la coupelle - Limite de plasticité au rouleau. Mars 1993

[6]. NF P94-052-1 Novembre 1995 Sols : reconnaissance et essais - Détermination des limites d'Atterberg - Partie 1 : limite de liquidité - Méthode du cône de pénétration.

PRINCIPAL NOVELTIES IN THE LABORATORY TESTS AND IN - SITU TESTS OF SOILS ACCORDING TO EUROCODE 7

Stoyna Kostova

*Department of Building structures, Todor Kableshkov Higher School of Transport
Geo Milev str.158, Sofia 1574*

BULGARIA

Key words: *geotechnical investigations, Eurocode, soil, laboratory tests, field tests.*

Abstract: *The standard EN 1997-2 (Eurocode 7): Geotechnical design Part 2: Ground investigation and testing was approved by the Bulgarian institute for standardization on 29.06.2007. This standard is valid in our country in English language. It is in process of harmonize and development.*

Present report examines the principal differences between Eurocode 7 1997-2 and Bulgarian state standards in the field of geotechnical investigation. Two methods are using in the soil investigation “in-situ” and in the laboratory. According above methods we have equipment for laboratory tests, and such for field tests.

Depending on the type of soil in Eurocode 7 - recommended appropriate test that can be used to determine its properties. Speciality in the classification of soils and rocks, their testing on place and in laboratory are examined in present report.

New Apparatuses entering in soil testing are equipped with new electronic reporting systems to measure and display the information from test on screens with the possibility for further processing by computer programs.

With the development of information technology extremely expands application “in-situ” methods instead of the laboratory methods. This approve to some extent some of the shortcomings of laboratory tests.