

## بررسی ارتعاشات درون صفحه‌ای تیر خمیده تیموشنکو به روش المان محدود

مجید رضا آیت الهی، دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران

مهدی راغبی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران

تلفن: 73912922 (21 98+)، نمابر: 7454050 (21 98+)، پست الکترونیکی: [m.ayat@iust.ac.ir](mailto:m.ayat@iust.ac.ir)

### چکیده

در این مقاله ارتعاشات درون صفحه‌ای تیر خمیده تیموشنکو به کمک روش المان محدود مطالعه شده است. ماتریسهای سفتی و جرم المان تیر به ترتیب از روی روابط نیرو- جابه‌جایی و معادلات انرژی جنبشی بدست آمده‌اند. به دلیل استفاده از سیستم مختصات قطبی محلی، روی هم سوار کردن المانها به آسانی و بدون نیاز به ماتریسهای تبدیل صورت می‌گیرد. به کمک چند مثال عددی، فرکانسهای طبیعی تیر خمیده تیموشنکو با تیر اویلر- برنولی مقایسه شده است. نتایج عددی نشان می‌دهد که در تیرهای خمیده با ضخامت زیاد فرکانسهای طبیعی بدست آمده برای تیر اویلر- برنولی از دقت کافی برخوردار نبوده و در این موارد استفاده از المان تیر خمیده تیموشنکو ضروری می‌باشد.

**کلید واژه‌ها:** تیر خمیده تیموشنکو، المان محدود، ارتعاشات، فرکانس طبیعی.

### فهرست علائم:

|            |                                      |                  |                                          |
|------------|--------------------------------------|------------------|------------------------------------------|
| $b$ :      | ضخامت تیر در راستای عمود بر صفحه تیر | $A$ :            | سطح مقطع تیر                             |
| $E$ :      | مدول الاستیسیته                      | $C_1 - C_{10}$ : | ثوابت تیر                                |
| $F_0$ :    | نیروی مماسی وارد بر المان تیر خمیده  | $F_v$ :          | نیروی برشی وارد بر المان در راستای شعاعی |
| $G$ :      | مدول برشی                            | $g$ :            | شتاب جاذبه زمین ( $9.8 \text{ m/s}^2$ )  |
| $k$ :      | ضریب تصحیح برش                       | $h$ :            | ضخامت شعاعی تیر                          |
| $M$ :      | ممان خمشی حول محور عمود بر صفحه تیر  | $I$ :            | ممان دوم تیر با سطح مقطع مستطیل شکل      |
| $r$ :      | شعاع عمومی                           | $r_a$ :          | حول محوری که از شعاع $r$ می‌گذرد         |
| $r_b$ :    | شعاع خارجی سطح مقطع تیر              | $r_0$ :          | شعاع داخلی سطح مقطع تیر                  |
| $r_1$ :    | شعاع میانی سطح مقطع تیر              | $r_0$ :          | شعاع مربوط به تار خستای تیر              |
| $v$ :      | جابه‌جایی شعاعی تیر خمیده            | $u$ :            | جابه‌جایی مماسی تیر خمیده                |
| $\gamma$ : | چرخش سطح مقطع تیر خمیده              | $G_I$ :          | ثوابت اتنگرالگیری                        |
| $\mu$ :    | ضریب پواسون                          | $\rho$ :         | چگالی تیر خمیده                          |