

بررسی تأثیر دونوع الیاف پلی پروپیلن بر مقاومت سایشی کانالهای بتنی

محسن نژادرکابی

هوشنگ حسونی زاده

ایرج رسولان

چکیده:

در سازه های هیدرولیکی به علت سرعت زیاد آب، احتمال وجود ذرات معلق در آب وجود دارد که هنگام حمل آنها توسط آب، در صورت نبود مقاومت سایشی کافی در بتن باعث ناصافی در سطح بتن شده و پدیده کائویتاسیون اتفاق می افتد. روشهای مختلفی جهت کاهش ساییدگی در سطوح بتنی سازه های هیدرولیکی به کار می رود. در این پژوهش از دونوع الیاف ۱۲ میلیمتری پلی پروپیلن با درصد های متفاوت به همراه درصد های متفاوت از میکروسیلیس (به جای بخشی از سیمان پوشش بتنی کانالها) برای افزایش مقاومت سایشی بتن استفاده شده و نتایج با بتن شاهد، مورد مقایسه و بررسی قرار گرفته است. تمامی ترکیبات بتنی ساخته شده در این پژوهش با دونوع آب به سیمان ۰.۴۵ و ۰.۵۴ ساخته شده اند. آزمایش مقاومت فشاری و سایشی بر روی نمونه های مکعبی در دوره های ۲۸ و ۷۲ روزه انجام شده است. همچنین آزمایش مقاومت کششی بر روی نمونه های استوانه ای در دوره های ۲۸ و ۷۲ روزه نیز انجام گرفته است. نتایج به دست آمده حاکی از عملکرد مطلوب هر دونوع الیاف ۱۲ میلیمتری پلی پروپیلن بر افزایش مقاومت سایشی نمونه های بتنی دارای میکروسیلیس نسبت به نمونه های شاهد می باشد.

کلمات کلیدی: مقاومت سایشی، پلی پروپیلن، کانالهای بتنی و ...

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد عمران آب - عضو باشگاه پژوهشگران و کارشناس عمران دفتر فنی دانشگاه آزاد بهبهان ۰۹۱۶۳۷۲۴۸۴۶

Email: mohsen_rekabi_57@YAHOO.COM

۲ استادیار دانشگاه آزاد واحد شوشتر

۳ عضو باشگاه پژوهشگران دانشگاه آزاد بهبهان Email: rasoolan82@YAHOO.COM

مقدمه:

روش های مختلفی جهت کاستن ساییدگی در سطح بتنی سازه های هیدرولیکی به کار می رود که در سه مبحث کلی می توان به آن ها پرداخت :
۱) کاهش سرعت جریان آب در طراحی (۲) کاهش یاجداسازی مواد (۳) افزایش مقاومت سایشی بتن که در این راستا یکی از راه های افزایش مقاومت سایشی بتن ، استفاده از الیاف در بتن است. الیاف موجود در بتن یک شبکه نوری مانند سه بعدی در سطح و درون بتن ایجاد می کند که ذرات بتن را در کنار یکدیگر نگه می دارد و باعث افزایش قابل توجه یکپارچگی قطعه بتن و در نتیجه افزایش مقاومت فشاری، کششی و سایشی بتن می شود. در این راستا، اقدام به ساخت نمونه های آزمایشگاهی با الیاف پلی پروپیلن گردیده و نتایج آزمایشها با یکدیگر مقایسه گردیده است.

مصالح مورد استفاده و روش های به کار رفته:

در این پژوهش، پس از تهیه ی مصالح و تعیین مشخصات مورد نیاز، طرح اختلاط بتن به روش ACI به دست آمد. با در نظر گرفتن دونسبت متفاوت آب به سیمان ۰/۴۵ و ۰/۵۴، کلیه ی ترکیبات این پژوهش که شامل ۹ ترکیب متفاوت بانسبت آب به سیمان ۰/۴۵ و ۹ ترکیب دیگر بانسبت آب به سیمان ۰/۵۴ بود، ساخته شد. جهت ساخت نمونه ها از شن شرکت اکاب خیر آباد بهبهان، ماسه ی شرکت آسیای بهبهان، آب شهری شهرستان بهبهان، سیمان تیسپ پنج کارخانه سیمان بهبهان، میکروسلیس ازنا، فوق روان کننده شرکت وندشیمی و الیاف شرکت تولید الیاف پلی پروپیلن استفاده گردید. در ترکیب های

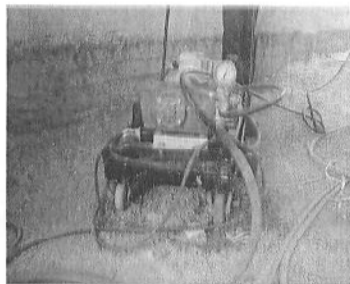
ساخته شده از کدهایی به صورت $Ww/cfpmnsn$ استفاده گردیده که در آن $\frac{W}{C}$ نسبت آب به سیمان، p طول الیاف مورد استفاده، m نسبت وزنی الیاف به

حجم بتن، n نسبت وزنی میکروسلیس به سیمان می باشد.

ماسه ی تهیه شده در رنج استاندارد ایران با مدول نرمی ۳/۸ بود که برای به دست آوردن ماسه در رنج استاندارد آمریکا (ASTM) و مدول نرمی بین ۲/۸-۲/۳، ماسه ۱ الک شده تابه مدول نرمی ۲/۸ دسترسی پیدا کرده شد.

از هر طرح ۴ نمونه مکعبی $15 \times 15 \times 15$ و دو نمونه استوانه ای به قطر 15 cm و ارتفاع 30 cm استفاده شد. لذا حجم مورد نیاز برای ساخت $0/03 \text{ m}^3$ در نظر گرفته شد.

نمونه های درسن های ۷ روزه و ۲۸ روزه مورد آزمایش مقاومت فشاری با دستگاه تعیین مقاومت فشاری، مقاومت کششی با آزمایش برزلی و تعیین سایش با دستگاه ماسه پاشی آبی قرار گرفتند. جهت انجام آزمایش سایش، شلیک به سمت نمونه بتنی با زاویه ۶۰ درجه بر روی چهار وجه بتنی صورت پذیرفت.



شکل ۲- دستگاه ماسه پاشی آبی



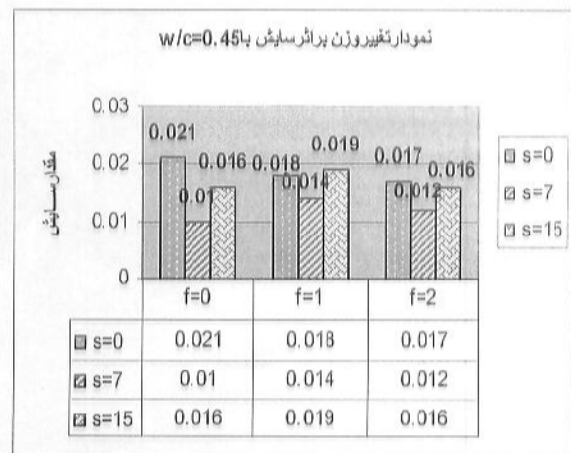
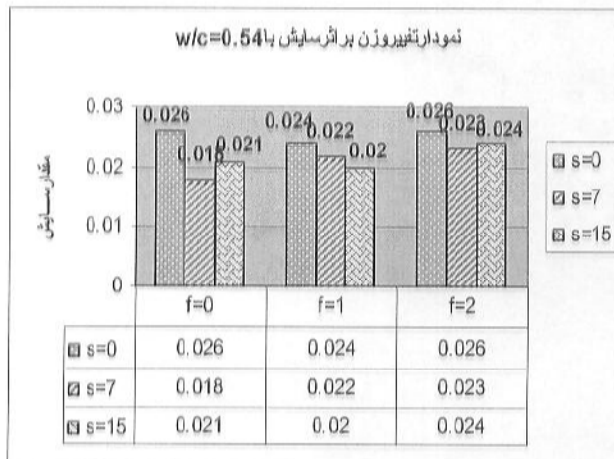
شکل ۱- نمونه بتنی پس از انجام آزمایش سایش با دستگاه ماسه پاشی



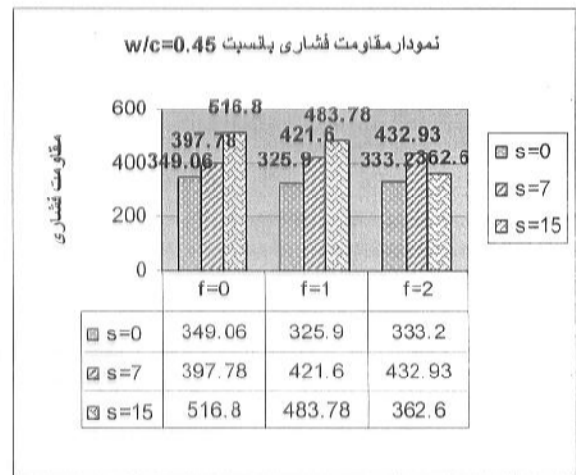
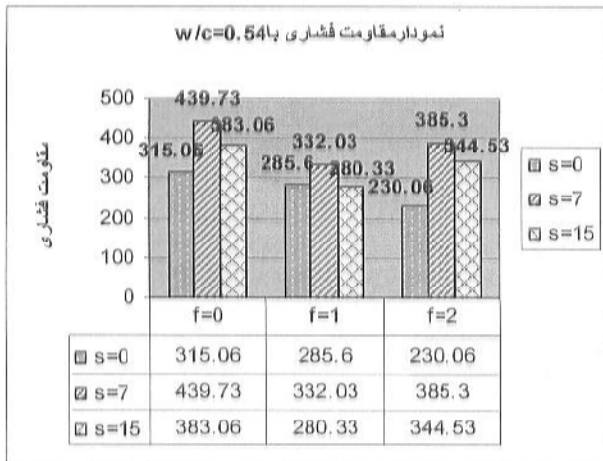
| شماره طرح | کد طرح | ترکیب | سایش kg | مقاومت فشاری $\frac{kg}{cm^2}$ | | مقاومت کششی $\frac{kg}{cm^2}$ | |
|-----------|--------------------------|--|---------|--------------------------------|--------|-------------------------------|---------|
| | | | | ۲۸ روزه | ۷ روزه | ۲۸ روزه | ۷ روزه |
| ۱ | w45 f ₁₂ 0s0 | شن، ماسه، سیمان، آب | ۰.۰۲۱ | ۲۹۰.۱۳ | ۳۴۹.۰۶ | ۲۶.۷۰ | ۲۸ روزه |
| | ۲۵۳.۸۶ | | | ۳۱۵.۰۶ | ۲۸.۱۴ | ۷ روزه | |
| 2 | w45 f ₁₂ 0s7 | شن، ماسه، سیمان، آب، فوق روان کننده، میکروسیلیس | ۰.۰۱۰ | ۳۸۹.۸۶ | ۳۹۷.۷۸ | ۴۵.۴۷ | ۲۸ روزه |
| | ۳۶۴.۹۳ | | | ۴۲۹.۷۳ | ۴۰.۴۲ | ۷ روزه | |
| 3 | w45 f ₁₂ 0s15 | شن، ماسه، سیمان، آب، فوق روان کننده، میکروسیلیس | ۰.۰۱۶ | ۴۴۸.۸ | ۵۱۶.۸ | ۳۲.۴۸ | ۲۸ روزه |
| | ۲۴۹.۳ | | | ۳۸۳.۰۶ | ۳۶.۸۱ | ۷ روزه | |
| 4 | w45 f ₁₂ 2s0 | شن، ماسه، سیمان، آب، فوق روان کننده، میکروسیلیس، الیاف | ۰.۰۱۷ | ۲۵۸.۴ | ۳۳۳.۲ | ۲۵.۹۸ | ۲۸ روزه |
| | ۱۹۹.۴ | | | ۲۳۰.۰۶ | ۱۴.۴۳ | ۷ روزه | |
| 5 | w45 f ₁₂ 2s7 | شن، ماسه، سیمان، آب، فوق روان کننده، میکروسیلیس، الیاف | ۰.۰۱۲ | ۴۱۷ | ۴۲۲.۹۳ | ۳۴.۶۴ | ۲۸ روزه |
| | ۳۲۱.۸ | | | ۲۸۵.۳ | ۳۱.۰۳ | ۷ روزه | |
| 6 | w45 f ₁₂ 2s15 | شن، ماسه، سیمان، آب، فوق روان کننده، میکروسیلیس، الیاف | ۰.۰۱۶ | ۲۹۴.۶ | ۳۶۲.۶ | ۲۸.۸۷ | ۲۸ روزه |
| | ۳۲۶.۴ | | | ۳۴۴.۵۳ | ۳۳.۲ | ۷ روزه | |
| 7 | w45 f ₆ 1s0 | شن، ماسه، سیمان، آب، فوق روان کننده، الیاف | ۰.۰۱۸ | ۳۳۰.۷ | ۳۲۵.۹ | ۳۱.۷۵ | ۲۸ روزه |
| | ۲۴۴.۸ | | | ۲۸۵.۶ | ۲۳.۸۱ | ۷ روزه | |
| 8 | w45 f ₆ 1s7 | شن، ماسه، سیمان، آب، فوق روان کننده، میکروسیلیس، الیاف | ۰.۰۱۴ | ۳۳۰ | ۴۲۱.۶ | ۲۹.۵۹ | ۲۸ روزه |
| | ۲۸۵.۶ | | | ۳۲۲.۰۳ | ۳۶.۸۱ | ۷ روزه | |
| 9 | w45 f ₆ 1s15 | شن، ماسه، سیمان، آب، فوق روان کننده، میکروسیلیس، الیاف | ۰.۰۱۹ | ۲۸۵.۳ | ۳۱۰.۷۸ | ۲۷.۴۲ | ۲۸ روزه |
| | ۲۶۲.۴ | | | ۲۸۰.۳۳ | ۲۴.۱۸ | ۷ روزه | |

جدول ۱- مختصری از ترکیبات ساخته شده باتایج آزمایشات

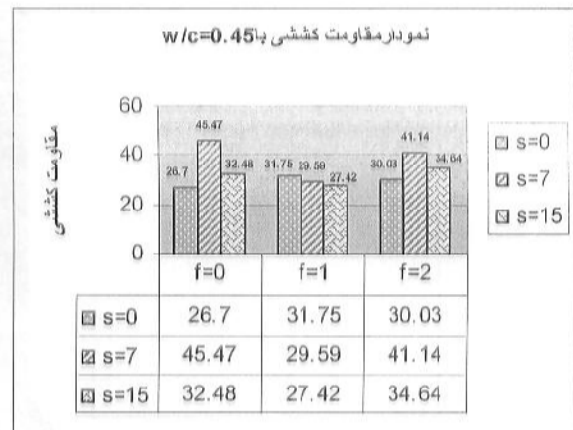
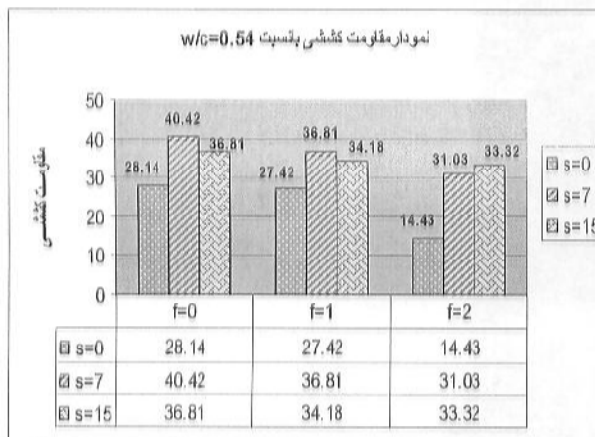
نمودار نتایج آزمایشات ۲۸ روزه بر روی نمونه های بتنی:



نمودار ۱- تغییر وزن بر اثر سایش



نمودار ۲- تغییرات مقاومت فشاری



نتایج آزمایشها:

نتایج سایش بانسبت آب به سیمان ۰/۴۵:

۱- افزودن میکروسیلیس به میزان ۷ درصد وزن سیمان به بتن شاهد باعث کاهش شدید عمق سایش ۲۸ روزه شده است که در الیاف با طول ۱۲ میلی متر نسبت به الیاف با طول ۶ میلی متر محسوس تر است.

۲- افزودن میکروسیلیس به بتن شاهد باعث کاهش عمق سایش ۲۸ روزه شده است.

۳- افزودن الیاف به بتن شاهد باعث کاهش عمق سایش شده است که در الیاف ۰/۲ درصد حجمی بتن و با طول ۱۲ میلی متر محسوس تر است.

۴- در بتن های الیافی افزودن میکروسیلیس به میزان ۷ درصد وزن سیمان کاراتر است یعنی افزودن S=15 در بتن های الیافی مفیدتر است.

۵- در بتن های میکروسیلیس دارو با الیاف ۱۲ میلی متری، افزودن الیاف به میزان ۰/۲ درصد حجمی بتن بهتر جواب داده است.

نتایج سایش بانسبت آب به سیمان ۰/۵۴:

۱- افزودن میکروسیلیس به میزان ۷ درصد وزن سیمان به بتن شاهد باعث کاهش شدید عمق سایش ۲۸ روزه شده است که در الیاف با طول ۱۲ میلی متر نسبت به الیاف با طول ۶ میلی متر محسوس تر است.

۲- افزودن میکروسیلیس به بتن شاهد باعث کاهش عمق سایش ۲۸ روزه شده است.

۳- افزودن الیاف ۱۲ میلی متری به میزان ۰/۱ درصد حجمی به بتن شاهد باعث کاهش عمق سایش می شود.

۴- در بتن های الیافی افزودن میکروسیلیس به میزان ۷ درصد وزن سیمان کاراتر است یعنی افزودن S=15 در بتن های الیافی مفیدتر است.

۵- در بتن های میکروسیلیس دارو با الیاف ۱۲ میلی متری، افزودن الیاف به میزان ۰/۲ درصد حجمی بتن بهتر جواب داده است.

نتایج مقاومت فشاری بانسبت آب به سیمان ۰/۴۵:

۱- مقاومت ۲۸ روزه نسبت به ۷ روزه بیشتر است.

۲- افزودن الیاف به بتن میکروسیلیس دار باعث کاهش مقاومت ۲۸ روزه شده است. در بتن های با الیاف ریزتر (۶ میلی متر) بتن دارای $f_c = 0/1$ و $f_c = 1/5$ باعث کاهش مقاومت فشاری شده در حالی که بتن دارای الیاف به میزان ۰/۱ درصد حجمی بتن با میکروسیلیس به میزان ۷ درصد وزن سیمان افزایش مقاومت فشاری داشته است.

در بتن های دارای الیاف درشت تر (۱۲ میلی متر) ضمن افزایش مقاومت فشاری این افزایش مقاومت فشاری در در بتن دارای الیاف به میزان $f_c = 0/2$ و میکروسیلیس به میزان ۷ درصد وزن سیمان $f_c = 7$ محسوس تر است.

در مقایسه ی هر دو نوع ترکیب بتن الیافی $12mm \times 6mm$ با میزان یکسان میکروسیلیس ($S=15$) بتن های دارای الیاف درشت تر، مقاومت فشاری بیشتری پیدا کرده اند. ($310/78 > 267/6$)

۳- افزودن میکروسیلیس به بتن شاهد باعث افزایش مقاومت فشاری ۲۸ روزه شده است که افزودن میکروسیلیس به میزان ۱۵ درصد وزن سیمان مفیدتر شده است.

۴- افزودن الیاف به بتن شاهد تأثیری بر افزایش مقاومت فشاری ندارد.

۵- در بتن های میکروسیلیس دار افزودن الیاف درشت ۱۲ میلی متری به میزان ۰/۲ درصد حجمی مفیدتر از افزودن الیاف ریز ۶ میلی متری و به میزان ۰/۱ درصد حجمی بتن می باشد، یعنی افزودن الیاف ۱۲ میلی متری به میزان ۰/۲ درصد حجمی بتن در بتن های میکروسیلیس دار توصیه می شود.

نتایج مقاومت فشاری بانسبت آب به سیمان ۰/۵۴:

۱- مقاومت ۲۸ روزه نسبت به ۷ روزه بیشتر است.

۲- افزودن الیاف به بتن میکروسیلیس دار باعث کاهش مقاومت ۲۸ روزه شده است.

در بتن های با الیاف ریزتر (۶ میلی متر) بتن دارای $f_c = 0/1$ و $f_c = 1/5$ باعث کاهش مقاومت فشاری شده در حالی که بتن دارای الیاف به میزان ۰/۱ درصد حجمی بتن با میکروسیلیس به میزان ۷ درصد وزن سیمان افزایش مقاومت فشاری داشته است.

در بتن های دارای الیاف درشت تر (۱۲ میلی متر) ضمن افزایش مقاومت فشاری این افزایش مقاومت فشاری در در بتن دارای الیاف به میزان $f_c = 0/2$ و میکروسیلیس به میزان ۷ درصد وزن سیمان $f_c = 7$ محسوس تر است.

در مقایسه ی هر دو نوع ترکیب بتن الیافی $12mm \times 6mm$ با میزان یکسان میکروسیلیس ($S=15$) بتن های دارای الیاف درشت تر، مقاومت فشاری بیشتری پیدا کرده اند. ($280/33 > 244/53$)

۳- افزودن میکروسیلیس به بتن شاهد باعث افزایش مقاومت فشاری ۲۸ روزه شده است که افزودن میکروسیلیس به میزان ۱۵ درصد وزن سیمان مؤثرتر بوده است.

۴- افزودن الیاف به بتن شاهد تأثیری بر افزایش مقاومت فشاری ندارد.

۵- در بتن های میکروسیلیس دار افزودن الیاف درشت ۱۲ میلی متری به میزان ۰/۲ درصد حجمی مفیدتر از افزودن الیاف ریز ۶ میلی متری و به میزان ۰/۱ درصد حجمی بتن می باشد، یعنی افزودن الیاف ۱۲ میلی متری به میزان ۰/۲ درصد حجمی بتن در بتن های میکروسیلیس دار توصیه می شود.

نتایج مقاومت کششی بانسبت آب به سیمان ۰/۴۵:

۱- افزودن الیاف به بتن میکروسیلیس دار باعث افزایش مقاومت کششی شده است که این افزایش در بتن با الیاف ۱۲ میلی متر و با میزان $f_t = 0/1$ و $f_t = 1/5$ چشمگیرتر است.

۲- افزودن میکروسیلیس به بتن شاهد باعث افزایش مقاومت کششی شده است که این افزایش در بتن با الیاف ۱۲ میلی متری و با میزان $f_t = 7$ محسوس تر است.

۳- افزودن الیاف به بتن شاهد باعث افزایش جزئی مقاومت کششی می شود نوع الیاف ۱۲ و ۶ میلی متری در این افزایش تأثیری ندارد.

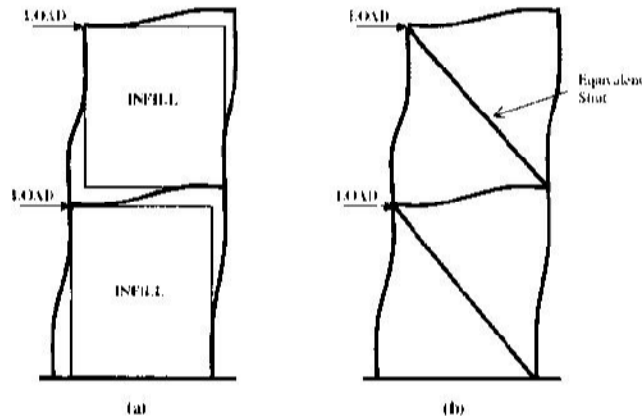
۴- در بتن های میکروسیلیس دار افزودن الیاف با طول ۱۲ میلی متری به میزان ۰/۲ درصد حجمی بتن نسبت به الیاف ریز بانسبت ۰/۱ مفیدتر است.

نتایج مقاومت کششی بانسبت آب به سیمان ۰/۵۴:

- ۱- افزودن الیاف به بتن میکروسیلیس دار باعث افزایش مقاومت کششی شده است که این افزایش در بتن بالالیاف ۱۲ میلی متر و پامیزان $f_c=15$ و $f_t=7$ چنانچه گیرتر است.
- ۲- افزودن میکروسیلیس به بتن شاهد باعث افزایش مقاومت کششی شده است که این افزایش در بتن بالالیاف ۱۲ میلی متر و پامیزان $f_c=7$ محسوس تر است.
- ۳- افزودن الیاف به بتن شاهد باعث افزایش جزئی مقاومت کششی می شود نوع الیاف ۱۲ و ۶ میلی متری در این افزایش تأثیری ندارد.
- ۴- در بتن های میکروسیلیس دار افزودن الیاف با طول ۱۲ میلی متری به میزان ۰/۲ درصد حجمی بتن نسبت به الیاف ریز با نسبت ۰/۱ مفیدتر است.

منبع :

- ۱- م. شاه نظری، محمدرضا - رمضانیان پور، علی اکبر؛ «تکنولوژی بتن».
 - ۲- مستوفی نژاد، داود، تکنولوژی و طرح اختلاط بتن
 - ۳- آیین نامه بتن ایران - نشریه شماره ۱۲۰-۱۳۸۵
 - ۴- فامیلی، هرمز - نوبخت، محمدرضا؛ «سیمانهای آمیخته چندترکیبی»، انجمن بتن ایران، سال سوم، شماره هفتم، تابستان ۱۳۸۱
- 5- M. Sarigaphuti , S. P. Shah and K. D. Vinson , Shrinkage Cracking and Durability Characteristics of Cellulose Fiber Reinforced Concrete , ACI Materials Journal , July-August 1993 , title no. 90-M33
- 6- f.h.AI- Sugair, Destructive and Nondestructive Tests for Evaluationg The Strength Properties of Concrete Containing Silica Fume, King saud University, Riyadh, Saudy Arabia - Concrete Under Severe Condition, Vol2, pp. 1 047-1056,1999



شکل (۱) a: قاب مرکب تحت بارگذاری جانبی، b: قاب معادل همراه با المان قطری معادل

جهت محاسبه سختی و مقاومت المان قطری معادل، ابتدا باید ویژگی مصالح مورد استفاده مشخص گردد. با توجه به خواص مصالح مورد استفاده، مقادیر ارائه شده توسط FEMA 273 جهت تعیین f_{me} (مقاومت فشاری) و E_{me} (مدول الاستیسیته)، در جدول (۱) نشان داده شده است. مدول الاستیسیته مصالح ۵۵۰ برابر مقدار در نظر گرفته شده برای مقاومت فشاری می‌باشد.

جدول (۱) مقادیر ارائه شده توسط FEMA 273 جهت تعیین مقاومت فشاری مصالح میانقاب

| نوع مصالح | f_{me} (Mpa) |
|--------------------------|----------------|
| مصالح با ویژگی های خوب | 6 |
| مصالح با ویژگی های متوسط | 4 |
| مصالح با ویژگی های ضعیف | 2 |

تعیین عرض المان قطری معادل

تعیین عرض المان قطری معادل، عامل تعیین کننده در محاسبه سختی میانقاب مربوطه می‌باشد. با تعیین این عرض، میزان سختی و مقاومت جانبی میانقاب، تحت بارگذاری وارده مشخص می‌شود. مدول الاستیسیته و ضخامت المان قطری معادل، برابر با مدول الاستیسیته و ضخامت پائل میانقاب می‌باشد [۶]. عرض مؤثر المان قطری معادل از رابطه (۱) محاسبه می‌شود [۶]:

$$a = 0.175(\lambda_1 h_{col})^{-0.4} f_{inf} \quad (1)$$

که:

$$\lambda_1 = \left[\frac{E_{me} t_{inf} \sin(2\theta)}{4 E_{fc} I_{col} h_{inf}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (2)$$

که:

h_{col} : ارتفاع ستون (مرکز تا مرکز تیر)، h_{inf} : ارتفاع پائل میانقاب، E_{fc} : مدول الاستیسیته مصالح قاب، E_{me} : مدول الاستیسیته مصالح میانقاب، I_{col} : لنگر اینرسی ستون، r_{inf} : طول قطر پائل میانقاب، t_{inf} : ضخامت پائل میانقاب و المان قطری معادل، θ : زاویه‌ای که تانژانت آن برابر نسبت ارتفاع به طول پائل میانقاب می‌باشد (بر حسب رادیان)