

УДК 624.034

Цимбал С.Й., канд. техн. наук
Богославець Н.М.,
Х.Р. Шейхназарі

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВЕЛИЧИНУ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦІЇ

Дослідженнями встановлено, що модуль деформації є величина змінна. Його величина, як на рівні підшви фундаменту, так і по глибині в межах стисливої зони залежить від величини напружень та стану ґрунту основи.

Сучасні методи розрахунку осідання основи фундаментів неглибокого закладання ґрунтуються на використанні теорії лінійно деформованого напівпростору. За допомогою цих методів можна визначити осідання тільки в межах невеликого діапазону тиску в фазі ущільнення. Однак, для розрахунку осідання основ, на які із умови міцності може бути допущений більш високий тиск, необхідно розробити методику визначення осідання основ фундаментів і в фазі зсувів. Нелінійна залежність між деформаціями і напруженнями в розрахунках осідання основи фундаментів може бути врахована при використанні змінного модуля деформації, але чинники, що впливають на його величину, досліджені недостатньо. В даній статті зроблена спроба виявити основні фактори, які впливають на величину модуля деформації.

Результати чисельних випробувань і досліджень, проведених різними авторами, показують, що залежність між деформаціями і напруженнями, які виникають в основі фундаментів (штампів), завжди криволінійна. В ґрунтах при дії на них зовнішнього навантаження і при розвантаженні виникають як пружні, так і залишкові деформації. Величина залишкових деформацій, як правило, у багато разів більше пружних деформацій. Графік залежності $S = f(P)$ при одноразовому навантаженні, що має місце при будівництві будівель і споруд, відзеркалює сумарні (загальні) деформації.

Деформаційні властивості ґрунтів характеризуються модулем загальних деформацій, який, згідно нормативних документів, є величина постійна для відповідних ґрунтових умов. Однак, експериментальні дослідження багатьох авторів підтверджують, що модуль загальних деформацій ґрунтів є величина змінна. В останні роки з'явилися деякі пропозиції щодо визначення його змінної величини, одночасно ці зміни пов'язують лише з глибиною, що не відповідає дійсності. Виходячи із

зазначеного, питання змінного модуля деформацій є актуальним і потребує подальшого вивчення.

Дослідженнями Харра [1] була встановлена аналітична залежність зміни модуля деформації з глибиною:

$$E_i = E_1 Z^\lambda, \quad (1)$$

де E_1 – модуль деформації на глибині $Z=1$ м від поверхні землі; $\lambda = (\nu_V - 2)$ – показник степеню λ в залежності від коефіцієнта Пуассона ν .

Приймаючи різні значення для λ ($\lambda < 0$; $\lambda = 0$; $0 < \lambda < 1$; $\lambda = 1$; $\lambda > 1$) автор приводить п'ять різних закономірностей зміни модуля деформації з глибиною (рис. 1). Нажаль, відсутні рекомендації, яка залежність найбільш вірогідно задовольняє розрахунок основ і фундаментів.

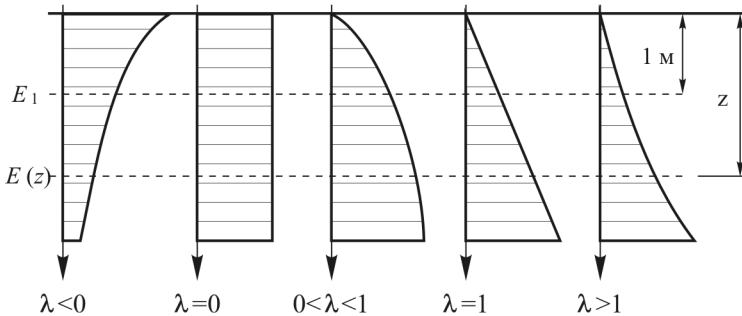


Рис. 1. Характер зміни модуля деформації по глибині

Експериментальні дослідження В.М. Чикишева [2] (випробування штампами площею 0.5 і 4 м²) довели, що зміни модуля деформації ґрунту з глибиною основи можливо апроксимувати залежністю:

$$E_i = \frac{E_k}{1 - A \left(\frac{Z}{r} \right)}, \quad (2)$$

де E_k – компресійний модуль деформації; A – коефіцієнт, який залежить від форми штампа і величини активної зони; Z – глибина від підшви фундаменту (штампа); r – радіус штампа.

Згідно формули (2) безпосередньо під підшвою фундаменту модуль деформації дорівнює компресійному модулю деформації, а на глибині він

наближається до пружного модуля, тобто на порядок більше компресійного.

Розглядаючи формули (1,2) можна зробити висновок, що величина змінного модуля деформації залежить від глибини Z , тобто $E_i = f(Z)$, що не відповідає дійсності.

Для встановлення чинників, від яких залежить величина модуля деформації основи фундаментів, розглянемо результати штампових випробувань, які були проведені на території будівельного майданчика по вул. Воровського в м. Києві.

Основою були суглинки тверді: щільність $1,90 \text{ кН/м}^3$, вологість $0,20$, коефіцієнт пористості 0.64 , питоме зчеплення 28 КПа , кут внутрішнього тертя 22° .

Випробування проводились штампом площею 600 см^2 в свердловині на глибині $7,5 \text{ м}$ за стандартною методикою. Результати випробувань приведені в табл. 1. Модуль деформації визначений за стандартною методикою, дорівнює $24,3 \text{ МПа}$.

Таблиця 1

Результати штампових випробувань		Січний модуль деформації	Модуль деформації за формулою (3)
P , МПа	S , см	E_c , МПа	E_n , МПа
0,0625	0,031	64,80	24,30
0,1250	0,051	23,08	17,82
0,1875	0,103	14,82	12,81
0,2500	0,187	7,45	9,30
0,3125	0,345	7,03	6,80
0,3750	0,516		

За результатами штампових випробувань визначений січний модуль деформації, значення якого наведені в табл. 1. Аналіз отриманих даних дає можливість стверджувати, що модуль деформації є величина змінна, яка залежить від величини напруження, що діє на підшві штампу (фундаменту): чим більше напруження, тим менша величина модуля деформації і навпаки. Січний модуль деформації може використовуватись

як початковий модуль на підшві фундаменту для розрахунку осідання основи. Одночасно необхідно відзначити, що штапові випробування проводять для будівель I і II класу, для інших класів будівель розрахунки осідання основи фундаментів виконують з використанням постійного модуля деформації згідно нормативних документів. В таких випадках початковий змінний модуль деформації в основі під підшовою фундаменту може бути визначений аналітично за виразом:

$$E_n = E_T \exp\left(\frac{P_0 - P_i}{P_0}\right)e, \quad (3)$$

де E_T – постійний модуль деформації за даними нормативних документів; P_0 і P_i – відповідно середнє напруження на підшві фундаменту (штапу), при якому визначався табличний постійний модуль деформації та напруження для якого визначається змінний модуль деформації; e – коефіцієнт пористості ґрунту, в якому знаходиться підшва фундаменту.

Використовуючи експериментальні дані про розрахункову величину постійного модуля деформації 24,3 МПа. за формулою (3) були виконані розрахунки початкового змінного модуля деформації, які для порівняння зведені до таблиці 1. Порівняльний аналіз показує, що характер зміни величини січного модуля деформації і змінного модуля деформації, визначеного за формулою (3), практично співпадають (рис. 2). Формула (3) крім напруження враховує стан ґрунтової основи через коефіцієнт пористості, тобто величина початкового змінного модуля деформації

залежить від напружень на підшві фундаменту та коефіцієнта пористості, чим більша його величина, тим менша величина модуля деформації.

Для розрахунку осідання основи фундаментів в межах стисливої зони необхідно використовувати змінний модуль деформації за глибиною. Його величина на рівні підшви фундаменту

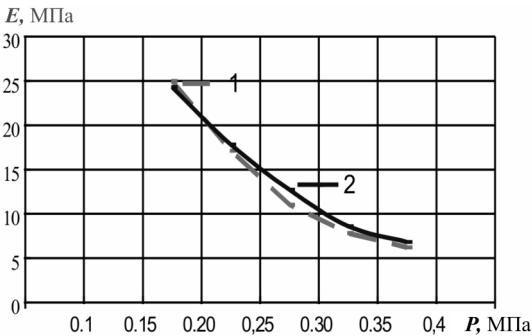


Рис. 2. Графіки залежності модуля деформації від напружень: 1 – результати експериментальних досліджень; 2 – розраховані за формулою (3)

дорівнює, відповідно до напружень, початковому модулю деформації, а на будь – якій глибині визначається із виразу

$$E_i = E_n / \alpha^2 \quad (4)$$

де E_n –початковий модуль деформації, який визначається за формулою (3), або за результатами штампових випробувань як січний модуль; α – коефіцієнт затухання вертикальних напружень з глибиною, який визначається за формулою (1), або за таблицями, що наведені в роботі [3].

Врахування змінного модуля деформації і стану ґрунтової основи фундаментів дає можливість розрахувати осідання основи та побудувати графік залежності $S=f(P)$ на всьому інтервалі навантаження і вибрати найбільш технічно і економічно вигідні умови роботи фундаментів, які будуть забезпечувати стійкість і надійність об'єктів різного призначення.

1. *Харр М.Е.* Основы теоретической механики грунтов. – М.: Стройиздат, 1971. – 319с.
2. *Чикишев В.М.* Исследование характера деформации глинистых грунтов под фундаментами. – М.: Стройиздат, 1978. – 127 с.
3. *Чибіряков В.К., Цимбал С.Й.* Розподіл напружень в основі стовпчастих фундаментів // Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково – технічний збірник. – К.: КНУБА, 2005. – Вип.. 29. – с. 132 -137.

Надійшла до редколегії 18.11.2005 р.