بررسی تقویت اتصال ستون میانی به دال تخت بتن آرمه با استفاده از مصالح پلیمری کربن دار

دکتر ابوالقاسم کرامتی[1]، مهندس حسن بابایی[2]

1- استادیار، گروه عمران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
Keramati@aut.ac.ir
2- دانشجوی کارشناسی ارشد، سازه، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
Hasanbabaei90@aut.ac.ir

چکیده

در این تحقیق به بررسی اتصال ستون میانی به دال تخت بتن آرمه می پردازیم که توسط نوارهای CFRP به صورت رکابی و خاموت هایی اطراف ستون در داخل دال برای افزایش ظرفیت برش پانچ تقویت شده بودند. سپس با استفاده از نرم افزار اجزاء محدود مدل های مختلفی از اتصالات بدون تقویت و تقویت شده با پارامترهایی از قبیل درصد آرماتور خمشی، ضخامت دال، ضخامت نوارهای CFRP و تعداد رکابی های CFRP ساخته شده و نمودارهای نیرو تغییر مکان برای آن ها مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان دهنده ان است که تقویت این اتصالات به این روش ظرفیت برش پانچ این اتصالات را به میزان 24 درصد افزایش می دهد.

واژه‌های کلیدی: برش پانچ، CFRP، آنالیز عددی، مقاوم سازی برشی.

1. مقدمه

دال های تخت بتن آرمه نوعی از سیستم های سقفی هستند که دارای کاربرد زیادی می باشند. تکیه گاه این دال ها ستون های اطراف آن ها می باشد. از آنجا که در این دال ها از تیر بتنی استفاده نمی شود، لذا فضای بیشتری را برای هر طبقه ایجاد می کند. این دال ها علاوه بر فوایدی که دارند دارای نقاط ضعفی نیز می باشند، که یکی از ضعف های مهم این دال ها شکست برش پانچ می باشد. این برش در محل اتصال ستون به دال تخت روی می دهد، که شکست تردی با تغییر شکل کم اتفاق می افتد. یکی از نشانه های شکست پانچ به وجود آمدن ترک هایی در اطراف ستون به صورت شعاعی می باشد. روش های مختلفی برای افزایش ظرفیت برش پانچ وجود دارد مانند: استفاده از آرماتور های برشی، کتیبه و سرستون و ... می باشد.

تعدادی اتصال دال به ستون در دال های تخت که در سال های 1970 تا 1990 ساخته شده بودند که نمی شد در آن ها آرماتور برشی به کار برد. از طرفی افزایش بار ثقلی در مقایسه با بار طراحی لازم می ساخت که

Archive of SID
www.SID.ir

اتصال دال به ستون برای برش پانچ تقویت گردد. Ebed and Marzouk از بولت به همراه صفحات فولادی در سطوح بالا و پایین دال استفاده کردند [1,2].

استفاده از مصالح پلیمری برای تقویت سازه ها در طی دو دهه اخیر بسیار رایج شده است، مانند تقویت تیرها و دال ها ... . مطالعات انجام شده بیشتر برای تقویت خمشی دال ها می باشد. از خصوصیات مصالح پلیمری می توان به مقاومت کششی بالا، وزن کم، مدول الاستیسیته بالا و سهولت اجرا می باشد.[3].

استفاده از مواد مرکب برای تقویت برش پانچ در دال های تخت بتن آرمه به کوشش Harajli و Soudki انجام شده است. آن ها نوارهای CFRP در وجه کششی نمونه ها متصل کردند. ملاحظه شد که سختی خمشی به طور قابل توجهی افزایش یافته ولی مقاومت برش پانچ به مقدار کمی افزایش یافته است[4].

اخیرا Binici and Bayrak آزمایشی را انجام دادند که در آن مصالح پلیمری به صورت رکابی و خاموت در داخل ضخامت دال در اطراف ستون به منظور تقویت برشی به کار برده شده بودند. آن ها یک دال تخت را مورد آزمایش قرار دادند که تحت بار متمرکز قرار داشت و با پارامتر های مختلفی از قبیل: شکل و مقادیر مختلف CFRPs مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش حاکی از آن بود که استفاده از نوارهای CFRP به صورت رکابی و خاموت برای تقویت برشی به صورت خارجی می تواند ظرفیت برش پانچ و تغییر شکل محل اتصال را افزایش داده ولی افزایش در سختی به مقدار کمی بوده است[5].

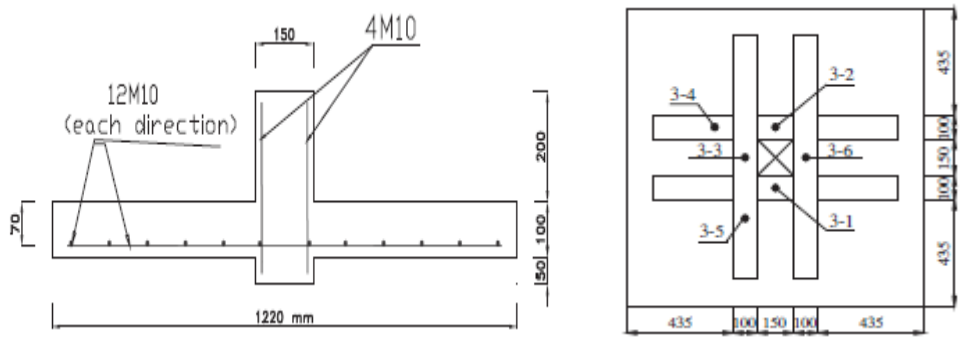
در این تحقیق به بررسی اتصال دال تخت به ستون بتن آرمه پرداخته و با استفاده از نوارهای CFRP به صورت رکابی و خاموت اتصالات را تقویت کرده و به بررسی پارامتر های مختلف می پردازیم .

2. انتخاب نمونه آزمایشگاهی

برای صحت سنجی نرم افزار از مدل آزمایشگاهی .Khaled Soudki et al استفاده شده است[6]. این نمونه که در شکل (1) مشاهده می شود بر روی تکیه گاه ساده قرار دارد. مشخصات مربوط به آرماتور ها در روی شکل نشان داده شده است. یک جک هیدرولیکی که به ستون وارد می شود باعث به وجود آمدن برش پانچ در محل اتصال می شود.بار به صورت یکسویه افزایش پیدا کرده تا اینکه در محل اتصال شکست پانچ رخ دهد. همچنین نمونه مورد نظر توسط نوارهایی که در شکل مشاهده می شود، در قسمت کششی این نوارها متصل شده و باعث تقویت اتصال مورد نظر به روشی دیگر شده است. این نمونه صرفا برای صحت سنجی نرم افزار و مدال سازی است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل (1) : نمونه آزمایشگاهی

1.2. مدل سازی نرم افزاری

استفاده از نرم افزارهایی که روش های اجزا محدود استفاده می کنند کاربرد وسیعی پیدا کرده است. یکی از این نرم افزارهای قدرتمند برنامه Abaqus می باشد. این نرم افزار قابلیت مدل سازی بتن و ترک های آن را دارا می باشد. در ادامه به تعریف المان مختلف نمونه در نرم افزار مربوطه می پردازیم.

1.1.2. آرماتور های فولادی

رفتاری که برای آرماتور های فولادی در نظر گرفته شده است به صورت الاستوپلاستیک کامل فرض شده است. و از المان های خرپایی استفاده شده است. Fy=400MPa و ,E=200GPaو دارای ضریب پواسون 0.3

2.1.2. بتن

از مدل آسیب دیدگی بتن برای معرفی بتن استفاده سده است. المان های مربوط به بتن المان آجری هشت گره ای می باشد. و دارای Fc=30 MPa و ضریب پواسون 0.2 می باشد.

3.1.2. مصالح پلیمری کربن دار و چسب

از المان پوسته برای نوار های مواد مرکب استفاده شده است و مشخصات مربوطه در جدول(1) آمده است.
از المان آجری هشت گره ای برای مدل سازی چسب استفاده شده است .

Archive of SID

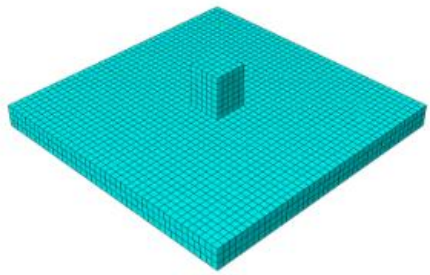
www.SID.ir

جدول (1) : مشخصات مصالح پلیمری کربن دار

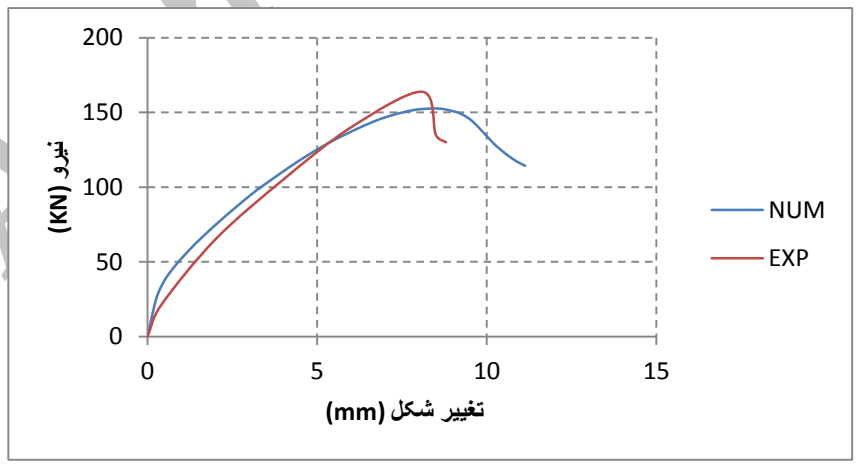
مقاومت کششی طولی	مقاومت فشاری طولی	مقاومت کششی عرضی	مقاومت فشاری عرضی	مقاومت برشی
1500(MPa)	1200(MPa)	50(MPa)	250(MPa)	70(MPa)

E1 (GPa)	E2 (GPa)	E3 (GPa)	Nu12	Nu13	Nu23	G12 (GPa)	G13 (GPa)	G23 (GPa)
144.7	9.65	9.65	0.3	0.3	0.45	5.2	5.2	3.4

بعد از مدل سازی نمونه آزمایشگاهی در نرم افزار شکل (2) و رسم نمودار بار تغییر مکان با نمودار مربوط به نمونه آزماشگاهی مقایسه شده است شکل(3).



شکل (2) : مش بندی نمونه آزمایشگاهی



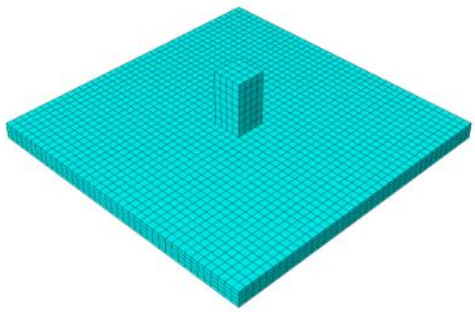
شکل (3) : مقایسه نتایج آزمایشگاهی و عددی

همانطور که ملاحظه می شود نتایج به یکدیگر نزدیک هستند.

www.SID.ir

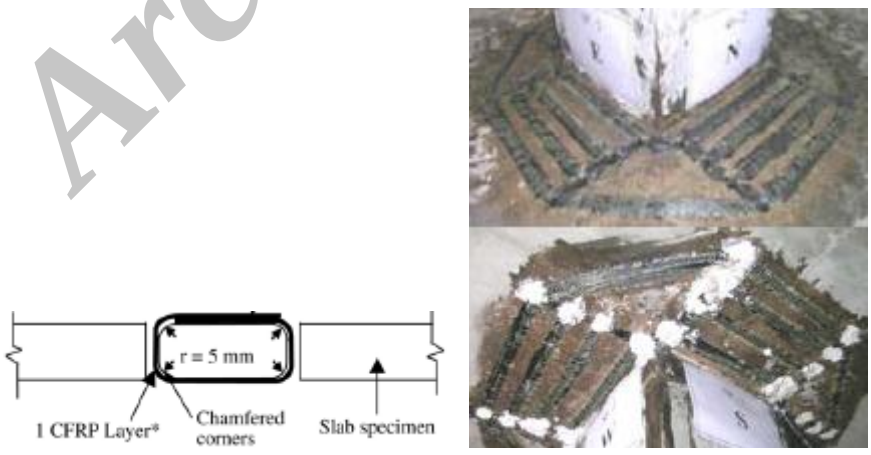
3. مطالعات عددی

دال های مورد مطالعه دارای ابعاد 4000*4000 میلیمتر می باشند. بار به صورت گسترده به ستون وسط دال که دارای ا بعاد 400*400 میلیمتر می باشد، وارد می شود. تکیه گاه چهارلبه آن به صورت ساده می باشد شکل(4) .



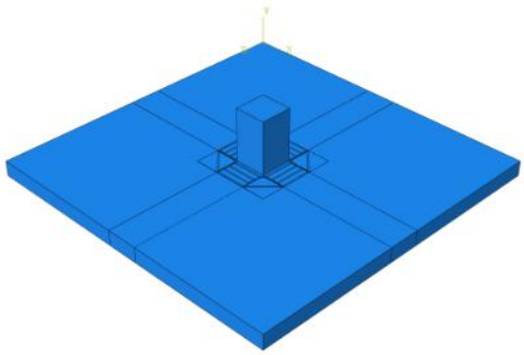
شکل (4) : مش بندی نمونه ها ی مدل سازی شده

تقویت اتصالات به این صورت است که ابتدا توسط دریل اطراف ستون را در فواصل معین سوراخ می کنیم سپس نوارهای به عرض 20 میلیمتر بریده و به صورت دور پیچ حول دو سوراخ کنار هم توسط چسب متصل می کنیم فاصله بین رکابی های معادل نصف عمق مؤثر دال و فاصله بین اولین رکابی و وجه ستون معادل یک چهارم عمق مؤثر دال است شکل(5و6). در انتها فضای داخل سوراخ با چسب پر شده ودر قسمت کششی دال نیز صفحات CFRP متصل شده است[7].



شکل (5) : نحوه به کاربردن رکابی و خاموت های CFRP [7]

Archive of SID
www.SID.ir



شکل (6) : نمونه تقویت شده در نرم افزار

در این قسمت نتایج حاصل مطالعات عددی مورد بررسی قرار خواهد گرفت. بدین منظور نمودار بار تغییر مکان نمونه ها مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. پارامتر هایی که در مطالعه مورد بررسی قرار گرفته اند شامل درصد آرماتورهای خمشی، ضخامت دال، ضخامت نوار های مواد پلیمری و تعداد رکابی و خاموت های برشی CFRP که از نوار های CFRP ساخته شده است می باشد.

مشخصات نمونه ها در جدول (2) آمده است.

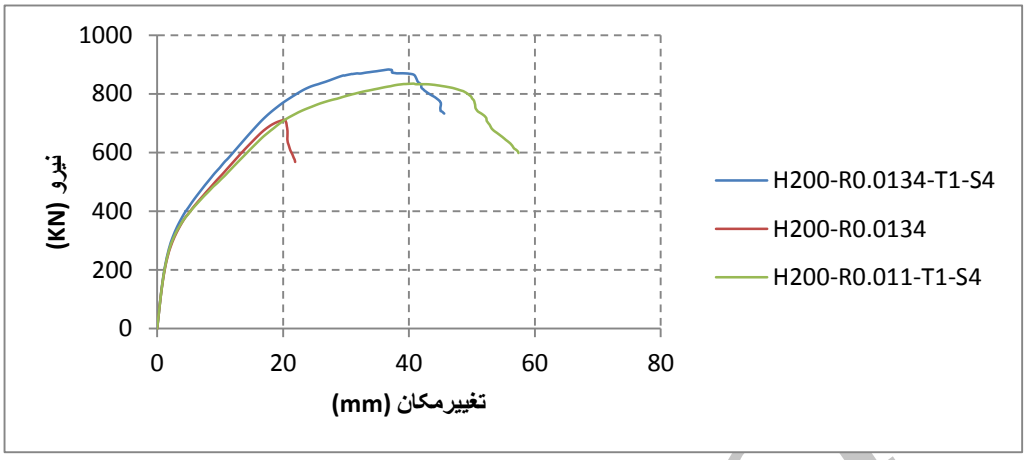
جدول (2) : مشخصات نمونه های آنالیز عددی

نام نمونه	ضخامت دال	درصد آرماتور خمشی	ضخامت نوار (mm)	تعداد خاموت
H200-R0.011	200	1.1	-	-
H200-R0.0134	200	1.34	-	-
H200-R0.016	200	1.6	-	-
H170-R0.0134	170	1.34	-	-
H220-R0.0134	220	1.34	-	-
H200-R0.0134-T1-S4	200	1.34	1	4
H200-R0.0134-T0.5-S4	200	1.34	0.5	4
H200-R0.011-T1-S4	200	1.1	1	4
H200-R0.0134-T1-S8	200	1.34	1	8

شکل (7) نمودار نیرو تغییر مکان اتصال مقاوم سازی شده و مقاوم سازی نشده را با یکدیگر مقایسه می نماید. همانطور که مشهود است، بار نهایی به میزان 24 درصد افزایش می دهد.

Archive of SID

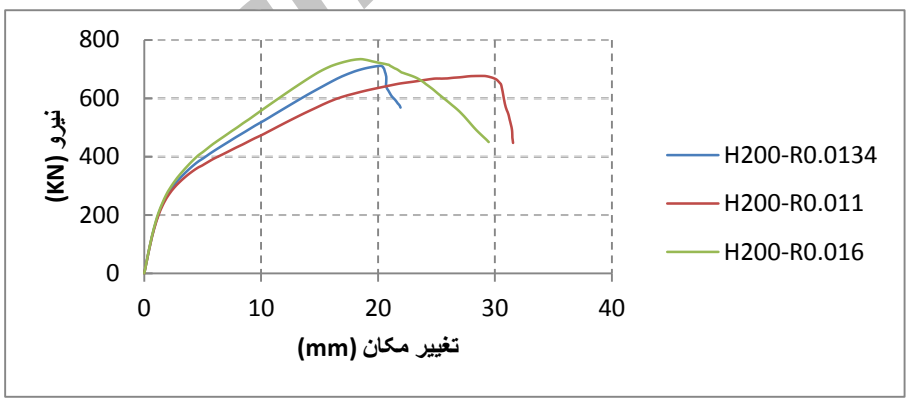
www.SID.ir



شکل (7) : مقایسه نمودارهای اتصالات تقویت شده و تقویت نشده

1.3. آرماتور های خمشی

همانطور که در شکل (8) دیده می شود با افزایش درصد آرماتور های طولی شکل پذیری محل اتصال کاهش می یابد. به طوری که در نمونه H200-R0.011 ظرفیت برش 676 KN و تغییر شکل 29.2 mm و در نمونه H200-R0.016 ظرفیت برش 733KN و تغییر شکل 18 mm می باشد همانطور که ملاحظه می شود، ظرفیت برش به مقدار کمی و تغییر شکل در بار نهایی با افزایش درصد آرماتور خمشی کم می شود.

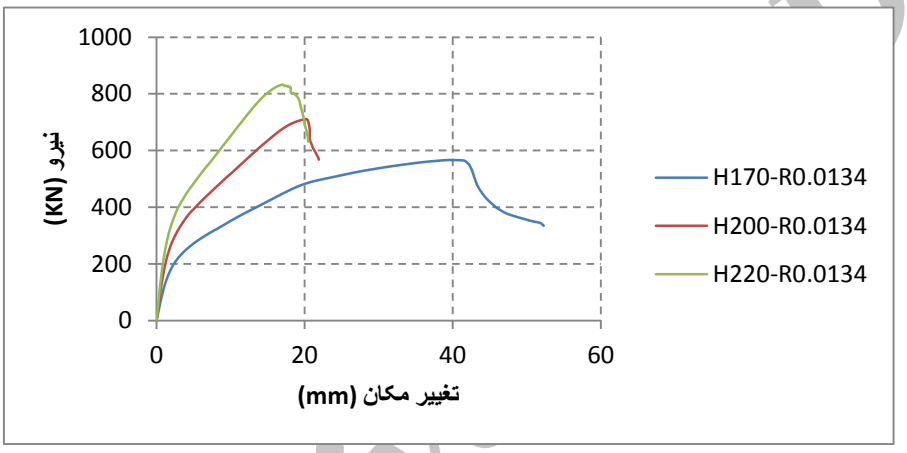


شکل (8) : مقایسه نمودارهای نمونه ها با درصد آرماتور خمشی متفاوت

www.SID.ir

2.3. ضخامت دال

شکل (9) نمودار نیرو تغییر مکان را برای سه نمونه آزمایشی نشان داده است. همانطور که دیده می شود با افزایش ضخامت دال ظرفیت برش پانچ نمونه افزایش چشمگیری دارد ولی تغییر شکل در بار نهایی کاهش پیدا می کند. به عنوان مثال بار نهایی در نمونه H220-R0.0134 نسبت به نمونه H170-R0.0134 به مقدار 47 درصد افزایش پیدا می کند.



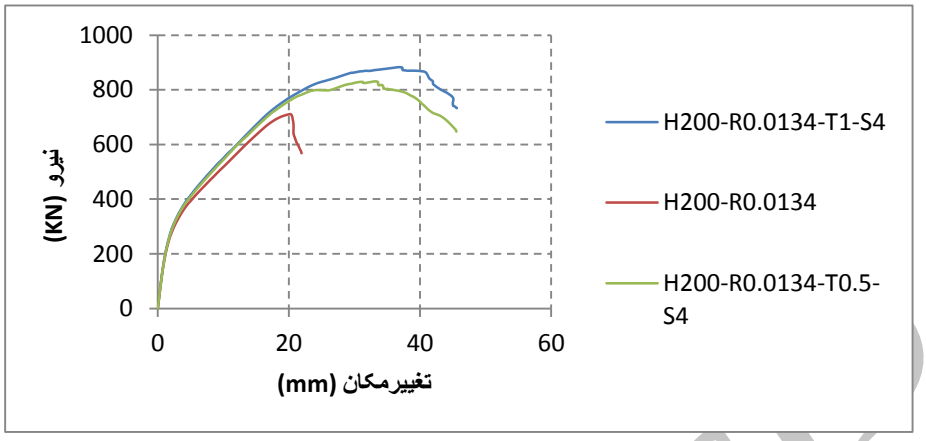
شکل (9) : مقایسه نمودارهای نمونه ها با ضخامت دال های متفاوت

3.3. ضخامت نوار های CFRP

همانطور که در شکل (10) مشاهده می شود. با افزایش ضخامت نوار ها بار نهایی به مقدار 6 درصد افزایش پیدا می کند. که مقدار کمی می باشد.

Archive of SID

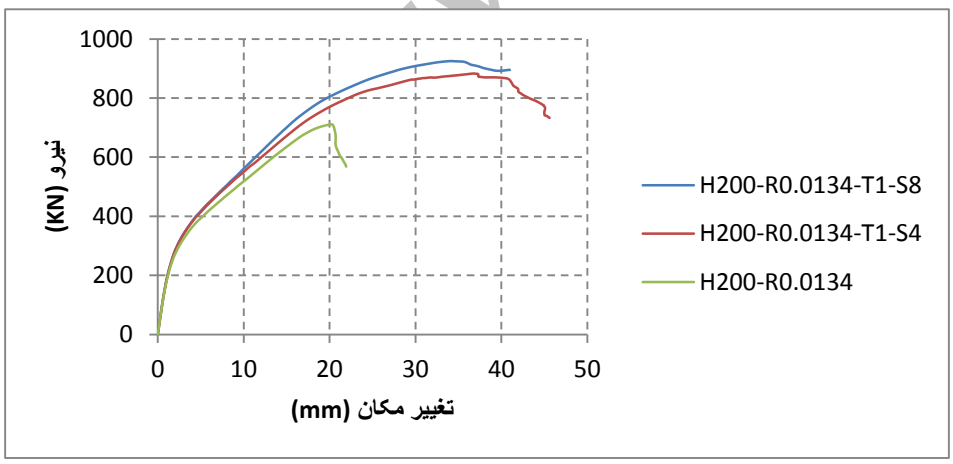
www.SID.ir



شکل (10) : مقایسه نمودارهای نمونه ها با ضخامت های CFRP متفاوت

4.3. تعداد رکابی های CFRP

با افزایش تعداد نوار ها بار نهایی به مقدار به مقدار 4.7 درصد زیاد می شود. ولی اثر آن همانطور که ملاحظه می شود کم می باشد شکل (11).



شکل (11) : مقایسه نمودارهای نمونه ها با تعداد رکابی و خاموت CFRP متفاوت

www.SID.ir

4. خلاصه و نتیجه گیری

در این تحقیق به بررسی اتصال ستون به دال تخت بتن آرمه تحت اثر برش پانچ پرداختیم. همچنین اثر پارامتر های مختلف را بر ظرفیت برش پانچ و تغییر شکل در بار نهایی را مورد بررسی قرار دادیم. برخی از نتایج حاصل از مطالعه عددی در زیر آمده است.

1. مقاوم سازی به این روش ظرفیت برش پانچ را به میزان 24 درصد افزایش می دهد.
2. استفاده از آرماتور خمشی بیشتر ظرفیت برش پانچ را به مقدار کمی بالا می برد و شکل پذیری کاهش پیدا می کند.
3. با افزایش ضخامت دال بار نهایی افزایش زیادی داشته ولی تغییر شکل در بار نهایی کم می شود.
4. با فزایش ضخامت نوار های CFRP و تعداد رکابی ها ی CFRP بار نهایی به مقدار کمی افزایش می یابد.

5. مراجع

[1] Ebead U, Marzouk H. Strengthening of two-way slabs using steel plates, *Strut J, ACI*, 99(1), 23-31, 2002.
[2] Ebead U, Marzouk H. Strengthening of two-way slabs using steel plates, *Strut J, ACI*, 99(4), 44-435, 2002.
[3] Polies W et al. Rehabilitation of interior reinforced concrete slab–column connections using CFRP sheets, *Construction and Building Materials*, (24), 1272-1385, 2010.
[4] Harajli MH, Soudki KA. Shear strengthening of interior slab-column connection using carbon fiber-reinforced polymer sheets, *J Compos Constr, ASCE*, 7(2), 53-145,2003.
[5] Binici B, bayrak O. Punching shear strengthening of reinforced concrete flat plates using CFRPs, *ASCE, J Struct Eng*,129(2), 82-1173,2003.
[6] Soudki KH et al. Strengthening of concrete slab-column connections using CFRP strips, *J King Saud University Eng* (24), 25–33, 2012.
[7] Binici B, bayrak O. Upgrading of slab–column connections using fiber reinforced polymers, *J Struct Eng* (27), 97-107,2005.

Archive of SID

www.SID.ir