سه مزیت تیرچه کامپوزیت فولادی

سبک‌تر، کم عمق‌تر و ارزان‌تر: سیستم‌های تیرچه کامپوزیت فولادی می‌توانند در هزینه‌ها و در مصالح صرفه جویی کنند و استفاده از فضا را بهینه سازی کنند. دلایل صرفه جویی در هزینه برای طراحی یک سیستم تیرچه کامپوزیت فولادی کف در عمق، همراه با اینکه چگونه این سیستم ثابت شده به بهترین شکل بین تعیین کننده مشخصات و تولید کننده تیرچه هماهنگ می‌شود، توصیف می‌شوند.

مصالح سبک‌تر هزینه را کاهش می‌دهند

زمانی که تیرچه‌ها تکیه گاه یک دال بتنی هستند، مشخصات تیرچه کامپوزیت – که با استاندارد موسسه تیرچه فلزی (SJI) تیرچه غیر کامپوزیت مخالف است - باید مورد بررسی قرار گیرند، چرا که آن‌ها سبک‌تر هستند. صرفه جویی در وزن را با استفاده از بارهای طراحی خاص پروژه در رابطه با طراحی ضریب بار و مقاومت (LRFD)، جداول وزن تیرچه کامپوزیت فولادی و جدول طراحی تیرچه اقتصادی برای تولیدکننده تیرچه را می‌توان تعیین کرد. تیرچه کامپوزیت بهره‌وری و مزایای استفاده از تیرچه غیر کامپوزیت را بهبود بخشید. به عنوان مثال، برای دال بتنی مقاومت اضافی می‌افزاید، اجازه می‌دهد یال بالای تیرچه کوچک‌تر باشد و در نتیجه، موجب کاهش مصالح می‌شود زیرا تیرچه‌ها به تنهایی بارهای طراحی را تحمل نمی‌کند.

تیرچه‌های کامپوزیت معمولاً با استفاده از روش‌های طراحی LRFD برای تطابق با طراحی دال بتنی طراحی می‌شوند. به عنوان مثال، یک تیرچه با دهانه ۴۰ فوت، با فاصله ۴ فوت در مرکز، در معرض ۲۵ PSF بار مرده غیر مرکب / ساخت و ساز، ۵۰-PSF بار مرده مرکب اضافی و ۱۰۰ PSF بار زنده مرکب را در نظر بگیرید. با استفاده از ضرایب LRFD مناسب، بار کل که باید توسط تیرچه تحمل شود ۱۰۰۰ plf است. طراحی تیرچه غیر کامپوزیت نشان می‌دهد که LH۱۰ ۳۲ در وزن تیرچه ۱۸,۱-PLF مقرون به صرفه‌ترین است. در مقابل، طراحی تیرچه کامپوزیت نشان می‌دهد که همان تیرچه با عمق ۳۲ اینچ تنها وزن ۱۱,۲ PLF خواهد داشت که ۳۸٪ صرفه جویی در مصالح در هر تیرچه (شکل ۱) دارد.

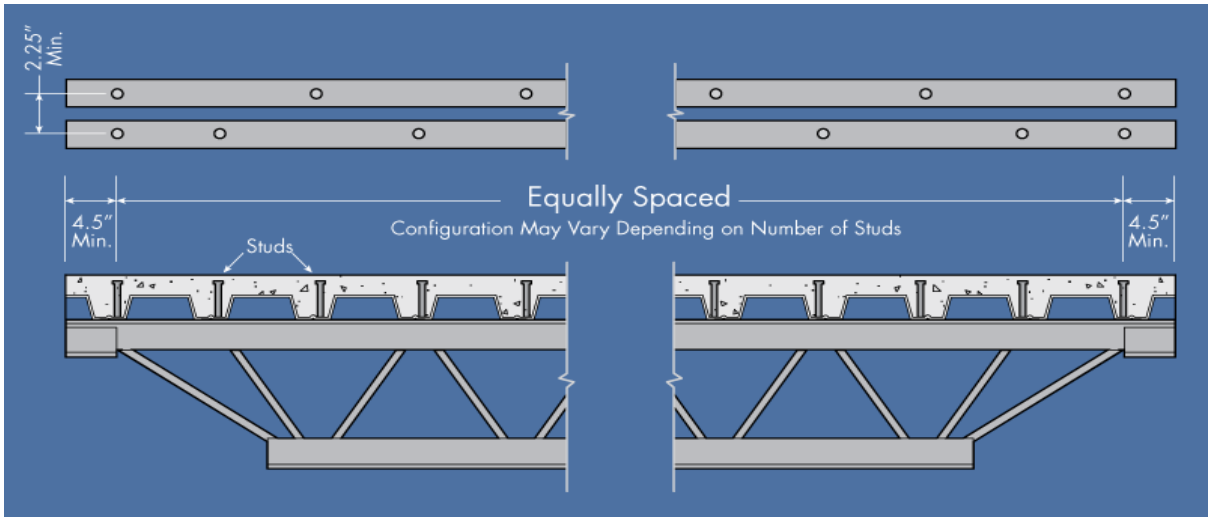
Joist Span (ft.)	Total Load (plf) Factored LRFD		Total Load (plf) Service ASD	Live Load (plf) 1/240	Live Load (plf) 1/360	Joist Designation	Joist Wgt. (plf)
	F	190	127	96	64	20K3	5.5
	F	253	169	136	91	22K4	6.4
	F	277	185	163	109	24K4	6.5
	F	285	190	153	102	22K5	7.0
	F	312	208	183	122	24K5	7.2
	F	340	227	217	145	26K5	7.2
	F	370	247	235	157	26K6	7.8
	F	399	266	266	183	28K6	7.9
	F	412	275	261	174	26K7	8.3
	F	445	297	297	203	28K7	8.4
	F	478	319	319	234	30K7	8.6
	F	492	328	328	222	28K8	9.2
	F	529	353	353	256	30K8	9.3
	F	535	357	357	241	28K9	9.9
	F	576	384	384	278	30K9	10.2
40	F	589	393	364	243	26K10	11.4
	F	636	424	424	284	28K10	11.6
	F	657	438	438	315	30K10	11.6
	F	711	474	474	368	32LH07	12.8
	F	771	514	514	400	32LH08	14.2
	F	793	529	529	360	28LH07	15.4
	F	967	645	645	500	32LH09	16.8
	F	1069	713	713	552	32LH10	18.1
	F	1146	764	764	514	28LH10	20.2
	F	1171	781	781	604	32LH11	19.9
	F	1228	819	819	549	28LH11	22.8
	F	1377	918	918	705	32LH12	22.8
	F	1407	938	938	628	28LH13	24.6
	F	1534	1023	1023	784	32LH13	25.8
	F	1581	1054	1054	807	32LH14	26.8
	F	1633	1089	1089	834	32LH15	27.0

Joist Span (ft.)	Joist Depth (in.)	Total Safe Factored Uniformly Distributed Joist Load in Pounds Per Linear Foot									
		TL	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200
40	26	Wt(plf)	6.2	6.7	7.3	8.0	9.1	10.7	11.6	12.0	14.8
		W360(plf)	223	281	328	369	424	487	529	568	694
		N-ds	20-3/8"	22-3/8"	26-3/8"	30-3/8"	36-3/8"	24-1/2"	28-1/2"	30-1/2"	36-1/2"
		Ieff(in4)	333	418	488	550	631	725	788	845	1030
		Bridging	(1)X+(2)H	(1)X+(2)H	(1)X+(2)H	(1)X+(2)H	(1)X+(2)H	(2)H	(2)H	(2)H	(2)H
	28	Wt(plf)	6.1	6.5	7.2	8.0	8.9	10.4	11.4	11.6	14.3
		W360(plf)	228	293	349	420	457	521	580	615	748
		N-ds	20-3/8"	20-3/8"	24-3/8"	30-3/8"	32-3/8"	22-1/2"	26-1/2"	28-1/2"	34-1/2"
		Ieff(in4)	339	436	519	625	681	776	864	916	1110
		Bridging	(1)X+(2)H	(1)X+(2)H	(1)X+(2)H	(1)X+(2)H	(1)X+(2)H	(2)H	(2)H	(2)H	(2)H
	30	Wt(plf)	6.3	6.7	7.3	7.9	9.0	10.1	11.1	11.4	14.0
		W360(plf)	256	329	392	441	514	562	624	665	797
		N-ds	20-3/8"	20-3/8"	24-3/8"	28-3/8"	32-3/8"	22-1/2"	24-1/2"	26-1/2"	30-1/2"
		Ieff(in4)	382	490	584	657	765	837	930	991	1190
		Bridging	(1)X+(2)H	(1)X+(2)H	(1)X+(2)H	(1)X+(2)H	(1)X+(2)H	(2)H	(2)H	(2)H	(2)H
	32	Wt(plf)	6.2	6.4	7.0	7.6	8.2	9.0	10.9	11.2	13.6
		W360(plf)	286	333	400	465	523	571	652	707	843
		N-ds	20-3/8"	20-3/8"	22-3/8"	26-3/8"	30-3/8"	32-3/8"	22-1/2"	24-1/2"	28-1/2"
		Ieff(in4)	425	496	595	693	780	850	971	1050	1260
		Bridging	(1)X+(2)H	(1)X+(2)H	(1)X+(2)H	(1)X+(2)H	(1)X+(2)H	(1)X+(2)H	(2)H	(2)H	(2)H

شکل ۱. نمونه‌ای از جداول طراحی اقتصادی تیرچه و جداول وزن CJ.

گل میخ‌های برشی از تفاوت‌های کلیدی هستند

تیرچه کامپوزیت دارای خرپاهای فولادی مشبک هستند که برای تکیه گاه کف و سقف با دال بتنی سازه استفاده می‌شوند. تفاوت اصلی بین تیرچه کامپوزیت و غیر کامپوزیت گل میخ‌های برشی است که در سراسر عرشه فولادی کامپوزیت در یال بالای تیرچه (شکل ۳) متصل شده‌اند. مقطع کامپوزیت بین دال و یال بالای تیرچه پس از ریخته شدن و گیرش بتن ایجاد می‌شود. این عمل کامپوزیت امکان استفاده از تیرچه سبک‌تر را می‌دهد. کاهش وزن به علت طراحی تیرچه برای مقاومت تنها در برابر بارگذاری ساخت و ساز بدون سهم مقاومت دال است و سپس طراحی یال بالای تیرچه به عنوان یک بخش کامپوزیت با دال برای مقاومت در برابر بارگذاری کامل طراحی پس از گیرش بتن است. در مقابل، تیرچه غیر کامپوزیت برای تحمل کامل بارگذاری طراحی، با فرض اینکه نقش مقاومت دال بتنی وجود ندارد، طراحی شده است زیرا هیچ گل میخ برشی وجود ندارد. استفاده از این روش طراحی به تیرچه کامپوزیت برای ایجاد بهره‌وری و مزایای ذاتی در استفاده از تیرچه‌های فولادی مشبک اجازه می‌دهد.



شکل ۳. طرح مقطع تیرچه کامپوزیت با گل میخ برشی در یال بالایی.

بهینه سازی فضا با استفاده از کف کم عمق

استفاده از تیرچه کامپوزیت کف را باریک و ایجاد فضای بیشتر، اغلب با گزینه‌های MEP کافی از طریق تیرچه می‌کند. همچنین، گل میخ برشی قدرت تیرچه را افزایش می‌دهد، در نتیجه باعث افزایش نسبت دهانه به عمق تا ۳۰ برابر عمق تیرچه، در مقایسه با ۲۴ برابر عمق تیرچه برای تیرچه غیر کامپوزیت می‌شود. افزایش ارتفاع سقف می‌تواند بدون از دست دادن طول دهانه تیرچه به دست آید. به عنوان مثال، تیرچه غیر کامپوزیت با عمق ۲۴ اینچ می‌تواند تا دهانه ۴۸ فوت گسترش یابد. با این حال، تیرچه کامپوزیت عمیق ۲۰ اینچی نیز می‌تواند تا دهانه ۴۸ فوت گسترش یابد. کف تیرچه کامپوزیت کم عمق هنوز هم ممکن است یکپارچه سازی MEP را وفق دهد. اگر نفوذ مجرای لوله بزرگ‌تر مورد نیاز باشد، با سازنده تیرچه برای تعیین امکان سنجی و گزینه‌های در دسترس برای طرح‌های ویژه بال برای نفوذ مجرا لوله تماس بگیرید. برای همان مثال بالا، اگر طراحی ساختمان نیازمند محدود کردن عمق تیرچه تا ۲۸ اینچ باشد، تیرچه غیر کامپوزیت تقریباً وزن ۲۰,۲ PLF خواهد داشت، در حالی که یک تیرچه کامپوزیت تقریباً ۱۱,۶ PLF وزن خواهد داشت؛ بنابراین، استفاده از طرح کامپوزیت در این وضعیت امکان ۴ اینچ بیشتر از فضای سقف را می‌دهد و تنها به مقدار کمی وزن تیرچه را در مقایسه با طراحی غیر کامپوزیت افزایش می‌دهد.

کاهش فولاد و هزینه‌های مرتبط با آن

یکی دیگر از مزایای تیرچه کامپوزیت، توانایی فاصله بیشتر تیرچه‌ها نسبت به قاب تیرچه غیر کامپوزیت است. تیرچه کمتر، اغلب می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های فولادی، هزینه تولید، هزینه‌های حمل و نقل و هزینه‌های نصب شود. تیرچه در کاربرد در کف به طور کلی به فاصله ۲ فوت مرکز به مرکز قرار دارند. برای تیرچه کامپوزیت فاصله بین ۴ یا ۵ فوت یا بیشتر در مرکز غیرمعمول نیست. حداقل الزامات عرض یال و ضخامت باید بسته به قطر گل میخ برشی برآورد شود. هدف فاصله بیشتر تیرچه‌ها نسبت به قاب معمولی کف تیرچه برای اطمینان از اینکه یال بالای تیرچه به طور کامل برای حداکثر صرفه جویی در هزینه استفاده شده است، می‌باشد. هر صرفه جویی در هزینه مورد انتظار در صورتی که فاصله بین تیرچه‌های کامپوزیت بیش از حد نزدیک به هم باشد، از دست می‌رود.

مسئولیت‌های شخص حرفه‌ای تعیین کننده

درک آنچه که از شخص حرفه‌ای تعیین کننده و تولیدکننده تیرچه در هنگام انتخاب برای استفاده از یک سیستم تیرچه کامپوزیت انتظار می‌رود، چرخه عمر پروژه را تضمین می‌کند. نه تنها این امر سؤال‌ها در طول فرآیند تصویب را حداقل می‌کند، بلکه اطلاعات طراحی کامل به تولیدکننده تیرچه امکان ارائه یک قیمت دقیق را می‌دهد. مهم‌تر از همه، ارتباط شفاف احتمال تغییر سفارشات با توجه به اطلاعات از دست رفته در طول فرآیند تصویب را کاهش می‌دهد.

همه بارهای طراحی

الزامات ساخت و ساز بین تعیین کننده و تولید کننده تیرچه شبیه به الزامات یک پروژه تیرچه معمولی است. با این حال، با توجه به ماهیت خاص تیرچه کامپوزیت، اطلاعات بیشتر مورد نیاز در آیین نامه استاندارد اقدامات تیرچه‌های کامپوزیت فلزی SJI خلاصه شده است. تفکیک همه بارها برای در نظر گرفتن در طراحی تیرچه، اطلاعات حیاتی برای تولیدکننده تیرچه است. با توجه به اینکه تیرچه برای دو موقعیت بارگذاری‌های مختلف طراحی شده است- در طول ساخت و ساز و پس از ساخت و ساز – تفکیک بارهای مرده و زنده برای هر مرحله مورد نیاز است.

بارگذاری که تیرچه در معرض آن قرار دارد متشکل از بار مرده غیر کامپوزیت ساخت و ساز و بار زنده ساخت و ساز است. هر کدام از این بارهای غیر کامپوزیت باید شامل هر بارگذاری باشد که انتظار می‌رود تیرچه قبل از گیرش بتن تحمل کند. این بارها

عبارت‌اند از این موارد اما فقط محدود به این‌ها نیستند، وزن خود تیرچه، وزن بتن تر و هر گونه بارهای تجهیزات و پرسنل مورد انتظار در طول ریختن بتن دال. مرحله دوم بارگذاری مورد نیاز بار مرده و بار زنده کامپوزیت است. این بارها به طور معمول شامل بارهای زنده و کل بار مرده غیر کامپوزیت به علاوه هر بار مرده اضافی مورد انتظار آیین نامه ساختمان به حساب نیامده در مرحله ساخت و ساز است. علاوه بر این، اگر هر گونه ملاحظه برای بارهای متمرکز، بارهای محوری و یا لنگر انتهایی وجود داشته باشد، باید در نقشه‌ها، در یادداشت‌ها و یا در یک نمودار بار نشان داده شود. نمایش صریح این اطلاعات بارگذاری در نقشه‌های سازه طراحی دقیق و مقرون به صرفه تیرچه را تسهیل می‌بخشد.

دانستن بهترین راه برای نشان دادن معیارهای طراحی تیرچه کامپوزیت در نقشه‌های سازه‌ای به مهمی دانستن این است که چه اطلاعاتی باید ارائه شود. مستقیم‌ترین راه برای توضیح معیارهای طراحی، نمایش همه آن‌ها در یک جدول شامل دال، عرشه و الزامات طراحی تیرچه است. همچنین، نشان دادن نام‌گذاری‌های تیرچه در نقشه، در قالب مورد نیاز برای تیرچه کامپوزیت، مانع سردرگمی تولید کننده تیرچه می‌شود. فرمت SJI برای طراحی تیرچه کامپوزیت ۱۰۰۰/۴۰۰۲۴ / CJ۲۰۰۰ است. شکل ۲ را برای تعریف نام گذاری‌های تیرچه کامپوزیت ببینید.

24	CJ	2000	1000	400
Depth (in.)	Composite Joist Series	Total Factored Composite Design Load (plf)	Total Factored Composite Live Load (plf)	Total Factored Composite Dead Load (plf)

شکل ۲. تعریف نام گذاری‌های تیرچه کامپوزیت.

ارائه بارهای سرویس برای طراحی تیرچه به صورت طراحی تنش مجاز (ASD) مجاز است. با این حال، باید به وضوح در نقشه‌ها نشان داده شده باشد که بارهای سطح سرویس به جای بارهای ضریب دار LRFD ارائه شده‌اند. در آیین نامه استاندارد SJI اقدامات تیرچه‌های کامپوزیت فلزی، یک چک لیست پارامتر طراحی تیرچه کامپوزیت برای کمک به شخص حرفه‌ای تعیین کننده در شناسایی اطلاعات مورد نیاز توسط تولید کننده تیرچه وجود دارد. استفاده از این چک لیست به عنوان یک راهنما و نمایش این اطلاعات در نقشه‌های سازه تضمین می‌کند که تولید کننده تیرچه دارای معیارهای طراحی لازم برای بیان و طراحی یک سیستم قاب تیرچه کامپوزیت است.

مدیریت چالش‌های خیز و ارتعاش

مشخصات خیز اغلب در تیرچه‌های کامپوزیت نادیده گرفته می‌شود. SJI توصیه می‌کند که تیرچه برای حداقل ۱۰۰٪ بار مرده غیر کامپوزیت خمیده شود. اثرات خیز در تخت بودن تیرچه پس از گیرش دال بتنی نتیجه می‌شود. اگر تیرچه تخت تحت شرایط بارگذاری مختلف مورد نظر است، تولید کننده تیرچه باید بداند که کدام بارگذاری را برای تعیین خیز تیرچه استفاده کند. به عنوان مثال، تیرچه برای ۱۰۰٪ بار مرده غیر کامپوزیت + ۵۰٪ بار مرده کامپوزیت + ۱۰٪ کامپوزیت بار زنده خمیده می‌شود. اگر چه خیز یک تابع از متغیرهای فراوان است، به طور معمول با استاندارد خیز SJI منتشر شده در کاتالوگ SJI، در یک راستا قرار دارد.

آنالیز ارتعاش در هنگام استفاده از تیرچه‌های کامپوزیت در کف نیز یک عامل مهم در طراحی است. شخص حرفه‌ای تعیین کننده مسئول انجام آنالیز طراحی ارتعاش مورد نیاز از سیستم کف به منظور اینکه قاب کف نیازهای پروژه را ارضا کند، می‌باشد.

برای کسب اطلاعات بیشتر بر ملاحظات ارتعاش، با تولیدکننده تیرچه تماس بگیرید. آن‌ها قادر به ارائه جهت در انجام آنالیز ارتعاش هستند. با این حال، تائید نهایی کفایت قاب مسئولیت شخص حرفه‌ای تعیین کننده است.

مسئولیت‌های تولید کننده تیرچه

شبیه به یک پروژه معمولی، تولید کننده تیرچه برنامه نصب تیرچه حاوی تمام اطلاعات مربوطه مورد نیاز برای نصب را فراهم می‌کند. با توجه به ماهیت طراحی تیرچه کامپوزیت، تمام معیارهای طراحی در نقشه‌های تیرچه ارائه شده است. این شامل این موارد لست اما محدود به آن‌ها نمی‌شود، بارگیری طراحی، خیز، اطلاعات گل میخ برشی، اطلاعات دال ارائه شده توسط شخص حرفه‌ای تعیین کننده است. معیارهای گل میخ برشی شامل قطر، تعداد و یک طرح ساده گل میخ برشی است (شکل ۳). اندازه گل میخ برشی از ۳/۸ اینچ تا ¾ اینچی متغیر است. همه این اطلاعات به طور معمول در جدول نشان دهنده مقدار کل گل میخ مورد نیاز برای هر تیرچه ارائه شده است. توجه داشته باشید، گل میخ برشی توسط تولید کننده تیرچه ارائه نمی‌شود.

در نتیجه: ارتباط برقرار کنید

ارائه انتظارات روشن و خطوط باز ارتباطی بین شخص حرفه‌ای تعیین کننده و تولیدکننده تیرچه منجر به فرایند طراحی بدون شکاف، از ابتدا تا انتها می‌شود. علاوه بر این، صرفه جویی قابل توجهی در هزینه با توجه به سه مزیت استفاده از تیرچه کامپوزیت وجود دارد: کاهش مصالح، قاب کف سازه‌ای کم عمق و صرفه جویی تعیین شده در فاز نصب. تیرچه‌های کامپوزیت فلزی را در هنگام طراحی سیستم کف بعدی خود، برای بهبود قدرت کف و کاهش هزینه‌ها در نظر بگیرید.

اطلاعات اضافی موسسه تیرچه فلزی (SJI)

- مشخصات استاندارد SJI برای تیرچه‌های کامپوزیت فلزی برای اندازه‌های مجرای لوله مجاز بر اساس عمق تیرچه راهنمایی ارائه می‌دهد.
- همچنین از طریق SJI ابزار طراحی برای کمک به آنالیز ارتعاش کف در دسترس می‌باشد. برای اطلاعات بیشتر به ابزارهای طراحی در دسترس مراجعه کنید.
- SJI در انجام آنالیز ارتعاش سیستم‌های کف در خلاصه فنی شماره ۵ راهنمایی می‌کند.
- معرفی شده توسط SJI در سال ۲۰۰۷، تیرچه‌های کامپوزیت فلزی و یا تیرچه سری CJ بهره‌وری تیرچه‌های فلزی را می‌گیرند و آن را توسط رفتار کامپوزیت بین دال بتنی و یال بالای تیرچه بهبود می‌بخشد.

مترجم: پوریا نخعی

منبع:

http://www.structuremag.org/?p=۱۰۶۷۸