

УДК 539.3

ДИНАМІЧНА КОНТАКТНА ЗАДАЧА ДЛЯ ПОРИСТОПРУЖНОГО НАСИЧЕНОГО РІДИНОЮ ШАРУ ҐРУНТУ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНИХ КОЛИВАННЯХ ПРЯМОКУТНОГО ШТАМПУ З НЕПРОНИКНОЮ ДЛЯ ПОРОВОЇ РІДИНИ ПІДОШВОЮ

Олег Савицький¹, Олександр Трофимчук², Олександр Гомілко²

¹Інститут гідромеханіки НАН України, м. Київ;

²Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ

Динамічна взаємодія плитних фундаментів з ґрунтовою основою в нормативних документах оцінюється зручними для розрахунків споруд в експлуатаційних умовах передаточними чи імпедансними функціями, як співвідношенням реакцій та відповідних зміщень для підшви фундаменту при гармонічних коливаннях. Такі функції можуть бути визначені з розв'язку динамічних контактних задач при врахуванні площі контакту, теоретичних особливостей розподілу контактних тисків, динамічних властивостей основи.

Розглядається динамічна контактна задача про вимушені гармонічні коливання прямокутного в плані жорсткого штампа з непроникною для порової рідини підшвою на пористопружній насиченій рідиною (ППНР) основі, що є шаром із защемленою нижньою гранню. Використано модель Біо ґрунтового ППНР середовища. В [1, 2] розглянуто двовимірні задачі для низки подібних моделей. Розглянуто розв'язок просторової динамічної контактної задачі методом ортогональних поліномів (для ППНР півпростору – [1, п. 7.2.2]). Подання невідомих контактних тисків для пористопружної та рідинної фаз наведено в [1, с. 353]. Методом ортогональних поліномів наближений розв'язок для контактних тисків знаходиться з нескінченної системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Коефіцієнти системи визначаються з розв'язку рівнянь Біо [1, п. 1.3.2 та § 7.2] для переміщень від вертикальних гармонічних навантажень на прямокутній ділянці при нульових початкових умовах та умовах на нескінченності для шару. На вільній поверхні шару відсутні дотичні напруження. На тильній грані шару відсутні зміщення твердої та рідинної фаз. На прямокутній контактній ділянці маємо невідомі вертикальні ефективні напруження та поровий тиск. Особливості контактних тисків під непроникною для порової рідини підшвою обговорено в [1, с. 345]. При застосуванні інтегрального перетворення Фур'є з граничних умов отримано систему лінійних алгебраїчних рівнянь 8-го порядку з вільним членом (контактні навантаження на фази). Для розв'язку та подальшого аналізу, як і в [1, 2], використано комп'ютерні символічні алгебраїчні перетворення. Визначник системи (функція Релея для ППНР шару) і формули для невідомих визначено методом Крамера. Отримано символічні вирази для трансформант переміщень площі під

прямокутним жорстким штампом від розподілених навантажень на тверду пористу та рідинну фази, а також асимптотичні вирази для їх компонентів при великих значеннях параметрів перетворення Фур'є та для низької частоти. Результат враховує хвильові процеси, відповідні до прийнятої моделі середовища, включаючи три типи хвиль моделі Біо, пружні моди в шарі і поверхневу хвилю. З системи інтегральних рівнянь динамічної контактної задачі з використанням ряду ортогональних співвідношень [1, (7.26) – (7.33)] отримано нескінченну систему лінійних алгебраїчних рівнянь відносно коефіцієнтів рядів. Для обчислення коефіцієнтів системи проаналізовано символічні результати, розроблено методики оцінки інтегралів оберненого перетворення Фур'є комплексних функцій. Для модельних задач встановлено залежності від частоти вимушених коливань реакції (імпедансу), їх розподіл між фазами, переміщення штампа, аналізуються резонансні ситуації. Варіюються геометричні параметри розрахункової схеми та параметри моделі Біо, зокрема проникність та пористість.

1. Гомилко А.М., Савицький О.А., Трофимчук А.Н. Методы суперпозиции, собственных функций и ортогональных многочленов в граничных задачах теории упругости и акустики. – Киев: Наук. думка, 2016. – 436 с.
2. Усошина Е.А., Суворова Т.В., Соловьев А.Н. Математические модели динамических систем, включающих слоистые обводненные пористоупругие основания // Вестник Донского гос. тех. ун-та. – 2016. – № 3. – С. 10–16.

DYNAMIC CONTACT PROBLEM FOR POROUS-ELASTIC LIQUID SATURATED SOIL LAYER UNDER THE INFLUENCE OF VERTICAL OSCILLATIONS OF THE RECTANGULAR DIE WITH FLUID-IMPERMEABLE SOLE

A dynamic contact problem on the oscillations of a rectangular die with fluid-impermeable sole on a porous-elastic liquid-saturated layer with a clamped lower plane is considered. The Biot's soil model is used. The unknown contact pressures for the porous-elastic and liquid phases are represented by integro-differential relations by the method of orthogonal polynomials. Using computer algebra (symbolic transformations), we obtain expressions for transformants of the displacements of the area under a rectangular rigid stamp from the distributed loads on the solid porous and liquid phases, as well as asymptotic expressions. Impedance functions and their distribution between phases, stamp movement, resonant situations are established. During the calculations are carried, the geometric parameters of the calculation scheme and the parameters of the Biot's model change.