به نام خدا

Market Code

به دست آوردن خواص مهندسی تیر کامپوزیتی

نسخه: ۱/۰

توسعه دهنده (گان):	فائزه دربانیان: فوق لیسانس، دانشجو	
	روح الله دهقانی فیروزآبادی: دکتری، دانشیار دانشکده هوافضا دانشگاه صنعتی شریف	
تهیه کننده مستند:	فائزه دربانیان	
تاریخ تنظیم سند:	۰۹ / ۹۳/۰۳	

Market Code

فهرست مطالب

فصل ۱: راهنمای کاربری ۷

شناسنامه کد ۷

معرفی ورودی و خروجی‌های کد مهندسی ۷

۱-۲-۱- ورودی‌های برنامه ۷

۱-۲-۲- خروجی برنامه ۸

۱-۲-۲-۱- خروجی برنامه برای تیر کامپوزیتی ۸

۱-۲-۲-۲- خروجی برنامه برای قوطی کامپوزیتی ۸

الزامات اجرای برنامه ۸

فصل ۲: مستندات آموزشی ۹

۲-۲- معرفی قسمتهای مختلف برنامه ۲۶

۲-۲-۱تیر کامپوزیتی ۲۶

۲-۲-۲ Main code ۲۶

۱-۲-۲-۳- Lamina numbers ۲۷

۱-۲-۲-۴- Pointers “x” , “y” ۲۷

۱-۲-۲-۵- S_Matrix ۲۷

۱-۲-۲-۶- Layers ۲۸

۱-۲-۲-۷- Hardness Matrix ۲۹

۱-۲-۳- جعبه‌ی کامپوزیتی ۲۹

۱-۲-۴ Main code ۲۹

۱-۲-۴-۱- Box size ۲۹

۱-۲-۴-۲- Lamina numbers ۳۰

۱-۲-۴-۳- Pointers “x” , “y” ۳۰

۱-۲-۴-۴- S_Matrix ۳۰

۱-۲-۴-۵- Layers ۳۱

۱-۲-٤-٦ Hardness Matrix ۳۲

فصل ۳: اعتبارسنجی ۳۳

۳-۱ تیر کامپوزیتی ۳۳

۳-۱-۱ معرفی مدل تیر مورد بررسی ۳۵

۳-۱-۲ تیر تحت بار خمشی عرضی ۳٦

Market Code

۳-۱-۳ تیر تحت بار خمشی جانبی ۳۷
۳-۱-٤ تیر تحت ممان پیچشی ۳۸
۳-۲ جعبه‌ی کامپوزیتی ۳۹
۳-۲-۱ معرفی جعبه‌ی مورد بررسی ۳۹
۳-۲-۲ اعمال بار خمشی ۴۰
۳-۳ اعمال ممان پیچشی ٤۱
مراجع ٤۳

Market Code

فهرست اشکال

شکل (۱) نمودار درختی کد اصلی تیر و زیرشاخه های آن ۹

شکل (۲) نمایش لایه ها ۱۰

شکل (۳) نیرو و ممان های وارد بر تیر ۱۲

شکل (۴) نمایش تنش های وارد بر ورق کامپوزیتی ۱۲

شکل (۵) نمایش زاویه ی الیاف نسبت به محور ۱۴

شکل (۶) قوطی کامپوزیتی ۱۹

شکل (۷) دستگاه مختصات محلی تیرهای عمودی ۲۲

شکل (۸) نمونه ی فایل ورودی خواص مهندسی ۲۷

شکل (۹) نمونه ی فایل ورودی مشخصات لایهها ۲۸

شکل(۱۰) نمونه ی فایل ورودی خواص مهندسی ۳۰

شکل (۱۱) نمونه ی فایل ورودی مشخصات لایه ها ۳۱

شکل (۱۲) تیر یکسرگیردار ۳۴

شکل (۱۳) نمایش تغییر شکل تیر تحت بار خمشی عرضی در نرم افزار PATRAN ۳۷

شکل (۱۴) نمایش تغییر شکل تیر تحت بار خمشی جانبی در نرم افزار PATRAN ۳۸

شکل (۱۵) نمایش تغییر شکل تیر تحت ممان پیچشی در نرم افزار PATRAN ۳۹

شکل (۱۶) نمایش تغییر شکل جعبه تحت بار خمشی در نرم افزار PATRAN ۴۱

شکل (۱۷) نمایش تغییر شکل جعبه تحت ممان پیچشی در نرم افزار PATRAN ۴۲

Market Code

فهرست جداول

جدول (۱) شناسنامه کدخواص مهندسی تیرکامپوزیتی ۷
جدول(۲) خواص مهندسی الیاف گرافیت ۳۶
جدول(۳) مقایسه‌ی ماکزیمم جابجایی تیرتحت بارخمشی عرضی ۳٦
جدول (۴) مقایسه‌ی ماکزیمم جابجایی تیرتحت بارخمشی جانبی ۳۷
جدول (۵) مقایسه‌ی ماکزیمم تغییرزاویه‌ی تیرتحت ممان‌پیچشی ۳۸
جدول (۶) خواص مهندسی الیاف گرافیت ۴۰
جدول (۷) مقایسه‌ی ماکزیمم جابجایی تیرتحت بارخمشی ٤۰
جدول(۸) مقایسه‌ی ماکزیمم تغییرزاویه‌ی جعبه تحت ممان‌پیچشی ٤۱

Market Code

چکیده

هدف از کد مهندسی حاضر به دست آوردن خواص مهندسی تیر کامپوزیتی است. بدین منظور ماتریس سختی تیر کامپوزیتی با لایه چینی عام با فرض روابط حاکم بر تیر اویلر-برنولی بدست آمده است. سپس روابط برای قوطی کامپوزیتی توسعه داده شده اند. در این راستا از کد توسعه داده شده در نرم افزار Visual Studio استفاده شده است. برای استفاده از این کد می بایست ملزومات مسئله شامل خواص و جنس ماده ی کامپوزیت، زاویه ی لایه ها و ضخامت آن ها در فایل های ورودی آورده شود.

کلمات کلیدی: ورق کامپوزیت، لایه چینی، الیاف، ماتریس سختی، ماتریس برآورد

Market Code

فصل ۱: راهنمای کاربری

شناسنامه کد

شناسنامه کد مهندسی تهیه شده برای به‌دست آوردن خواص مهندسی تیر کامپوزیتی به شرح زیر است.

جدول (۱) شناسنامه کد خواص مهندسی تیر کامپوزیتی

نام برنامه	Engineering Property Of Composite Beam
نویسندگان	فائزه دربانیان–روح الله دهقانی فیروزآبادی
تاریخ ارسال	۱۳۹۲/۲/۳۱

معرفی ورودی و خروجی‌های کد مهندسی

در این بخش ورودی‌ها و خروجی‌های برنامه به مختصر معرفی می‌شوند:

۱-۲-۱- ورودی‌های برنامه

ورودی‌های کد تیر کامپوزیتیشامل مشخصات ورق کامپوزیت از جمله ضخامت لایه‌ها، زاویه‌ی آن‌ها نسبت به محور اصلی تیر و عرض تیر کامپوزیتی است.

ورودی‌های کد جعبه‌ی کامپوزیتی هم مشابه تیر کامپوزیتی است با این تفاوت که در این حالت تعداد ورق‌ها چهار برابر است و برای هر ورق مشخصات کامپوزیت از کاربر فراخوانی می‌شود.

Market Code

۱-۲-۲- خروجی برنامه

خروجی برنامه‌های تیرو جعبه‌ی کامپوزیتی به صورت زیر است:

۱-۲-۲-۱- خروجی برنامه برای تیر کامپوزیتی

خروجی این قسمتعبارت است از ماتریس A که نشان دهنده‌ی خواص مهندسی در راستاهای اصلی است، ماتریس B(که در حالت لایه‌چینی متقارن ماتریس صفر است)، ماتریس Dکه رابطه‌ی بین انحنای صفحه‌ی اصلی و ممان وارد شده را نشان می‌دهد و ماتریس سختی نهاییکه به صورت رابطه (۱) با استفاده از ماتریس‌های A و B و D و عرض بیم تشکیل می‌شود:

$$\begin{bmatrix} N_x \\ M_y \\ M_z \\ T_x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11}b & -B_{11}b & 0 & -B_{16}b \\ B_{11}b & -D_{11}b & 0 & -D_{16}b \\ 0 & 0 & -A_{11}\dfrac{b^3}{12} & 0 \\ -B_{61}b & D_{61}b & 0 & D_{66}b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_0{}' \\ w_0{}'' \\ v_0{}'' \\ \theta_0{}' \end{bmatrix} \qquad (۱)$$

۱-۲-۲-۲- خروجی برنامه برای قوطی کامپوزیتی

خروجی این قسمت نیز ماتریس سختی است با این تفاوت که در این حالت با استفاده از ماتریس‌های سختی بدست آمده برای چهار ضلع قوطی کامپوزیتی و طول و عرض قوطی، ماتریس سختی نهایی حاصل می‌شود.

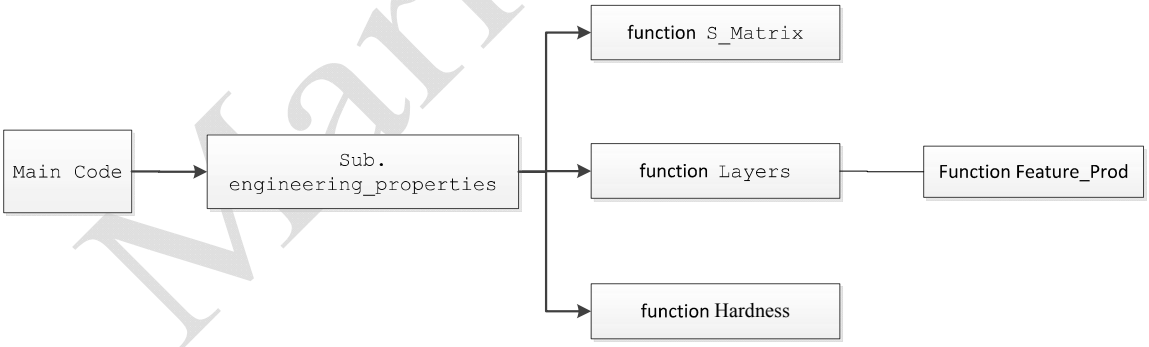
الزامات اجرای برنامه

پس از آماده‌سازی فایل‌های ورودی، برنامه قابل اجرا خواهد بود. برنامه حاضر به زبان C++ نوشته شده و در آن از توابع کتابخانه‌ای Eigen استفاده شده است. لذا برای اجرای برنامه می‌بایست این کتابخانه اضافه شده و از کامپایلرهای پشتیبان استفاده شود.

Market Code

فصل ۲: مستندات آموزشی

در این قسمت به عنوان اولین گام، کد مهندسی تهیه شده در قالب شکل (۱) توصیف می‌شود. در این شکل قسمت اصلی برنامه و زیربرنامه‌های مربوط به آن نشان داده شده‌اند. به‌علاوه اگر زیربرنامه‌ای شامل قسمت‌های مجزا باشد، این قسمت‌ها نیز نشان داده شده‌اند. در این شکل عبارت ".sub " به معنای زیربرنامه است.



شکل (۱) نمودار درختی کد اصلی تیر و زیرشاخه‌های آن

۲-۱ روابط حاکم بر مسئله

پیش از معرفی قسمت‌های مختلف برنامه، روابط حاکم بر تیر کامپوزیتی و نتایج حاصل شده آورده می‌شود.

Market Code

با توجه به رابطه ۹۶-۳ مرجع(۱) برای تیر غیر همسانگرد که همزمان تحت اثر خمش و پیچش قرار گیرد، رابطه-ی سازگاری[1] (رابطه‌ی بین منتجه‌های تنش سطح مقطع و کرنش تعمیم یافته) از رابطه (۲) که برای ماده‌ی همسانگرد برقرار است،

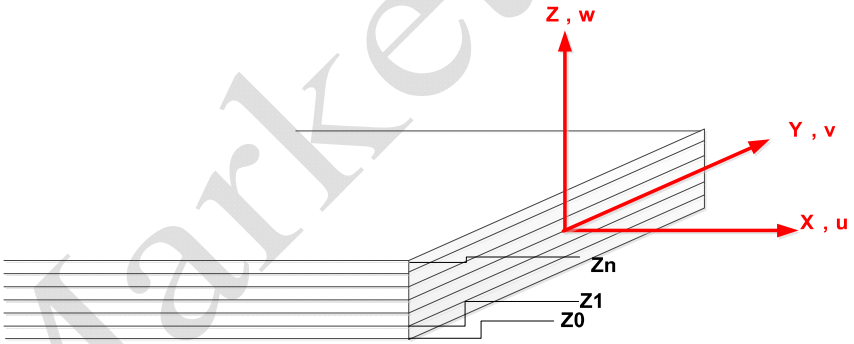
$$\begin{Bmatrix} T \\ M \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} GJ & 0 \\ 0 & EI \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \theta' \\ w_0'' \end{Bmatrix} \qquad (۲)$$

به فرم رابطه (۳) تغییر می‌کند.

$$\begin{Bmatrix} T \\ M \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} GJ & K \\ K & EI \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \theta' \\ w_0'' \end{Bmatrix} \qquad (۳)$$

به طوری که در رابطه (۳) منظور از K سختی کوپلینگ خمش-پیچش[2] و M و T به ترتیب نشان دهنده‌ی ممان خمشی و ممان پیچشی هستند. در این راستا هدف این پروژه پیدا کردن این ماتریس سختی برای ماده‌ی کامپوزیت در شرایطی عام‌تر است.

برای دسته ورق‌های کامپوزیتی نشان داده شده در **Error! Reference source not found.**،



شکل (۲) نمایش لایه‌ها

به طوری که u و v و w به ترتیب معرف جابجایی در راستای محورهای x و y و z باشند، با فرض عمود بودن سطح مقطع هر بخش بر محور تیر، جدا نشدن لایه‌ها از یکدیگر و کوچکی تغییرات شکل و زاویه، جابجایی در هر نقطه از مختصات x و y و z با استفاده از روابط (۴) تا (٦) به‌دست می‌آید:

[1] Constitutive Law
[2] Bending-Torsion Coupling Stiffness

Market Code