

# بررسی رفتار شمع‌های اسکله‌های شمع‌وعرشه بتنی ترمیم‌شده با پوسته‌های CFRP تحت بارگذاری توأم محوری و جانبی سیکلی

محمد ابراهیم زاده عطاری، کارشناس ارشد سازه‌های دریایی مرکز تحقیقات زلزله، دانشگاه صنعتی سهند\*

حسن افشین، استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی سهند

محمد زمان کبیر، دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

کریم عابدی، دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی سهند

\* تلفن: 09144125058، شماره: 0411) 5561621، پست الکترونیکی: m\_brahimzadeh\_a@yahoo.com

## چکیده

عواملی نظیر درجه حرارت و رطوبت زیاد، وجود املاح و نمک‌های فراوان، حملات بیولوژیکی و جزرومد از جمله عوامل اصلی خوردگی آرماتورها و تخریب سازه‌های بتنی در سواحل گرم و مرطوب بشمار می‌روند. استفاده از پلاستیک مسلح‌شده با الیاف (FRP) در ترمیم سازه‌ها، بخصوص در محیط‌های خورنده در حال گسترش روزافزونی می‌باشد. در این مقاله رفتار شمع اسکله شمع و عرشه بتنی قبل و بعد از ایجاد خوردگی در آرماتورها و ریختن پوشش بتنی، ترمیم پوشش بتنی، محصور کردن شمع با پوسته‌های CFRP بصورت دورپیچی کامل تا تراز کف دریا و دورپیچی موضعی تا ترازى که دائماً در زیر آب است، تحت اثر بارهای جانبی سیکلی توأم با بار محوری مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. جهت ارزیابی صحت مدل‌سازی‌ها ابتدا نتایج آنالیزهای المان محدود نرم‌افزار ANSYS<sup>®</sup> با نتایج آزمایشگاهی انجام گرفته بر روی ستونهای محصورشده با FRP مقایسه شده و مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج تحلیل‌ها نشان دهنده کارایی مناسب کامپوزیت‌های CFRP در ترمیم و جبران کاهش مقاومت، شکل‌پذیری و میزان اتلاف انرژی شمع‌های آسیب دیده بر اثر خوردگی آرماتورها می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** ترمیم، اسکله شمع و عرشه بتنی، شمع، CFRP، محصورشدگی، خوردگی، شکل‌پذیری

## 1- مقدمه

سازه‌های بتنی قرار گرفته در سواحل مناطق گرم و مرطوب بعلاوه درجه حرارت و رطوبت زیاد، وجود املاح و نمک‌های فراوان، حملات بیولوژیکی، سایش امواج و جزرومد در معرض تخریب قرار دارند. ترمیم این نوع از سازه‌ها با صفحات پلیمر مسلح شده با الیاف یکی از بهترین راه‌حلها می‌باشد. این روش با توجه به بالا بودن نسبت مقاومت و سختی به وزن، برخورداری از دوام و مقاومت عالی در برابر خوردگی، سرعت و آسانی نصب مورد توجه گسترده‌ای قرار گرفته است. در زمینه ترمیم شمع‌های دریایی با استفاده از محصورکننده‌های CFRP تحت بارگذاریهای قائم و جانبی افزاینده تا کنون دو مقاله توسط مؤلفین همین مقاله چاپ و ارائه شده است [1، 2]. تحقیق حاضر، بمنظور بررسی رفتار پایه‌ی یکی از اسکله‌های شمع‌وعرشه بتنی (شکل 1) قبل و بعد از ایجاد خوردگی در آرماتورها و ریختن پوشش بتنی، ترمیم پوشش بتنی، محصور کردن شمع با پوسته‌های CFRP بصورت دورپیچی کامل تا تراز کف دریا و دورپیچی موضعی تا ترازى که دائماً در زیر آب است، تحت بارگذاریهای توأم محوری و جانبی سیکلی، در مقیاس واقعی و به کمک نرم‌افزار المان محدود ANSYS<sup>®</sup> صورت گرفته است.

## 2- تحلیل عددی بروش المان محدود

### 1-1 مدل‌سازی

چنانکه در شکل 2 نشان داده شده است شمع بتن مسلح بصورت سه‌بعدی مدل‌سازی شده و بدلیل تقارن مدل هندسی و بارگذاری، از امتیاز تقارن نرم‌افزار ANSYS<sup>®</sup>، استفاده گردیده است. برای مدل‌سازی بتن، میلگردها و پوسته‌های CFRP بترتیب از المان‌های Solid65، Link8 و المان 4-گره‌ی سه‌بعدی Shell181 که دارای 6 درجه آزادی در هر گره می‌باشد، استفاده گردیده است. نظر به اینکه نیروی لازم برای جدایش مابین بتن و محصورکننده FRP مقدار بزرگی می‌باشد، چسبندگی بین بتن و پوسته‌های FRP بشکل ایده‌آل، چسبندگی کامل فرض شده [3] و از قابلیت ادغام گرہها استفاده گردید [4]. شرایط انتهایی یا تکیه‌گاهی در تمام نمونه‌ها بصورت دوسرگیردار بوده و انتقال بار در بارگذاری‌ها توسط صفحه صلبی در بالای ستون صورت گرفته است.

### 2-2 ارزیابی صحت مدل‌سازی

برای ارزیابی صحت مدل‌سازی از مدل نمودن نمونه‌های آزمایشگاهی در نرم افزار ANSYS استفاده شده است. نمونه‌های C1 از مرجع [5] و نمونه U25-2 از مرجع [6] که ابعاد و مشخصات آنها در جدول 1 ارائه شده است، مدل‌سازی شده و نتایج بدست آمده با نتایج