



# ارزیابی اقتصادی و کیفی استفاده از ملات سبز پلیمری در مقایسه با ملات ماسه سیمان در فرآیند دیوارچینی با بلوک سبک استاندارد پروژه مورد بررسی: انبوه‌سازی مسکن - شهر واوان، استان تهران

رسول نوده فراهانی<sup>۱\*</sup>، امین اسلامی<sup>۲</sup>، مهرداد قدسی باغستان<sup>۳</sup>

۱- دکتری مهندسی عمران - سازه و زلزله، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، nemesis00700@gmail.com

۲- کارشناسی مهندسی عمران - عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان، amineslami4789@gmail.com

۳- کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک خاک و پی دانشگاه آزاد واحد اراک، mehrdad\_ghodsi\_b@yahoo.com

## چکیده

ملات سبز پلیمری، نوعی ملات خمیری آماده مصرف و چسباننده بسیار قوی بدون سیمان و ماسه، متشکل از پلیمرهای دوستدار محیط‌زیست به همراه فیلرهای معدنی، مناسب برای دیوارچینی با انواع سفال و بلوک در ساختمان بجای ملات ماسه و سیمان است. ملات سبز خمیری مشکلات دیوارچینی با ملات ماسه و سیمان اعم از آلودگی محیط‌زیست، برداشت بی‌رویه از معادن شن و ماسه و منابع آبی، بهداشت ضعیف کارگاهی و ایمنی کمتر به‌خاطر عدم چسبندگی بالا بین مصالح سفت‌کاری و سرعت اجرایی کم را برطرف می‌نماید. ملات آماده پلیمری، خمیری آماده مصرف است. نیازی به‌اضافه کردن ماسه، سیمان و یا آب یا هرگونه افزودنی ندارد. عدم نیاز به منابع آبی در محیط‌زیست، به علت حذف آب و کاهش میزان آلودگی زیست‌محیطی به‌واسطه حذف سیمان و ماسه همچنین به صفر رسیدن میزان هدررفت (پرت)، ملات سبز خمیری را در زمره مواد دوستدار محیط‌زیست می‌دهد. ملات سبز خمیری دارای مقاومت چسبندگی برشی، فشاری و خمشی بالاتر از ملات پودری ماسه سیمان است و باحالت خمیری مستقیماً روی سمت ملات خور انواع سفال و بلوک بدون نیاز فراوری و عمل‌آوری قابل‌اجرا است. مزیت‌های اختراع ملات آماده خمیری می‌تواند به افزایش بهره‌وری نیروی کار، کاهش هزینه و زمان در مرحله سفت‌کاری، افزایش ایمنی و حفاظت از محیط‌زیست اشاره کرد.

**واژه‌های کلیدی:** دیوارچینی، ملات خمیری، ملات سبز، انبوه‌سازی، کنترل کیفیت، محیط‌زیست

## ۱- مقدمه

نیاز روزافزون ساختمان‌سازی و مصرف بالای انرژی در این بخش از یک سو و اهمیت محیط‌زیست و توسعه پایدار از سوی دیگر، ضرورت تأمل بیشتر در انتخاب روش‌های ساخت و نوع مصالح مصرفی در این صنعت را یادآور می‌شود. دیوارها به‌عنوان تقسیم‌کنندگان فضای داخلی و محافظان حریم پیرامونی، از جمله مهم‌ترین اجزاء ساختمانی هستند. با توجه به اهمیت استفاده حداکثر از فضا، صرف کمترین هزینه و افزایش سرعت اجرا، تولیدکنندگان به ارائه انواع مختلفی از مصالح سازنده دیوار پرداخته‌اند. بدیهی است که در چنین شرایطی، ارزیابی و سنجش گزینه‌های موجود به روشی علمی، کمک شایانی به صنعت ساختمان کشور خواهد کرد. تحقیق حاضر بدین منظور، با در نظر گرفتن چهار معیار «زیست‌محیطی»، «اقتصادی»، «فنی» و «اجرایی»، به بررسی و انتخاب گزینه بهینه دیوارچینی از میان دو گزینه رایج یعنی استفاده از ملات خمیری و ملات سنتی



ماسه سیمان با بلوک سیمانی استاندارد پرداخته شده است که از نتایج این تحقیق می‌توان دریافت استفاده از ملات سبز علاوه بر افزایش سرعت در فرآیند اجرا و ارتقا کیفیت محصول خروجی را دارای صرفه اقتصادی نیز است. ملات‌ها دارای دو جزء اصلی هستند، یکی قسمت چسب ملات که دارای حجم کم است و دیگر پرکننده که ۸۰ درصد از حجم کل را تشکیل می‌دهد، به طور مثال در ملات ماسه و سیمان، سیمان چسب ملات و ماسه پرکننده ملات است، استفاده از ملات با اجزای تشکیل‌دهنده متفاوت از گذشته‌های دور تا امروز وجود داشته و این صنعت از ورود فناوری در امان نبوده و با کمک آن نسل جدیدی از ملات به صنعت ساختمان‌سازی معرفی شده است.

ملات سبز خمیری دوستدار محیط‌زیست برای جایگزینی ملات سنتی از قبیل ماسه و سیمان در صنعت ساختمان تولید شده است که چهار برابر ملات سنتی مقاومت کششی، فشاری و برشی را می‌تواند تحمل کند. این مدل ملات مشکلات دیوارچینی با ملات ماسه و سیمان اعم از آلودگی محیط‌زیست، برداشت بی‌رویه از معادن شن و ماسه و منابع آبی، بهداشت ضعیف کارگاهی و ایمنی کمتر به‌خاطرنداشتن چسبندگی بالا بین مصالح سفت‌کاری و سرعت اجرایی کم را برطرف می‌کند. این ملات آماده مصرف است و نیازی به اضافه کردن ماسه، سیمان یا آب یا هرگونه افزودنی دیگر ندارد. بی‌نیازی به منابع آبی در محیط‌زیست، به علت حذف آب و کاهش میزان آلودگی زیست‌محیطی به‌واسطه حذف سیمان و ماسه همچنین به صفر رسیدن میزان هدررفت (پرت)، این ملات را در زمره مواد دوستدار طبیعت قرار داده است.

همچنین ملات آماده خمیری دارای مقاومت چسبندگی برشی، فشاری و خمشی بالاتر از ملات پودری ماسه سیمان است و باحالت خمیری مستقیم روی سمت ملات خور انواع سفال و بلوک بدون نیاز به فراوری و عمل‌آوری قابل‌اجرا است. با استفاده از این ملات می‌توان به افزایش بهره‌وری نیروی کار، کاهش هزینه و زمان در مرحله سفت‌کاری، افزایش ایمنی و حفاظت از محیط‌زیست دست‌یافت.



شکل: اجرای ملات سبز خمیری بدون نیاز به آب

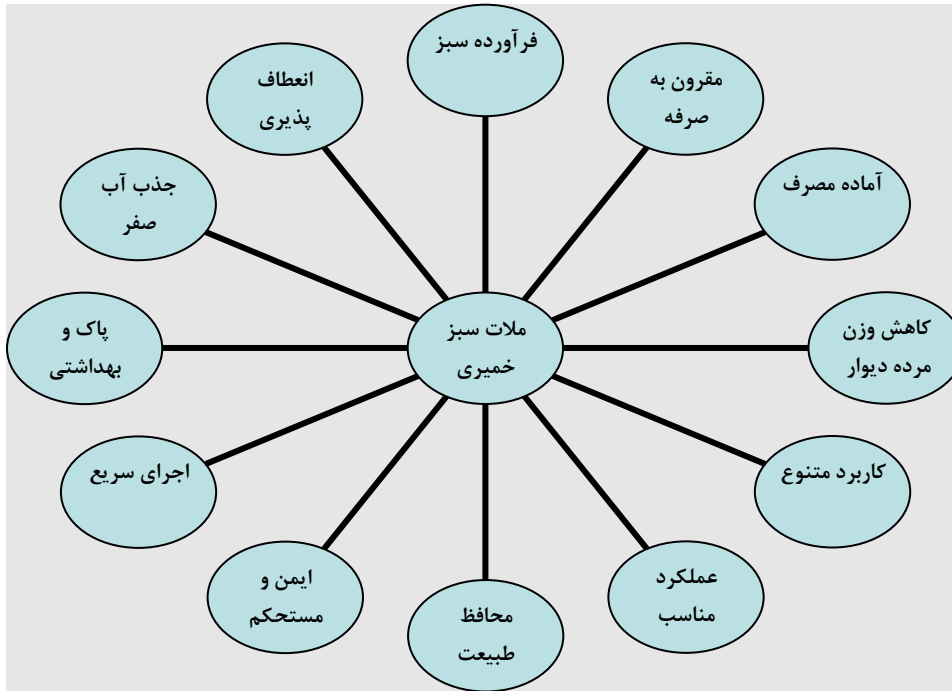
از این ملات در هر مترمربع بین ۱/۵ تا ۲ کیلوگرم مصرف می‌شود که جایگزین ۳۵ کیلوگرم ملات ماسه و سیمان است که به معنای کاهش وزن ساختمان و خطرات جانبی کمتر در هنگام زلزله است. وقتی وزن در پروژه‌های ساختمانی کاهش داده می‌شود، تردد و حمل‌ونقل نیز در داخل پروژه کاهش می‌یابد؛ بنابراین ایمنی در داخل پروژه بالا می‌رود. با استفاده از این محصول می‌توانیم بهره‌وری نیروی انسانی را در پروژه‌های ساختمانی بالا ببریم. به‌خاطر کاهش حمل مصالح ساختمانی سه تا پنج نفر از نیروهای انسانی موردنیاز را در پروژه اجرای دیوار کاهش می‌دهیم، بنابراین این محصول می‌تواند هم از نظر اقتصادی و هم از نظر وزنی، ایمنی و محیط‌زیستی در پروژه مفید باشد.

آزمایش‌های انجام شده در مرکز تحقیقات مسکن و شهرسازی روی این محصول نشان داد این محصول تقریباً چهار برابر مقاومت‌های کششی، فشاری و برشی نسبت به ملات‌های سنتی می‌تواند تحمل کند و از نظر تست‌های آتش‌سوزی نیز این محصول تست شده است و نیز ۲ ساعت در دمای هزار درجه سانتی‌گراد آتش مستقیم دوام آورد؛ بنابراین محصول قابل‌اعتمادی است و می‌تواند جایگزین خیلی خوبی باشد و به صنعت ساختمان و صنعتی‌سازی آن کمک کند. باتوجه‌به این که در سال‌های آتی احتمال کم‌آبی بیشتری نیز انتظار می‌رود، افزودن کاهش مصرف آب، سیمان و ماسه نیاز کشور است؛ بنابراین هرچقدر بتوانیم مصرف آب را کاهش دهیم می‌تواند کمک مثبتی به کشور در مواجهه با کم‌آبی باشد.



## ۲- مزایای استفاده از ملات سبز خمیری

از مزایای این محصول می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:



شکل ۲: مزایای استفاده از ملات سبز خمیری در صنعت ساختمان

## ۳- مقایسه ملات سبز خمیری با ملات سنتی ماسه و سیمانی در اجرای بلوک سیمانی

در جدول ذیل به بررسی مقایسه ریالی دو ملات مورد بررسی در این تحقیق پرداخته شده است:

جدول ۱: مقایسه هزینه اجرای هر دو ملات برای بلوک سیمانی استاندارد

ردیف	آیتم مقایسه	ملات سنتی ماسه و سیمان	ملات سبز خمیری و بلوک سیمانی	درصد کاهش در اجرای بلوک سیمانی
۱	مترایژ دیوارچینی	۱۰۰ متر مربع	۱۰۰ متر مربع	-
۲	آب مصرفی	۱۵۰۰ لیتر	۰	٪۱۰۰
۳	سیمان مصرفی	۵۰۰ کیلوگرم	۰	٪۱۰۰
۴	ماسه مصرفی	۲۷۰۰ کیلوگرم	۰	٪۱۰۰
۵	وزن ملات هر مترمربع	۳۲ کیلوگرم	۱,۵ کیلوگرم	٪ ۹۵
۶	وزن ملات مصرفی	۳۵۰۰ کیلوگرم	۱۵۰ کیلوگرم	٪ ۹۵
۷	زمان اجرا	۴ روز	۱,۶ روز	٪۵۰
۸	نیروی انسانی	۳-۵ نفر	۱-۲ نفر	٪ ۷۰
۹	پرت مصالح	۳۵۰ کیلوگرم	تقریباً صفر	٪۹۹,۹
۱۰	هزینه فقط ملات هر مترمربع	۳۴,۳۱۵ تومان	۳۷,۷۶۰ تومان	-٪۱۰
۱۱	هزینه ملات + دستمزد اجرا هر مترمربع	۹۴۳۱۵ تومان	۶۲,۷۶۰ تومان	٪۳۳
۱۲	هزینه ملات + اجرا روزمزد هر مترمربع	۸۴,۳۱۵ تومان	۶۲,۷۶۰ تومان	٪ ۲۵



ضمناً ملات سبز خمیری نیاز به محلی برای دیو و ساخت ملات در کارگاه ندارد، گردوخاک ایجاد نمی‌کند و نیازی به آب ندارد، زودتر اجرا شده و در مدت کوتاهی خشک می‌شود و کسب مقاومت می‌کند، وزن ملات را بیش از ۹۵ درصد کاهش می‌دهد و در نتیجه سازه سبک‌تر می‌شود، CO<sub>2</sub> تولید نمی‌کند، نخاله و پرت ندارد، هزینه اجرای دیوار را نیز کاهش می‌دهد. علاوه بر تمام موارد فوق برداشت مصالح از معادن به طرز قابل توجهی کاهش می‌یابد و مصرف آب در پروژه‌های ساختمانی کم می‌شود.

#### ۴- مقایسه میزان کاهش وزن سازه ای برای سایر مصالح مورد استفاده:

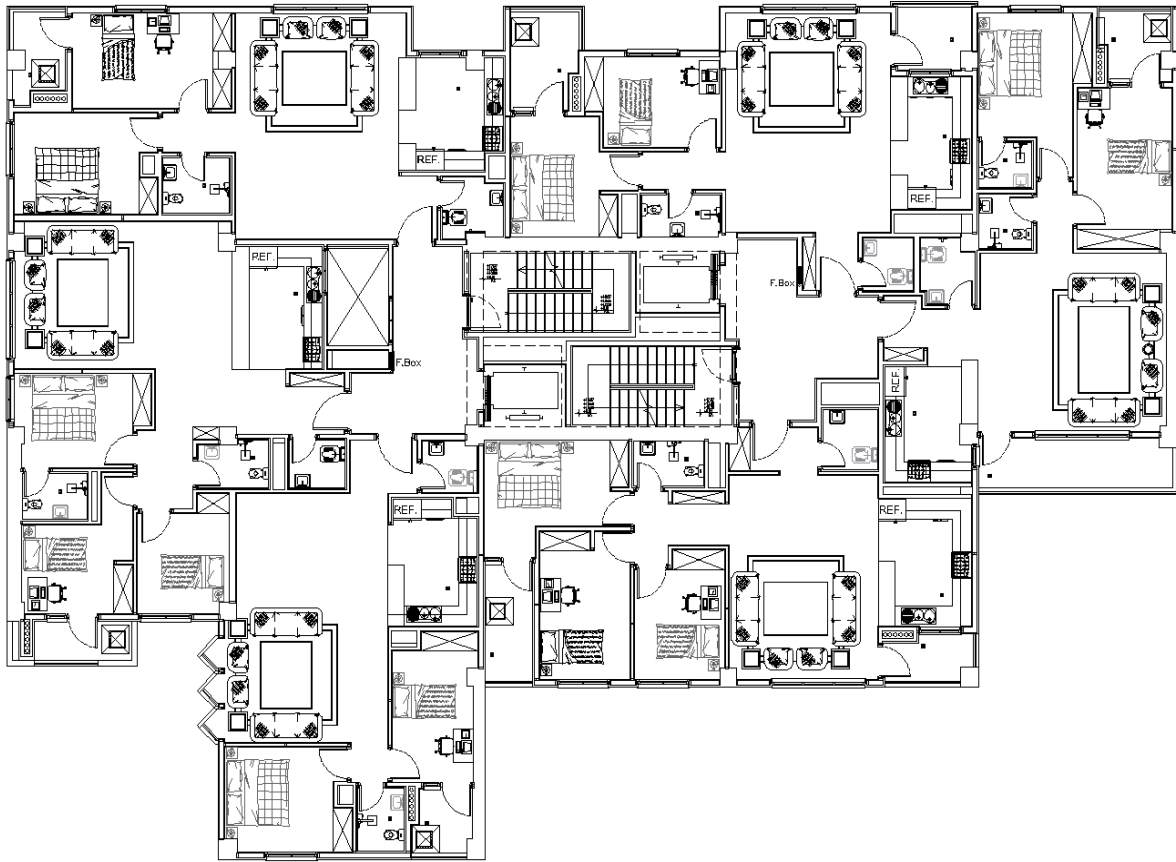
باتوجه به اهمیت وزن المان‌های غیر باربر در سازه و نیز تأثیر آن بر میزان نیروی زلزله ورودی به سازه در جدول ذیل به مقایسه میزان کاهش بار مرده سازه‌ای در اثر استفاده از ملات سبز خمیری نسبت به سایر مصالح متعارف پرداخته می‌شود:

جدول ۲: مقایسه میزان کاهش وزن مرده در دیوار چینی

ردیف	نوع مصالح مورد استفاده	وزن یک مترمربع دیوار			اختلاف وزن (کیلوگرم)	مساحت دیوار چینی (مترمربع)	میزان وزن کاهش یافته (کیلوگرم)
		ملات سنتی	چسب پودری	ملات سبز خمیری			
۱	بلوک ۱۰ لیکا	۸۷,۵	-	۷۶,۲۸	۱۱,۲۲	۱۵۰۰	۱۶,۸۳۰
۲	بلوک ۱۵ لیکا	۱۲۵,۴	-	۱۰۸,۲۸	۱۷,۱۲	۱۵۰۰	۲۵,۶۸۰
۳	سفال ۱۵	۸۷,۵	-	۶۵,۲۵	۲۲,۲۵	۱۵۰۰	۳۳,۳۷۵
۴	سفال ۱۰	۶۲,۲۵	-	۴۸,۲۵	۱۴	۱۵۰۰	۲۱,۰۰۰
۵	بلوک هبلکس ۱۰	-	۵۲,۵	۵۰,۳	۲,۲	۱۵۰۰	۳,۳۰۰
۶	بلوک هبلکس ۱۵	-	۷۸,۶	۷۵,۵	۳,۱	۱۵۰۰	۴,۶۵۰
۷	آجر سفالی ۱۰	۱۳۹	-	۷۷	۶۲	۱۵۰۰	۹۳,۰۰۰
۸	آجر فشاری	۱۹۴,۵	-	۱۳۱,۵	۶۳	۱۵۰۰	۹۴,۵۰۰

#### ۵- بررسی پلان معماری جهت دیوار چینی در پروژه انبوه سازی مسکن

جهت بررسی میزان قیمت تمام شده دیوار چینی در پروژه انبوه‌سازی موردنظر پلان معماری ذیل انتخاب و سپس به بررسی میزان حجم دیوار چینی با هر ملات سبز خمیری و نیز ملات ماسه سیمان پرداخته می‌شود. پلان معماری موردنظر در شکل ۳ نمایش داده می‌شود.



شکل ۳: پلان معماری مورد بررسی در این تحقیق

### ۶- بررسی آنالیز قیمت ملات سبز خمیری و ماسه سیمان در پلان مورد نظر

باتوجه به اهمیت قیمت تمام شده در پروژه‌های انبوه‌سازی مسکن و نیز سهم بالای فرآیند دیوارچینی در این پروژه‌ها، در این تحقیق برای صحت سنجی اطلاعات ارائه شده توسط شرکت تولیدکننده محصول به بررسی آنالیز قیمت برای یک طبقه از پروژه انبوه‌سازی در شهر اووان خواهیم پرداخت.

جدول ۳: آنالیز قیمت دیوارچینی با بلوک سیمانی استاندارد و ملات ماسه سیمان برای یک متر مربع

آنالیز قیمت دیوارچینی با بلوک و ملات ماسه و سیمان به ازای هر مترمربع								
ردیف	شرح آیتم	واحد	هزینه تهیه ملات مصرفی	هزینه متوسط تخلیه، حمل و پخش مصالح در طبقات	هزینه خرید بلوک سبک سیمانی	دستمزد اجرای هر مترمربع	هزینه تهیه و اجرای وال مش	جمع کل هزینه ها
۱	بلوک ۲۰	متر مربع	ریال ۱۵۰,۰۰۰	ریال ۳۲,۰۰۰	ریال ۱,۵۶۲,۵۰۰	ریال ۹۵۰,۰۰۰	ریال ۸۰۰,۰۰۰	ریال ۳,۴۹۴,۵۰۰
۲	بلوک ۱۵	متر مربع	ریال ۱۱۳,۰۰۰	ریال ۳۲,۰۰۰	ریال ۱,۳۷۵,۰۰۰	ریال ۹۵۰,۰۰۰	ریال ۸۰۰,۰۰۰	ریال ۳,۲۷۰,۰۰۰
۳	بلوک ۱۰	متر مربع	ریال ۷۵,۰۰۰	ریال ۳۲,۰۰۰	ریال ۱,۱۲۵,۰۰۰	ریال ۹۵۰,۰۰۰	ریال ۸۰۰,۰۰۰	ریال ۲,۹۸۲,۰۰۰



جدول ۴: آنالیز قیمت دیوارچینی با بلوک سیمانی استاندارد و ملات سبز خمیری برای یک متر مربع

آنالیز قیمت دیوارچینی با بلوک و ملات سبز خمیری به ازای هر مترمربع								
ردیف	شرح آیتم	واحد	هزینه تهیه چسب پلیمر تکس	هزینه متوسط تخلیه، حمل و پخش مصالح در طبقات	هزینه خرید بلوک سبک سیمانی	دستمزد اجرای هر مترمربع	هزینه تهیه و اجرای وال مش	جمع کل هزینه ها
۱	بلوک ۲۰	متر مربع	ریال ۳۰۲,۴۰۰	ریال -	ریال ۱,۵۶۲,۵۰۰	ریال ۸۵۰,۰۰۰	ریال ۸۰۰,۰۰۰	ریال ۳,۵۱۴,۹۰۰
۲	بلوک ۱۵	متر مربع	ریال ۳۰۲,۴۰۰	ریال -	ریال ۱,۳۷۵,۰۰۰	ریال ۸۵۰,۰۰۰	ریال ۸۰۰,۰۰۰	ریال ۳,۳۲۷,۴۰۰
۳	بلوک ۱۰	متر مربع	ریال ۳۰۲,۴۰۰	ریال -	ریال ۱,۱۲۵,۰۰۰	ریال ۸۵۰,۰۰۰	ریال ۸۰۰,۰۰۰	ریال ۳,۰۷۷,۴۰۰

جدول ۵: هزینه دیوارچینی با ملات ماسه سیمان و بلوک استاندارد برای یک طبقه از پلان

هزینه دیوارچینی با ملات ماسه سیمان در یک طبقه				
ردیف	شرح آیتم	مقدار در هر طبقه (مترمربع)	هزینه واحد تهیه مصالح و اجرای دیوار (ریال)	هزینه کل (ریال)
۱	اجرای دیوار ۲۰ سانتی با بلوک سیمانی	۱۳۰	ریال ۳,۵۹۰,۵۰۰	ریال ۴۶۶,۷۶۵,۰۰۰
۲	اجرای دیوار ۱۵ سانتی با بلوک سیمانی	۴۵۸	ریال ۳,۳۶۳,۰۰۰	ریال ۱,۵۴۰,۲۵۴,۰۰۰
۳	اجرای دیوار ۱۰ سانتی با بلوک سیمانی	۵۵۷	ریال ۳,۰۷۳,۰۰۰	ریال ۱,۷۱۱,۶۶۱,۰۰۰
جمع کل هزینه دیوارچینی یک طبقه			ریال ۳,۷۱۸,۶۸۰,۰۰۰	
جمع کل هزینه دیوارچینی به ازای هر متر مربع زیربنا			ریال ۴,۹۵۸,۲۴۰	

جدول ۶: هزینه دیوارچینی با ملات سبز خمیری و بلوک استاندارد برای یک طبقه از پلان

هزینه دیوارچینی با ملات ماسه سیمان در یک طبقه				
ردیف	شرح آیتم	مقدار در هر طبقه (مترمربع)	هزینه واحد تهیه مصالح و اجرای دیوار (ریال)	هزینه کل (ریال)
۱	اجرای دیوار ۲۰ سانتی با بلوک سیمانی	۱۳۰	ریال ۳,۵۹۰,۵۰۰	ریال ۴۶۶,۷۶۵,۰۰۰
۲	اجرای دیوار ۱۵ سانتی با بلوک سیمانی	۴۵۸	ریال ۳,۳۶۳,۰۰۰	ریال ۱,۵۴۰,۲۵۴,۰۰۰
۳	اجرای دیوار ۱۰ سانتی با بلوک سیمانی	۵۵۷	ریال ۳,۰۷۳,۰۰۰	ریال ۱,۷۱۱,۶۶۱,۰۰۰
جمع کل هزینه دیوارچینی یک طبقه			ریال ۳,۷۱۸,۶۸۰,۰۰۰	
جمع کل هزینه دیوارچینی به ازای هر متر مربع زیربنا			ریال ۴,۹۵۸,۲۴۰	



## ۷- نتیجه گیری

ملات سبز خمیری به واسطه حالت فیزیکی خمیری، عدم نیاز به ساخت در محل، روش اجرا، نوع بسته بندی و لوازم اجرایی مورد نیاز، با سرعت ۳ برابر بیشتر از ملات سنتی قابل اجرا است. آماده بودن ملات برای اجرا، سرعت اجرای دیوار توسط بنا را در پی خواهد داشت همچنین در ذیل نتایج مقایسه این محصول با ملات سنتی ماسه سیمان ارائه می گردد:

جدول ۷: نتایج کلی مقایسه ملات های مورد بررسی

ردیف	ملات سبز خمیری	ملات ماسه سیمان
۱	ملات، در بسته بندی آماده پای کار می رود.	مصالح ملات باید به پای کار حمل شود.
۲	ملات در کارخانه ساخته می شود.	ملات در محل اجرای دیوار ساخته می شود.
۳	ملات در بسته بندی آماده، اجرا می گردد.	ملات آماده شده، در ظرفی برای بنا حمل می گردد.
۴	ملات روی سطح بلوک در دو خط اجرا می گردد.	ملات روی سطح بلوک ریخته شده و توسط بنا صاف می گردد.
۵	ملات، نیازی به عمل آوری یا کیورینگ ندارد.	ملات دیوار، باید حداقل برای ۷ روز با آب عمل آوری می شود.
۶	مقاومت نهایی ملات پس از ۷۲ ساعت کسب می شود.	مقاومت نهایی ملات پس از کیورینگ، در ۲۸ روز اتفاق می افتد.
۷	عملیات نازک کاری پس از ۱۲ ساعت صورت می گیرد.	عملیات نازک کاری یک ماه پس از اجرای دیوار، شروع می شود.
۸	بدون نیاز به آب در زمان اجرای ملات	نیاز به آب در زمان ساخت ملات توسط بنا

## ۸- قدردانی

لازم است از کلیه پرسنل شرکت تولیدی خانه گستر که با همکاری و دلسوزی خود، نویسندگان مقاله را در جهت افزایش دقت و کیفیت این پژوهش یاری نمودند، تشکر و قدردانی نمود.

## مراجع

- [۱] کاشی، امین و رضانیان پور، علی اکبر و مودی، فرامرز، ۱۳۹۵، کاربرد ملات پلیمری در افزایش دوام نمونه های دورپیچ شده با ورق های GFRP در ناحیه ی جزر و مدی خلیج فارس، اولین کنفرانس ملی کاربرد کامپوزیت ها در صنعت ساخت، تهران، <https://civilica.com/doc/490727>
- [۲] محمدی، زهرا و ملک زاده، معصومه و حسینی، سیده صابره و غفاریان، روح الله و شه میری، سعید، ۱۴۰۲، بررسی ملات ترمیمی پلیمری بتن، نوزدهمین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری، بابل، <https://civilica.com/doc/1661801>
- [۳] چهارزی، هادی و مدنی، سید حسام و سعیدی کیا، علی، ۱۳۹۶، بررسی عملکرد پلیمر استایرن آکریلیک بر خواص مکانیکی مصالح پایه سیمانی، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و شهرسازی ایران معاصر، تهران، <https://civilica.com/doc/709032>
- [۴] صابری ورزشه، علی و نادری، محمود، ۱۳۹۹، تاثیر پلیمر استایرن بوتادین رابر بر مقاومت فشاری ملات تعمیری و رابطه آن با مقاومت چسبندگی کششی، دهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست، شیروان، <https://civilica.com/doc/1113397>
- [۵] ملات خمیری سبز پلیمورتکس، <http://polymortex.ir>