

## تأثیر الیاف فورتا بر خواص مکانیکی بتن تازه

۱ ملک محمد رنجبر، ۲ رحمت مندوست، ۳ رضا فدایی فولادچی

۱ استادیار دانشگاه گیلان

۲ دانشیار دانشگاه گیلان

۳ دانشجوی کارشناسی ارشد سازه پردیس دانشگاهی دانشگاه گیلان

Email: [Reza.Fadaei.Civil@gmail.com](mailto:Reza.Fadaei.Civil@gmail.com)

تلفن: ۰۹۱۱۷۶۴۰۲۹۰

کد مقاله: 179E

**چکیده:** این تحقیق یک مطالعه تجربی از اثر الیاف پلی پروپیلنی فورتا روی بتن تازه را ارائه می دهد. در این تحقیق اثر مصالح موجود محلی و اضافه کردن الیاف پلی پروپیلن با مقادیر مختلف برای تولید بتن تازه مورد بررسی قرار گرفته است. این برنامه تجربی بررسی مقادیر مختلف الیاف پلی پروپیلنی فورتا یعنی ۲/۴، ۳، ۳/۹، ۴/۲  $kg/m^3$  را در بر می گیرد. مطالعه حاضر بر تأثیر الیاف پلی پروپیلنی فورتا بر ویژگی های بتن تازه و سخت شده از قبیل مقاومت فشاری، مقاومت دو نیم شدگی و مقاومت خمشی تمرکز کرده است. نتایج به دست آمده از اضافه کردن الیاف فورتا مقاومت فشاری بتن را در محدوده ۱۵ تا ۲۵ درصد در مقایسه با بدون الیاف بهبود داده است. همچنین مقاومت کششی را در محدود ۲۰ تا ۳۰ درصد افزایش و مقاومت خمشی را در محدوده ۱۶ تا ۲۶ درصد بهبود بخشیده است. علاوه بر این، چنین نتیجه شده است که مقدار بهینه الیاف فورتا  $3/9 kg/m^3$  بوده است که بتنی با مقاومت کششی  $4/07 MPa$  و مقاومت فشاری  $37/5 MPa$  را نتیجه داده است.

کلید واژه ها: الیاف پلی پروپیلنی، الیاف فورتا فررو، بتن تازه، مقاومت فشاری، مقاومت کششی

## Effect of Forta Fibers on Mechanical Properties of Fresh Concrete

<sup>1</sup>Malek Mohammad Ranjbar , <sup>1</sup>Rahmat Madandost , <sup>2</sup>Reza Fadaei Foladchi

<sup>1</sup>Assistant professor, department of civil engineering, university of guilan ,

<sup>2</sup>Msc, civil engineering, university of guilan, university campus 2

Email: [Reza.Fadaei.Civil@gmail.com](mailto:Reza.Fadaei.Civil@gmail.com)

Tel: +989117640290

*Abstract*— This research presents an experimental study of the effect of FORTA FERRO polypropylene fiber on Fresh Concrete. Local available materials and inclusion of polypropylene fiber with different quantities are investigated to produce Fresh Concrete. The experimental program comprises investigating four different quantities of FORTA polypropylene fiber namely; 2.4, 3, 3.9 and 4.2 kg/m<sup>3</sup>. The current study focuses on the influence of FORTA polypropylene fiber on both fresh and hardened properties such as compressive strength, splitting strength and flexural strength . The results revealed that addition of FORTA fibers improves the compressive strength of Fresh Concrete in the range of 15% to 25% compared with the non-fibrous Concrete. They also enhance the tensile strength in the range of 20% to 30%, and improve the flexural strength within the range of 16% to 26%. Moreover, it is concluded that the optimum FORTA fiber is 3.9 kg/m<sup>3</sup> of concrete with splitting tensile strength of 4.7MPa and flexural strength of 37.5MPa.

**Keyword:** polypropylene fiber , FORTA FERRO fiber , Fresh Concrete , compressive strength , tensile strength

## ۱- مقدمه

ملات سیمان و بتن ساخته شده با سیمان پرتلند یکی از انواع مواد پر استفاده ساخت و ساز در جهان است. این مواد دارای رفتار ترد و شکننده و برخی از معایب چشمگیر مانند شکلپذیری کم و ترک خوردگی ضعیف در عمل است. همچنین مقاومت کششی و مقاومت خمشی در مقایسه با مقاومت فشاری آنها نسبتاً کم است. تلاش های بسیاری برای تبدیل سیمان به عنوان مصالح ساختمانی با خواص فیزیکی و مکانیکی مطلوب انجام شده است.

سابقه ی طولانی استفاده از الیاف در داخل مواد شکننده باز می گردد به حداقل ۳۵۰۰ سال پیش هنگامی که نوعی آجر تقویت شده با نی را برای ساخت تپه های بلند ۵۷ متری در نزدیکی بغداد استفاده می کردند.

معمولاً الیاف پلیمری برای تقویت در بتن های تقویت شده با الیاف استفاده می شود. الیاف مختلفی مانند آنهایی که ساخته شده از پلی پروپیلن می باشند نیز مورد استفاده قرار گرفته است. الیاف پلی پروپیلن می تواند هم به صورت رشته ای و یا هم به صورت گرده ای تولید شود. الیاف از نظر شیمیایی بی اثرند و در محیط قلبیای بتن بسیار پایدارند و در برابر ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی پلاستیک مقاومند. استفاده از الیاف پلیمری علاوه بر اینکه بهبود بخش مقاومت کششی و مقاومت خمشی، سختی و شکل پذیری می باشد همچنین به وضوح سبب بهبود مقاومت در برابر ضربه و شکستگی است.

در این تحقیق، از الیاف پلیمری فورتا-فررو<sup>۴</sup> برای به دست آوردن تاثیر این الیاف بر خواص مکانیکی بتن تازه استفاده می شود. الیاف پلیمری فورتا از کوپلیمر / پلی پروپیلن ۱۰۰٪ خالص شامل مجموعه رشته های در هم تابیده ساخته شده است.

این الیاف به خوبی و به طور مساوی در اجزای بتن مخلوط و توزیع می شوند. الیاف برای انرژی جذب زیاد و بدون شکستگی و برای حفظ شکل مقطعی خود در مقابل ترد ناشی بار زیاد طراحی شده اند. هدف از این مطالعه بررسی اثر الیاف پلیمری فورتا بر روی خواص بتن تازه و سخت شده با استفاده از مواد و مصالح در دسترس است. آزمایشات بر روی مقاومت فشاری، مقاومت کششی و مقاومت خمشی تمرکز کرده است.

## ۲- برنامه آزمایشگاهی

### ۲-۱- مصالح مصرفی

برای مطالعه آزمایشگاهی، بتن کنترل حاوی ۴۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب با نسبت آب به سیمان ۰.۴۶ در نظر گرفته شد برای بررسی تأثیر الیاف بر روی خواص مکانیکی بتن، مقادیر کاربرد الیاف پلی پروپیلنی فورتا ۲.۴، ۳، ۳.۹،  $4.2 \text{ kg/m}^3$  در نظر گرفته شده است.

### ۲-۱-۱- سیمان

در این مطالعه از سیمان پرتلند نوع ۲ کارخانه سیمان هگمتان استفاده شد. وزن مخصوص سیمان برابر ۳.۱۵ گرم بر سانتی متر مکعب و ریزی آن برابر ۲۹۰ مترمربع بر کیلوگرم می باشد.

## ۲-۱-۱- مصالح سنگی

سنگدانه مورد استفاده در این پروژه از معادن شرق گیلان تهیه شده است. ماسه مورد استفاده، ماسه گردگوشه و رودخانه ای می باشد و برای شن از دو نوع شن شکسته و گرد گوشه با حداکثر قطر سنگدانه ی ۱۹ میلی متر به طور همزمان استفاده شده که مشخصات فیزیکی سنگدانه ی مصرفی در جدول (۱) ارایه شده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی سنگدانه ها

سنگدانه	وزن مخصوص ( $g/cm^3$ )	جذب آب (%)	مدول نرمی
ماسه ۰-۳	۲/۷۲	۲/۳۰	۲/۳۱
ماسه ۰-۶	۲/۶۷	۲/۲۵	۲/۷۷
شن ۵-۱۵	۲/۷۴	۱/۲۱	۶/۹۸
شن ۵-۲۰	۲/۷۱	۱/۲۱	۷/۰۳

## ۲-۱-۱- الیاف مصرفی

فورتا فررو الیافی متشکل از مواد ترکیبی مختلف، ساخته شده از کوپلیمر یا پلی پروپیلین ۱۰۰٪ خالص متشکل از رشته های بسیار نازک پیچ خورده در هم و به صورت گره درآمده و یک شبکه الیاف رشته ای می باشد که باعث ایجاد یک سیستم بتن مسلح با کارایی و کیفیت بسیار بالا می شود. این الیاف باعث کاهش جمع شدگی بتن تازه و سخت شده، افزایش ضربه پذیری و افزایش مقاومت در برابر خستگی و افزایش سختی بتن می شود. این الیاف ترکیبی رشته ای، بوسیله در هم آمیختن یک شبکه منسجم الیاف باعث ایجاد دوام طولانی مدت، افزایش مشخصه های سازه ای و کنترل ترک های ثانویه یا حرارتی در بتن می شود. فورتا فررو خورنده نمی باشد و در محیط های قلیایی ۱۰۰٪ مقاوم می باشد. جدول (۲) خواص فیزیکی و مکانیکی الیاف پلیمری فورتا را نشان می دهد. همچنین در شکل (۱) تصویر این الیاف به نمایش کشیده شده است.

جدول ۲- خواص فیزیکی و مکانیکی الیاف پلیمری فورتا

ASTM C-1116	تاییدیه
کوپلیمر یا پلی پروپیلین خالص	مواد اولیه
فیبرهای به هم پیچیده و الیاف های تک رشته ای	شکل ظاهری
خاکستری	رنگ
عالی	مقاومت در محیط های اسیدی و بازی
۰/۹۱	وزن مخصوص
۵۴ میلیمتر	طول
۵۷۰-۶۶۰ Mpa	مقاومت کششی

### شکل ۱- الیاف فورتا فررو



### ۲-۲- آزمایش های انجام شده

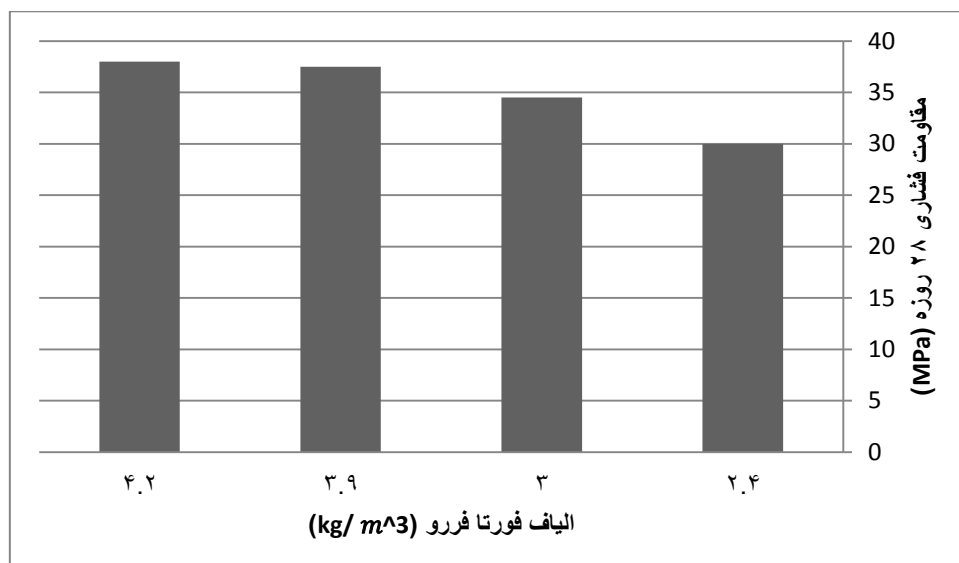
مقاومت فشاری و مقاومت کششی بتن کنترل و بتن های مسلح به الیاف مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه ها پس از عمل آوری شدن در سن ۲۸ روز از آب خارج شده و مورد آزمایش قرار گرفتند. برای تعیین مقاومت های فشاری و کششی برای هر مخلوط ۴ نمونه استوانه ای شکل به ابعاد ۱۵۰\*۳۰۰ میلی متر آزمایش شد. انجام آزمایش تعیین مقاومت فشاری بر طبق استاندارد ASTM C39 و مقاومت کششی بر طبق استاندارد ASTM C496 صورت گرفت.

### ۳- نتایج آزمایش ها

#### ۳-۱- مقاومت فشاری

همانطور که در نمودار (۱) مشاهده می شود با افزایش مقدار الیاف فورتا فررو در بتن مقاومت فشاری نمونه ها ۲۰ درصد افزایش یافته است.

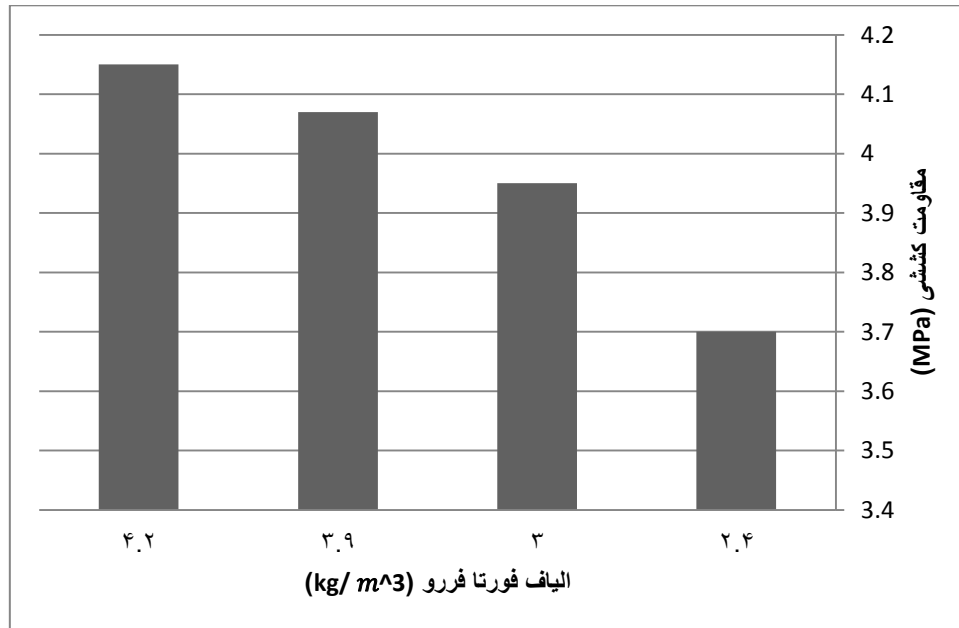
#### نمودار ۱- آزمایش مقاومت فشاری



### ۲-۳- مقاومت کششی

همانطور که در نمودار (۲) مشاهده می شود با افزایش مقدار الیاف فورتا فررو در بتن مقاومت کششی نمونه ها ۱۲ درصد افزایش یافته است.

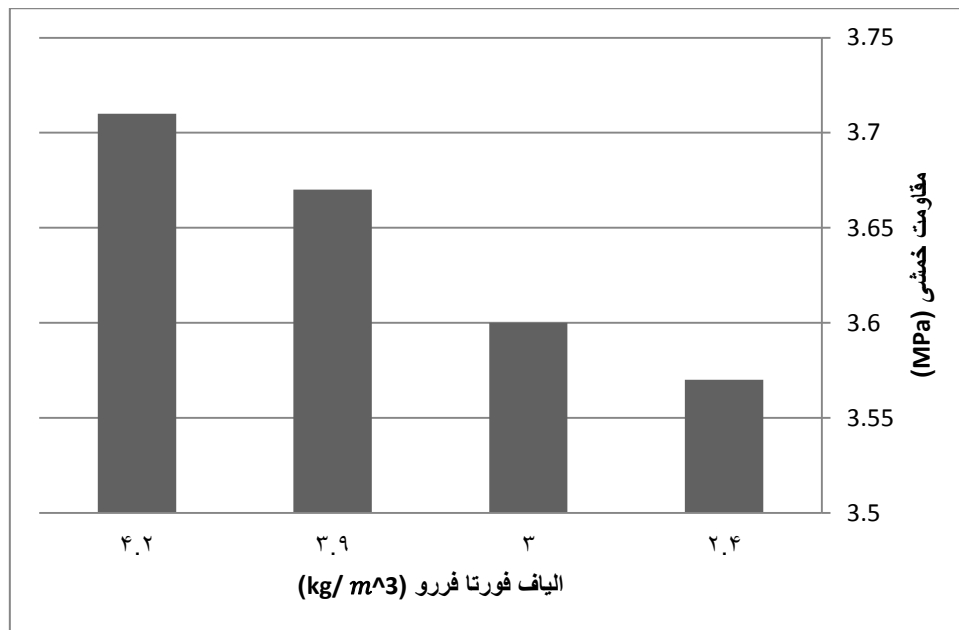
نمودار ۲- آزمایش مقاومت کششی



### ۳-۳- مقاومت خمشی

همانطور که در نمودار (۳) مشاهده می شود با افزایش مقدار الیاف فورتا فررو در بتن مقاومت خمشی نمونه ها ۴ درصد افزایش یافته است.

نمودار ۳- آزمایش مقاومت خمشی



۴- نتیجه گیری

- تاثیر انواع مقادیر الیاف بر روی مقاومت فشاری بتن تقریبا شبیه به یکدیگر است. با افزودن الیاف ابتدا مقاومت بتن افزایش یافته است و پس از رسیدن به مقدار بیشینه، افزایش مقاومت بتن بطور نسبی کاهش یافته است. در تمامی حالات مقاومت بتن مسلح به الیاف از بتن بدون الیاف بیشتر بوده است. بیشترین مقاومت برای بتن با افزودن  $4.2 \text{ (kg/ m}^3\text{)}$  الیاف بدست آمده است و مقاومت بتن با رشد ۲۰ درصدی به  $38 \text{ MPa}$  رسیده است.
- نحوه تاثیر انواع مقادیر الیاف فورتا بر مقاومت خمشی بتن متفاوت است اما در تمامی حالات، افزودن الیاف باعث افزایش مقاومت خمشی بتن می گردد.
- افزودن الیاف فورتا باعث کاهش اسلامپ بتن می شود و با افزایش میزان الیاف کاهش اسلامپ بیشتر می شود.

۵- مراجع

1. "ENDUROT<sup>TM</sup> 600 MACRO-SYNTHETIC FIBER", Product data sheet.
2. "FIBERMESH<sup>®</sup> 150 SYNTHETIC FIBER", Product data sheet.
3. Nehdi, M., and Ladanchuk, J.D., (2004), "Fiber synergy in fiber-reinforced self-consolidating concrete", ACI Materials Journal, **101** (6), pp 508-517.
4. Deng, Z., and Li, J., (2007), "Tension and impact behaviors of new type fiber reinforced concrete", Computers and Concrete, **4**, pp 19-32.
5. Deng, Z., and Li, J., (2006), "Mechanical behavior of concrete combined with steel and synthetic macro-fibers", International Journal of physical Sciences, **1** (2), pp 57-66.
6. Parviz, S., Ataullah, Kh., and Hsu, J.W., (1992), "Mechanical properties of concrete materials reinforced with polypropylene or polyethylene fibers", ACI Materials Journal, **89** (6), pp 535-540.
7. Badr, Ashour, and Platten, (2006), "Statistical variations in impact resistance of polypropylene fibre reinforced concrete", International Journal of impact engineering, **32**, pp 1907-1920.
8. Bader, and Ashour. (2005), "Modified ACI Drop-weight impact test for concrete", ACI materials Journal, **102** (4), pp 249-255.
9. Balaguru, N., and Shah, P., (1992), "Fiber-Reinforced Cement Composites", Book Published

McGraw-Hill.

10. Bindiganavile, V., and Banthia, N., (2001), "Polymer and steel fiber-reinforced cementitious composites under impact loading\_Part 2: Flexural toughness", ACI Materials Journal, **98** (1), pp 17-24.
11. ACI 211.1R, (2005), "Standard practice for selection of proportion for normal, heavy weight and mass concrete".
12. ASTM C39/C 39M, (2003), "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens".
13. ASTM C496/C 496M, (2004), "Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens".
14. ACI Committee 544.2R, (2005). "Measurement of Properties of Fiber Reinforced Concrete".
15. Banthia, N., Gupta, R. (2004), "Hybrid fiber reinforced concrete (HyFRC): fiber synergy in high strength matrices", Materials and structures, **37**, pp 707-716.
16. Shane, M.P., and Daniel, C.J., (2001). "Postpeak strain-stress Relationship for concrete in compression", ACI Materials Journal, **99** (3), pp 213-219.