ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

بهینه‌سازی عملکرد مشترک فولاد و بتن در افزایش ظرفیت باربری المان‌های مختلط تحت خمش با استفاده از الگوریتم ژنتیک

سید حامد آل یاسین [۱]، عبدالرحیم طاهری [۲]،

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی سیرجان

۲- استادیار دانشگاه صنعت نفت

hamedaleyasin@live.com

چکیده

در راستای گرایش صنعت ساختمان به سمت احداث سازه‌هایی با دهانه‌های بزرگ همراه با سیستم سقف سبک‌تر و با ضریب اطمینان بالا در مقایسه با سایر سیستم‌های سازه‌ای، سقف مرکب با عرشه‌ی فولادی موردتوجه قرارگرفته است. توجیه اقتصادی این طرح در ترکیب فولاد و بتن و قرارگیری آنها در محل مناسب به لحاظ نوع رفتار و قابلیت‌های این مصالح می‌باشد. عملکرد مناسب این سیستم تا حد زیادی به میزان انتقال برش بین فولاد و بتن بستگی دارد، که انتقال برش نیز به چند عامل وابسته است. استفاده از برشگیرهای انتهایی و ایجاد آج و انواع زائده‌ها می‌تواند به افزایش درگیری بین فولاد و بتن منجر شود که تأثیر مثبتی بر رفتار دال دارد. بیشترین عامل خرابی و شکست در این نوع دال، جداشدگی و لغزش طولی بین دو ماده می‌باشد. در این مطالعه به بررسی سقف عرشه‌ی فولادی از جنبه‌های طراحی، محاسبات، با استناد به نتایج حاصله از شرایط اعمالی بر مدل سازه‌ای توسط نرم‌افزارهای به‌روز طراحی به دنبال بهینه نمودن عملکرد مشترک فولاد و بتن در افزایش ظرفیت باربری المان‌های مختلط تحت خمش به کمک تولباکس الگوریتم ژنتیک در نرم‌افزار متلب می‌باشیم.

کلمات کلیدی: عرشه‌ی فولادی، دال بتنی، برشگیر، تیر مختلط، الگوریتم ژنتیک.

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۱- مقدمه

روش‌های جدید و کارآمد برای ساخت سقف‌های مرکب فولادی، باعث گردیده است تا احداث ساختمان‌ها با سرعت زیادی انجام گیرد. استفاده از مصالح قدیمی و روش‌های سنتی ساخت، دیگر جوابگوی سرعت موردنظر و نیازهای طراحی نمی‌باشد. ازاین‌رو استفاده از مصالح جدید و کارا به همراه تکنیک‌های نوین در ساخت‌وساز، امری اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌شود.

در دهه‌های اخیر پیشرفت‌های علمی و کاربردی مصالح و تجهیزات ساختمانی باعث گردیده تا مهندسین ساختمان با همکاری دیگر کارشناسان به‌طور مستمر در حال بررسی و پیشنهاد سیستم‌های جدید سازه‌ای و راهکارهای بهینه‌سازی کیفی و کمی پروژه‌ها باشند.

ازاین‌رو برخلاف سال‌های گذشته که هنگام استفاده از سیستم دال بتنی متکی بر تیرهای فولادی، بین تیرهای فولادی و دال بتنی هیچ‌گونه اتصالی برای انتقال برش در نظر گرفته نمی‌شد. سعی گردید تا با وسایل و تمهیدات مناسب در تیرهای مرکب، تیر فولادی و دال بتنی به یکدیگر متصل شوند. تیرهایی که عملکرد بتن دال و تیر فولادی در آنها به‌صورت توأم و مرکب است، دارای ظرفیت باربری بیش از ۳۰ درصد تیرهای مشابه با عملکرد غیر مرکب می‌باشند.

درمجموع با استفاده از تیرهای مرکب که از ترکیب رفتار یک ماده فلزی با یک ماده غیرفلزی حاصل می‌شود می‌توان تا حد امکان از خواص و مزایای فولاد نظیر مقاومت بالا، شکل‌پذیری مناسب حداکثر استفاده را به عمل آورد و معایب آن نظیر ضعف در مقابل انواع کمانش‌ها و خوردگی را به کمک پوشش بتن تا حدودی مرتفع نمود. در ضمن کاربرد تیرهای مرکب در پوشش سقف‌ها موجب صرفه‌جویی در مصرف فولاد، کاهش عمق تیر و افزایش استحکام سقف در مقابل بارهای وارده می‌شود.

یکی از سیستم‌ها با عملکرد مرکب تیر فولادی و دال بتنی، سقف‌های مرکب با عرشه‌ی فولادی است که در ضمن ارتقاء کیفیت سقف، با توجه به نقش قالب باربر (تحمل کشش ناشی از ممان مثبت) و ماندگار دارای سرعت فوق‌العاده اجرا نیز می‌باشد. همچنین با بهینه‌سازی برش منتقل‌شده بین دال بتنی با مقطع ذوزنقه‌ای و تیر فولادی و درنتیجه بهینه نمودن رفتار مرکب بتن و فولاد کاهش هزینه‌های جاری و تمام‌شده و رسیدن به اهداف پروژه را در پی خواهد داشت.

سقف‌های مرکب عرشه‌ی فولادی سال‌های زیادی است که در کشورهای توسعه‌یافته اجرا می‌شود و با ورود تکنولوژی آن به کشور ما، اخیراً روند رو به رشدی را طی می‌کند و یکی از ایمن‌ترین و اقتصادی‌ترین سقف‌هایی است که به شیوه کاملاً مهندسی در کشور اجرا می‌شود.

در تحقیقی که با عنوان "بررسی پارامتر لاغری، درجه‌ی عملکرد متقابل و عملکرد لرزه‌ای دال مرکب دارای ورق فولادی تحتانی" در سال ۱۳۹۰ توسط آقای چیا سهراب نژاد انجام‌شده، نقش پارامتر لاغری و درجه‌ی عملکرد متقابل مختلف بین ورق فولادی و بتن، در رفتار و ظرفیت باربری و نحوه‌ی تشکیل و گسترش ترک در این دال‌ها موردبررسی قرارگرفته و این نتیجه حاصل گردیده است که با افزایش پارامتر لاغری عملکرد لرزه‌ای دال مرکب تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

در تحقیقی که با عنوان "تحلیل ارتعاشی سقف مرکب تحت اثر حرکت انسانی" در سال ۱۳۹۲ توسط آقای سید مرتضی عابدی انجام‌شده، تعداد نوسان طبقات ساختمان و رفتار ارتعاشی سقف مرکب موردبررسی قرارگرفته و این نتیجه حاصل گردیده است که فعالیت‌هایی چون تمرینات ایروبیک و رویدادهای ورزشی و عملکرد تجهیزات مکانیکی مانند سیستم‌های تهویه مطبوع و هواسازها اگرچه منجر به افزایش ارتعاش سقف‌های عرشه‌ی فولادی می‌شود اما شاهد عملکرد بهتری از سقف عرشه‌ی فولادی در مقایسه با سایر سیستم‌های سازه‌ای سقف می‌باشیم.

در تحقیقی که با عنوان " رفتار بتن سبک سقف عرشه‌ی فولادی" در سال ۲۰۱۳ توسط یو-چنگ کان انجام‌شده، رفتار مکانیکی و شکست ساختاری بتن سبک با توجه به تماس بین بتن و ورق موجدار فولادی در دو حالت با و بدون استفاده از برشگیر در سقف مرکب با عرشه‌ی فولادی موردبررسی قرارگرفته و این نتیجه حاصل‌شده است که رفتار موردبررسی در هر دو حالت استفاده و عدم استفاده از برشگیر تا حدودی یکسان می‌باشد ولی در حالت استفاده از برشگیر ظرفیت باربری و انعطاف‌پذیری بیشتری از سیستم مشاهده گردیده است.

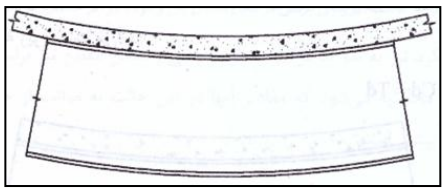
ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

در تحقیقی که با عنوان " مدل‌سازی تیرهای کامپوزیت با تعامل جزئی " در سال ۲۰۱۵ توسط ج-تورمو انجام‌شده, مدل المان محدود برای تحلیل تیرهای کامپوزیت با تعامل جزئی با عناصری از تیرهای کامپوزیت شامل شش نوع مختلف از عناصر قاب ارائه‌شده است و این نتیجه حاصل‌شده است که نتایج تحلیل المان محدود تیرهای کامپوزیت با تعامل جزئی نتایج واقعی‌تری نسبت بهروش‌های استاتیکی نامعین دارد همچنین اثر تغییر شکل‌های برشی را منوط به تحقیقات آینده نموده است.

۲- تئوری رفتار تیرهای مرکب

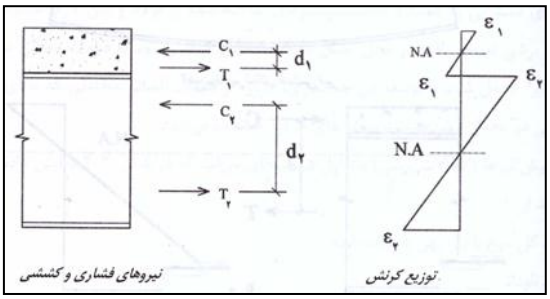
رفتار تیرهای مرکب مانند سایر اعضای خمشی است که در آنها با تقریب بسیار خوبی صفحات عمود بر محور تیر پس از خمش عمود بر محور تیر و به‌صورت مسطح باقی می‌مانند (Segui,2013,3:236) . تنها تفاوت تیرهای مرکب با تیرهای معمولی ساخته‌شده از یک جنس، رفتار و عملکرد توأم فولاد و بتن است چنانچه دال بتنی و تیر فولادی هر یک به‌صورت مجزا در تحمل بارهای وارده عمل کنند آنگاه فرض مسطح ماندن صفحات عمود بر محور تیر پس از خمش منجر به توزیع کرنش خطی در هر یک از قسمت‌های بتنی و فولادی تیر خواهد شد (AISC,2010,2:345).

شکل شماره (۱) رفتار تیری را که دارای مقطع فولادی و دال بتنی است را نشان می‌دهد که هیچ‌گونه اتصالی در محل تماس فولاد و بتن وجود ندارد و از اصطکاک جزئی در محل تماس نیز صرف‌نظر شده است.



شکل شماره (۱) : تغییر شکل خمشی تیر(ازهری و دیگران ۱۳۹۳، ۵:۵۷۶)

شکل شماره (۱)تغییر شکل خمشی تیر را با توجه به عملکرد غیر مرکب آن به‌صورت اغراق‌آمیز نشان می‌دهد این رفتار موجب بروز کرنش مطابق شکل شماره (۲) خواهد شد. به‌عبارت‌دیگر رفتار خمش دال بتنی و تیر فولادی کاملاً از یکدیگر مستقل بوده و هر یک از قسمت‌های فولادی و بتنی دارای یک تار خنثی جداگانه هستند که موجب توسعه تنش‌های فشاری و کششی در هر یک از نواحی بتن و فولاد به‌صورت جداگانه می‌شود که برآیند آنها در شکل شماره (۲) نشان داده‌شده است.



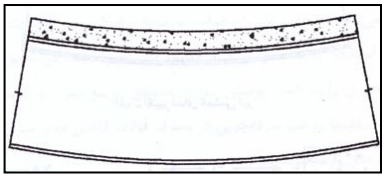
شکل شماره (۲) : رفتار تیر با عملکرد غیر مرکب(ازهری و دیگران ۱۳۹۳، ۵:۵۷۶)

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

در حالت رفتار غیر مرکب در محل اتصال بتن و فولاد لغزش رخ می‌دهد. و فقط نیروهای فشاری عمود بر بال تیرآهن و نیز دال بتنی پدید می‌آید. با توجه به تعادل نیروهای فشاری و کششی در هر یک از قسمت‌های بتن و فولاد برای لنگر خمشی که تیر متواند تحمل کند داریم.

$$MBeam = Mconcrete + MSteel = C_1 d_1 + C_2 d_2 \qquad (۱)$$

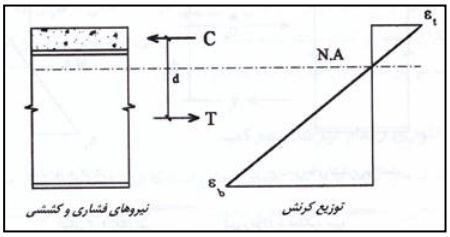
چنانچه تیر ساخته‌شده از فولاد و بتن به‌صورت یکپارچه و با رفتار مرکب عمل کند، آنگاه تغییر شکل خمشی تیر پس از اعمال بارهای وارده مطابق شکل شماره (۳) خواهد بود.



شکل شماره (۳) : تغییر شکل خمشی تیر(ازهری و دیگران ۱۳۹۳، ۵:۵۷۶)

در این حالت قسمت فوقانی تیر مرکب تحت‌فشار و ناحیه پایینی تحت کشش قرار می‌گیرد و تیر تنها دارای یک محور خنثی خواهد بود و توزیع کرنش در عمق تیر همانند شکل شماره (۴) در حالت رفتار توأم و مرکب بتن و فولاد هیچ‌گونه لغزشی در محل اتصال دو ماده رخ نمی‌دهد و لنگر خمشی که تیر می‌تواند تحمل کند از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$MBeam = Cd = Td \qquad (۲)$$



شکل شماره (۴) : رفتار تیر با عملکرد مرکب(ازهری و دیگران ۱۳۹۳، ۵:۵۷۶)

چون نیروی کششی و فشاری و نیز بازوی لنگر در این حالت از حالت عملکرد غیر مرکب تیر بزرگ‌تر است لذا لنگر خمشی که تیر در حالت عملکرد مرکب می‌تواند تحمل کند بیشتر از لنگر خمشی است که تیر در حالت عملکرد غیر مرکب می‌تواند حمل نماید درنتیجه عملکرد مرکب بتن و فولاد موجب افزایش ظرفیت باربری خواهد شد. در پایان ذکر این نکته حائز اهمیت است که در صورت عملکرد تیر به‌صورت مرکب، ممان اینرسی و اساس مقطع تیر با توجه به محور خنثی شکل شماره (۴) محاسبه می‌شود که مقادیر آنها در این حالت به‌مراتب از حالت رفتار تیر با عملکرد غیر مرکب بیشتر است.

۳- تولید داده‌های موردنیاز الگوریتم ژنتیک[1] جهت بهینه‌سازی عملکرد مشترک فولاد و بتن

جهت تولید داده‌های موردنیاز الگوریتم ژنتیک مطابق (جدول۱) طراحی المان مرکب به‌صورت تکرار چندین مرحله آنالیز و طراحی در نرم‌افزار ETABS (مهدی هادی زاده بزاز و علی سیفی۱۳۸۹، ۳:۳۷۰) و با توجه به درصدهای مختلف عملکرد مشترک فولاد و بتن انجام گردیده است.

جدول شماره (۱) نتایج طراحی المان فولادی تیر مختلط درازای تغییر درصد عملکرد مشترک فولاد و بتن

تعداد برشگیر	سایز نیمرخ فولادی IPE	درصد عملکرد مشترک فولاد و بتن PCC (%)	ظرفیت خمشی المان مرکبMnØ (tonf - m)		طول نیمرخ فولادی (m)	وزن نیمرخ فولادی (kg)	بهاء نیمرخ فولادی (ریال)
			pcc	full			
0	270	0	9.9846	16.1664	2	72.33333333	1535000
1	240	22.01	9.4987	13.0817	2	61.5	1308333.333
2	240	22.01	9.4987	13.0817	2	61.5	1308333.333
3	220	44.01	8.9373	10.9804	2	52.5	1118333.333
4	220	44.01	8.9373	10.9804	2	52.5	1118333.333
5	220	66.02	9.914	10.9804	2	52.5	1118333.333
6	200	66.02	8.2564	9.2688	2	46	958333.3333
7	200	88.03	8.9408	9.2688	2	46	958333.3333
8	200	88.03	8.9408	9.2688	2	46	958333.3333
9	200	100	9.2688	9.2688	2	46	958333.3333

جدول شماره (۲) بهاء برشگیر

تعداد برشگیر	بهاء برشگیر (ریال)
0	0
1	60000
2	120000
3	180000
4	240000
5	300000
6	360000
7	420000
8	480000
9	540000

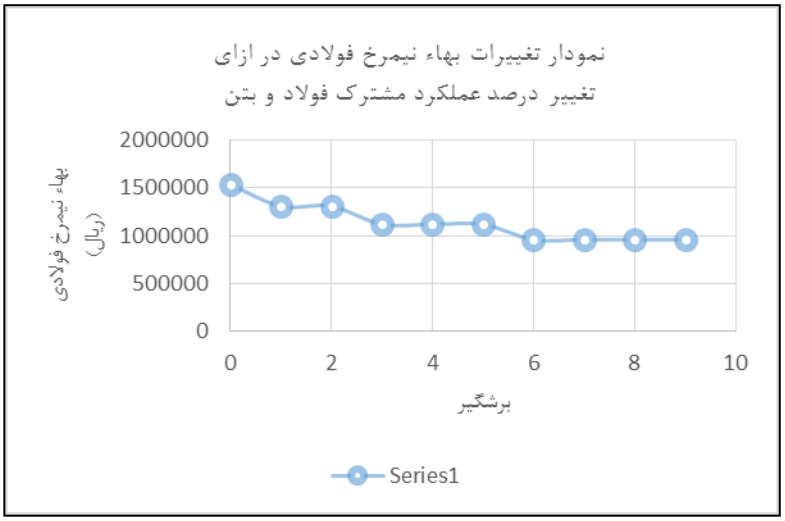
۳-۱- تابع شایستگی

در صورت تابع شایستگی تابعی است که درواقع ما قصد بهینه‌سازی آن راداریم. در الگوریتم‌های استاندارد بهینه‌سازی این تابع تحت عنوان تابع هدف شناخته می‌شود. درواقع هدف بهینه‌سازی، یافتن مقدار مینیمم تابع شایستگی است. در رابطه با بهینه‌سازی عملکرد مشترک فولاد و بتن در افزایش ظرفیت باربری و رفتار بهینه المان‌های مختلط تحت خمش، هدف، بهینه‌سازی برش منتقل‌شده بین دال بتنی و تیر فولادی و درنتیجه بهینه نمودن رفتار مرکب بتن و فولاد و ایجاد تعادلی بهینه مابین ظرفیت باربری و هزینه‌های اقتصادی المان‌های مختلط تحت خمش می‌باشد. در این تحقیق بهینه‌سازی برش منتقل‌شده بین دال بتنی و تیر فولادی با توجه به عامل اصلی تأثیرگذار بر عملکرد مشترک فولاد و بتن (تعداد برشگیرها) مورد

1- Genetic Algorithm

ارزیابی قرار می‌گیرد. لذا تابع هدف می‌بایست با در نظر گرفتن مقادیر متغییر ذکرشده پس از بهینه شدن، تعادلی را مابین ظرفیت باربری و هزینه‌های اقتصادی المان‌های مختلط تحت خمش ایجاد نماید.

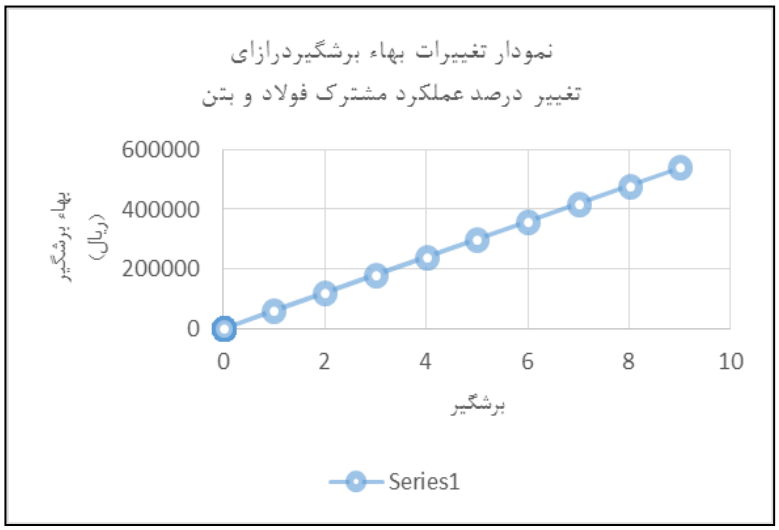
جهت ایجاد داده‌های پیکربندی تابع هدف از نتایج آنالیز و طراحی پی‌درپی مدل تیر مختلط در نرم‌افزار اجزاء محدود ETABS استفاده‌شده است. ETABS افزار اجزاء محدود در نمودار (شکل۵) تغییرات بهای نیمرخ فولادی درازای تغییر درصد عملکرد مشترک فولاد و بتن بر اساس داده‌های (جدول۱) نشان داده‌شده است.



شکل شماره (۵) : تغییرات بهای نیمرخ فولادی درازای تغییر درصد عملکرد مشترک فولاد و بتن

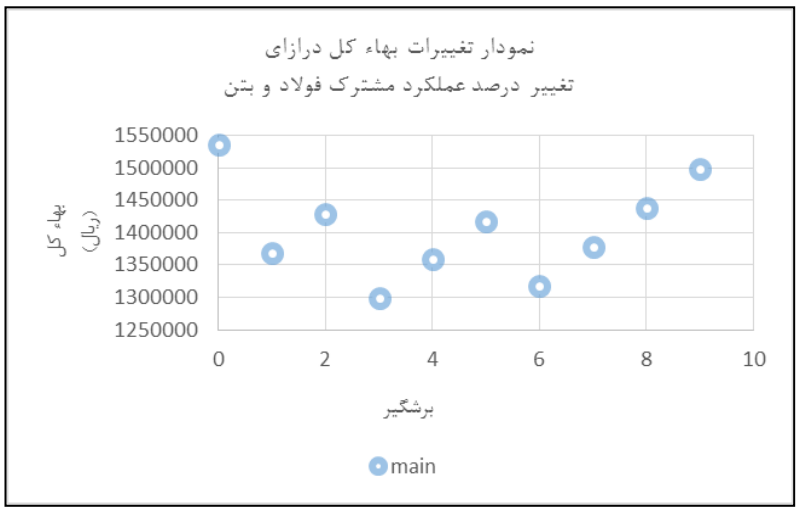
همان‌گونه که مشاهده می‌گردد درازای افزایش درصد عملکرد مشترک فولاد و بتن تحت بارگذاری مشخص با ثابت ماندن ظرفیت باربری المان، می‌توان از نیمرخ‌های فولادی سبک‌تر در ترکیب با بتن دال استفاده نمود.

در نمودار (شکل ۶) تغییرات بهای برشگیر درازای تغییر درصد عملکرد مشترک فولاد و بتن مشاهده می‌شود.



شکل شماره (۶) : تغییرات بهای برشگیر درازای تغییر درصد عملکرد مشترک فولاد و بتن

با ترکیب داده‌های فوق که خروجی نرم‌افزار اجزاء محدود می‌باشند. نمودار (شکل ۷) حاصل می‌شود که نشان‌دهنده تغییرات بهای کل المان مختلط درازای تغییر درصد عملکرد مشترک فولاد و بتن می‌باشد.

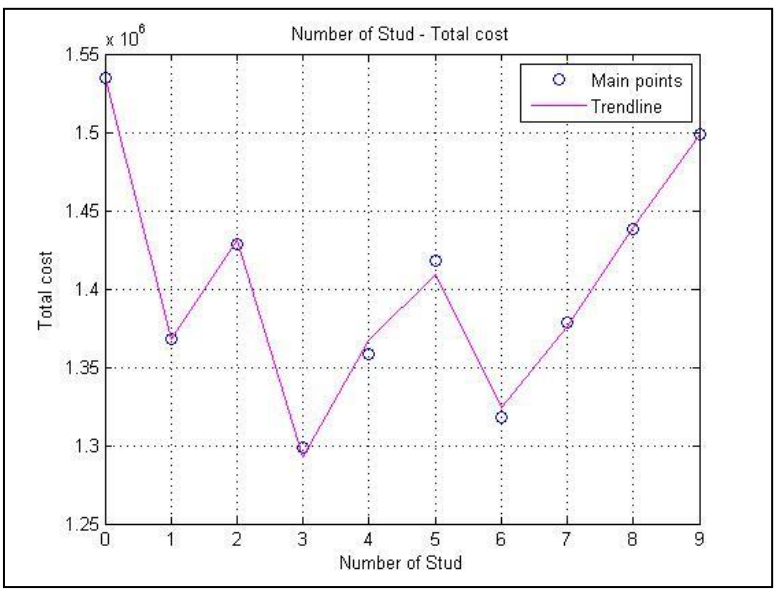


شکل شماره (۷) : تغییرات بهای کل المان مختلط درازای تغییر درصد عملکرد مشترک فولاد و بتن

با برازش بهترین منحنی مابین داده‌های نمودار(شکل۸) تابع هدف شکل می‌گیرد. جهت تعیین معادله منحنی رگرسیون که درواقع همان تابع شایستگی مورداستفاده در الگوریتم ژنتیک می‌باشد با توجه به پراکندگی داده‌ها نیاز به معادله با درجات بالا می‌باشد که تولید چنین معادلاتی در نرم‌افزارهای متعارف مانند اکسل مقدور نبوده و از عدم دقت کافی برخوردار است. لذا جهت ترسیم تابع شایستگی و استخراج معادله حاکم بر آن، داده‌های فوق در نرم‌افزار متلب پردازش می‌شوند.

در ادامه جهت بهینه نمودن حجم عملیات پردازش داده‌ها از ترکیب کد نویسی در نرم‌افزار متلب و قابلیت صفحه گسترده در ترکیب با کد نویسی در نرم‌افزار اکسل جهت تعیین تابع شایستگی استفاده‌شده است.

همان‌گونه که مشاهده می‌گردد در نمودار شکل (۸) منحنی رگرسیون از میان داده‌های تولیدکننده تابع شایستگی با دقت مطلوبی برازش یافته (کیا، سید مصطفی،۱۳۹۱ ، ۲:۱۶۲) و معادله حاکم بر آن در خروجی نرم‌افزار متلب تولیدشده است.



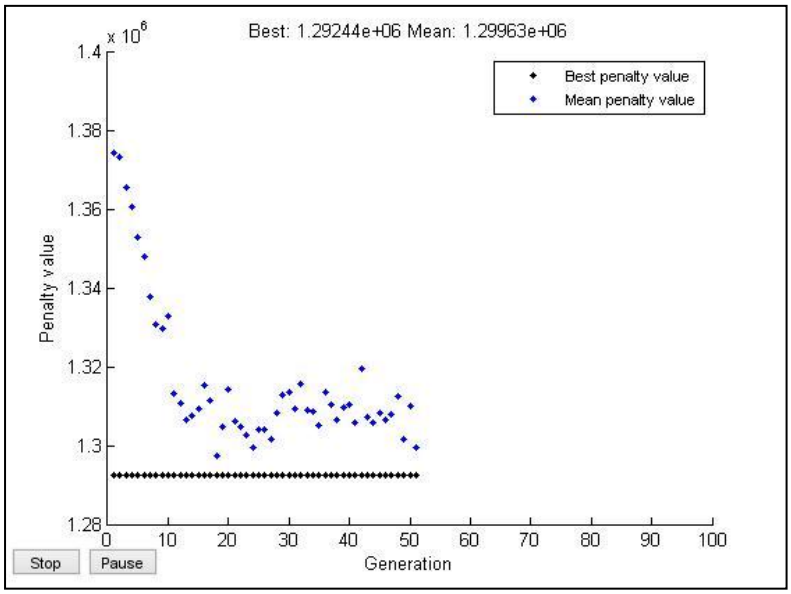
شکل شماره (۸) : منحنی تابع شایستگی ترسیم‌شده در محیط نرم‌افزار متلب

معادله تابع شایستگی به‌صورت ذیل می‌باشد:

$$Y=(63.5)*x^8+(-2359.4)*x^7+(35856.4)*x^6+(-286841.2)*x^5+(1290686.9)*x^4+$$
$$+(-3223415.7)*x^3+(4082341.3)*x^2+(-2063700.9)*x+(1535070.2) \quad (۳)$$

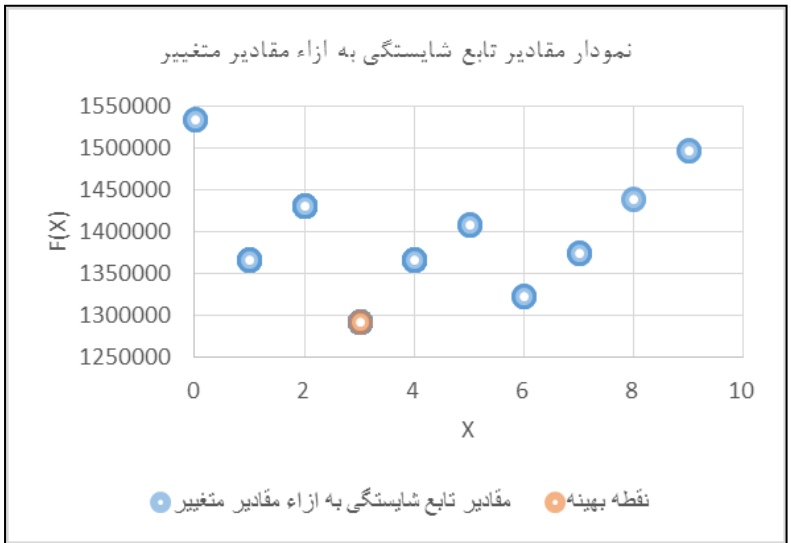
۴- نتایج بهینه‌سازی عملکرد مشترک فولاد و بتن درنتیجه‌ی پیاده‌سازی الگوریتم ژنتیک

تابع شایستگی دارای مینیمم‌های محلی نیز می‌باشد اما به‌هرحال این تابع تنها دارای یک مینیمم سراسری می‌باشد که پس از بهینه‌سازی توسط الگوریتم ژنتیک مشخص می‌گردد.



شکل شماره (۹) : بهترین و متوسط مقادیر شایستگی در هر نسل

درواقع مینیمم سراسری تابع شایستگی مقدار حداقل این تابع را به ازای تعداد برشگیرهای موردنیاز جهت بهینه شدن عملکرد مشترک فولاد و بتن در المان مرکب تحت خمش نشان می‌دهد.



شکل شماره (۱۰) : مقادیر تابع شایستگی به ازای مقادیر متغییر

همان‌گونه که در نمودار (شکل ۱۰) مشاهده می‌گردد. بهترین مقدار تابع شایستگی به ازای مقدار ۳ برای متغییر مسئله حاصل می‌گردد. که این مقدار همان تعداد برشگیر جهت بهینه شدن عملکرد مشترک فولاد و بتن در المان مختلط تحت بررسی در این تحقیق می‌باشد.

مطابق (جدول ۳) مشاهده می‌گردد با افزایش میزان عملکرد مشترک فولاد و بتن، سهم باربری دال بتنی و به‌تبع ظرفیت باربری المان مرکب افزایش می‌یابد. این امر نشان‌دهنده تأثیر میزان انتقال برش مابین دال بتنی و نیمرخ فولادی در ظرفیت باربری المان مرکب می‌باشد. اما افزایش میزان انتقال برش مابین دال بتنی و نیمرخ فولادی و درنتیجه افزایش ظرفیت باربری المان مرکب با افزایش بهای تمام‌شده مقطع مختلط همراه می‌باشد. لذا لزوم ایجاد تعادلی منطقی و علمی مبتنی مابین بیشینه نمودن ظرفیت باربری المان‌های مختلط تحت خمش و کمینه شدن هزینه‌های ناشی از عملکرد مشترک فولاد و بتن احساس می‌گردد. در این راستا با بهره‌گیری از تکنیک‌های بهینه‌سازی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک با ایجاد تعادلی مابین هزینه‌های ریالی ناشی از عملکرد مشترک فولاد و بتن و میزان ظرفیت باربری در خصوص المان مرکب تحت بررسی در این تحقیق، همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد بهترین مقدار تابع شایستگی به ازای مقدار ۳ برای متغییر مسئله حاصل می‌گردد. که این مقدار همان تعداد برشگیر جهت بهینه شدن عملکرد مشترک فولاد و بتن در المان مختلط می‌باشد.

جدول شماره (۳) نتایج طراحی المان فولادی تیر مختلط درازای تغییر درصد عملکرد مشترک فولاد و بتن

تعداد برشگیر	سایز نیمرخ فولادی IPE	درصد عملکرد مشترک فولاد و بتن PCC (%)	ظرفیت خمشی المان مرکبMnØ (tonf - m)		مجموع هزینه المان مرکب (ریال)
			pcc	full	
0	270	0	9.9846	16.1664	1535000
1	240	22.01	9.4987	13.0817	1368333
2	240	22.01	9.4987	13.0817	1428333
3	220	44.01	8.9373	10.9804	1298333
4	220	44.01	8.9373	10.9804	1358333
5	220	66.02	9.914	10.9804	1418333
6	200	66.02	8.2564	9.2688	1318333
7	200	88.03	8.9408	9.2688	1378333
8	200	88.03	8.9408	9.2688	1438333
9	200	100	9.2688	9.2688	1498333

در این نقطه‌ی بهینه درصد عملکرد مشترک در حدود ۴۴ درصد بوده که این میزان، ظرفیت باربری ۸.۹ تن متر را ایجاد می‌نماید که کمتر از ظرفیت باربری در حالتی است که صد درصد عملکرد مشترک تأمین‌شده باشد. اما در نقطه مقابل باعث بهینه شدن هزینه‌های تأمین عملکرد مشترک و بهای نیمرخ فولادی و درنهایت بهای المان مرکب می‌گردد.

۵- نتیجه‌گیری

یکی از قابلیت‌های برنامه ETABS در طراحی تیرهای مرکب، در صورت اختصاص لیست انتخاب خودکار مقطع به تیرها، تعیین مقطع بهینه می‌باشد. اما در این روش، وزن مخصوص فولاد مورداستفاده قرار می‌گیرد. و توجه به این نکته حائز اهمیت است که قیمت نیمرخ‌های فولادی با شماره‌های مختلف متفاوت بوده و بر مبنای بهای وزن واحد حجم فولاد سنجیده نمی‌شود. درنتیجه بهینه‌سازی انجام‌شده در برنامه ETABS با توجه به این موضوع نمی‌تواند به‌صورت واقعی معرف مقطع بهینه باشد. درصورتی‌که پیاده‌سازی الگوریتم‌های بهینه‌سازی با داده‌های همخوان با بازار کار، می‌تواند نتایج مطلوب‌تری را در پی داشته باشد.

بنابراین با بهره‌گیری از تکنیک‌های بهینه‌سازی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک می‌توان با ایجاد تعادلی منطقی و علمی مبتنی مابین بیشینه نمودن ظرفیت باربری المان‌های مختلط تحت خمش و کمینه شدن هزینه‌های ناشی از عملکرد مشترک فولاد و بتن یک طرح اقتصادی که جوابگوی نیازهای سازه‌ای نیز باشد ایجاد نمود.

تشکر و قدردانی

بر خود لازم می‌دانم از استاد ارجمند جناب آقای دکتر عبدالرحیم طاهری و مدیر گروه محترم جناب آقای دکتر محمد ذونعمت کرمانی که همواره حمایت‌های بی‌دریغ و راهنمایی‌های کارگشایشان یاری بخش اینجانب در تمامی مراحل این مطالعه بوده است، و همچنین از زحمات سرکار خانم مهندس مریم سرور در تدوین این تحقیق، سپاسگزاری و تشکر صمیمانه نمایم.

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

مراجع

۱. کیا، سید مصطفی. الگوریتم‌های ژنتیک درMATLAB. تهران: انتشارات ,کیان. ۱۳۹۱.

۲. مهدی هادی زاده بزاز و علی سیفی تحلیل و طراحی ساختمان‌های فولادی بر مبنای مقررات ملی ساختمان با برنامه ETABS نگارش ۹.مشهد:مرکز آموزش مهندسین خانه عمران شریف،.۱۳۸۹.

۳. ازهری,مجتبی. و [دیگران]/طراحی سازه‌های فولادی به روش حالات حدی LRFD (طراحی اعضا). اصفهان: ارکان دانش. ۱۳۹۳.

4. Segui , T. 2013. Steel Design. Memphis: The University of Memphis

5. AISC , (2010).AISC 360-10 Specification For Structure Steel Building Allowable Stress Design And Plastic Design. American Institute of Steel Construction.