

بررسی آزمایشی مقاومت انتقال برشی بتون خود متراکم با مقاومت بالا و طبیعی

چکیده :

پانزده نمونه پوش آف بدون ترک برای بررسی رفتار انتقال برش بتون خود متراکم با مقاومت بالا و مقاومت نرمال (SCC)، مورد تست قرار گرفتند. نتایج گزارش شده در بر گیرنده تنش ترک خوردگی، تنش های تسلیم، مقاومت های نهایی و مقاومت های باقی مانده می باشد. نشان داده شد که نمونه ها دارای مقاومت نهایی معنی دار می باشند و مقادیر لغزش برشی آن ها به 20 میلی متر می رسد. هم چنین نتایج نشان داد که افزایش مقاومت فشاری بتون به طور معنی داری موجب افزایش مقاومت برشی نهایی می شود با این حال اثر محدودی بر مقاومت های ترک خوردگی باقی مانده داشت. محاسبات چهار مدل موجود با نقاط قوت نهایی در مقایسه مشاهده شده است، و نقاط قوت محاسبه به طور کلی محافظه کار است. AASHTO برشی اصطکاک و مدل SMCS ارائه بهترین ارتباط با نتایج تجربی. امکان استفاده از مدل های موجود برای محاسبه مقاومت باقی مانده بررسی شده است. این پلان ها انتقال برشی پیش ترک خورده فرض می شود، و شرایط زبری بر اساس مسیر انتخاب می شوند، انتظار می رود ترک نسبت به مصالح درشت ایجاد شود. یورو کد 2 (EC2) بهترین همبستگی را فراهم می کند در حالی که محاسبات ACI طور کلی محافظت شده هستند. نقاط قوت 30 نمونه پوش آف تحلیل می شوند. یک معادله اصطکاک برشی با ضریب انسجام برابر با صفر، یک ضریب اصطکاک برابر 1.0، و حد بالایی تنش و فشار 5.5 مگاپاسکال برابر شده است محاسبه کافی از مقاومت باقی مانده نمونه غیر پیش ترک خورده پوش آف ارائه شده است.

کلمات کلیدی : قفل شدگی سنگدانه، کد ها، کنش دول، بتون خود متراکم شونده، برشی، دفورماسیون، مقاومت

1. مقدمه

مدل های برشی انتقال که در تئوری برشی اصطکاک (به عنوان مثال [3-1]) بر اساس مدل های نیمه تجربی که با استفاده از داده های تجربی به طور عمده از نمونه پوش آف به دست آمده کالیبره شده اند (به عنوان مثال [4-7]). آنها را می مقاومت مورد استفاده برای طراحی انتقال برش در سراسر مشترک سرد و یا در سراسر شکاف موجود است. انتقال

همچنین می مقاومتید در سراسر یک پلان حیاتی قبل ترک خورده نیست، مانند منطقه تحمل شاهین ساده و یا رابط بین یک corbel و ستون حمایت شود. شکل 1 را ببینید.

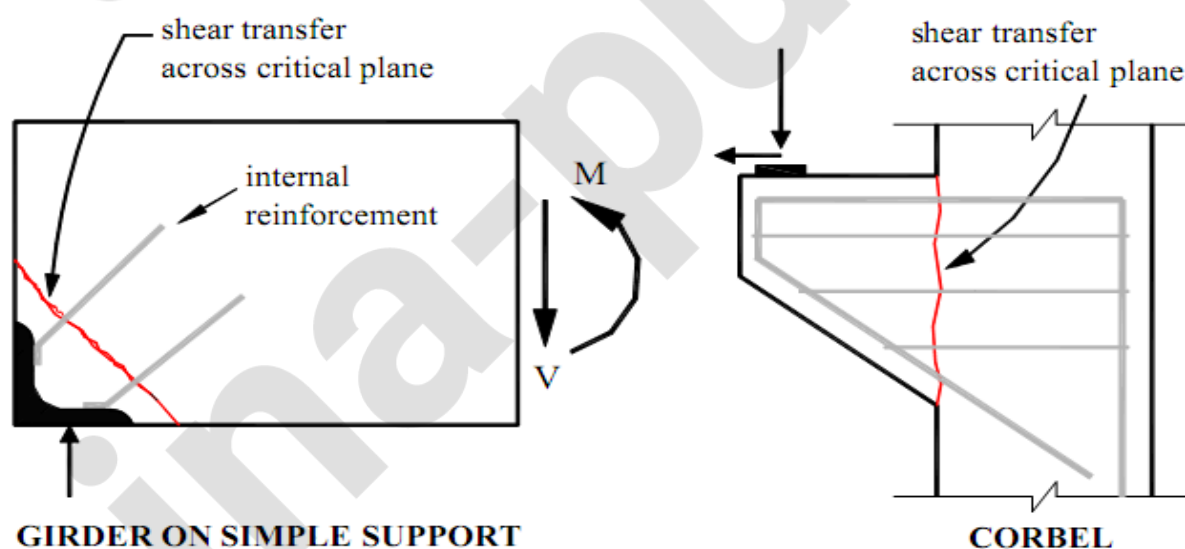
داده های تجربی مورد استفاده در کالیبراسیون از این مدل نیمه تجربی در دسترس است از سه نوع اصلی از نمونه پوش آف که به طور عمده با شرایط در پلان انتقال برشی متفاوت است: (1) نمونه هایی که پیش ترک خورده هستند، (2) نمونه هایی که پیش ترک خورده نمی شد، و (3) نمونه هایی که در دو زمان مختلف (با یک مفصل سرد) ریخته شد. شکل 2 قطعه خلاصه ای از یک نظرسنجی از تعداد نتایج آزمون در دسترس از نمونه پوش آف معمولی (با میله های تقویت کننده معمولی، و با هیچ خمش کاربردی یا محوری تاکید عمود بر امتداد پلان برشی) [19/4]. طرح می دهد تعداد جداگانه برای نمونه با بتن با مقاومت معمولی (NSC) (با مقاومت فشاری کمتر از 50 مگاپاسکال) و برای بتن با مقاومت نسبتا عالی (با مقاومت بزرگتر از 50 مگاپاسکال). شکل نشان می دهد این است که یک مقدار محدود از داده ها را از بتن با مقاومت بالا (HSC) نمونه بدون ترک وجود دارد. مطالعات اخیر نیز نشان داد که مدل تحلیلی موجود تا حد زیادی در مورد رابط پیش ترک خورده و مفاصل سرد تمرکز کرده است [20,21]. پژوهش حاضر با هدف ارائه اطلاعات بیشتر در نمونه HSC بدون پیش ترک خوردگی است.

از سوی دیگر، آن توسط Mattock و همکاران مشاهده شده است [14]. که پس از رسیدن به مقاومت برشی نهایی، پوش آف غیر پیش ترک خورده نمونه مقاومت مقاومت باقی مانده شبیه به مقاومت نمونه پیش ترک خورده بود. آزمون های کان و میچل [4] و تجزیه و تحلیل المان محدود توسط زو و همکاران [22] این مشاهدات را تایید کرد. با وجود اهمیت عملی آن، این مقاومت به طور معمول به طور جداگانه از مقاومت نهایی گزارش نشده است. این تحقیق در اضافه کردن به محدود نتیجه آزمایش ها در دسترس است که بین نقاط قوت نهایی باقی مانده افتراق کرده است.

تنش که در آن ترک های برشی اول توسعه یافته اند. به عنوان مثال، این مقادیر می مقاومتند برای ایجاد یک معیار برای انتخاب حداقل مقدار بستن تقویت مورد استفاده قرار گیرد. ترک خوردگی تنش برشی معمولا در آزمون پوش آف گزارش نشده است. این پژوهش در ارائه اطلاعات در تنش برشی ترک خوردگی است.

فهرست اصطلاحات

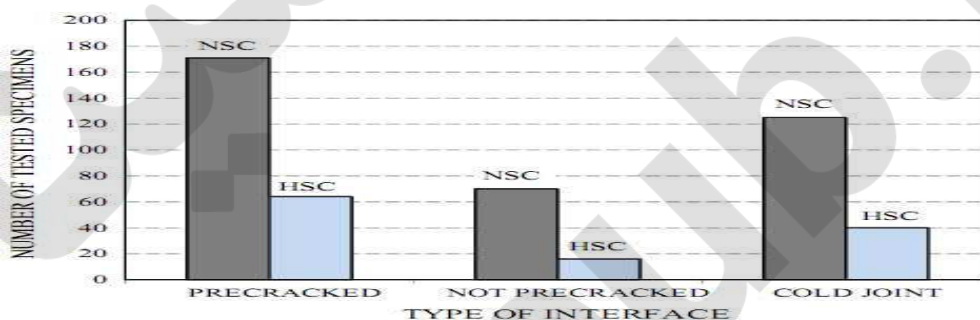
v_{r-ACI} مقاومت برشی باقی مانده (کد ACI) v_{r-EC2} مقاومت برشی باقی مانده (کد EC2) v_{r-Mat} مقاومت برشی باقی مانده (مدل Mattock) v_u مقاومت برشی نهایی مشاهده شده $v_{u-AASHTO}$ مقاومت برشی اسمی (مشخصات AASHTO) v_{u-ACI} مقاومت برشی اسمی (کد ACI) v_{u-Mat} مقاومت برشی اسمی (مدل Mattock) v_{u-SMCS} مقاومت برشی اسمی (مدل SMCS) v_y مشاهده بازده تنش برشی η عامل کاهش مقاومت (کد EC2) ρ_L نسبت آرماتورهای طولی (موازی به برش پلان انتقال) ρ_v نسبت از بستن آرماتور عمود بر صفحه انتقال برشی μ ضریب اصطکاک در مدل های اصطکاک برشی ω_L شاخص تقویت در جهت طولی (مدل SMCS) ω_v شاخص تقویت در جهت عرضی (مدل SMCS)	c ضریب مربوط به انسجام f'_c شاخص مقاومت فشاری بتن (های) f_{cd} طراحی مقاومت فشاری بتن (EC2) f_{ck} مقاومت فشاری مشخصه بتن در 28 روز (EC2) f_{ctd} مقاومت طراحی کششی بتن (EC2) f_{cu} مقاومت فشاری بتن 150 میلی متر مکعب f_{cy} مقاومت فشاری سیلندر بتن استاندارد f_y مقاومت عملکرد از تقویت f_{yL} مقاومت عملکرد آرماتورهای طولی f_{yv} مقاومت عملکرد بستن آرماتور v_{cr} ترک خوردگی تنش برشی v_{cr-A} تنش برشی ترک خوردگی محاسبه با استفاده از معادله ACI v_r مشاهده پست نهایی مقاومت برشی باقی مانده $v_{r-AASHTO}$ مقاومت برشی باقی مانده (مشخصات AASHTO)
---	---



شکل 1. انتقال برش در سراسر پلان مهم نیست قبلا ترک خورده.

از این رو، در این مقاله نتایج حاصل از یک برنامه آزمایشی در به دست آوردن درک بهتر از رفتار غیر پیش ترک خورده HSC نمونه پوش آف است. از آنجا که استفاده از بتن خود متراکم (SCC) در سراسر جهان در حال افزایش است، بتن با خواص SCC ساخته شده است. نتایج حاصل از 15 نمونه گزارش شده است. دوازده نفر از نمونه ها بودند SCC (شش NSC و شش نمونه HSC) و سه نمونه با مقاومت معمولی بتن معمولی بود. سه نمونه بتن معمولی نمونه کنترل هستند. رفتار تجربی و نقاط قوت داده می شود، از جمله یک حساب دقیق از ترک خوردگی، عملکرد، نهایی و تنش های باقی مانده است.

علاوه بر گزارش نتایج تجربی، این مقاله همچنین بین نقاط قوت نهایی مشاهده شده و در محاسبات از مدل برشی انتقال از کد ACI [1]، مشخصات AASHTO LRFD [2]، مدل تجربی سه خطی Mattock است [مقایسه 3]، و مدل ساده برای ترکیب تنش مدل resultants (SMCS) [23]. این مقاله همچنین امکان استفاده از [24] EC2، ACI و AASHTO معادلات کد و مدل Mattock برای محاسبه مقاومت باقی مانده را بررسی کرده است.



شکل 2. تعدادی از تست های پوش آف منتشر شده در مقالات.

جدول 1. جزئیات نمونه آزمون و خلاصه ای از نتایج تجربی.

Series	Specimen	Clamp. steel	ρ_{dfyv} (MPa)	f_{cu} (MPa)	f_{cy} (MPa)	v_{cr} (MPa)	v_y (MPa)	v_u (MPa)	v_t (MPa)	$\frac{v_y}{v_u}$	$\frac{v_t}{v_u}$
SCC35	35-2T6-SCC	2 ϕ 6	0.93	43.7	-	4.4	5.5	6.1	1.6	0.90	0.26
	35-2T8-SCC	2 ϕ 8	2.63			5.0	7.0 ^a	7.33	3.3	0.95	0.45
	35-3T8-SCC	3 ϕ 8	3.94			4.9	7.6	7.70	5.6	0.99	0.73
	35-3T8-SCC ^b	3 ϕ 8	3.94			5.2	8.5	8.79	4.2	0.97	0.48
	35-4T8-SCC	4 ϕ 8	5.25			6.5	9.0 ^a	9.70	5.3	0.93	0.55
	35-6T8-SCC	6 ϕ 8	7.88			6.6	10.8 ^a	11.1	5.5	0.97	0.50
SCC70	70-2T6-SCC	2 ϕ 6	0.93	79.2	81.2	3.9	6.4	8.69	2.0	0.74	0.23
	70-2T8-SCC	2 ϕ 8	2.63			6.8	9.0	11.50	4.6	0.78	0.40
	70-3T8-SCC	3 ϕ 8	3.94			6.0	11.7	12.57	4.6	0.93	0.37
	70-3T8-SCC ^b	3 ϕ 8	3.94			5.6	12.2	12.3	4.9	0.99	0.40
	70-4T8-SCC	4 ϕ 8	5.25			5.3	12.7	12.77	6.1	0.99	0.48
	70-6T8-SCC	6 ϕ 8	7.88			6.8	15.8	15.85	5.6	1.00	0.35
N35	35-2T6-0	2 ϕ 6	0.93	43.4	41.8	5.44	5.25 ^a	5.55	2.0	0.95	0.36
	35-2T8-0	2 ϕ 8	2.63			6.72	7.55	7.94	3.9	0.95	0.49
	35-3T8-0	3 ϕ 8	3.94			5.44	7.75	8.68	4.9	0.89	0.56
						Average				0.93	0.44
						Coefficient of variation (%)				8.2	28.2

2. برنامه تجربی

پانزده نمونه پوش آف تست شده با شکست مواجه شدند. نمونه ها در سه گروه مختلف ریخته شد: گروه بهنجار مقاومت SCC (SCC35)، گروه SCC با مقاومت بالا (SCC70)، و مقاومت طبیعی گروه بتن معمولی (N35) جدول 1 برخی از جزئیات در سه گروه را فراهم می کند. نمونه از همان گروه متفاوت از تعداد و اندازه تقویت بستن ارائه شده، به جز دو نمونه از هر سری SCC که همان مقدار از بستن آرماتور به عنوان دو نمونه اما مقادیر مختلف طولی (عمودی) تقویت می شود. مقاومت فشاری هدف در سه گروه 35 مگاپاسکال در SCC35 و سری N35 و 70 مگاپاسکال در سری SCC70 بود.

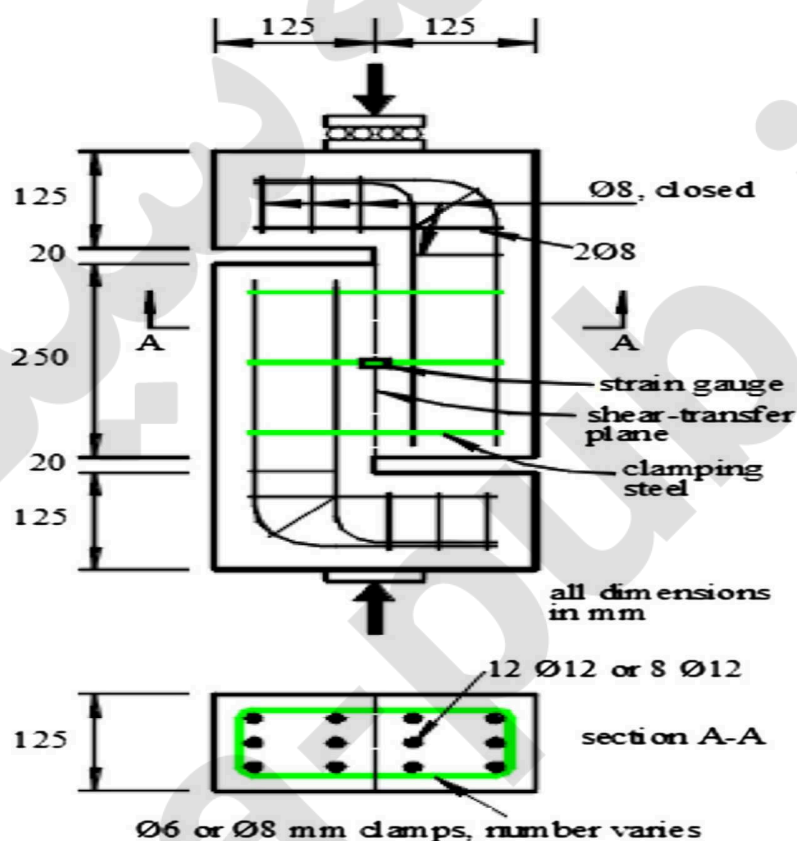
1.2. نمونه پوش آف

شکل 3 اطلاعات مربوط به نمونه را نشان می دهد. ظرفیت فولاد بستن (ρ_{dfyv}) محدوده 0.93-7.9 مگاپاسکال. تغییر شکل لغزش در سراسر پلان انتقال اندازه گیری شد. فشار در این فولاد نیز با استفاده از یک کرنش سنج که به بست مرکزی در تقاطع یکی از پاها با پلان برشی انتقال متصل شد همانطور که در شکل 3 نشان داده شده است اندازه گیری شد.

2.2. مواد بتن و مخلوط

جدول 2 نسبت اختلاط بتن را خلاصه می کند. نوع سیمان مطابق با الزامات استاندارد ASTM C 150 و آب شیر در همه نمونه ها استفاده شد. میکروسیلیس منطبق با الزامات استاندارد ASTM C 1240 در سری SCC70 استفاده شد. مصالح درشت سنگ آهک خرد شد در حالی که دانه های ریز شن و ماسه بود. همه مصالح در شرایط هوای خشک مورد استفاده قرار گرفت.

آب بالا برد کاهش (HRWR) مواد افزودنی مطابق با انواع ASTM C494 G و F و ASTM C1017 انواع 1 و 2 در تمام مخلوط استفاده شد. مخلوط SCC مبتنی بر اثر پلی مورد استفاده بود، در حالی که موارد استفاده شده در سری N35 مواد افزودنی بر اساس نفتالین بود. مقدار آب اضافه شده به مخلوط برای شرایط جبران رطوبت مصالح تنظیم شد.



شکل 3. ابعاد و تقویت نمونه پوش آف.

آزمون افت جریان در مخلوط SCC مطابق با استاندارد ASTM C1161 انجام شد. ارزش افت جریان 670 میلی متر برای بتن SCC35 و 620 میلی متر برای SCC70 بود. از رکود بتن از سری N35 140 میلی متر بود. بتن نیز بازرسی چشمی شد و هیچ نشانه ای از تبعیض مشاهده شد.

3.2. فاستر صاف فولاد

استحکام کششی میله شیرآلات مطابق با استاندارد ASTM A370-07 مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج به دست آمده در جدول 3 خلاصه شده است.

جدول 2. نسبت مخلوط

Series	Cement (kg/m ³)	Silica (kg/m ³)	Coarse Aggregates (kg/m ³)				Natural sand (kg/m ³)	Water (kg/m ³)	HRWR (ℓ/m ³)
			20-mm	12.5-mm	10-mm	3-mm			
SCC35	489	-	556	-	402	-	858	190	12.5
SCC70	509	54.5	-	-	808	462	548	165	15.7
N35	410	-	260	340	500	-	705	185	6.0

جدول 3. خواص میله های تقویت فولاد.

Nominal diameter (mm)	f_y (MPa)	f_u (MPa)
6	258	326
8	408	733
12	453	770

4.2. ریخته گری و تست

تمام نمونه ها پوش آف از هر یک از یک سری خاص از همان دسته ای ریخته شد. علاوه بر این، سیلندر اندازه استاندارد و مکعب 150 میلی متر از بتن از هر یک از مخلوط ریخته شد. قالب فلزی به تمام نمونه ها استفاده شد. بتن معمولی با استفاده از یک وسیله ارتعاش و نوسان برق فشرده شد.

پس از ریخته گری، تمام بتن با کرباس و پلاستیک ورق های مرطوب پوشیده شده بود. بیست و چهار ساعت بعد، نمونه ها از قالب جدا شده بودند و در یک مخزن آب را در آزمایشگاه به تیمار قرار گرفتند. تعداد متوسط از مکعب بتن f_{cu} و اسمقاومته های بتنی f_{cy} در روز تست در جدول 1 آورده شده است.

نمونه عمودی قرار می گیرد و لود متحدالمرکز همانطور که در شکل نشان داده شده است. 3. بارگذاری یکنواخت بود، و نرخ تغییر شکل اعمال شده توسط ماشین 1 میلی متر / دقیقه برای همه نمونه ها بود. بستن سویه فولاد و تغییر شکل

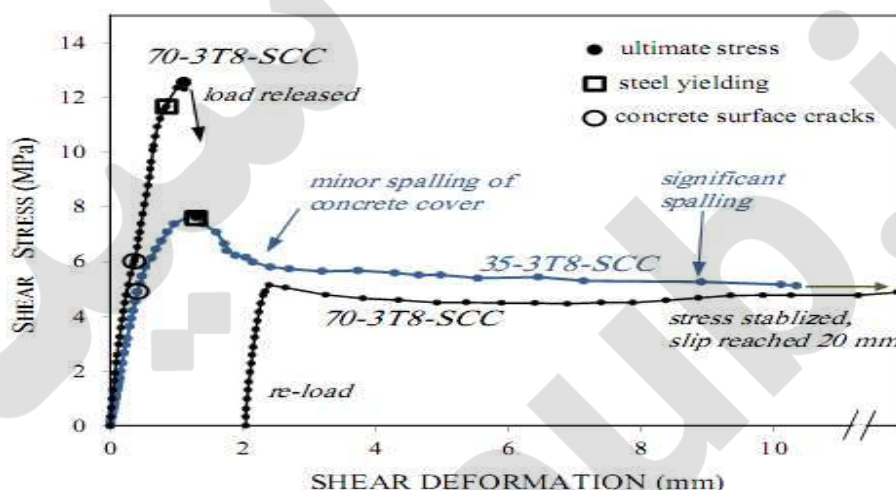
برشی (لغزش) در سراسر پلان انتقال در فواصل بسیار نزدیک اندازه گیری شد. توجه خاص به صورت بصری تشخیص از بروز ترک های سطح به زودی به عنوان آنها را توسعه داده شد.

3. نتایج تجربی

نتایج تجربی در جدول 1. خلاصه بخش های بعدی توضیح مشاهدات اصلی در جزئیات بیشتر است

1.3. رفتار کلی نمونه پوش آف

شکل 4 تنش برشی در مقابل تغییر شکل برشی در سراسر پلان انتقال در دو نمونه SCC را نشان می دهد. هر دو مورد، با سه گیره 8 میلی متر مسلح شدند، اما یکی از سری NSC SCC35 بود و از سوی دیگر از سری SCC70 بود. شکل 5 منطقه آزمون نمونه HSC در سه مرحله متفاوت از بارگیری را نشان می دهد.



شکل 4. مشاهده پاسخ مقاومت نمونه SCC نرمال و بالا.

پاسخ 35-3T8-SCC توسط سه منطقه مجزا مشخص شد. در منطقه اول و به عنوان بار افزایش یافته است، سطح ترک بتن در امتداد صفحه برشی انتقال توسعه (در یک تنش برشی به عنوان مراجعه کننده به v_{cr}) بارگذاری بیشتر باعث ترک خوردگی های اضافی و باعث سوبه در بست برای رسیدن به شروع عملکرد) در یک تنش برشی به عنوان v_y نامیده می شود. (بازده به زودی با رسیدن به مقاومت نهایی (v_u) دنبال شد. رفتار با نرم شدن در حال عیان شدن تنها به عنوان تنش نزدیک v_y در منطقه صعودی از پاسخ نسبتاً خطی بود. پس از رسیدن به تنش نهایی، مقاومت قابل توجهی کاهش یافته است. پایان منطقه نزولی با توسعه مداوم گرما محدود در بتن سطح نزدیک پلان انتقال برشی مشخص شد. نرم افزار

تغییر شکل بیشتر در تنش نسبتا ثابت به دست آمد. شکل 4 نشان می دهد که نمونه قادر به حفظ مقدار قابل توجهی از تغییر شکل برشی در یک تنش برشی نسبتا ثابت در منطقه سوم از پاسخ بود. این تنش است که به عنوان v_y مقاومت باقی مانده می گویند، و به عنوان تنش متوسط که برای مقادیر لغزش در محدوده بین 10 میلی متر و 20 میلی متر اندازه گیری شد گرفته شده است. آزمون متوقف شد زمانی که دهانه های جانبی در این نمونه تقریبا بسته، که مربوط به تغییر شکل لغزش حدود 20 میلی متر.

بر خلاف مشاهدات در نمونه بتن با مقاومت معمولی، کاهش در مقاومت T8-SCC3-70 پس از نهایی بسیار ناگهانی بود.

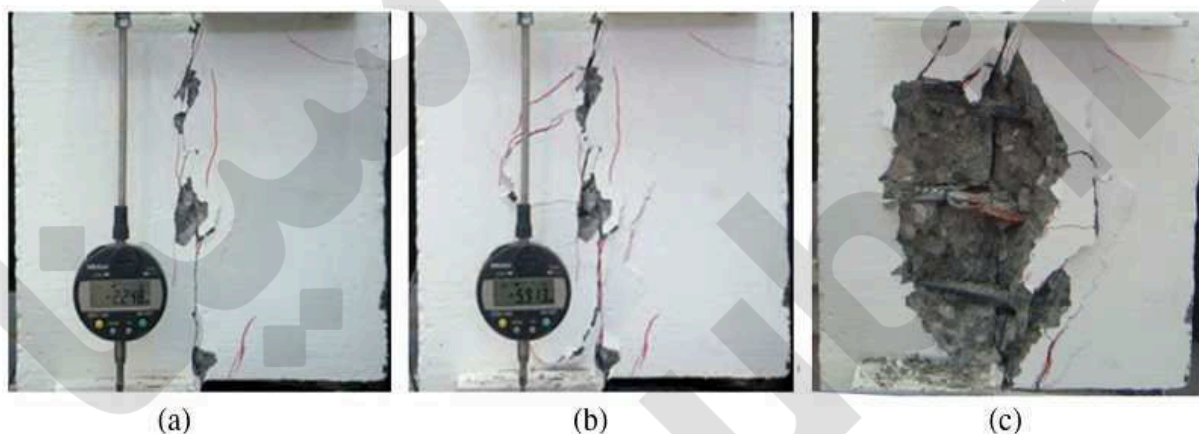
آن را ناشی از کنترل دستگاه تست به خلاص و خاموش. شکل 5 (a) شرایط این نمونه پس از انتشار از بار نشان می دهد. پوسته پوسته شدن محدودی از پوشش بتن مشاهده شد. استفاده از بارگذاری از سر گرفته شد همانطور که در شکل 4 نشان داده شده است. و مقاومت به طور قابل توجهی پایین تر از تنش نهایی قبلا به دست آمده بود. در واقع، مقاومت بازنگری مقاومت باقی مانده بود. شکل 5 (b) نشان می دهد که پوسته پوسته شدن قابل توجهی از پوشش بتن که تغییر شکل برشی در حدود 6 میلی متر رسیده است. شکل 5 (c) وضعیت نهایی نمونه پس از آزادی از بار نشان می دهد. آسیب تحت تاثیر نه تنها بتن پوشش بلکه بخشی از بتن هسته در فولاد بستن. تغییر شکل در میله بستن به دلیل رولپلاک اثر مشهود است. شکل 4 نشان می دهد که مقاومت باقی مانده از نمونه HSC است تفاوت قابل توجهی با نمونه شورای امنیت ملی با فولاد بستن یکسان نیست.

2.3. تنش ترک خوردگی

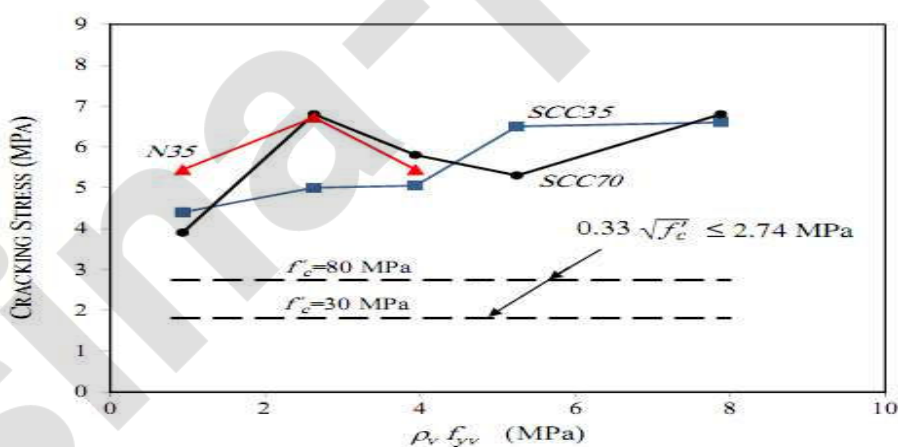
تنش های برشی ترک خوردگی (v_{cr}) که ناشی از توسعه اول ترک های سطحی در جدول 1 نشان داده شده است. گزارش این ترک ها در امتداد صفحه انتقال برشی ظاهر شد. آن ها معمولا عمودی بودند، اما در برخی موارد آن ها تمایل داشتند. به طور کلی، این ترک که با نرمی قابل توجهی در پاسخ به تنش تغییر شکل برشی همراه نبود همانطور که در شکل 4 نشان داده شده.

شکل 6 قطعه ترک خوردگی تنش برشی در مقابل مقدار بستن تقویت (ρ_{fvy}) برای سه سری از نمونه ها. در نمونه SCC از همان گروه که شامل مقادیر مشابهی از بست، مقادیر متوسط هستند رسم شده است. پراکنده بسیار بزرگ در نتایج

مشاهده می شود. نشان داده شده است که به طور کلی، مقاومت فشاری اثر محدودی در تنش ترک خوردگی نمونه SCC بود. افزایش f_{cu} از 43.7 مگاپاسکال به 79.2 مگاپاسکال باعث افزایش به طور متوسط در u_{cr} کمتر از 5٪ است. لازم به ذکر است که اندازه حداکثر دانه در استحکام بالا سری بتن نمونه کوچکتر بود. با این حال، این به احتمال زیاد به علت تفاوت محدود در u_{cr} در سری دو SCC است. اثر اندازه دانه ها در مقاومت ترک خوردگی نمونه پوش آف تجربی مطالعه نشده است. با این حال، در برش پرتو، اندازه دانه ها دارای یک اثر مقاومت برشی نهایی است، اما به همان اندازه در اولین تنش برشی ترک خوردگی است. اندازه دانه ها در محاسبه مقاومت بتن شامل (به عنوان مثال کد عکس. [2]) که این معادلات در مقاومت نهایی تیرها طولی مسلح و نه در اولین تنش ترک خوردگی آنها [25] است. مقاومت نهایی شامل سهم قابل توجهی از هم بافتن دانه ها، که به طور موثر پس از وقوع ترک خوردگی فعال است [26].



شکل 5. شرایط نمونه 3-70 SCC-T8 (a) درست پس از تنش نهایی، (b) در لغزش در حدود 6 میلی متر، و (c) پس از انتشار نهایی بار.



شکل 6. ترک تنش برشی در مقابل تقویت بستن.

یک معادله معمولاً استفاده می شود برای ترک خوردگی در اعضای تحت برشی غالب این است که از کد ACI [1] و برابر است با :

$$v_{cr-A} = 0.33 \sqrt{f'_c} \leq 2.74 \text{ MPa} \quad (1)$$

حد بالایی در معادله (1) نشان دهنده این واقعیت است که افزایش در ترک خوردگی مقاومت برشی در HSC محدود شده است. محاسبات معادله (1) مربوط به 30 مگاپاسکال و 80 مگاپاسکال بتن در شکل رسم شده است. 6. مقایسه نشان می دهد که نتایج معادله (1) بسیار محافظه کار برای برآورد تنش ترک خوردگی در نوع نمونه پوش آف هستند. شکل 6 نشان می دهد که افزایش $\rho d f_y$ باعث افزایش اندک در v_{cr} می شود، اما این افزایش برای سطوح بزرگتر از 5.25 مگاپاسکال بسیار محدود بود.

از سوی دیگر، در جدول 1، اثر قابل توجهی از مقدار آرماتور طولی در تنش ترک خوردگی را نشان نمی دهد، به عنوان تفاوت در v_{cr} در پراکندگی طبیعی از نتایج باقی مانده است. با این حال، این مشاهدات در تعداد محدودی از آزمون بر اساس و از این رو آن ها باید به دقت تفسیر شده است.

3.3. تنش عملکرد

شکل 7 تنش برشی در مقابل کرنش در میله بستن در نمونه از سری SCC35 نشان می دهد. نرم شدن شدید در منحنی پاسخ قبل از مشاهده ترک خوردگی سطح مشاهده شده است. این نرم نشانه ای از وقوع ترک خوردگی است. این است که معمولاً با تغییر در مکانیسم مقاومت، که در آن تقویت شده است موثر تر در بستن پلان برشی انتقال با توجه به وقوع جدایی ترک [19,26] درگیر همراه است. رفتار مشابهی در آزمون برش پرتو معمولی [27] مشاهده شده است. همچنین شکل 7 نشان می دهد که ترک خوردگی داخلی را توسعه داده است قبل از ترک خوردگی سطح می مقاومتد بصری شناسایی شده است.

ارزش های v_y و از نسبت (v_v/v_u) در جدول 1 نشان داده شده است. پانزده نسبت محدوده 0.74-1.0 و متوسط و ضریب خود تنوع 0.92٪ و 8.2٪ بود. این در خط با فرض رایج در مدل برشی اصطکاک (به عنوان مثال [1-3]) که بازده فولاد

بستن در شرایط نهایی. با این حال، مدل های برشی اصطکاک به طور کلی در نتایج آزمون نمونه پیش ترک خورده و نمونه سرد مشترک است. نتایج گزارش شده در این کار تایید می کنند که این فرض نیز برای نمونه غیر پیش ترک خورده معتبر است.

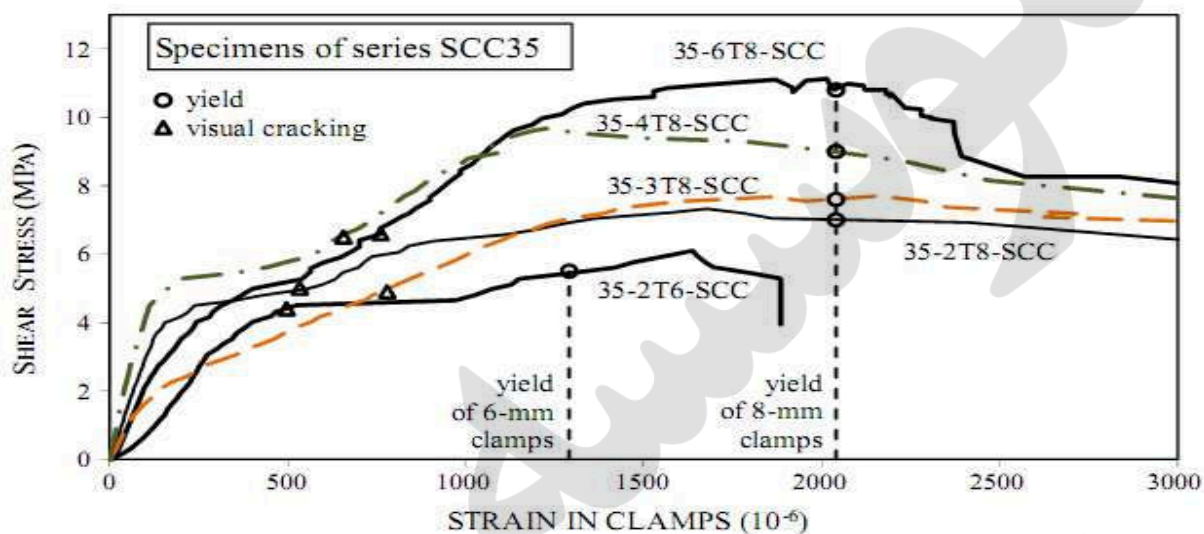
4.3. مقاومت نهایی و باقیمانده

جدول 1 نسبت مقاومت باقی مانده v_r را به مقاومت نهایی v_u می دهد. پانزده نسبت محدوده 0.23-0.74 و متوسط و ضریب خود تنوع 0.44 و 28.2٪ بود.

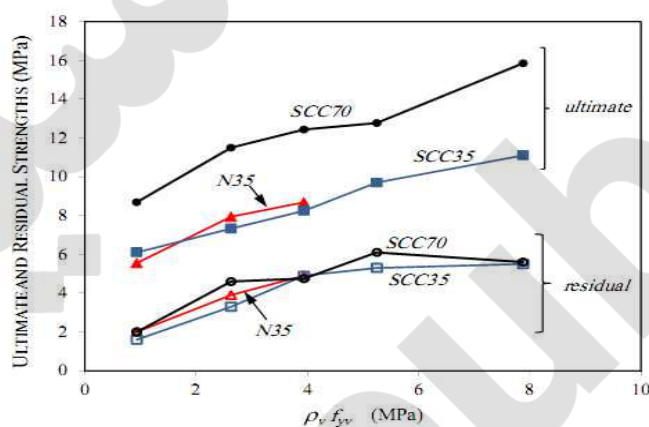
شکل 8 توطئه v_u استحکام و مقاومت پس از نهایی v_r مقابل مقدار بستن فولاد (ρ_{fyv}) . برای نمونه SCC از همین سری که حاوی مقادیر مشابهی از بست، مقادیر متوسط هستند رسم شده است.

شکل به طور کلی نشان می دهد که، سطح بزرگتر از بستن آرماتور افزایش مقاومت نهایی را موجب شده. همچنین یک اثر مشابه در مقاومت باقی مانده برای نسبت آرماتور q_{fyv} تا حدود 4 مگاپاسکال نشان می دهد. در مقادیر بزرگتر از (ρ_{fyv}) ، مقاومت باقی مانده تا مقدار حداکثر بین 5 و 6 مگاپاسکال محدود بود. لازم به ذکر است که مدل برشی اصطکاک در کد [1] ACI مقاومت اسمی را محدود به 5.5 مگاپاسکال برای انتقال برشی در اتصال سرد که عمداً زبر نشده اند. نمونه نرمال مقاومت (SCC35) و نمونه بتن معمولی (N35) مکعب بتن تقریباً برابر بود.

نمونه نرمال مقاومت (SCC35) و نمونه بتن معمولی (N35) تقریباً برابر مقاومت مکعب بتن بود. اندازه حداکثر دانه در هر دو مخلوط بود، اما درجه بندی متفاوت بود. جدول 1 و شکل 8 نشان می دهد که مقاومت نهایی خود و مقاومت باقی مانده روند مشابهی را نشان داد. تفاوت در قوت نهایی در بازه زمانی از 8 درصد به 11 درصد و در نقاط قوت باقی مانده از 14٪ تا 20٪. نمونه SCC با کوچکترین (ρ_{fyv}) قوی تر از نمونه مربوطه از سری N35 بود، اما دو N35 نمونه با فولاد بستن بزرگتر قوی تر از نمونه SCC35 مربوطه بود. روند مخ a است مشاهده در هنگام مقایسه نقاط قوت باقی مانده است. با تعداد محدودی از آزمون، تفاوت محدود در نقاط قوت نهایی و تغییر طبیعی مشاهده در نتایج آزمون برش، آزمایش های بیشتری مورد نیاز است را به دقت ایجاد اثر با استفاده از بتن با خواص خود متراکم در مقاومت پوش آف از بتن با مقاومت معمولی بود.



شکل 7. نمونه از سری SCC35



شکل 8. نقاط قوت باقی مانده . نهایی در مقابل مقدار بستن فولاد.

شکل 8 همچنین نشان می دهد که نمونه مقاومت بالا سری بتن (SCC70) تنش برشی نهایی به طور قابل توجهی بزرگتر از نمونه های سری SCC35 مقاومت. این نشان می دهد که مقاومت بتن دارای اثر قابل توجهی در مقاومت نهایی SCC. با این حال، شکل 8 همچنین نشان می دهد که مقاومت بتن اثر محدود در مقاومت باقی مانده بود. لازم به ذکر است که اندازه حداکثر مجموع در سری SCC70 و SCC35 10 میلی متر و 20 میلی متر بود. اندازه دانه ها بزرگتر است به احتمال زیاد به ارائه یک مقاومت بزرگتر هم بافتن دانه [26,27] یک بار ترک خوردگی آغاز شده است. با این حال، بتن

قوی تر در برابر موثر تر تخریب که به تنش های پیچیده به دلیل اقدام به دول [28] و تحمل و تنش برشی از هم بافتن دانه [29] قرار می گیرند.

در شرایط نهایی، نمونه بتن مقاومت بالا عمل دول برتر و ماتریس بتن، که بیش از استفاده توسط اندازه دانه ها بزرگتر در بتن با مقاومت معمولی ارائه شده بود. این به یک مقاومت برشی نهایی قابل توجهی بزرگتر در نمونه HSC منجر شده است.

در محدوده پس از نهایی، تفاوت در مقاومت عمل دول بین HSC و نمونه شورای امنیت ملی است به طور قابل توجهی به دلیل پوسته پوسته شدن شدید پوشش سمت کاهش می یابد. شکستگی و خمیری شدن بتن هسته در رابط به طور کلی شدید [28] است، به ویژه در بتن با سنگدانه اندازه کوچکتر. کاهش در هم بافتن و دول عمل جمع در نمونه HSC مهم تر بودند، و از مزایای ارائه شده توسط HSC جبران کرد. این در خط با روند مشاهده شده در شکل است. 8 تفاوت که در آن محدود بین مقاومت باقی مانده از شورای امنیت ملی و HSC مشاهده شد.

نمونه که شامل طولی (عمودی) تقویت مختلف عملکرد مختلف، نهایی و نقاط قوت باقی مانده مقاومت. تفاوت متوسط برای دو سری کمتر از 8 درصد برای مقاومت عملکرد و مقاومت نهایی، و در حدود 17٪ برای مقاومت باقی مانده بود. تفاوت در سفارش از 10-15٪ غیر معمول در آزمون برش نیست. به عنوان مثال، مقاومت برشی نهایی دو نمونه تکراری در سری 1 از آزمایش نقطه عطفی انجام شده توسط هوفبک و همکاران [7] تفاوت به اندازه 10٪. علاوه بر این، این احتمال وجود دارد که حضور میله های عمودی اضافی در مجاورت پلان انتقال برشی، و این واقعیت که آنها در این منطقه قطع شد، ایجاد اختلال بیشتر در امتداد پلان انتقادی و نتایج مقاومت را تحت تاثیر قرار.

4. مقایسه با نتایج تحلیلی

نقاط قوت نهایی تجربی مشاهده با محاسبات از چهار مدل در مقایسه: در ACI مدل برشی اصطکاک [1]، AASHTO اصلاح شده مدل اصطکاک برشی [2]، تغییر مدل برشی اصطکاک Mattock است [3] و مدل SMCS ساده است [23]. این مدل قابل اجرا به مورد که در آن پلان انتقال مهم قبل از ترک نمی شد. علاوه بر این، نقاط قوت باقی مانده تجربی مشاهده با محاسبات از چهار مدل در مقایسه: در [1] ACI، [2] AASHTO و مدل Mattock، و کد EC2 از

[24]. موارد زیر ارائه معادلات اساسی از این مدل ها برای مورد که در آن بتن در هر دو طرف از رابط عادی چگالی است، فولاد بستن عمود بر سطح برشی انتقال حیاتی است، و هیچ نیروی اضافی عمود بر جهت از اعمال پلان انتقال. عوامل مقاومت و کاهش مواد به عنوان وحدت گرفته شده است.

1.4. مدل برشی اصطکاک ACI

مقاومت اسمی ACI [1] به صورت زیر بدست می آید:

$$v_{ACI} = \mu \rho_{fv} f_{yv} \leq \begin{bmatrix} 0.2f'_c \\ 3.3 + 0.08f'_c \\ 11 \text{ MPa} \end{bmatrix} \quad (2)$$

اصطلاح μ ضریب اصطکاک به حساب است. آن را به عنوان 1.4 برای بتن های پیش ساخته یکنواخت، 1.0 برای بتن های پیش ساخته در برابر بتن سخت که سطح عمدا زبر و 0.6 اگر سطح عمدا زبر نمی گرفته شده است. مناسب است به استفاده از $\mu = 1.4$ برای محاسبه مقاومت نهایی نمونه غیر پیش ترک خورده ارائه شده در این مطالعه است. حدود بالا در معادله داده شده است. (2) مناسب برای ساخت و ساز یکپارچه و برای مورد که در آن بتن در برابر بتن سخت که سطح زبر عمدا هستند. برای سطوحی که عمدا خشن نیست، محدودیت های بالای $0.2f'_c$ و 5.5 مگاپاسکال هستند.

2.4. مدل برشی اصطکاک AASHTO اصلاح شده

مقاومت اسمی AASHTO LRFD [2] به صورت زیر بدست می آید:

$$v_{AASHTO} = c + \mu \rho_{fv} f_{yv} \leq \begin{bmatrix} 0.25f'_c \\ 10.3 \text{ MPa} \end{bmatrix} \quad (3)$$

که در آن شرایط (c) و (μ) به عنوان 2.8 MPa و 1.4 برای ساخت و ساز یکپارچه، و 1.7 MPa و 1.0 برای بتن های پیش ساخته در برابر بتن سخت که سطح گرفته است عمدا زبر بود. برای سطوحی که عمدا خشن نیست، این دو واژه به عنوان 0.52 MPa و 0.6 به ترتیب گرفته شده، و محدودیت های بالا به تغییر: $0.2f'_c$ و 5.5 مگاپاسکال هستند.

3.4. مدل Mattock دو سر

برای ساخت و ساز یکپارچه و در سراسر رابط که بتن در برابر بتن سخت با سطح آن عمدا خشن قرار می گیرد، مقاومت اسمی محاسبه شده با استفاده اصلاح شده مدل برشی اصطکاک Mattock دو سر است [3] برابر است با:

$$v_{Mat} = \begin{cases} 2.25\rho_v f_{yv} & \text{when } \rho_v f_{yv} \leq K_1/1.45 \\ K_1 + 0.8\rho_v f_{yv} & \text{when } \rho_v f_{yv} > K_1/1.45 \end{cases} \quad (4a)$$

اما نه بیشتر از $(0.3f'_c)$ و نه 16.5 MPa . از عامل به عنوان K_1 گرفته: $(0.1f'_c)$ اما نه بیشتر از 5.5 مگاپاسکال برای ساخت و ساز یکپارچه، و به عنوان 2.8 مگاپاسکال برای سطوح عمدا خشن. برای بتن قرار داده برابر بتن سخت عمدا زبر نیست، مقاومت شبیه به کد ACI برای شرایط همان است:

$$v_{MAT} = 0.6\rho_v f_{yv} \leq \begin{cases} 0.2f'_c \\ 5.5 \text{ MPa} \end{cases} \quad (4b)$$

4.4. مدل SMCS

مقاومت اسمی محاسبه با استفاده از مدل ساده برای ترکیب تنش (SMCS) resultants [23,29,30] توسط معادله زیر داده می شود:

$$v_{SMCS}/f'_c = \sqrt{\omega_L \times \omega_v} \leq K \quad (5)$$

که در آن شاخص تقویت به عنوان $\omega_L = \rho_L f_{yL}/f'_c \leq K$ و $\omega_v = \rho_v f_{yv}/f'_c \leq K$ و حد بالایی K محاسبه شده است به عنوان $(1/3 - f'_c/900)$ گرفته شده است. در نمونه پوش آف، اصطلاح ω_L است به عنوان حد بالایی (K) گرفته شده است [23].

5.4. یورو کد 2

EC2 [24] مواد قابل برشی انتقال در رابط بتن در زمان های مختلف می باشد. معادله عمومی برای مقاومت با:

$$v_{EC2} = cf_{ctd} + \mu \rho_w f_{yv} \leq 0.5 \eta f_{cd} \quad (6)$$

که G یک عامل کاهش مقاومت داده شده توسط $0.6(1 - f_{ck}/250)$ و f_{ctd} ، f_{cd} و f_{ck} هستند مقاومت طراحی کششی، مقاومت فشاری طراحی و مقاومت فشاری مشخصه بتن، به ترتیب. ضرایب c و μ به عنوان 0.5 و 0.9 برای سطوح با دندانه، 0.45 و 0.7 برای سطوح ناهموار مانند کسانی که به دست آمده توسط جمع‌آوری و 0.35 و 0.6 برای سطوح صاف بدون تیمار سمت چپ بعد از ارتعاشات، به ترتیب گرفته شده است.

6.4. مشاهده در مقابل نقاط قوت نهایی محاسبه

مدل ACI، AASHTO، Mattock و SMCS به صورت ساخت یکپارچه قابل اجرا می باشند، که در آن پلان انتقال مهم قبل از ترک نمی شد. آنها مورد استفاده برای محاسبه مقاومت نهایی از تمام نمونه ها. معادلات EC2 برای مورد بتن در زمان های مختلف معتبر هستند و از این رو به طور مستقیم برای محاسبه مقاومت نهایی بتن non پیش ترک خورده قابل اجرا نیست. جدول 4 محاسبات از چهار مدل خلاصه و لیست نسبت تفاوت بین نقاط قوت مشاهده شده و محاسبه شده است.

شکل 9 (a) مقاومت نهایی مشاهده شده برای سری SCC35 در برابر محاسبات از چهار مدل که قبلاً شرح داده مقایسه می کند. مقاومت باقی مانده نیز برای مقایسه نشان داده شده است. از آنجا که نمونه پیش ترک خورده نمی شد، ضریب اصطکاک μ به عنوان 1.4 در معادلات (2) و (3) گرفته شده است. شکل 9 (b) مقایسه مشابه برای سری SCC70 را نشان می دهد.

نشان داده شده است که نقاط قوت تقریباً تمام محاسبه محافظه کار هستند. بهترین متوسط همبستگی با مدل AASHTO به دست آمد، اما حداقل ضریب تغییرات توسط مدل SMCS به دست آمد، و همچنین از شکل 9 انتظار می رود. (a) و (b). نتایج کد ACI به میزان قابل توجهی محافظه کارانه تر از آنهایی که باقی مانده.

5. محاسبات مقاومت باقی مانده

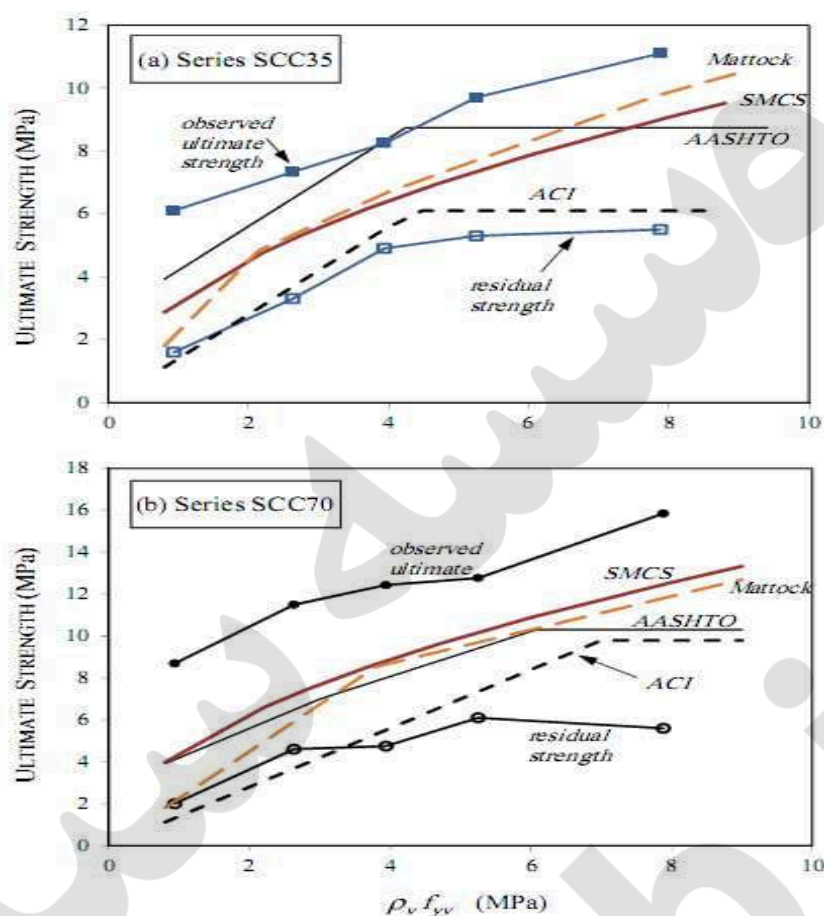
Mattock و همکاران [14] و کان و میچل [4] مشاهده کرد که پس از رسیدن به مقاومت برشی نهایی، نمونه پوش آف غیر پیش ترک خورده مقاومت مقاومت باقی مانده که شبیه به مقاومت از نمونه پیش ترک خورده بود. رحال و آل خلیفی [16] این نتیجه رسیدند که پیش ترک مقاومت نهایی را به یک مقدار بین مقاومت غیر پیش ترک خورده و مقاومت باقی مانده، بسته به شدت از پیش ترک کاهش می دهد.

پیش ترک است که معمولاً با قرار دادن نمونه به صورت افقی در دستگاه تست و استفاده از بارهای خط عمودی در چهره مخ a از پلان انتقال برشی تا تشکیل ترک در امتداد صفحه به دست آورد. در حالی که استفاده از این روش بسیار معمول است، میزان ترک خوردگی آن باعث شده است. در بسیاری از موارد (به عنوان مثال 4.7) عرض ترک ها و سویه های فولاد گزارش نشده است. هنگامی که گزارش شده است، تنوع زیادی در عرض کرک به دلیل پیش ترک مشاهده می شود. به عنوان مثال، پیش ترک نمونه بزرگ مقیاس تست شده توسط ناگل و کوچما [11] منجر به کرک عرض اعم -0.03 - 0.86 میلی متر. انتظار می رود که پیش ترک به عرض کرک بزرگتر منجر به نقاط قوت قیچی و برش نهایی به مقاومت باقی مانده نزدیک تر است.

بارگذاری عناصر غیر پیش ترک خورده به مقاومت نهایی باعث ترک خوردگی قابل توجهی در علاوه بر این به بازده از میله های بستن. نگاه کنید به شکل 4. این شرایط مشابه پیش ترک شدید، که ارائه مقاومت به به مقاومت باقی مانده برابر در نظر گرفته. در نتیجه، پیشنهاد می شود که مقاومت باقی مانده را می مقاومت با استفاده از معادلات مقاومت مربوط به عناصر پیش ترک خورده محاسبه می شود.

جدول 4. مقایسه بین نقاط قوت نهایی تجربی و محاسبه شده.

Specimen	v_u (MPa)	v_{u-ACI} (MPa)	$v_{u-AASHTO}$ (MPa)	v_{u-MAT} (MPa)	v_{u-SMCS} (MPa)	$\frac{v_u}{v_{u-ACI}}$	$\frac{v_u}{v_{u-AASHTO}}$	$\frac{v_u}{v_{u-MAT}}$	$\frac{v_u}{v_{u-SMCS}}$
35-2T6-SCC	6.10	1.31	4.11	2.10	3.10	4.67	1.49	2.90	1.97
35-2T8-SCC	7.33	3.68	6.48	5.60	5.20	1.99	1.13	1.31	1.41
35-3T8-SCC	7.70	5.52	8.32	6.65	6.37	1.40	0.93	1.16	1.21
35-3T8-SCCr	8.79	5.52	8.32	6.65	6.37	1.59	1.06	1.32	1.38
35-4T8-SCC	9.70	6.10	8.74	7.70	7.35	1.59	1.11	1.26	1.32
35-6T8-SCC	11.1	6.10	8.74	9.80	9.01	1.82	1.27	1.13	1.23
70-2T6-SCC	8.69	1.31	4.11	2.10	4.29	6.65	2.12	4.14	2.02
70-2T8-SCC	11.50	3.68	6.48	5.92	7.21	3.12	1.77	1.94	1.60
70-3T8-SCC	12.57	5.52	8.32	8.65	8.82	2.28	1.51	1.45	1.43
70-3T8-SCCr	12.3	5.52	8.32	8.65	8.82	2.23	1.48	1.42	1.39
70-4T8-SCC	12.77	7.35	10.15	9.70	10.2	1.74	1.26	1.32	1.25
70-6T8-SCC	15.85	9.80	10.30	11.8	12.5	1.62	1.54	1.34	1.27
35-2T 6-0	5.55	1.31	4.11	2.10	3.35	4.24	1.35	2.64	1.66
35-2T 8-0	7.94	3.68	6.48	5.92	5.62	2.16	1.22	1.34	1.41
35-3T 8-0	8.68	5.52	8.32	7.33	6.87	1.57	1.04	1.18	1.26
Average						2.58	1.35	1.72	1.45
C.O.V. (%)						58.0	23.0	49.6	17.4



شکل 9. تیمار نسبت به نقاط قوت نهایی محاسبه نمونه از سری SCC.

این مقاومت از عناصر پیش ترک خورده بستگی دارد، بطور قابل توجهی در ناهمواری سطح [1-3]. مشاهده شده است که ترک برشی در بتن با مقاومت معمولی عبور از خمیر سیمان و در سراسر واحدهای وابسته، که منجر به در هم بافتن دانه قابل توجه است. با این حال، ترک در بتن مقاومت بالا از طریق هر دو چسباندن و مصالح که منجر به ترک نرم و صاف [27,31] منتقل می کند. به حساب برای این مشاهدات، آن پیشنهاد شده است که ارزش حداکثر اندازه سنگدانه ها است که در محاسبه سهم بتن از مقاومت بالاتر از 70 مگاپاسکال استفاده به عنوان صفر [32] گرفته شده است. در نتیجه، یک سطح نسبتاً خشن می مقاومت در امتداد پلان انتقال برشی نمونه شورای امنیت ملی انتظار می رود، در حالی که یک سطح صاف را می مقاومت برای نمونه HSC انتظار می رود.

جدول 5 مقاومت باقی مانده تجربی مشاهده با محاسبات از چهار روش مقایسه ACI، AASHTO، EC2 و Mattock : جدول 5 مقاومت باقی مانده تجربی مشاهده با محاسبات از چهار روش مقایسه می کند ACI. AASHTO و محاسبات Mattock برای سری SCC35 و N35 بر روی معادلات برای سطوح عمدا خشن

بر اساس در حالی که کسانی که برای سری SCC70 در معادلات برای سطوح بر اساس عمدا خشن نیست (نزدیک به صاف سطوح). محاسبات EC2 بر روی معادلات برای سطوح ناهموار برای سری SCC35 و N35، و برای سطوح صاف برای سری SCC70 است.

شکل 10 مقایسه باقیمانده نقاط قوت مشاهده شده با مقادیر محاسبه شده برای سری SCC. به خاطر مقایسه، رقم شامل محاسبات از هر یک از روش های مبتنی بر دو شرط زبری سطح قبلا بحث. جدول 5 و شکل 10 نشان می دهد که معادلات ACI ارائه نتایج به طور کلی محافظه کار است. حدود بالا برای شرایط سطح عمدا زبر کمی غیر حفاظتی، و محدودیت محدود تر از شرایط سطح صاف مناسب تر است. علاوه بر این، استفاده از $\mu = 0.6$ برای سری SCC70 بسیار محافظه کار است، و یک مقدار از 1.0 مناسب تر است. نتایج حاصل از AASHTO و مدل Mattock برای شرایط سطح عمدا خشن به شدت بیش از حد برآورد مقاومت از سری با مقاومت معمولی، در حالی که مدل برای سطوح بدون زبر عمدی قابل توجهی برای سری با مقاومت بالا محافظه کار است. استفاده از یک عامل انسجام یکی از دلایل اصلی برای نتایج غیر حفاظتی از AASHTO و روش Mattock بود. یک انسجام ضریب C برابر با صفر منطقی است، زیرا پوش آف نمونه بدون بستن فولاد شکست پس از رسیدن به نهایی و انجام هر گونه مقاومت باقی مانده [16] ندارند. EC2 همانطور که در جدول 5. با این حال، در شکل نشان داده شده است نشان داده شده است فراهم می کند بهترین ارتباط با نتایج تجربی. 10 که محدودیت های بالا می مقاومتد به طور قابل توجهی غیر حفاظتی.

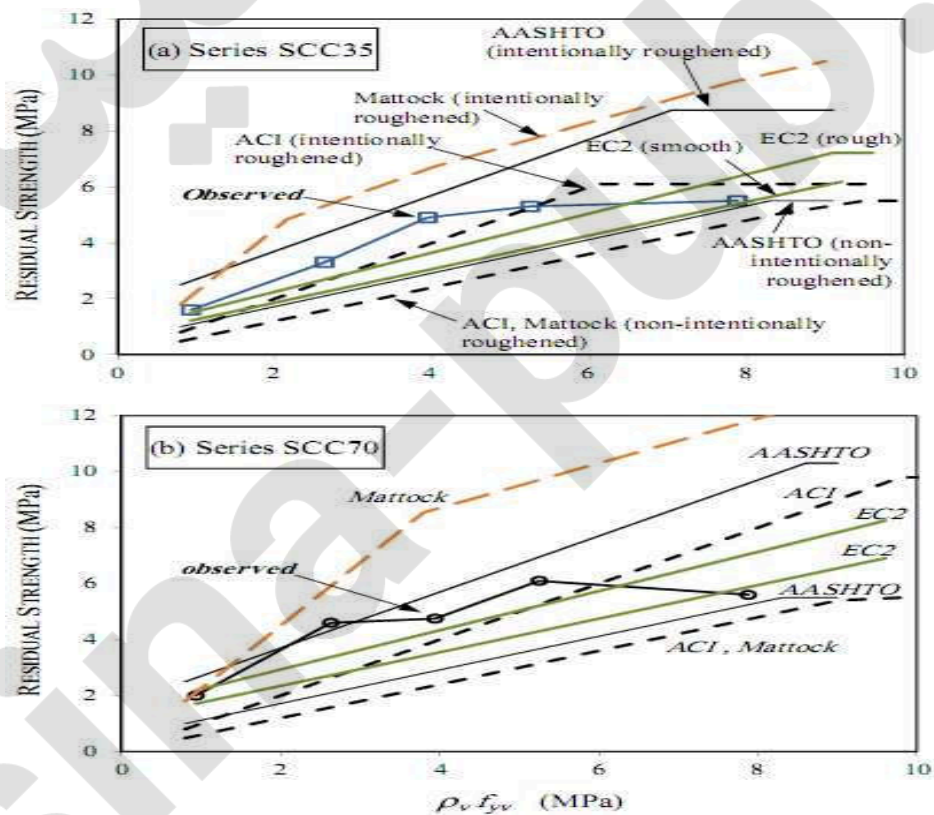
شکل 11 یک توطئه از مقاومت باقی مانده در مقابل تنش بستن برای همه نمونه ها در این مقاله علاوه بر کسانی که از 15 نمونه گزارش جاهای دیگر [16] گزارش نشان می دهد. مکعب مقاومت فشاری از این نمونه در بازه زمانی 29.3-54.7 مگاپاسکال، و بتن را با جایگزین کردن 50٪ یا 100٪ از سنگدانه با بازیافتی ساخته شده است. یکی از نمونه های فاقد بستن میله های زندان. آن را شکست خورده که ترک خوردگی برای اولین بار مشاهده شد و هیچ مقاومت باقی مانده را ندارند. شکل 11 نشان می دهد که مقاومت باقی مانده با بستن بزرگتر افزایش می دهد. حداکثر تنش است که می مقاومتد تکیه بین 5 و 6 مگاپاسکال است. بر اساس نتایج آزمون در شکل 11، پیشنهاد می شود که مقاومت باقی مانده را می مقاومت با استفاده از رابطه زیر که ارضا محدودیت $C = 0$ محاسبه می شود:

$$v_r = 1.0 \rho_w f_{yv} \leq 5.5 \text{ MPa} \quad (7)$$

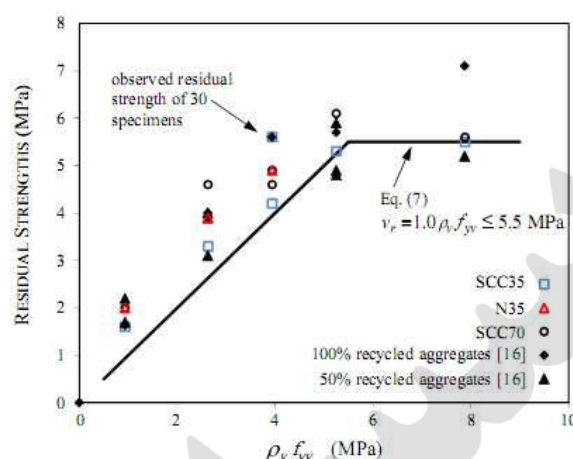
معادله (7) در شکل 11 رسم شده است. و نشان داده شده است که برای محاسبه مقاومت باقی مانده از تمام 30 نمونه کافی است.

جدول 5. مقایسه بین نقاط قوت باقی مانده تجربی و محاسبه شده.

Specimen	v_r (MPa)	v_{r-ACI} (MPa)	$v_{r-AASHTO}$ (MPa)	v_{r-EC2} (MPa)	v_{r-MAT} (MPa)	$\frac{v_r}{v_{r-ACI}}$	$\frac{v_r}{v_{r-AASHTO}}$	$\frac{v_r}{v_{r-EC2}}$	$\frac{v_r}{v_{r-MAT}}$
35-2T6-SCC	1.6	0.93	2.63	1.50	2.10	1.71	0.61	1.06	0.76
35-2T8-SCC	3.3	2.63	4.33	2.69	5.60	1.25	0.76	1.23	0.59
35-3T8-SCC	5.6	3.94	5.64	3.61	6.65	1.42	0.99	1.55	0.84
35-3T8-SCCr	4.2	3.94	5.64	3.61	6.65	1.07	0.74	1.16	0.63
35-4T8-SCC	5.3	5.25	6.95	4.52	7.70	1.01	0.76	1.17	0.69
35-6T8-SCC	5.5	6.10	8.74	6.37	9.80	0.90	0.63	0.86	0.56
70-2T6-SCC	2.0	0.56	1.08	1.71	0.56	3.57	1.85	1.17	3.57
70-2T8-SCC	4.6	1.58	2.10	2.73	1.58	2.92	2.19	1.69	2.92
70-3T8-SCC	4.6	2.36	2.88	3.51	2.36	1.95	1.60	1.31	1.95
70-3T8-SCCr	4.9	2.36	2.88	3.51	2.36	2.07	1.70	1.40	2.07
70-4T8-SCC	6.1	3.15	3.67	4.30	3.15	1.94	1.66	1.42	1.94
70-6T8-SCC	5.6	4.73	5.25	5.88	4.73	1.18	1.07	0.95	1.18
35-2T 6-0	2.0	0.93	2.63	1.64	2.10	2.14	0.76	1.22	0.95
35-2T 8-0	3.9	2.63	4.33	2.83	5.92	1.48	0.90	1.38	0.66
35-3T 8-0	4.9	3.94	5.64	3.75	7.33	1.24	0.87	1.31	0.67
Average						1.72	1.14	1.26	1.33
C.O.V. (%)						43.1	45.1	17.1	70.9



شکل 10. تیمار نسبت به نقاط قوت باقی مانده محاسبه نمونه از سری SCC.



شکل 11. نقاط قوت باقی مانده در مقابل تقویت.

6. نتیجه گیری

آزمایش بر روی 15 پوش آف غیر پیش ترک خورده انجام شد نمونه به مطالعه رفتار برشی مقاومت معمولی و مقاومت بالای SCC پرداخت. نتیجه گیری اصلی پژوهش عبارتند از:

1. افزایش مقاومت فشاری بتن منجر به افزایش قابل توجهی در مقاومت برشی نهایی نمونه پوش آف است. با این حال، اثر محدود در تنش ترک خوردگی و در تنش های باقی مانده نهایی بود.

2. افزایش مقدار آرماتور موجب افزایش مقاومت نهایی می شود. همچنین افزایش مقاومت باقی مانده اما به ارزش بالایی از 6/5 مگاپاسکال در نمونه های با فولاد بستن نسبتا بزرگ محدود بود.

3. مقاومت نهایی زمانی حاصل شد که کرنش ها در فولاد به مقدار تسلیم رسید. نسبت نسلیم به مقاومت نهایی از 0.75 تا 1 با میانگین 0.93 و ضریب تغییرات 8.2 متغیر بود

4. نقاط قوت نهایی با محاسبات از چهار مدل، از جمله ACI و مدل برشی اصطکاک AASHTO مقایسه شد. نقاط قوت محاسبه طور کلی محافظت شده بود. بهترین متوسط همبستگی با استفاده از مدل AASHTO به دست آمد، اما بهترین ضریب تغییرات با استفاده از مدل SMCS به دست آمد.

5. امکان استفاده از چهار مدل های موجود برای محاسبه مقاومت باقی مانده، مورد بررسی قرار گرفت این فرض که شرایط از پلان انتقال در نمونه های شورای امنیت ملی و HSC شبیه به آن از سطوح که عمدا زبر و سطوح که عمدا نمی زبر می

باشند. مشخص شد که نتایج حاصل از EC2 ارائه بهترین ارتباط با نتایج تجربی، در حالی که کسانی که از کد ACI نتایج به طور کلی محافظه کار ارائه شده است.

6. پیشنهاد می شود که با استفاده از معادله کلی اصطکاک برشی با ضریب انسجام $c = 0$ ، ضریب اصطکاک $\mu = 1.0$ ، و حد بالایی به تنش و فشار 5.5 مگاپاسکال برابر محاسبه کافی از مقاومت باقی مانده در پوش آف فراهم می کند نمونه که شد قبل از ترک خورده نیست.

7. معادله ACI برای ترک برشی، یک برآورد محافظه کارانه از تنش ها را در ترک در بتون نشان می دهد