

РЕГУЛИРАНЕ НА ОСНОВНАТА СОБСТВЕНА ЧЕСТОТА ПРИ УСИЛЕНА СТОМАНЕНА ПЛОЧА

Валентин Недев, Антония Манолова
val_nedev@abv.bg, manolova@vtu.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”
Софи, 1574, ул. Гео Милев 158
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: плоча, трептене, усилване, регулиране

Резюме: При модернизация и реконструкция на сгради и съоръжения, съпроводени с монтаж на ново оборудване, с допълнителни динамични въздействия, върху съществуваща конструкция, възниква въпросът за избягване на резонансни явления. Промяната на собствената честота на съществуващата конструкция в определени граници е проблем, предмет на тази разработка. Познати са редица начини за промяна на собствената честота на трептене на конструкциите. Един от тях е избор на укрепваща система, с подходящи коравинни параметри. Разгледана е стоманена плоча, усилена с прътова система (шпренгел). Приет е модел с една динамична степен на свобода. Изведена е зависимост, която позволява да се оцени промяната на основната собствена честота на плочата, усилена с прътова система, както и да се определи коравината на прътовата система, осигуряваща основната честота в определен диапазон. Определена е ефективна зона на изменение на собствената честота на плочата, като част от комбиниранията система. Чрез фиксиране отношението на основните тонове на укрепената и неукрепената плоча, е постигната връзка между параметрите на плочата и коравината на елементите от укрепващата система. Решен е пример при зададени геометрични и механични параметри. Определена е коравината на опън в диагоналния елемент от укрепващата система.

ВЪВЕДЕНИЕ

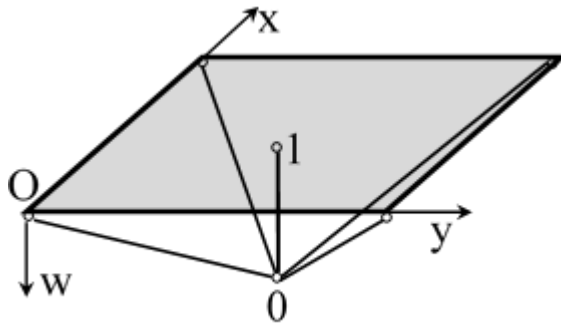
Процесът на реконструкция и модернизация при сгради и съоръжения често е съпроводен с инсталиране на съвременно оборудване. То може да се окаже източник на динамични въздействия върху конструкцията. Един от проблемите в такива случаи е избягването на резонансни явления в конструктивните елементи [1,2,3,4]. Това поражда необходимостта от управление на основната собствена честота на носещата конструкция в определени граници. Съществуват редица начини за промяна на собствените честоти на трептене на конструкциите. Един от начините за влияние се постига чрез избор на подходящи геометрични или механични параметри за някои от елементите на конструкцията.

ФОРМУЛИРАНЕ НА ПРОБЛЕМА

Целта на изследването е да се определи ефективната зона на изменение на основната собствена честота на трептене на стоманена плоча усилена със стоманена прътова конструкция (шпренгел) от нелокален тип (фиг.1). Плочата е квадратна в план и е подпряна в четирите ъгъла.

АНАЛИЗ НА ПРОБЛЕМА

В духа на класическите традиции приемаме основна система с маса на плочата, съсредоточена в нейния геометричен център. При игнориране на масата на шпренгела, за система с една динамична степен на свобода можем да запишем [5]



Фиг.1. Схема на конструкцията

$$(1) \quad \omega = \sqrt{(\delta_{11}^m)^{-1}},$$

където: m е масата на плочата, δ_{11} е преместването на присъединената маса от единична сила приложена в масата по направление на трептенията.

Определянето на единичното преместване δ_{11} извършваме по метода на силите за основна система изобразена на фиг.2. Каноничното уравнение в случая приема вида

$$(2) \quad (\delta_{11}^m + \delta_{11}^s)X_1 - \delta_{11}^m = 0,$$

където: δ_{11}^m е единичното преместване на присъединената маса на плочата, а δ_{11}^s е единичното преместване на възела от шпренгела в основната система.

В резултат можем да запишем

$$(3) \quad X_1 = \delta_{11}^m (\delta_{11}^m + \delta_{11}^s)^{-1},$$

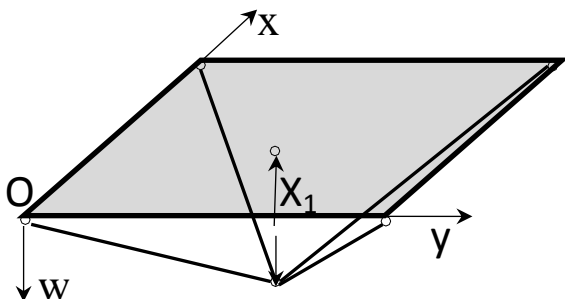
$$(4) \quad \delta_{11}^s = \delta_{11}^m (1 - X_1).$$

След заместване на (3) в (4), получаваме

$$(5) \quad \delta_{11}^s = \delta_{11}^m [1 - (1 + \eta)^{-1}],$$

където е положено

$$(6) \quad \eta = \delta_{11}^s / \delta_{11}^m.$$



Фиг.2. Основна система

Ако с ω_0 означим основната собствена честота на неусилената плоча, можем да изразим честотата от израза (1), както следва

$$(7) \quad \omega = \kappa \omega_0.$$

В резултат, за параметъра κ са валидни зависимостите

$$(8) \quad \kappa = (\eta^{-1} + 1)^{1/2}$$

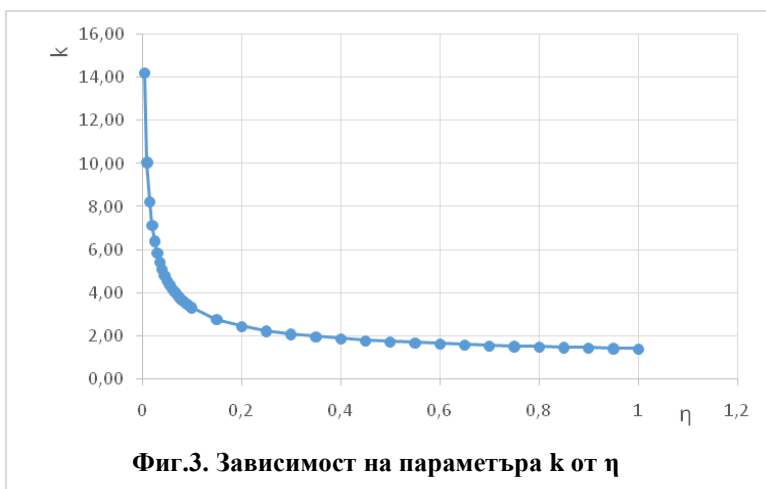
или

$$(9) \quad \eta = (\kappa^2 - 1)^{-1}.$$

Зависимостта (8) позволява да се оцени промяната в основната честота на

трепене на плочата подсилена с прътова система при зададени параметри на системата. Това позволява да се определи коравината на прътовата система, осигуряваща основна честота в определен диапазон.

От графиката на фиг.3 може да се направи извода, че практически целесъобразното влияние на параметъра η , характеризиращ отношението на податливостите на плочата и шпренгела е в диапазона $0,005 \leq \eta \leq 0,900$. Това изменение осигурява промяна в основния тон на един порядък.



Фиг.3. Зависимост на параметъра k от η

Практически интерес представлява по-скоро проблемът за избор на параметрите на прътовата система осигуряващи предварително зададена промяна на основната собствена честота на усилената плоча. Това може да се извърши при фиксирано отношение на основните тонове на укрепената и неукрепената плоча (k) чрез което се определя отношението на единичните премествания на присъединената маса и

съответния възел от шпренгела. Така, при зададени параметри на плочата, се определя съответната коравина на прътовата система, съдържаща параметрите на същата. Става и възможно, да се оцени влиянието на всеки параметър (геометричен или физичен) за постигането на поставената цел.

ПРИМЕР

За илюстрация ще разгледаме двукратно повишаване ($k = 2$) на основната собствена честота на система от плоча и шпренгел.

За плочата приемаме: размер в план – $a = 2,00m$; дебелина - $t = 0,01m$; ъгъл между плочата и наклонения прът от шпренгела - α ; височина на стойката на шпренгела - h , модул на линейните деформации $E = 2 \cdot 10^{11} Pa$; коефициент на Поасон - $\nu = 0,25$.

От зависимостта (9) при $k = 2$ получаваме за $\eta = 0,333$.

Така за податливостта на шпренгела от (6) получаваме

$$\delta_{11}^s = 0,333 \delta_{11}^m$$

За единичното преместване на съсредоточената в геометричния център на плочата маса по МКР [6] получаваме

$$\delta_{11}^m = 2,6936 \lambda^2 D^{-1}, \text{ където:}$$

$$\lambda = a/8 = 2,00/8 = 0,25 m; \quad D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,01^3}{12(1-0,25^2)} \approx 0,18 \cdot 10^5 Nm.$$

Следователно, податливостта на шпренгела следва да е със стойност

$$\delta_{11}^s = 0,333 \cdot 2,6936 \frac{0,25^2}{0,18 \cdot 10^5} \approx 0,312 \cdot 10^{-5} m/N.$$

От решението на шпренгела за единична вертикална сила, приложена в горния край на стойката, можем да запишем

$$\delta_{11}^s = \frac{a}{4\sqrt{2}E} \left(\frac{1}{A_s \sin^2 \alpha \cos \alpha} + \frac{4tg \alpha}{A_d} \right) = 0,312 \cdot 10^{-5} m/N.$$

Анализът на последната зависимост показва, че удовлетворяването на равенството може да се постигне или чрез увеличаването на височината на шпренгела, или чрез промяна в коравините на неговите елементи.

Ако приемем височината $h = 0,125a$ и площта на напречното сечение на стойката да е два пъти по-голяма от тази на диагонала ($A_s = 2A_d = 2A$), за коравината на диагонала получаваме

$$EA = \frac{a}{4\sqrt{2}\delta_{11}^s} \left(\frac{1}{2 \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha} + 4tg \alpha \right) =$$

$$= \frac{2,00}{4\sqrt{2} \cdot 0,312 \cdot 10^{-5}} \left(\frac{1}{2 \cdot 0,1741^2 \cdot 0,9847} + 4 \cdot 0,1768 \right) \approx 19,78 N$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работата е изложен подход за регулиране на основния тон на трептене за един тип дискретно – континуална система. Определен е ефективният интервал за влияние върху основната честота на системата. Приведен е редът за определяне на параметрите на укрепващата конструкция, за постигане на желана основна честота на съставната конструкция. Разгледан е илюстративен пример.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Титов, А., М. Сахановский. Уроки аварий стальных конструкций. Киев, 1969
- [2] Венков, В., Н. Игнатиев, В. Неделчев. Възстановяване и усилване на масивни конструкции на сгради. София, Техника, 1988
- [3] Лашенко, М. Повышение надежности металлических конструкций зданий и сооружений при реконструкции. Ленинград, Стройиздат, 1987
- [4] Кикин, А., А. Васильев, Б. Кушутин. Повышение долговечности металлических конструкций промышленных зданий. Москва, Стройиздат, 1984
- [5] Върбанов, Хр. Устойчивост и динамика на еластични системи. София, Техника, 1989
- [6] Улицкий, И. и др. Железобетонные конструкции. Киев, Будівельник, 1972

ADJUSTMENT OF THE BASIC NATURAL FREQUENCY IN STRENGTHENED STEEL PLATE

Valentin Nedev Antonia Manolova

*Todor Kableshkov University of Transport
Geo Milev Str. 158, Sofia, BULGARIA*

Key words: *steel slab, frequency, adjustment*

Abstract: *When installing new equipment, accompanied by dynamic effects on an existing steel structure, it arises the question about avoiding resonance phenomena. The subject problem of this paper is changing existing structure's natural frequency within certain limits. A steel plate strengthened with a rod system (sprung) is considered. It is determined an effective area of natural frequency's variation of the slab, as part of the combined system. There is solved example problem. With set geometrical and mechanical parameters it is determined the tensile strength of the diagonal element.*