مدلسازی AHP برای بررسی سه نوع اتصال میلگرد : اورلپ، کوپلینگ و فورجینگ

مهرداد محمد نژاد [۱]

محمد آهنگر [۲]

۱-عضو هیات علمی گروه مهندسی عمران دانشگاه صنعتی بیرجند

۲- دانشجوی کارشناسی عمران دانشگاه صنعتی بیرجند

1 : mohammadnejad@birjandut.ac.ir
2 : mohammadahangar19@gmail.com

چکیده:

در این تحقیق یک مدلسازی بر مبنای تصمیم گیری چند متغیره (AHP) برای تحلیل سه نوع اتصال میلگرد آرماتور بندی سازه بتن آرمه ارایه شده است. سه نوع اتصال میلگرد ۱: اتصال اورلپ ۲: اتصال مکانیکی(کوپلینگ) ۳: اتصال فورجینگ(جوش سر به سر) در نظر گرفته شده و مدلسازی AHP برای پارامترهایی از قبیل هزینه اتصال، زمان مورد نیاز برای اتصال، طول اتصال، ابزار مورد نیاز برای اتصال و آزمایش کشش انجام گرفته است و در نهایت نتایج تحلیل سه نوع اتصال با یکدیگر مقایسه گشته است که در حالت های مختلف یکی از این روشها به صرفه می باشد.

واژه های کلیدی: مدلسازی AHP، اتصال میلگرد، اورلپ، کوپلینگ، فورجینگ

کد مقاله : A

کد انجمن : 215A

AHP modeling for investigation of three kinds of rebar connections: Overlap, Coupling and Forging

Mehrdad Mohammadnejad[1]
Mohammad Ahangar[2]

1,2: Department of Civil Engineering, Birjand University of Technology

1: mohammadnejad@birjandut.ac.ir

2 : mohammadahangar19@gmail.com

Abstract:

In this paper, an AHP modeling is presented for analysis of three kinds of rebar connections which can be used for reinforcement of concrete structure. Three kinds of rebar connections such as 1: Overlap connection 2: Coupling connection 3: Forging connection are investigated and an AHP modeling which consider parameters such as: connection fees, the time required for the connection, connection length, the tools needed to connect and tensile tests is performed. The analysis results are presented and compared.

Keywords: AHP modeling, rebar connections, Overlap, Coupling, Forging

۱- مقدمه:

میلگرد یکی از پر مصرف ترین مصالح در ساختمان سازی، پل سازی و دیگر ساخت ها می باشد. به دلیل این کاربرد گسترده، استفاده از روشی بهینه در اتصال میلگردها ضروری می باشد. از این نقطه نظر دو روش کوپلینگ و فورجینگ در کشورهای توسعه یافته و پیشرفته مورد توجه قرار گرفته است که این امر در کشور ایران نیاز به توجه بیشتری دارد. اتصال اورلپ با توجه به شکل ۱ از کنار هم قراردادن دو آرماتور به موازات یکدیگر و بستن آنها توسط قطعه ای سیم ایجاد می شود.

[1] **Corresponding author**

شکل ۱- اتصال اورلپ توسط سیم

اتصال مکانیکی با توجه به شکل ۲ توسط کوپلر به دو سر میلگرد رزوه شده انجام می شود.

شکل ۲- اتصال مکانیکی توسط کوپلر

اتصال فورجینگ با توجه به شکل ۳ به وسیله ی حرارت دادن دو سر میلگرد و اتصال آنها با فشار می باشد.

شکل ۳- اتصال فورجینگ (جوش سر به سر)

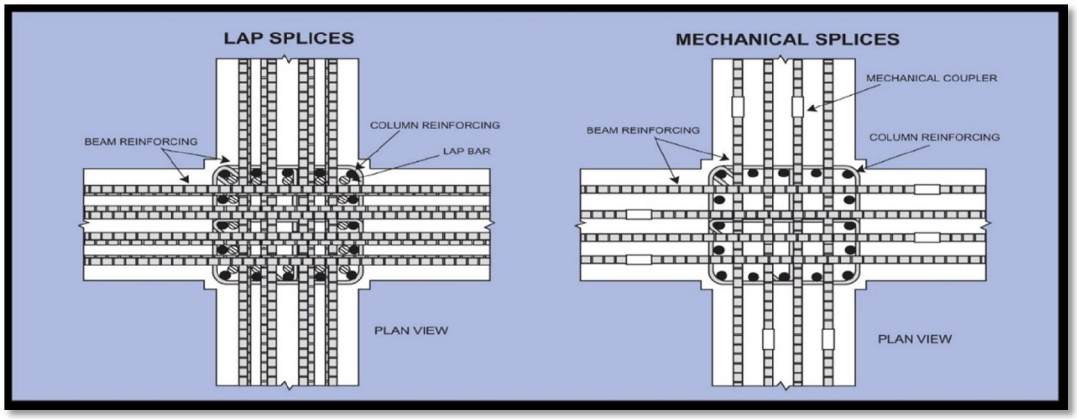
۲-۱- اتصال به روش اورلپ :

سالیان سال است که بسیاری از مهندسین ساختمان، معماران و متخصصین متوجه شده اند که روش اتصال اورلپ در قبال داشتن مزایای اندک معایب بسیاری دارد. طبق آیین نامه ACI اتصالات اورلپ در مقابله با بارهای پریودیک قابل اطمینان نبوده و از محدوده ی الاستیک خارج خواهند شد[۲] لذا این سوال پیش می آید که رفتار اتصالات اورلپ برای آرماتورهای با سایز بالا همچون آرماتور ۲۵ چگونه خواهد بود. طی سالیان متمادی و برای اطمینان بیشتر در قابلیت و

کارآیی اتصال اورلپ ، طول اتصال پوششی مرتبا افزایش یافته است و همچنین استفاده از اورلپ در بعضی نقاط به طور کلی ممنوع می باشد.[۳] ، [۴]

۲-۲- اتصالات مکانیکی :

اتصالات مکانیکی نوعی از قطعات مکانیکی هستند که بین دو قطعه آرماتور قرار می گیرند و باعث می شوند که آرماتور در محل اتصال رفتاری شبیه به یک آرماتور یکپارچه داشته باشد. اتصالات مکانیکی آرماتورها را به صورت سر به سر به یکدیگر وصل می کنند. این اتصال بسیاری از مزایای یک آرماتور یکپارچه را تامین می کند. با توجه به شکل ۴ اتصالات مکانیکی تراکم آرماتور را کاهش داده و امکان بتن ریزی مطلوب را فراهم می کند. بر اساس آیین نامه بتن ایران یک اتصال مکانیکی بسیار قوی تر و مستحکم تر از اتصال اورلپ می باشد چرا که میزان استحکام مورد نیاز برای یک اتصال مکانیکی حداقل ۲۵ درصد بیشتر از استحکام طراحی برای اتصال اورلپ در نظر گرفته می شود. در حال حاضر انواع اتصالات مکانیکی در شکل ها و ابعاد مختلف و بنا به نیاز مصرف کننده در بازار های جهانی و همچنین بازار کشور خودمان قابل دستیابی هستند. متداول ترین اتصالات مکانیکی با بهره گیری از مدلی مشابه پیچ و مهره میلگردها را به یکدیگر متصل نموده و یک آرماتور یکپارچه ایجاد می کند.



شکل ۴- مقایسه تراکم میلگردها در اتصال اورلپ و مکانیکی

۲-۳- اتصال فورجینگ :

فرآیند جوشکاری فورجینگ سربه سر در سال ۱۹۵۳ میلادی با هدف استفاده در صنعت حمل و نقل ریلی ابداع شد و سپس کاربرد آن در صنعت ساختمان توسعه یافت. با گسترش روزافزون ساخت و ساز و رشد شهر ها و بلند مرتبه سازی، موضوع مقاوم سازی و استحکام سازه های بتنی به منظور حفظ جان و سرمایه ساکنین در اهمیت قرار گرفت. به دلیل وجود بارهای کششی، خمشی و پیچشی زیاد در سازه های بتنی، نحوه ی درست اتصال میلگردها در بتن از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می باشد که با این روش تا حد بسیار زیادی ضعف در اتصال میلگردها از بین خواهد رفت. روش

جوشکاری فورجینگ سر به سر جزء روش های جوشکاری ذوبی کامل به شمار نمی آید، بلکه نوعی روش جوشکاری فاز جامد است که عمل اتصال را بدون ذوب کردن کامل فلز پایه به انجام می رساند. پیکر بندی مجدد اتم ها با حرارت دهی سطحی در دمایی بالاتر از دمای تبلور مجدد رخ داده و اتصال به کمک تغییر فرم پلاستیک به وجود آمده از بهم فشردگی ایجاد می شود.

۳- مدل سازی مقایسه ای به روش AHP :

معیارهای مطرح شده در این روش کمی و کیفی می باشند و اساس این روش تصمیم گیری بر مقایسات زوجی نهفته است. به این صورت که تصمیم با فراهم آوردن درخت سلسله مراتبی آغاز می گردد، سپس یک سری مقایسات زوجی انجام می گیرد و در نهایت منطق فرایند تحلیل سلسله مراتبی به گونه ای ماتریس های حاصل از مقایسات زوجی را با یکدیگر تلفیق می سازد که تصمیم بهینه حاصل آید. نظر به اینکه بیشتر مقالات به صورت مقایسه بین شرایطِ مختلفِ موردِ بحث می باشد، استفاده از این نوع مدلسازی مورد توجه قرار گرفته و در برخی مقالات علمی برای پیشبرد اهداف مد نظر از این روش استفاده می شود.[۵] الی [۸].

معیارهای مطرح شده در این مقاله عبارتند از : ۱- هزینه ۲- زمان ۳- طول اتصال ۴- مقاومت ۵- عبور دانه های شن در محل اتصال ۶- ابزار مورد نیاز ۷- ابعاد پروژه ۸- استفاده از ابزار دوم برای اتصال ۹- افراد مورد نیاز که در ادامه به نحوه ی مقایسه آنها اشاره می شود. با در اختیار قرار دادن پرسشنامه ای بین شرکت های مجری این اتصالات، معیارهای ۱ ، ۲ و ۶ برای هر نوع اتصال مشخص گردید.(این معیارها به علت عملیاتی بودن، از شرکتهای مجری به دست آمده اند). معیارهای بعدی بر اساس آزمایش و آیین نامه در ادامه شرح داده شده اند. که نتایج حاصله به این صورت به دست آمده است :

▪ **هزینه:** در اتصال کوپلینگ به یک عدد کوپلر(عموما ساده ی راستگرد) و رزوه ی هر سر میلگرد نیاز است؛ در این روش دسترسی به آرماتورها مشکل شده و هزینه ها افزایش می یابد. در اتصال فورجینگ به کپسول اکسیژن و استیلن و یک کارگر ماهر و دو کارگر ساده نیازمند می باشد. اتصال اورلپ با چشم پوشی از سیم های مصرفی برای اتصال، هزینه ای ندارد. با در اختیار داشتن اطلاعات فوق، هزینه ی هر، یک اتصال به صورت زیر محاسبه گشته و در تحلیل AHP مورد استفاده قرار گرفته است. در اتصال کوپلینگ هزینه ی کوپلر ۴۷۰۰۰ ریال و هزینه ی رزوه ی دو سر میلگرد ۲۵ ، ۲۴۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. در اتصال فورجینگ برای میلگرد ۲۵ ، ۷۰ جوش را می توان به ازای مصرف یک عدد کپسول استیلن ۱۲ پوندی (۴۰۰۰۰۰ ریال) و نصف کپسول گاز اکسیژن ۲۰ پوندی (۸۰۰۰۰ ریال) انجام داد که در این صورت:

هزینه ی هر جوش به ازای گاز مصرفی = ۴۴۰۰۰۰ ÷ ۷۰ = ۶۲۸۶ ریال

هزینه ی یک کارگر ماهر روزمزد ۵۰۰۰۰۰ ریال و دو کارگر ساده هر کدام ۳۵۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده و با احتساب روز کاری ۸ ساعته و بازده ۳۰ درصدی کارگران :

تعداد جوش در یک روز = (۸ × ۶۰ × ۶۰ × ۰.۳) ÷ ۶۰ = ۱۴۴

هزینه ی کارگر برای هر سر جوش = (۵۰۰۰۰۰ + ۲ × ۳۵۰۰۰۰) ÷ ۱۴۴ = ۸۳۳۳ ریال

که در نهایت هزینه ی کل هر سر جوش در روش فورجینگ برابر است با : ۶۲۸۶ + ۸۳۳۳ =۱۴۶۱۹

▪ **زمان:** در اتصال کوپلینگ به طور متوسط ۱۲۰ ثانیه برای رزوه ی دو سر میلگرد و ۳۰ ثانیه بستن توسط کوپلر نیاز است که در مجموع ۱۵۰ ثانیه زمان خواهد برد. در اتصال فورجینگ زمان اجرای هر اتصال ۶۰ ثانیه در نظر گرفته شده است. در اتصال اورلپ، زمان اجرا برابر ۱۵ ثانیه می باشد.

▪ **طول اتصال:** در روش کوپلینگ حداقل ۱۰۰ میلی متر ، در روش فورجینگ حداقل ۵۰ میلی متر و در روش اورلپ حداقل ۱۰۰۰ میلی متر می باشد (باید توجه داشت که این مقدار، ثابت نمی باشد و هر بار دست خوش تغییر می شود). این معیار، معیاری کمکی می باشد از این جهت که هر کدام از معیارهای هزینه، زمان و عیور دانه های شن در محل اتصال به نوعی مرتبط با آن می باشند و استفاده از آن، به دلیل ارتباط این سه معیار، برای کاهش خطای مجازی است که تحلیل AHP تعیین کرده است.

▪ **مقاومت:** طبق آزمایشاتی که در دانشگاه های صنعتی شریف (به شماره ۸۹۰۱۰۴ و تاریخ ۱۳۸۹/۲/۱۸) و امیرکبیر (به شماره ۸۸۱۰۹۸ و تاریخ ۱۳۸۸/۱۲/۹) انجام شده است در تمامی نمونه ها، شکست از میلگرد پایه بوده و هیچ کدام از نقطه اتصال نبوده است.

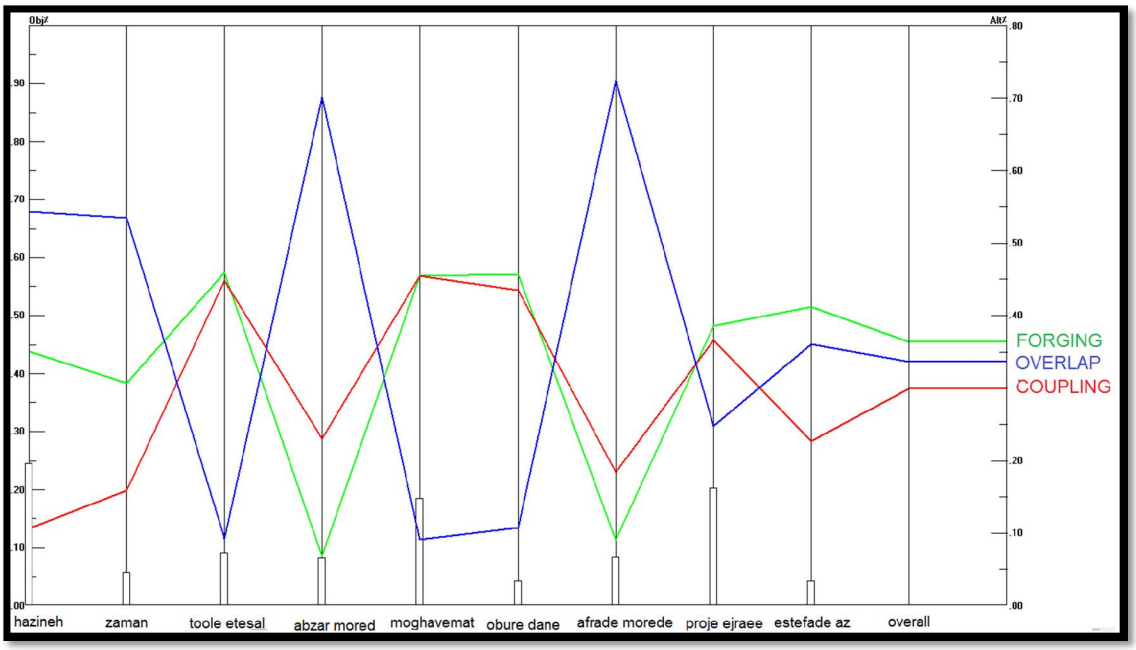
▪ **عبور دانه های شن در محل اتصال:** همانطور که در مقدمه هم به آن اشاره شد در روشهای کوپلینگ و فورجینگ به دلیل تراکم کم میلگرد در نقاط اتصال، دانه های شن به راحتی از بین آنها عبور می کنند اما در اتصال اورلپ به علت تراکم زیاد میلگرد در محل های اتصال، عبور دانه های شن مشکل خواهد بود و این عامل نقطه ضعفی برای اتصال اورلپ می باشد به این دلیل که بتن به طور یکنواخت پخش نشده یا به خوبی ویبره نخواهد شد که منجر به کرمو شدن بتن می شود.

▪ **ابزارهای مورد نیاز:** در روش کوپلینگ فقط به دستگاه رزوه کن میلگرد و کوپلر نیاز است. در روش فورجینگ به وسایلی همچون اره مخصوص برش میلگرد، گیره نگهدارنده میلگرد، سیلندر فشار، پمپ هیدرولیکی، لوله های اختلاط گاز، نازل دستگاه جوش و کپسول گاز نیاز است و در روش اورلپ به انبردست و قطعه ای سیم نیاز می باشد.

▪ **ابعاد پروژه:** در پروژه های کوچک به لحاظ اقتصادی بودن طرح و به صرفه نبودن استفاده از روشهای کوپلینگ و فورجینگ، معمولا از اتصال اورلپ و در پروژه های بزرگ(به دلیل فوق الذکر) از اتصالات کوپلینگ و فورجینگ استفاده می شود.

▪ **ابزار دوم برای اتصال:** در اتصال کوپلینگ، قطعه ی دوم برای اتصال، کوپلر می باشد و در اتصال اورلپ به قطعه ای سیم نیاز است و در اتصال فورجینگ از قطعه ی دومی استفاده نمی شود. در انتها با مقایسه ی سه روش اتصال بر اساس معیارهای ذکر شده، نمودار شکل ۵ حاصل خواهد شد.

محور عمودی در جداول زیر نمایانگر برتری هر کدام از روشها در معیار مورد نظر و مستطیل های باریک نمایانگر وزن معیار مورد نظر می باشند.



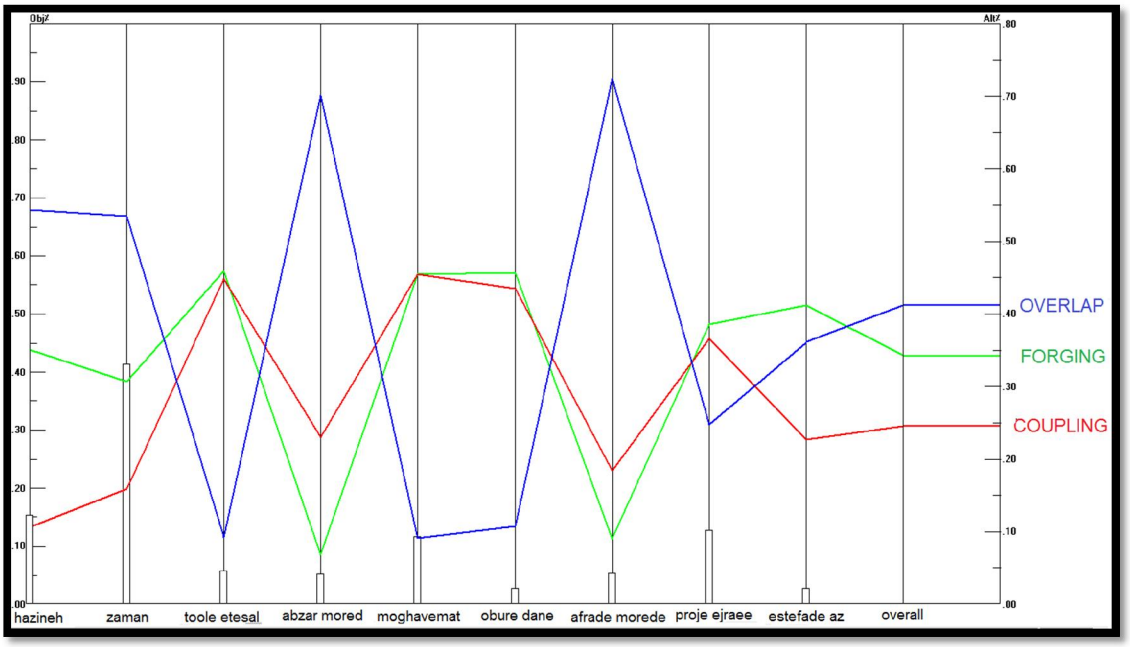
شکل ۵- نتایج حاصل از آنالیز معیارها برای سه روش اتصال اورلپ، کوپلینگ و فورجینگ

۴- نتیجه گیری:

در انواع پروژه های عمرانی بنا بر اینکه کدام یک از معیارهای ذکر شده برای اتصال مهم باشند، یکی از روش های اتصال مقرون به صرفه و بهینه خواهد بود، به طور مثال:

اگر در پروژه ای فقط زمان اجرای پروژه مهم باشد (مدت زمان کمتر) :

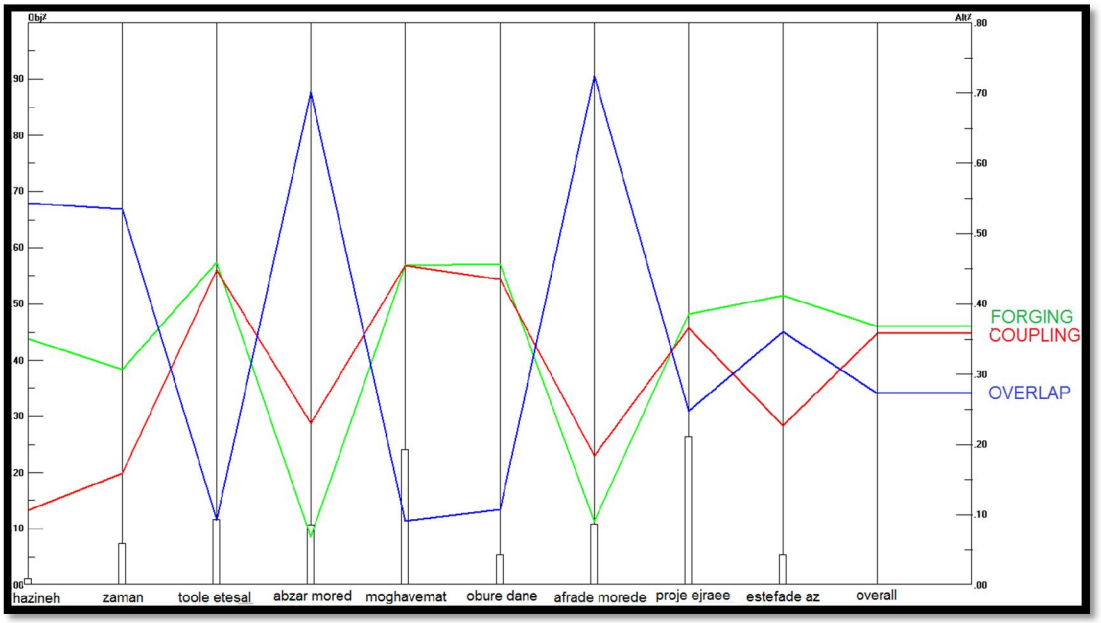
در نمودار شکل ۶ با بیشتر شدن وزن زمان یعنی اهمیت داشتن زمان، نتایج تغییر خواهد کرد و همانطور که مشاهده می شود به ترتیب روشهای اورلپ، فورجینگ و کوپلینگ بهینه می باشند.لازم به ذکر می باشد به دلیل اینکه هر کدام از معیارهای فوق بر دیگری تاثیر داشته و با احتساب خطای مجازی که نرم افزار دارد، اگر وزن معیاری بنا بر ملموس تر شدن نتایج تغییر یابد، این تغییر وزن، بر روی وزن های سایر معیارها تاثیر خواهد گذاشت که به همین دلیل به عنوان مثال، وزن مقاومت در مراحل نتیجه گیری کمی متغیر می باشد.



شکل ۶- نتایج حاصل از آنالیز معیارها بر اساس افزایش وزن زمان برای سه روش اتصال اورلپ، کوپلینگ و فورجینگ

اگر در پروژه ای دولتی که هزینه برای کارفرما چندان مهم نباشد :

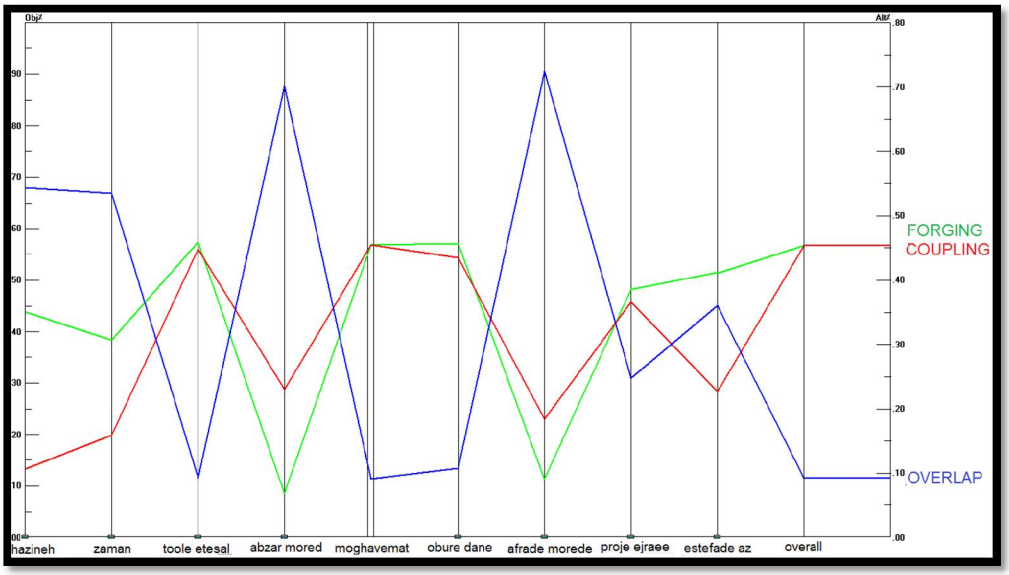
در نمودار شکل ۷ با کمتر شدن وزن هزینه، نتایج تغییر خواهد کرد و همانطور که مشاهده می شود به ترتیب روشهای فورجینگ، کوپلینگ و اورلپ بهینه می باشند.



شکل ۷- نتایج حاصل از آنالیز معیارها بر اساس کاهش وزن هزینه برای سه روش اتصال اورلپ، کوپلینگ و فورجینگ

اگر در پروژه ای فقط مقاومت مهم باشد :

در نمودار شکل ۸ با بیشتر شدن وزن مقاومت(به دلیل ملموس شدن برابری دو اتصال فورجینگ و کوپلینگ بر اثر وزن مقاومت،این وزن ۱۰۰ در نظر گرفته شده است کما اینکه در وزن های کمتر مقاومت، همچنان دو روش فورجینگ و کوپلینگ نسبت به اورلپ به صرفه تر خواهند بود و تاثیری بر نتیجه ی به دست آمده نخواهد گذاشت)، همانطور که مشاهده می شود استفاده از روشهای کوپلینگ و فورجینگ نسبت به اورلپ ارجحیت خواهند داشت.



شکل ۸- نتایج حاصل از آنالیز معیارها بر اساس افزایش وزن مقاومت برای سه روش اتصال اورلپ، کوپلینگ و فورجینگ

۵- مراجع :

۱. باقری،کوروش، فصیحی ایده لو،حامد، "بهینه سازی ساختمانهای بتنی" ، کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران، پنجمین دوره، ۱۳۹۲، صفحه ۲، ۳، ۴و ۵، ۱۵ مهرماه

۲. Building code requirements for structural concrete (ACI 318M-99) and Commentary (ACI 318RM-99), pp308, R21.3.2.3

۳. Building code requirements for structural concrete (ACI 318M-99) and Commentary (ACI 318RM-99), pp308, R21.3.2.3 & pp203, R 12.15.5

۴. معاونت امور فنی،دفتر امور فنی و تدوین معیارها، آیین نامه بتن ایران (آبا) ، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور،مرکز مدارک علمی و انتشارات، صفحه ۳۹۹، بند ۲۰-۵-۱-۲-۶

5. Thomas L. Saaty, “Time dependent decision-making; dynamic priorities in the AHP/ANP: Generalizing from points to functions and from real to complex variables “, Mathematical and Computer Modelling, volume 32, 2007, pp874

6. Arunraj, N.S., Maiti, J., 2010. Risk-based maintenance policy selection using AHP and goal programming .Safety Science 48 (2), pp238–247.

7. Debashree, G., Debjani, C., 2011. Fuzzy multi attribute group decision making method to achieve consensus under the consideration of degrees of confidence of experts’ opinions. Computers and Industrial Engineering 60 (4), pp493–504.

8. Cakir, O., Canbolat, M.S., 2008. A web-based decision support system for multi criteria inventory classification using fuzzy AHP methodology. Expert Systems with Applications 35 (3), pp1367–1378.

۹. مهرگان، محمد رضا، "پژوهش عملیاتی پیشرفته "، انتشارات کتاب دانشگاهی، چاپ اول، ۱۳۸۳.

۱۰. قدسی پور، سید حسن، "مباحثی در تصمیم گیری چند معیاره "، انتشارات دانشگاه امیر کبیر، چاپ سوم، ۱۳۸۱.