

Чечуга О.С., канд. техн. наук, Яремов А.П

ВИБІР ЧИСЛОВОГО МЕТОДУ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РОБОТИ КОНСТРУКЦІЇ «НАСИП – ТРУБА – ОСНОВА»

Анотація. У статті розглянуто методи розрахунку напружень і деформацій основ з використанням концепцій механіки суцільного середовища і механіки ґрунтів.

Ключові слова: середовище, навантаження, механіка суцільного середовища, числовий метод, напруження, основа, труба.

Аннотация. В статье рассмотрены методы расчета напряжений и деформаций оснований с использованием концепций механики сплошной среды и механики грунтов.

Ключевые слова: среда, нагрузки, механика сплошной среды, численный метод, напряжение, основа, труба.

Annotation. The article deals with the methods of calculation of stresses and strains bases using concepts of continuum mechanics and soil mechanics.

Key words: environment, load, continuum mechanics, numerical method, tension, base pipe.

Вступ

При розрахунку конструкції «насип – труба – основа» виникає проблема вибору методу розрахунку. Використання найпоширеніших числових методів: методу середніх різниць, методу граничних елементів і методу скінчених елементів – дозволяє одержувати достатньо близькі до аналітичних чисельні рішення розподілу напружень під дією розподілених і зосереджених сил без висновку аналітичної залежності.

Метод середніх різниць (МСР) ґрунтується на заміні точних значень похідних функцій приблизними числовими співвідношеннями [1]. Приблизні значення похідних записують через дискретні значення функцій у вузлах сітки, що покриває об'єкт розрахунку. Цей метод застосовують тоді, коли розв'язання задачі зводиться до розв'язання диференціального рівняння чи їх системи.

МСР досить успішно використовувався для розрахунку ґрунтових основ, причому інтерпретація основи була як лінійною, так і нелінійною [2]. Спроби розв'язання з його допомогою змішаної задачі теорії пружності і пластичності дали цікаві результати [3], але недостатня розробленість методу і практична неможливість його застосування для задач з просторовою постановкою дещо понизила інтерес до МСР як методу розрахунку, який повинен враховувати специфічні особливості ґрунтових основ (відсутність достатньої кількості інформації про знаходження НДС основ, недостатня розробка моделей, що застосовуються в методі, підвищення точності рішення, пов'язане тільки із збільшенням дискретних елементів області), і призвели до того, що його використання в порівнянні з іншими чисельними методами дуже скоротилося.

Одним з перших числових методів, що надали можливість врахування умов взаємодії споруди з ґрунтовою основою, став метод геометричних елементів (МГЕ), причому основи методу дозволили відмовитися від дискретизації (розбиття розрахункової області на дискретні елементи), розглядаючи рішення для нескінченного масиву, а не його кінцевої частини, як при використуванні МСР і МСЕ [4]. Оригінальність застосування МГЕ для вирішення задач, в яких розраховується нескінченний ґрунтовий масив, відзначена багатьма авторами [4, 5], але деякі особливості роблять його недостатньо зручним для розрахунків основ. Визначення НДС для нескінченного масиву представляється дещо недоцільним, оскільки дослідження осідань основ призвели досить багатьох дослідників до відмови від моделі нескінченного масиву і до заміни його шаром кінцевої товщини [12, 13]. Таким чином, можна зробити висновок, що застосування МГЕ досить складно для розрахунку ґрунтових основ.

Метод скінчених елементів (МСЕ) передбачає дискретизацію суцільного середовища об'єкта деякою кількістю скінчених елементів різної форми і

розмірів та дослідження їх напружено-деформованого стану. Остаточне формулювання математичних основ МСЕ на базі положень будівельної механіки у 40-х роках минулого сторіччя дозволило розвинути новий підхід до розрахунку складних інженерних споруд. З 60-х років за допомогою МСЕ розв'язуються задачі, реалізація яких за допомогою аналітичних методів неможлива: це розрахунки просторових конструкцій; врахування чинників будівництва та експлуатації; дослідження об'єктів із складною структурою [6, 7–10]. Нова інтерпретація МСЕ на базі варіаційного методу остаточно довела його адекватність математичним основам [9], що дозволило йому розвинути в складніші різновиди – методи скінчених смуг, просторових скінчених елементів, суперелементів, метод Крона тощо.

Рівень розвитку МСЕ на сьогоднішній день дає можливість розрахунку складних споруд з різноманітними поєднаннями навантажень різних видів дії, у тому числі динамічних; середовищ із складною неоднорідною структурою; конструкцій з будь-яким ступенем структурної складності їх елементів і т.д. [7, 11].

Важлива перевага МСЕ – зняття заборони на форму досліджуваної області системи "фундамент – основа" [7, 11]. Це дозволяє, крім моделювання шаруватих масивів з різними видами нашарувань ґрунту, розраховувати фундаменти складної форми як в плані так і в профілі.

Серед недоліків застосування МСЕ до розрахунку напружень і деформацій основ можна назвати, окрім відсутності модернізації моделей, неповний аналіз різних випадків взаємодії фундаменту з основою. Але цей недолік носить об'єктивний характер і поступово усувається у міру розвитку методик дослідження НДС основи з використанням сучасних концепцій механіки суцільного середовища і механіки ґрунтів.

Найбільш легким та раціональним для розрахунку напружено-деформованого стану роботи водопропускних труб у насипах автомобільних доріг методу скінчених елементів. Результати проведених за МСЕ розрахунків добре узгоджуються з результатами моделювання. Числове моделювання на основі методу скінчених елементів дозволяє отримати достатньо близькі до аналітичних чисельні рішення розподілу напружень під дією розподілених і зосереджених сил без виведення аналітичних залежностей.

Література

1. Шевченко В.Д. Будівельна механіка металевих конструкцій дорожньо–будівельних, підйомних і транспортних машин / Шевченко В.Д., Піскунов В.Г., Федоренко Ю.М. та ін; За ред. Піскунова В.Г., Шевченка В.Д. – К.: Вища школа, 2004. – 438 с.
2. Крыжановский А.Л. Эффективность расчета оснований с учетом нелинейных деформационных свойств грунта / Крыжановский А.Л., Чевикин А.С., Куликов О.В. // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1975. – №3. – С. 37–40.
3. Федоровский В.Г. Жесткий штамп на нелинейно-деформируемом основании (плоская задача) / Федоровский В.Г., Кагановская С.Е. // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1975. – №3. – С. 41–44.
4. Алейников С.М. Метод граничных элементов в контактных задачах для упругих пространственно неоднородных оснований / Алейников С.М. – М.: АСВ, 2000. – 745 с.
5. Givoli D. Numerical methods for problem in infinite / Givoli D. – Amsterdam, Domains, 1992. – 237 p.
6. Клепиков С.Н. Расчет сооружений на деформируемом основании / Клепиков С.Н. – К.: НИИСК, 1996. – 202 с.
7. Городецкий А.С. Метод конечных элементов в проектировании транспортных сооружений / Городецкий А.С., Заворицкий В.И., Лантух-Лященко А.И., Рассказов А.О.– М.: Транспорт, 1981. – 144 с.
8. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике: Пер. с англ. / Зенкевич О.К. – М.: Мир, 1975. – 542 с.
9. Еременко С.Ю. Методы конечных элементов в механике деформируемых тел / Еременко С.Ю. – Харьков: Изд-во "Основа", 1991. – 272 с.
10. Баженов В.А. Полуаналитический метод конечных элементов в механике деформируемых тел / Баженов В.А., Гусяр А.И., Сахаров А.С., Топор А.Г. – К.: НИИ строительной механики, 1993. – 376 с.
11. Основы метода конечных элементов / Большаков В.И., Яценко Е.А., Соссу Г. и др. – Днепропетровск: ПГАСиА, 2000. – 255 с.
12. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов. Основные компоненты грунта и их взаимодействие. – М.: Стройиздат, 1971. – 375 с.