

وصله مکانیکی جایگزینی اقتصادی برای وصله پوششی در ساختمان

های بتن مسلح کوتاه مرتبه

امید زریبافیان

سعید تدین

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان

کارشناس عمران-عمران - دانشگاه صنعتی اصفهان

۲۱۰F

Email: zaribafian@yahoo.com

Tel: ۰۳۱۳۲۲۱۷۶۸۱

Email: saeedtadayyon@gmail.com

Tel: ۰۹۱۳۷۸۰۷۳۹۲

چکیده:

در کشور عزیزمان ایران ساختمان های بتن آرمه، بخش عمده بناهای در حال ساخت را تشکیل می دهند. در ساختمان های بتن مسلح وصله آرماتور ها، یک امر اجتناب ناپذیر است. وصله پوششی رایج ترین نوع وصله میلگردها است که از مهم ترین معایب آن اتلاف در مصرف میلگرد می باشد.

فولاد ساختمانی محصول گران بهایی است که مصرف بهینه آن موجب حفظ ذخایر با ارزش آهن برای نسل های آینده و همچنین کاهش آلودگی های حاصل از تولید، می شود. یکی از راهکارهای مصرف بهینه آرماتور در ساختمان های بتن مسلح، استفاده از وصله مکانیکی به جای وصله پوششی است.

اگر چه مزایای وصله های مکانیکی کاملاً شناخته شده است ولی مسئله اصلی در کاربرد آن ها، قیمت نسبی بالای این قطعات است و این در حالی است که آیین نامه ها نیز استفاده از وصله های پوششی را مجاز می دانند. اما سؤال اینجاست که آیا این تصور که وصله های مکانیکی پرهزینه تر از وصله های پوششی است، درست است؟

چنانچه بتوان تعداد محل های لازم برای انجام وصله آرماتور را، به هر روش ممکن در یک ساختمان بتن مسلح کاهش داد، بدون شک استفاده از وصله های مکانیکی حتماً دارای توجیه اقتصادی نیز خواهد بود. و این ایده ای است که در این مقاله مطرح است و قرار است میزان اعتبار آن مورد بحث قرار گیرد.

واژه های کلیدی: ساختمان های بتن آرمه، وصله های مکانیکی، وصله های پوششی.

۱- مقدمه:

در سازه های بتن آرمه، به دلیل محدودیت طولی آرماتورها و نکات اجرایی، وصله آرماتورها امری لازم و ضروری است. میلگردها را می توان به چهار روش به یکدیگر وصله نمود: وصله های پوششی^۱، جوشی^۲، مکانیکی^۳ و اتکایی^۴.

در حال حاضر در ایران وصله ی پوششی، معمول ترین نوع وصله برای ساختمان های بتن آرمه متعارف می باشد. این روش اتصال، روشی قدیمی برای اتصال آرماتورهاست که شاید به طور اشتباه، یک روش ارزان تلقی می شود.

Cagley و Apple [۱] در نتیجه مطالعه ی خود، بیان داشته اند که مجموع مزایای سازه ای و اقتصادی وصله های مکانیکی در مقایسه با وصله های پوششی، نسبت هزینه-فایده بسیار جذابی را نشان می دهد.

سینگ و همکاران نیز در مطالعه خود [۲] به بررسی صرفه اقتصادی وصله های مکانیکی در مقابل وصله های پوششی پرداخته اند. نتیجه گزارش شده از این تحقیق نیز حاکی از صرفه اقتصادی در استفاده از وصله های مکانیکی به جای وصله های پوششی می باشد.

۲- روش تحقیق:

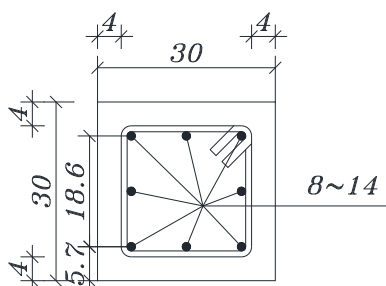
برای رسیدن به پاسخ این سوال، که آیا استفاده از وصله های مکانیکی پر هزینه تر از وصله های پوششی است، کافی است میزان تأثیر سه متغیر مستقل زیر را بر میزان میلگرد مصرفی و هزینه تمام شده آرماتوربندی و اجرای اسکلت ساختمان های بتن مسلح کوتاه مرتبه (در اینجا سه طبقه) مورد بررسی قرار دهیم.

۲-۱- متغیرهای مستقل:

۲-۱-۱- استفاده از آرایش چهار آرماتور در ستون ها به جای آرایش معمولی.

۲-۱-۲- کاهش میزان آرماتور مصرفی از طریق افزایش مقاومت مشخصه بتن سازه ای.

۲-۱-۳- استفاده از وصله مکانیکی به جای وصله پوششی.



۲-۱-۱-۲- آرایش آرماتورها در ستون ها

منظور از آرایش آرماتورها، نحوه قرارگیری میلگردها در مقطع اعضا می باشد.

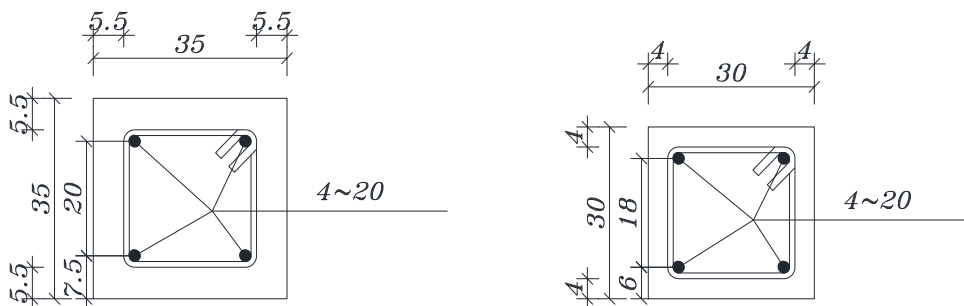
با توجه به ضوابط آیین نامه ها و مسائل اجرایی در ساختمان های بتن آرمه

متعارف در ایران، معمولاً برای طراحی ستونی با حداقل ابعاد و حداقل مقدار

فولاد، از عضوی با مقطع مرسوم مقابل استفاده می شود. شکل ۱- کوچک ترین مقطع مرسوم

^۱ Lap Splices ^۲ Welded Splices ^۳ Mechanical Splices ^۴ End-Bearing Splices

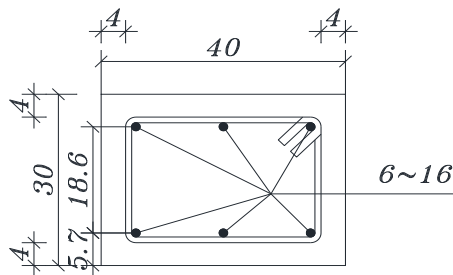
آرایش چهار آرماتوره در ستون ها که در شکل زیر مشاهده می شود، از نظر ضوابط آیین نامه ای استاندارد می باشد. استفاده از این آرایش ایده ای است که در این پژوهش به منظور کاهش تعداد محل های لازم برای انجام وصله آرماتورها، ارائه شده است.



شکل ۲- آرایش چهار آرماتوره ستون ها

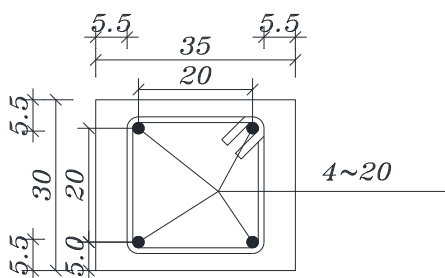
۲-۱-۱-۲- آرایش آرماتورها در تیرها:

با توجه به مسائل اجرایی در ساختمان های متعارف ایران، مقطع مرسوم تیرها مطابق شکل زیر می باشد.



شکل ۳- مقطع مرسوم تیرها

آرایش چهار آرماتوره در تیرها که در شکل زیر آورده شده است نیز، از نظر ضوابط آیین نامه ای استاندارد می باشد.



شکل ۴- مقطع چهار آرماتوره تیرها

۲-۱-۲- مقاومت مشخصه بتن:

منظور از تغییر مقاومت مشخصه بتن به عنوان یک متغیر مستقل، تغییر در مقاومت بتن مصرفی در ستون هاست. اما از آنجا که در محل اتصال تیر و ستون، قسمتی از ستون با بتن مورد استفاده در تیرها اجرا می شود، مجبور به رعایت یک مقدار حداکثر، برای اختلاف بین مقاومت مشخصه بتن ستون ها با تیرها (و دال ها) هستیم.

در واقع برای استفاده از بتن با مقاومت 280 Kg/cm^2 در ستون ها، مجبور به استفاده از بتن با مقاومت حداقل 210 Kg/cm^2 در تیرها هستیم. همچنین برای استفاده از بتن با مقاومت 350 Kg/cm^2 در ستون ها، مجبور به استفاده از بتن با مقاومت حداقل 280 Kg/cm^2 در تیرها هستیم.

۳- تجزیه و تحلیل داده ها:

جامعه آماری مد نظر در این پژوهش، شامل ساختمان های بتن مسلح سه طبقه مسکونی است؛ که به صورت متعارف با سیستم سازه ای باربر قاب خمشی بتن مسلح، حداکثر در سه سال گذشته در شهر اصفهان طراحی شده اند، و نقشه های آن ها مورد تأیید سازمان نظام مهندسی ساختمان شهر اصفهان قرار گرفته است.

نمونه های انتخاب شده از بین جامعه آماری فوق الذکر به صورت تصادفی انتخاب شده اند؛ ولی در نمونه گیری سعی شده است انواع مختلف ساختمان ها از منظر آیین نامه های طراحی و مقررات ملی ساختمان ایران تحت پوشش قرار گیرد. برخی از فاکتورهای مورد نظر در این زمینه عبارتند از:

- | | |
|------------------------------|---|
| الف) تنوع در پلان های معماری | ب) منظم و نامنظم بودن در پلان و ارتفاع |
| ج) طول دهانه تیرها | د) ارتفاع طبقات |
| ه) تعداد ستون ها | و) بار مرده ساختمان با توجه به وزن و نوع مصالح مصرفی. |

به منظور تحلیل نمونه ها ذکر نکات زیر لازم و ضروری است:

۱- برای محاسبه طول وصله ی پوششی آرماتورها از رابطه کلی زیر استفاده شده است:

$$55 d_b = \text{طول وصله (برای مقاومت } 210 \text{ Kg/cm}^2 \text{)} \quad (d_b \text{ قطر آرماتور})$$

$$45 d_b = \text{طول وصله (برای مقاومت } 280 \text{ Kg/cm}^2 \text{)}$$

$$40 d_b = \text{طول وصله (برای مقاومت } 350 \text{ Kg/cm}^2 \text{)}$$

۲- متره و برآورد هزینه ها متناسب با دوره زمانی انجام تحقیق (سه ماه چهارم ۱۳۹۲) و براساس جداول زیر می باشد.

- قیمت هر کیلوگرم آرماتور ۱۸،۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.

$f'_c (kg/cm^2)$	نوع مواد افزودنی	قیمت هر تن بتن با حمل و پمپاژ (ریال)
۲۲۰، ۲۱۰	Lsr	۳۳۸،۰۰۰
۲۳۰	Lsr	۳۴۵،۰۰۰
۲۵۰، ۲۴۰	Lsr	۳۵۳،۰۰۰
۲۹۰، ۲۷۰	Lsr	۳۶۵،۰۰۰
۳۰۰	Lsr	۳۹۰،۰۰۰
۳۵۰	P۳۰r	۴۲۵،۰۰۰
۴۰۰	P۳۰r	۴۳۰،۰۰۰

جدول ۱- قیمت (سه ماهه چهارم سال) هر تن بتن با حمل و پمپاژ توسط شرکت بنیاد بتن اصفهان

ردیف	سایز	قیمت وصله استاندارد (ریال)	قیمت هر سر رزوه استاندارد (ریال)
۱	۱۶	۳۳،۰۰۰	۹،۰۰۰
۲	۱۸	۳۶،۰۰۰	۹،۵۰۰
۳	۲۰	۳۹،۰۰۰	۱۰،۰۰۰
۴	۲۲	۴۲،۰۰۰	۱۱،۰۰۰
۵	۲۵	۴۶،۵۰۰	۱۱،۵۰۰
۶	۲۸	۶۱،۰۰۰	۱۲،۵۰۰
۷	۳۲	۸۸،۰۰۰	۱۳،۵۰۰
۸	۳۶	۹۹،۰۰۰	۱۵،۵۰۰
۹	۴۰	۱۲۱،۰۰۰	۱۶،۵۰۰

جدول ۲- قیمت (سه ماهه چهارم سال) انواع وصله استاندارد تولید داخل

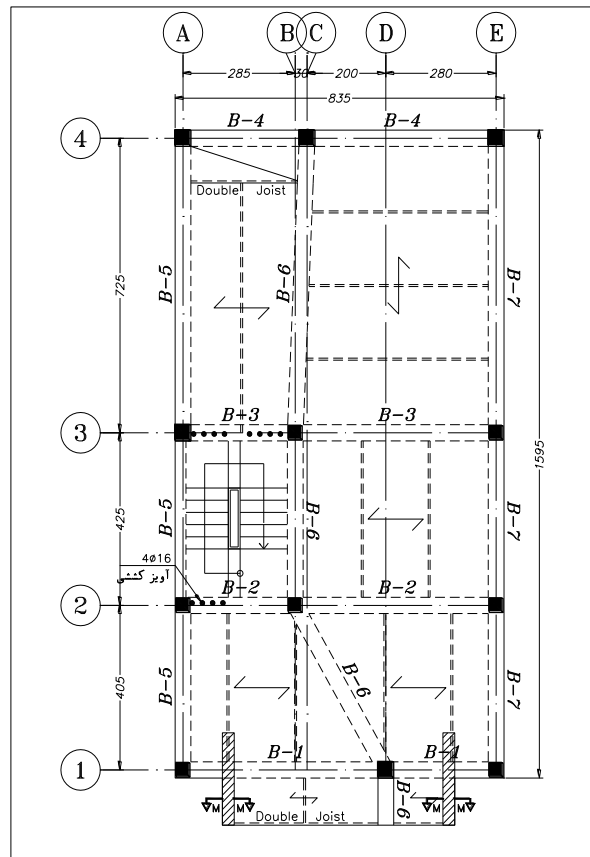
خلاصه تحلیل دو نمونه از جامعه آماری، در ادامه ارائه شده است.

۳-۱ نمونه شماره (۱)

تعداد طبقات	۳ طبقه
ضریب نرمی پیچشی ^۱	۱،۲
سطح اشغال (A)	۱۴۰ متر مربع
تعداد ستون در هر طبقه (C)	۱۲ عدد
نسبت A/C	۱۱،۶۷
مساحت زیربنا	۴۱۷ متر مربع
بلوک مصرفی	بلوک سبک لیکا

جدول ۳- مشخصات کلی نمونه شماره (۱)

$$\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{min}} = \text{ضریب نرمی پیچشی}$$

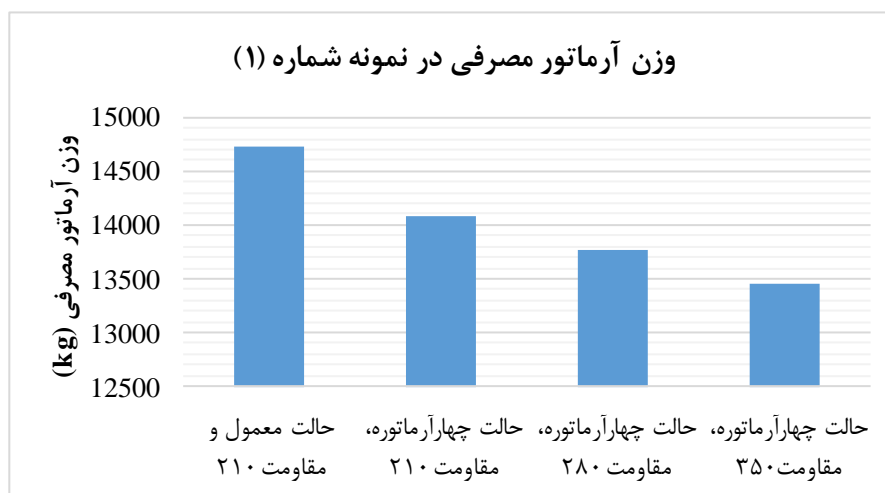


شکل ۵- پلان معماری نمونه شماره (۱)

حالات مختلف	وزن آرماتور مصرفی (Kg)	وزن آرماتور مصرفی به ازای هر واحد سطح زیربنا (Kg)
حالت معمول و مقاومت 210 Kg/cm^2 و استفاده از وصله پوششی (حالت اولیه)	۱۴۷۳۱	۳۵,۲۳
حالت چهار آرماتوره و مقاومت 210 Kg/cm^2 و استفاده از وصله مکانیکی (حالت ثانویه)	۱۴۰۹۰	۳۳,۷۹
حالت چهار آرماتوره و مقاومت 280 Kg/cm^2 و استفاده از وصله مکانیکی	۱۳۷۶۲	۳۳
حالت چهار آرماتوره و مقاومت 350 Kg/cm^2 و استفاده از وصله مکانیکی (حالت نهایی)	۱۳۴۵۸	۳۲,۲۷
صرفه جویی در مصرف آرماتور در حالت نهایی نسبت به حالت اولیه	٪ ۸,۶	-
صرفه جویی در مصرف آرماتور در حالت ثانویه نسبت به حالت اولیه	٪ ۴,۳	-

جدول ۴- وزن آرماتور مصرفی بر حسب (Kg) در حالت های مختلف برای نمونه شماره (۱)

وزن آرماتور مصرفی که در جدول فوق آمده است، شامل وزن آرماتور مصرفی در فونداسیون، ستون ها، تیرها، دستگاه پله و پاگرد، شناژهای مخفی و تیرهای فرعی می باشد.



پارامترهای اقتصادی	مقایسه ی ریالی حالت نهایی نسبت به حالت اولیه (ریال)
صرفه جویی در مصرف آرماتور	+۲۲,۹۱۴,۰۰۰
هزینه بتن ریزی	-۲,۰۱۱,۶۰۰
هزینه استفاده از وصله های مکانیکی	-۱۸,۲۷۰,۰۰۰
جمع	+۲,۶۳۲,۴۰۰

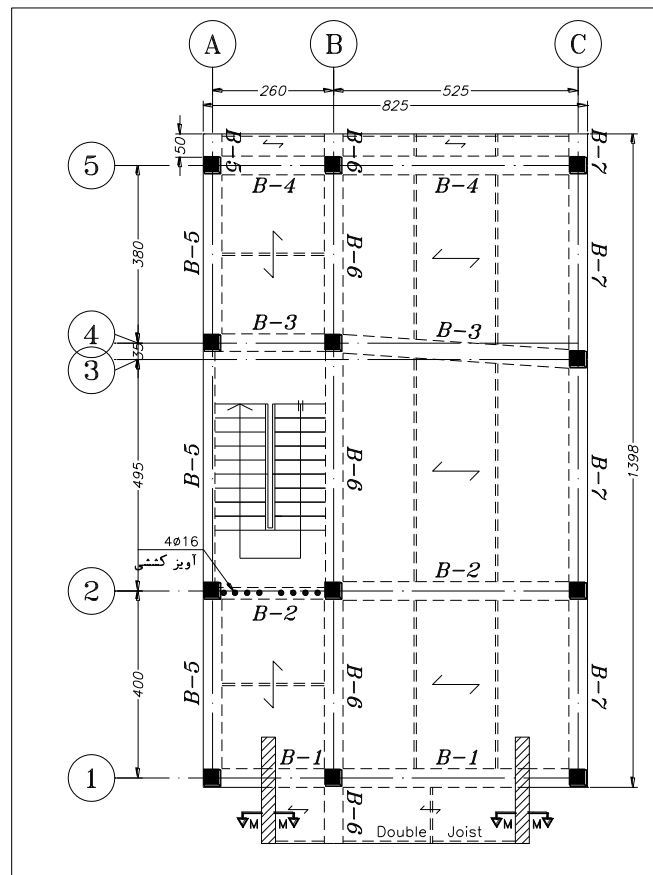
جدول ۵- مقایسه مقادیر ریالی در حالت نهایی نسبت به حالت اولیه برای نمونه (۱)

همان طور که در جدول فوق مشاهده می شود، در آمد حاصل از صرفه جویی در مصرف آرماتور، هزینه های بتن ریزی و استفاده از وصله مکانیکی را تأمین می نماید. از طرفی نتیجه مطلوب تر آنکه، بدون احتساب پرت میلگرد، ۸,۶٪ صرفه جویی در مصرف محصول ارزشمند میلگرد ساختمانی داشته ایم.

۲-۴ نمونه شماره (۲)

تعداد طبقات	۳ طبقه
ضریب نرمی پیچشی	۱,۱۴
سطح اشغال (A)	۱۲۲ متر مربع
تعداد ستون در هر طبقه (C)	۱۲ عدد
نسبت A/C	۱۰,۱۷
مساحت زیربنا	۳۶۶ متر مربع
بلوک مصرفی	بلوک سبک ترکیبی

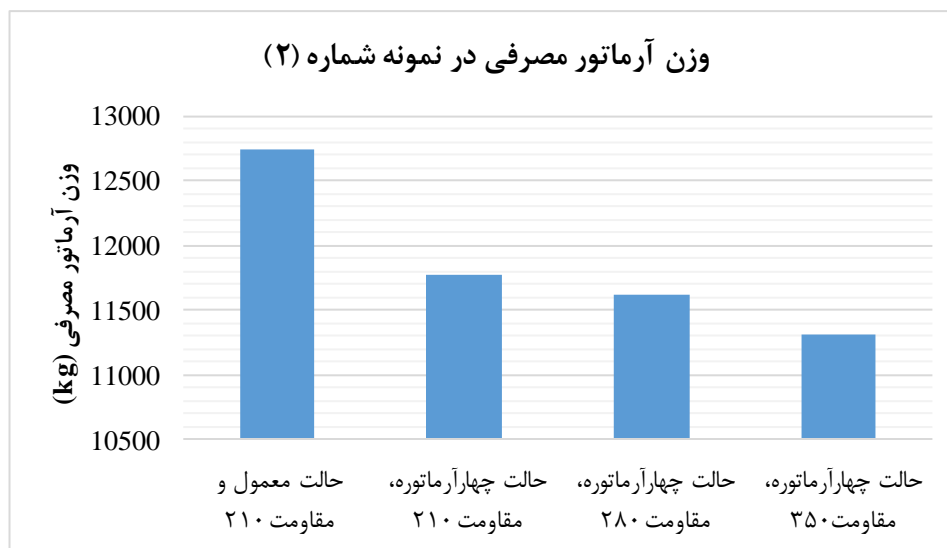
جدول ۶- مشخصات کلی نمونه شماره (۲)



شکل ۵- پلان معماری نمونه شماره (۲)

حالات مختلف	وزن آرماتور مصرفی (Kg)	وزن آرماتور مصرفی به ازای هر واحد سطح زیربنا (Kg)
حالت معمول و مقاومت 210 Kg/cm^2 و استفاده از وصله پوششی (حالت اولیه)	۱۲۷۴۳	۳۴,۸۲
حالت چهارآرماتوره و مقاومت 210 Kg/cm^2 و استفاده از وصله مکانیکی (حالت ثانویه)	۱۱۷۷۴	۳۲,۱۷
حالت چهارآرماتوره و مقاومت 280 Kg/cm^2 و استفاده از وصله مکانیکی	۱۱۶۱۲	۳۱,۷۳
حالت چهارآرماتوره و مقاومت 350 Kg/cm^2 و استفاده از وصله مکانیکی (حالت نهایی)	۱۱۳۰۶	۳۰,۸۹
صرفه جویی در مصرف آرماتور در حالت نهایی نسبت به حالت اولیه	٪ ۱۱,۲	-
صرفه جویی در مصرف آرماتور در حالت ثانویه نسبت به حالت اولیه	٪ ۷,۶	-

جدول ۷- وزن آرماتور مصرفی بر حسب (Kg) در حالت های مختلف برای نمونه شماره (۲)



پارامترهای اقتصادی	مقایسه ی ریالی حالت نهایی نسبت به حالت نخست (ریال)
صرفه جویی در مصرف آرماتور	+۲۵,۸۸۶,۰۰۰
هزینه بتن ریزی	-۶,۱۶۵,۴۰۰
هزینه استفاده از وصله های مکانیکی	-۱۱,۶۹۲,۰۰۰
جمع	+۸,۰۲۸,۶۰۰

جدول ۸- مقایسه مقادیر ریالی در حالت نهایی نسبت به حالت اولیه برای نمونه (۲)

۴- نتیجه گیری:

تحلیل نمونه های ارائه شده در این پژوهش به وضوح نشان می دهد که وصله های مکانیکی می توانند جایگزینی اقتصادی برای وصله های پوششی در ساختمان های بتن آرمه کوتاه مرتبه باشند. اگر چه که حتی صرف هزینه متناسب، برای استفاده از وصله های مکانیکی و جلوگیری از اتلاف آرماتور به عنوان یک محصول ارزشمند، عملکردی عاقلانه است.

۵- منابع:

۱-James R. Cagley and Richard Apple (۱۹۹۷). "Economic Analysis: Mechanical Butt Splices Vs. Lap Splicing in Reinforced Concrete Construction" a study by Cagley and Associates for ERICO Inc.

۲-Singh R. and Himanshu S. K. and Bhalla N. "Reinforcement Couplers As An Alternative To Lap Splices: A Case Study"

Mechanical splice is an economical substitution for lap splice in short reinforced concrete buildings

Omid Zaribafian

Saeed Tadayon

Faculty of Islamic Azad University of Ardestan

B.Sc. civil engineering, Isfahan University of Technology

۲۱۰F

Email: zaribafian@yahoo.com

Tel: ۰۲۱۳۲۲۰۷۷۰۱

Email: saeedtadayon@gmail.com

Tel: ۰۹۱۳۷۸۰۷۳۹۲

Abstract:

Reinforced concrete buildings make a significant portion of building structures in Iran. Splicing the rebar is unavoidable in reinforced concrete structures. Lapping of reinforcing bars is the most common splicing method. However, wasting steel is one of the most important disadvantages of this procedure.

Steel is a valuable product and if used optimally, it can preserve iron reserves for the future generations and decrease the production pollution. The use of mechanical splices instead of lap splices is one of the procedures to achieve this optimality.

Despite their well-known advantages, the fundamental problem with using mechanical splices is their high price. Besides, standards allow engineers to use lap splices. Thus the question is whether the mechanical splices are more expensive than lap splices, or not?

If the number of splices in one reinforced concrete building is decreased in every possible way, using mechanical splices would certainly have economic justification. Minimizing the number of splices is the main idea proposed in this paper.

Keyword: reinforced concrete, mechanical splices, lap splices.