

۱۳۰۷
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

دانشکده مهندسی عمران - ژئوتکنیک

بررسی خواص مکانیکی گچ پلیمری به همراه مواد معدنی

(پرلیت، ژئولیت و نانورس)

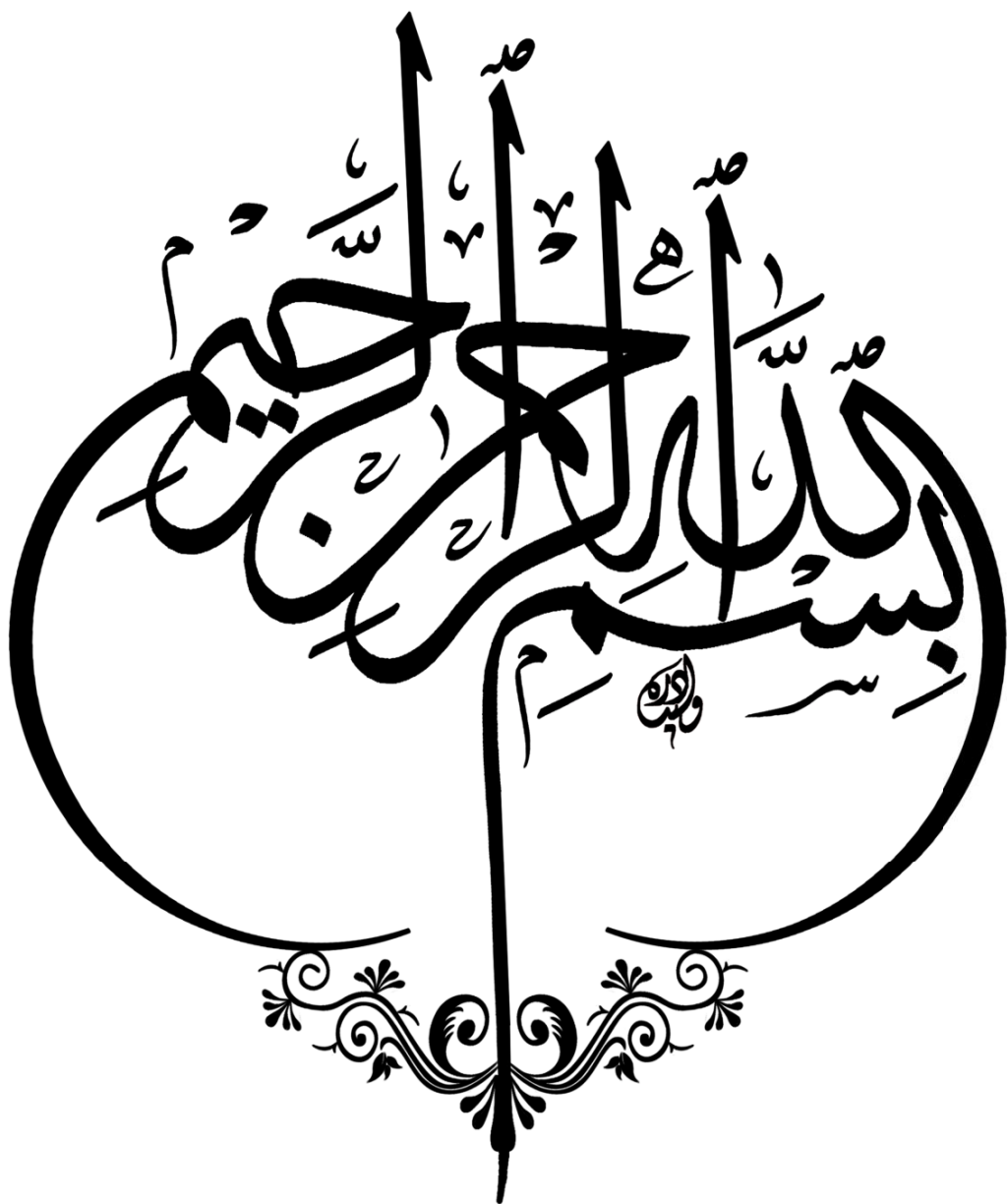
استاد راهنما:

جناب دکتر حسن قاسم زاده

نگارش:

سجاد معرفت

بهمن ماه ۱۳۹۹



تقدیم به

روح پاک پدر مهربانم که همیشه مشوق و پشتیبان من برای ادامه تحصیل بودند و در تمام مراحل

زندگی مرا یاری می نمودند.

مادر عزیزم که دعای خیرش همیشه همراه من و وجود نازنینش همواره موجب امید و آرامش بخش

زندگی ام می باشد.

اظهارنامه دانشجو

اینجانب سجاد معرفت دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش ژئوتکنیک دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان بررسی خواص مکانیکی گچ پلیمری به همراه مواد معدنی (پرلیت، زئولیت و نانورس) با راهنمایی استاد محترم جناب آقای دکتر حسن قاسم‌زاده، توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید است و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است، به علاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده‌ام.

امضا دانشجو:

تاریخ:

حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱. حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن است. هرگونه کپی برداری

به صورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده

مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز است.

ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲. کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی است و

بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مراجع مجاز نیست.

تشکر و قدردانی

پس از سپاس و تشکر خالصانه از خداوند متعال که همیشه یاری‌رسان اینجانب در تمام مراحل زندگی بوده است بر خود لازم می‌دانم که صمیمانه و خاضعانه قدردانی نمایم از:

استاد ارجمند جناب دکتر قاسم‌زاده که همواره مشوق و راهنمای بنده در به انجام رساندن این دورهٔ تحصیل و پایان‌نامه بودند.

خانواده عزیزم که با مشکلات موجود همواره پشتیبان من بودند و لحظه‌ای از حمایت خود دریغ نکردند.

آقای بابایی و آقای خدامیان که مانند دو برادر بزرگ‌تر بدون هیچ چشم‌داشتی مرا در این مقطع تحصیلی یاری نمودند.

در پایان از همه دوستان عزیزم که همیشه مشوق بنده بوده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

باتوجه به پیشرفت‌های روزافزون تکنولوژی، استفاده از مصالح کامپوزیت جدید که عملکرد بهتری نسبت به مصالح سنتی دارند اهمیت بسزایی در صنعت ساختمان داشته است یکی از مهم‌ترین کامپوزیت‌ها، کامپوزیت‌های بر پایه گچ است.

در این پایان‌نامه به استفاده از یک پوزولان طبیعی به نام زئولیت در گچ و بررسی تأثیر آن بر روی مقاومت مکانیکی و زمان گیرش گچ پرداخته شده است به این صورت که ابتدا نمونه‌های کامپوزیت گچ همراه با درصد‌های مختلف زئولیت و همچنین زئولیت همراه با پلیمر ساخته شدند. از نظر مقاومت خمشی نمونه‌های دارای پلیمر و از نظر مقاومت فشاری نمونه‌های فاقد پلیمر نتایج بهتری داشتند و سپس در نمونه‌های گچ همراه با پلیمر و نانورس مونت‌موریلونیت به تأثیر ترکیب نانورس با استفاده از پروب اولتراسونیک و میکسر هیدرومتری پرداخته شده است اگر چه در مقاومت خمشی تفاوت زیادی بین این دو روش مشاهده نشد ولی در مقاومت فشاری روش استفاده از پروب اولتراسونیک نتایج بهتری داشتند و در انتها ترکیب پلیمر، نانورس و زئولیت بر مقاومت فشاری و خمشی نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت که بهترین نتیجه در این ترکیب حاصل شده است. برای بررسی ساختار این کامپوزیت‌ها تعدادی تصویر با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی گرفته شده است.

در پایان براساس نتایج آزمایش‌های مقاومت خمشی و مقاومت فشاری نمونه کامپوزیت گچ دارای ۱ درصد پلیمر، ۰/۱ درصد زئولیت و ۰/۰۱ درصد نانورس بهترین ترکیب تعیین گردید که این ترکیب ۷۸ درصد افزایش مقاومت خمشی و ۶۴ درصد افزایش مقاومت فشاری را نسبت به نمونه گچ بدون افزودی، به همراه داشته است.

واژگان کلیدی:

گچ، پلیمر، زئولیت، نانورس، پلی‌ونیل‌الکل، مونت‌موریلونیت، مقاومت خمشی، مقاومت فشاری،

فهرست مطالب

فصل ۱ مقدمه..... ۱

- ۱-۱- مقدمه ۱
- ۲-۱- اهمیت موضوع ۲
- ۳-۱- اهداف تحقیق ۲
- ۴-۱- ساختار پایان نامه ۳

فصل ۲ مبانی تئوری و مروری بر تحقیقات پیشین..... ۵

- ۱-۲- مقدمه ۵
- ۲-۲- تاریخچه و فرایند تولید گچ ۵
- ۱-۲-۲- تاریخچه گچ ۵
- ۲-۲-۲- فرایند تولید گچ ۶
- ۳-۲- بررسی مواد پلیمری در گچ ۸
- ۱-۳-۲- مروری بر انواع افزونه پلیمر به گچ و بررسی خواص آنها ۸
- ۲-۳-۲- پلی وینیل الکل و بررسی خواص آن ۱۵
- ۴-۲- بررسی خواص پرلیت و کاربرد آن ۲۰
- ۵-۲- بررسی خواص نانورس ها و کاربرد آنها ۲۳
- ۶-۲- بررسی خواص زئولیت ها و کاربرد آنها ۳۱
- ۱-۶-۲- معرفی زئولیت ۳۱
- ۲-۶-۲- انواع زئولیت ۳۲
- ۳-۶-۲- روند شکل گیری زئولیت ها ۳۵
- ۴-۶-۲- خصوصیات زئولیت ها ۳۶
- ۵-۶-۲- منابع زئولیت در دنیا ۳۷
- ۶-۶-۲- خواص پوزولانی زئولیت و مطالعات انجام شده ۳۸
- ۷-۲- جمع بندی ۴۹

فصل ۳ روش انجام کار..... ۵۰

- ۱-۳- مقدمه ۵۰
- ۲-۳- مواد و تجهیزات ۵۰

۵۰	 مواد اولیه ۱-۲-۳
۵۰	 گچ ۱-۱-۲-۳
۵۱	 2-1-2-3 ژئولیت
۵۲	 3-1-2-3 نانورس
۵۴	 ۴-۱-۲-۳ پلیمر
۵۴	 ۵-۱-۲-۳ آب دو بار تقطیر
۵۵	 ۲-۲-۳ دستگاه‌ها
۵۵	 ۱-۲-۲-۳ ترازو
۵۶	 ۲-۲-۲-۳ الک‌ها و شیکر
۵۶	 ۳-۲-۲-۳ قالب ویکات
۵۶	 ۴-۲-۲-۳ ویکات اصلاح شده
۵۷	 ۵-۲-۲-۳ ویکات
۵۸	 ۶-۲-۲-۳ آون
۵۸	 ۷-۲-۲-۳ قالب مقاومت خمشی
۵۸	 ۸-۲-۲-۳ استیرر (همزن مغناطیسی)
۵۹	 ۹-۲-۲-۳ میکسر هیدرومتری
۶۰	 ۱۰-۲-۲-۳ میکروسکوپ الکترونی روشی SEM
۶۰	 ۱۱-۲-۲-۳ تکیه‌گاه‌های آزمایش مقاومت خمشی
۶۱	 ۱۲-۲-۲-۳ دستگاه تک‌محوری برای آزمون مقاومت خمشی
۶۲	 ۱۳-۲-۲-۳ دستگاه CBR برای انجام آزمایش مقاومت فشاری
۶۲	 ۳-۳ روش انجام کار
۶۲	 ۱-۳-۳ آماده‌سازی اولیه
۶۳	 ۲-۳-۳ آزمایش‌ها
۶۳	 ۱-۲-۳-۳ اندازه‌گیری آب آزاد گچ
۶۳	 ۲-۲-۳-۳ اندازه‌گیری درصد مانده روی الک
۶۴	 ۳-۲-۳-۳ تعیین نسبت آب به گچ (غلظت نرمال)
۶۶	 ۴-۲-۳-۳ آزمایش اندازه‌گیری زمان گیرش
۶۶	 ۵-۲-۳-۳ زمان ته‌نشین شدن در آب دو بار تقطیر
۶۷	 ۶-۲-۳-۳ آزمایش مقاومت خمشی و مقاومت فشاری
۷۲	 ۷-۲-۳-۳ آزمایش SEM
۷۳	 ۸-۲-۳-۳ جمع‌بندی
۷۵	 فصل ۴ نتایج و تفسیر آن‌ها

۷۵	۱-۴- مقدمه
۷۵	۲-۴- آزمایش اندازه‌گیری آب آزاد گچ
۷۵	۳-۴- آزمایش دانه‌بندی گچ
۷۶	۴-۴- زمان ته‌نشین شدن در آب دو بار تقطیر
۷۶	۴-۴-۱- زمان ته‌نشین شدن زئولیت
۷۷	۴-۴-۲- زمان ته‌نشین شدن پلیمر PVA
۷۹	۵-۴- آزمایش تعیین نسبت آب به گچ (غلظت نرمال)
۷۹	۵-۴-۱- روش پاشیدن
۷۹	۵-۴-۲- روش پخش‌شدگی و دستگاه ویکات اصلاح شده
۸۰	۶-۴- آزمایش تعیین زمان گیرش
۸۱	۷-۴- آزمایش تعیین مقاومت فشاری و خمشی
۸۳	۷-۴-۱- تعیین مقاومت فشاری و خمشی گچ همراه با زئولیت و پلیمر
۸۵	۷-۴-۲- تعیین مقاومت فشاری و خمشی گچ همراه با نانورس و پلیمر
۸۷	۷-۴-۳- تعیین مقاومت فشاری و خمشی گچ همراه با نانورس، زئولیت و پلیمر
۸۹	۷-۴-۴- نتایج SEM
۹۱	۸-۴- جمع‌بندی
۹۳	فصل ۵ جمع‌بندی و پیشنهادات
۹۳	۱-۵- مقدمه
۹۳	۲-۵- جمع‌بندی
۹۴	۳-۵- پیشنهادات

فهرست جداول

جدول ۱-۲	مشخصات فیزیکی پرلیت [۲۹].....	۲۱
جدول ۲-۲	ترکیب شیمیایی پرلیت [۲۹].....	۲۱
جدول ۳-۲	نسبت‌های مواد تشکیل دهنده نمونه‌ها [۳۱].....	۲۲
جدول ۴-۲	طبقه‌بندی و خصوصیات ساختاری هفت گروه اصلی از ژئولیت‌های طبیعی [۵۳].....	۳۴
جدول ۵-۲	برخی از کشورهای دارای منابع ژئولیت [۶۱].....	۳۸
جدول ۶-۲	مقایسه ترکیب شیمیایی سیمان و ژئولیت طبیعی [۶۵].....	۴۰
جدول ۷-۲	ترکیب کامپوزیت‌های گچ و کد نمونه‌ها [۷۴].....	۴۷
جدول ۱-۳	آنالیز شیمیایی ژئولیت مورد آزمایش [۷۶].....	۵۲
جدول ۲-۳	آنالیز شیمیایی نانورس مونت‌موریلونیت [۷۷].....	۵۳
جدول ۳-۳	مشخصات فیزیکی و مکانیکی نانورس مونت‌موریلونیت [۷۷].....	۵۳
جدول ۴-۳	مشخصات آب دو بار تقطیر.....	۵۵
جدول ۵-۳	انداز الک‌ها.....	۵۶
جدول ۱-۴	نتیجه آزمایش تعیین آب آزاد.....	۷۵
جدول ۲-۴	نتیجه آزمایش دانه‌بندی.....	۷۶
جدول ۳-۴	نتیجه آزمایش نسبت آب به گچ با روش پاشیدن.....	۷۹
جدول ۴-۴	نتایج روش پخش‌شدگی و ویکات اصلاح شده.....	۸۰
جدول ۵-۴	نتایج آزمایش تعیین زمان گیرش.....	۸۱
جدول ۶-۴	نتایج مقاومت خمشی و فشاری نمونه‌های حاوی ژئولیت و پلیمر.....	۸۳
جدول ۷-۴	نتایج مقاومت خمشی نمونه‌های حاوی نانورس و پلیمر.....	۸۵
جدول ۸-۴	نتایج مقاومت فشاری نمونه‌های حاوی نانورس و پلیمر.....	۸۶
جدول ۹-۴	نتایج مقاومت خمشی و فشاری نمونه‌های حاوی نانورس، ژئولیت و پلیمر.....	۸۷
جدول ۱۰-۴	مشخصات نمونه‌های آزمایش SEM.....	۸۹

فهرست اشکال

- شکل ۱-۲ طبقه‌بندی افزودنی‌های پلیمری در گچ و سیمان‌های اصلاح شده با پلیمر [۵]..... ۹
- شکل ۲-۲ کاهش نیاز آب به افزایش غلظت فوق روان‌کننده [۱۶]..... ۱۳
- شکل ۳-۲ مقاومت فشاری گچ لاتکسی نسبت به غلظت فوق روان‌کننده [۱۶]..... ۱۳
- شکل ۴-۲ مقاومت خمشی گچ لاتکسی نسبت به غلظت فوق روان‌کننده [۱۶]..... ۱۴
- شکل ۵-۲ تأثیر ترکیبی (TGP) و (PVA) بر زمان گیرش [۱۷]..... ۱۵
- شکل ۶-۲ اثر ترکیبی (TGP) و (PVA) بر مقاومت فشاری [۱۷]..... ۱۵
- شکل ۷-۲ پلی‌ونیل‌الکل [۱۹]..... ۱۶
- شکل ۸-۲ سنتز پلی‌ونیل‌الکل توسط هیدرولیز پلی‌ونیل‌استات [۲۰]..... ۱۷
- شکل ۹-۲ هدایت حرارتی نمونه‌ها [۳۱]..... ۲۳
- شکل ۱۰-۲ مقاومت فشاری نمونه‌ها [۳۱]..... ۲۳
- شکل ۱۱-۲ ساختار بنتونیت [۳۳]..... ۲۵
- شکل ۱۲-۲ ساختار کائولینیت [۳۳]..... ۲۵
- شکل ۱۳-۲ ساختار مونت‌موریلونیت [۳۴]..... ۲۵
- شکل ۱۴-۲ ساختار هکتوریت [۳۳]..... ۲۶
- شکل ۱۵-۲ ساختار هالوسیت [۳۵]..... ۲۶
- شکل ۱۶-۲ روند تشکیل زئولیت طبیعی [۵۴]..... ۳۵
- شکل ۱۷-۲ نمایش شماتیک نحوه سنتز زئولیت [۵۵]..... ۳۶
- شکل ۱۸-۲ مقایسه درجه واکنش زئولیت طبیعی با خاکستر بادی و میکروسیلیس [۶۵]..... ۴۱
- شکل ۱۹-۲ ساختار PGZM با تراکم ۴۰۰ کیلوگرم در متر مکعب با بزرگنمایی ۲۸۰۰ برابر [۷۳]..... ۴۶
- شکل ۲۰-۲ مقاومت فشاری کامپوزیت‌های گچی [۷۴]..... ۴۷
- شکل ۲۱-۲ مقاومت خمشی کامپوزیت‌های گچی [۷۴]..... ۴۸
- شکل ۱-۳ کیسه گچ مورد آزمایش..... ۵۰
- شکل ۲-۳ کیسه زئولیت مورد آزمایش..... ۵۱
- شکل ۳-۳ بسته‌بندی نانورس مونت‌موریلونیت..... ۵۲
- شکل ۴-۳ تصویر SEM از نانورس مونت‌موریلونیت [۷۷]..... ۵۴
- شکل ۵-۳ پلیمر PVA به صورت جامد..... ۵۴
- شکل ۶-۳ آب دو بار تقطیر مورد استفاده در آزمایش‌ها..... ۵۵
- شکل ۷-۳ ویکات اصلاح شده..... ۵۷
- شکل ۸-۳ دستگاه ویکات..... ۵۷
- شکل ۹-۳ قالب مقاومت خمشی..... ۵۸
- شکل ۱۰-۳ دستگاه استیرر..... ۵۹
- شکل ۱۱-۳ میکسر هیدرومتری..... ۵۹

شکل ۳-۱۲ میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM	۶۰
شکل ۳-۱۳ تکیه‌گاه‌های آزمایش مقاومت خمشی	۶۱
شکل ۳-۱۴ دستگاه تک‌محوری	۶۱
شکل ۳-۱۵ دستگاه CBR	۶۲
شکل ۳-۱۶ روش پخش‌شدگی	۶۵
شکل ۳-۱۷ مرحله اختلاط گچ	۶۸
شکل ۳-۱۸ انتهای مرحله قالب‌ریزی	۶۸
شکل ۳-۱۹ نمونه‌های ساخته شده	۶۹
شکل ۳-۲۰ پلیمر محلول در آب	۶۹
شکل ۳-۲۱ مخلوط پلیمر محلول و ژئولیت	۷۱
شکل ۳-۲۲ مخلوط پلیمر محلول و نانورس	۷۱
شکل ۳-۲۳ مخلوط پلیمر محلول، ژئولیت و نانورس	۷۲
شکل ۳-۲۴ نمونه‌های آماده شده برای تست SEM	۷۳
شکل ۴-۱ سرعت تهنشینی ژئولیت در آب شرب	۷۷
شکل ۴-۲ سرعت تهنشینی ژئولیت در آب دو بار تقطیر	۷۷
شکل ۴-۳ پلیمر در حال حل شدن در آب	۷۸
شکل ۴-۴ پلیمر پس از انحلال	۷۹
شکل ۴-۵ نمونه‌های شکسته شده بعد از آزمایش مقاومت خمشی	۸۲
شکل ۴-۶ نمونه شکسته شده در آزمایش مقاومت فشاری	۸۲
شکل ۴-۷ نمونه‌های شکسته شده بعد از آزمایش مقاومت فشاری	۸۳
شکل ۴-۸ نتایج مقاومت خمشی نمونه‌های حاوی ژئولیت و پلیمر	۸۴
شکل ۴-۹ نتایج مقاومت فشاری نمونه‌های حاوی ژئولیت و پلیمر	۸۴
شکل ۴-۱۰ نتایج مقاومت خمشی نمونه‌های حاوی نانورس و پلیمر	۸۶
شکل ۴-۱۱ نتایج مقاومت فشاری نمونه‌های حاوی نانورس و پلیمر	۸۷
شکل ۴-۱۲ نتایج مقاومت خمشی نمونه‌های حاوی نانورس، ژئولیت و پلیمر	۸۸
شکل ۴-۱۳ نتایج مقاومت فشاری نمونه‌های حاوی نانورس، ژئولیت و پلیمر	۸۸
شکل ۴-۱۴ نتایج SEM از نمونه‌ها با بزرگ‌نمایی ۵۰۰۰۰ برابر	۹۰
شکل ۴-۱۵ نمایش شماتیک نفوذ پلیمر بین لایه‌ها [۷۸]	۹۱

فصل ۱ مقدمه

۱-۱- مقدمه

موضوع پایان نامه حاضر، بررسی خواص مکانیکی گچ پلیمری به همراه مواد معدنی (پرلیت، زئولیت و نانورس) است.

گچ یکی از پرکاربردترین مصالح ساختمانی است که به دلیل ویژگی‌هایی نظیر اجرای آسان، ضریب هدایت حرارت کم، خاصیت آکوستیک، بالا بودن ضریب نفوذپذیری بخار آب و... باعث شده است که این مصالح جایگاه ویژه‌ای در صنعت ساختمان برای اندود، سفیدکاری، تمیزکاری، پرداخت، گچی‌بر، ملات‌های گچی، آجر، گچ و ماسه، عایق حرارتی و صوتی، صفحات پیش‌ساخته، مجسمه سازی و... در گذشته و حال داشته باشد.

سنگ گچ حاصل ترکیب کلسیم با SO_4^{-2} است و در ایران به وفور در کویر مرکزی، اطراف مشهد، آذربایجان یا دیگر نقاط ایران یافت می‌شود، گچ از حرارت دادن سنگ گچ (ژیپس) تهیه می‌شود عمدتاً این حرارت ۱۲۰-۱۷۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، در طی این حرارت سنگ گچ حدود سه‌چهارم آب خود را از دست می‌دهد و بعد از این که با آب مخلوط شود دوباره آب‌گیری نموده و در واقع به سنگ تبدیل می‌شود، ولی این بار خواص ویژه‌ای دارد که می‌توان از این خواص برای کارهای ساختمانی و مانند آن استفاده کرد.

۱-۲- اهمیت موضوع

باتوجه به تحقیق‌های زیادی که در زمینه گچ‌ها انجام شده، نتایج حاکی از آن است که بیشتر گچ‌های موجود در صنعت ساختمان ایران، فقط از حداقل معیارهای مقاومتی برخوردار هستند، گرچه بعضی از گچ‌ها از حداقل معیارهای مقاومتی نیز برخوردار نبوده و تنها نقش پوشاننده دارند.

این مسئله باتوجه به گسترش روزافزون پنل‌های پیش‌ساخته گچی بیشتر از قبل اهمیت پیدا کرده، به همین منظور امروزه از افزودنی‌های مختلف برای بهبود خواص گچ استفاده می‌شود، یکی از این موارد پلیمرها هستند که با افزودن کانی‌های رسی نانو که دارای سطح ویژه بالا و واکنش‌پذیری فوق‌العاده هستند و همچنین ژئولیت به دلیل دارا بودن خاصیت پوزولانی می‌توانند در بهبود خواص مکانیکی گچ تأثیرگذار باشند.

۱-۳- اهداف تحقیق

هدف از این تحقیق بررسی تأثیر ژئولیت و نانورس بر خواص مکانیکی گچ‌ها از نظر مقاومت مکانیکی بوده است، همچنین برای اینکه همبستگی بهتری بین افزودنی‌ها و گچ ایجاد شود و پخش‌شدگی بهتری در گچ حاصل شود از پلیمر پلی‌وینیل‌الکل استفاده شده است.

برای نتیجه‌گیری و تحلیل بهتر تأثیر خواص افزودنی‌ها بر مقاومت مکانیکی گچ‌ها، نمونه‌ها به‌صورت جداگانه و در ترکیب باهم مورد آزمون قرار گرفته‌اند.

۱-۴- ساختار پایان نامه

فصل اول: مقدمه‌ای از گچ، کاربرد و خصوصیات آن و سپس هدف از انجام این پژوهش بیان شده است.

فصل دوم: در ابتدا به مرور مطالعات انجام شده، در زمینه گچ‌های پلیمری، سپس بررسی خواص پرلیت، نانورس‌ها و ژئولیت‌ها و تأثیر آن‌ها پرداخته شده است.

فصل سوم: توضیح نوع گچ، نانورس، ژئولیت و پلیمر مورد استفاده، سپس توضیح آزمایش‌ها و روش‌های انجام این آزمایش‌ها بیان شده است.

فصل چهارم: به بررسی تأثیر درصدهای مختلف ژئولیت همراه با پلیمر و فاقد پلیمر در گچ و تعیین بهترین درصدها سپس بررسی درصدهای مختلف نانورس با پلیمر در گچ با استفاده از استیرر و مقایسه با روش پروب اولتراسونیک سپس تعیین بهترین درصدها، ترکیب درصدهای مختلف ژئولیت با درصدهایی از نانورس همراه با پلیمر برای پیدا کردن بهترین ترکیب و در نهایت به بررسی ساختار نمونه‌ها پرداخت شده است.

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهاداتی برای تحقیقات آینده ارائه شده است.

فصل ۲ مبانی تئوری و مروری بر تحقیقات پیشین

۲-۱- مقدمه

در این قسمت به بررسی تحقیق‌ها و پژوهش‌های مرتبط با این پایان‌نامه پرداخته خواهد شد.

مطالعات پیشین صورت‌گرفته را می‌توان به پنج دسته زیر تقسیم کرد:

- تاریخچه و فرایند تولید گچ
- بررسی مواد پلیمری در گچ
- بررسی خواص پرلایت و کاربرد آن
- بررسی خواص نانورس‌ها و کاربرد آن‌ها
- بررسی خواص ژئولیت‌ها و کاربرد آن‌ها

۲-۲- تاریخچه و فرایند تولید گچ

۲-۲-۱- تاریخچه گچ

قدیمی‌ترین آثار به‌جای‌مانده از گچ مربوط به ۹۰۰۰ سال قبل می‌باشد که در آناتولی و سوریه کشف شده‌اند. ۵۰۰۰ سال قبل مصری‌ها سنگ گچ را در هوای آزاد درون آتش می‌سوزاندند و سپس آن را می‌کوبیدند و تبدیل به پودر می‌کردند، در نهایت این پودر را با آب ترکیب می‌کردند و دیواره‌های کاخ‌ها و معابد خود را با گچ می‌پوشاندند. برخی از نمونه‌های اولیه گچ در اهرام مصر کشف شده‌اند. علاوه بر این یونانی‌ها از گچ به‌صورت خاص (گچ سلنیوم که شفاف می‌باشد) به‌عنوان پنجره معابدشان استفاده می‌کردند. رومی‌ها با استفاده از گچ از هزاران مجسمه یونانی کپی‌برداری کرده‌اند [۱].

بشر در طی قرن‌ها در نقاط مختلف جهان در خصوص پخت گچ مهارت‌هایی را کسب کرده بود.

در سال‌های ۱۷۰۰ میلادی پاریس مرکز گچ بود (گچ پاریس) چرا که تمامی دیوارهای خانه‌های چوبی

برای جلوگیری از آتش سوزی با گچ پوشیده می شد. پادشاه فرانسه این قانون را بعد از این که لندن بزرگ در سال ۱۶۶۶ در اثر آتش سوزی از بین رفت اجباری نمود [۱].

دانش ما در زمینه استفاده از گچ در قبل از قرن نوزدهم محدود می باشد، با این وجود تحقیقات نشان می دهد که در قرن شانزدهم گچ همراه آهک در کف ها، دیوارها و سقف ها مورد استفاده قرار می گرفته است. اما ثابت گردیده است که گچ بری تزئینی که قبلاً یکی از موارد استفاده از گچ در نظر گرفته می شد در این دوران سوابق بسیار مختصری دارد [۱].

در ایران نیز گچ در بیشتر ساختمان های باستانی که تاکنون باقی مانده اند به صورت آثار گچ بری های زیبا دیده می شود. از زمان اشکانیان بناهایی با تزئینات گچی به جا مانده است که نمایانگر خلاقیت و هنر استادکاران ایرانی می باشد همچنین دوران اسلام نیز گچ بری های فراوانی به جا مانده که نمودار پیشرفت این هنر در سرزمین ایران می باشد. آثار گچ بری را در دوره های مختلف تاریخ ایران می تواند مشاهده کرد برای نمونه در دوره سلجوقی به مسجد علویان در همدان، در دوره ایلخانی به بقعه با یزید بسطامی در بسطام، در دوره صفویه به کاخ عالی قاپو در اصفهان، در دوره زندیه به عمارت کلاه فرنگ در شیراز و در دوره قاجاریه به کاخ گلستان در تهران می توان اشاره نمود [۱].

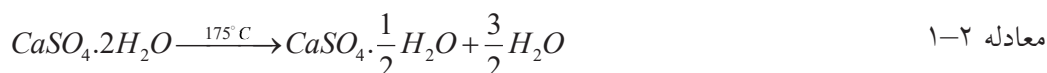
۲-۲-۲- فرایند تولید گچ

در معدن پس از انفجار، سنگ های گچ توسط بیل مکانیکی در قیف تغذیه سنگ شکن ریخته می شود و پس از جداسازی باطله (حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد) و خردایش اولیه به سمت تسمه نقاله های هدایت سپس توسط نقاله های ثابت به سوی سنگ شکن ثانویه و بعد از آن به سرند انتقال می یابد که محصول نهایی با اندازه ۷۰-۰ میلی متر دپو و توسط تسمه نقاله به سیلوی بارگیری انتقال می یابند. برای تبدیل سنگ گچ (ژپس) به گچ آن را حرارت می دهند. عمدتاً حرارت که در نظر گرفته اند ۱۷۵ درجه

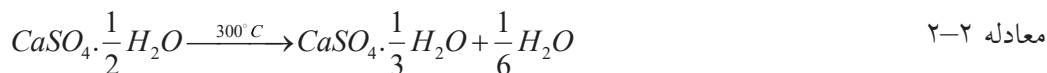
سانتی‌گراد می‌باشد. در طی این حرارت سنگ گچ حدود سه‌چهارم آب خود را از دست می‌دهد و بعد از این که با آب مخلوط شود دوباره آب‌گیری نموده و در واقع به سنگ تبدیل می‌شود، ولی این بار خواص ویژه‌ای دارد که می‌توان از این خواص برای کارهای ساختمانی و مانند آن استفاده کرد [۱].

یکی از کارهای حساس مراحل پخت گچ می‌باشد که به شرح زیر است [۱]:

با حرارت دادن تا دمای زیر ۱۰۷ درجه سانتی‌گراد هیچ تغییری در سنگ گچ مشاهده نمی‌شود. با حرارت دادن تا بالای ۱۰۷ درجه سانتی‌گراد سنگ گچ به تدریج شروع به از دست دادن آب می‌کند. حرارت دادن تا ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد مطابق معادله ۱-۲ ایده آل و از ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد به بعد مقداری زودتر با آب ترکیب می‌شود.



اگر درجه حرارت به ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد برسد مطابق معادله ۲-۲ گچ طوری می‌شود که حتی با بخار نیز می‌تواند ترکیب شود که این نوع گچ مطلوب نیست.



چنانچه درجه حرارت به بیش از ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد برسانیم مطابق معادله ۳-۲ دیگر گچ با آب ترکیب نمی‌شود که اصطلاحاً به آن گچ سوخته می‌گویند.



با افزایش درجه حرارت تا ۱۴۰۰ درجه سانتی‌گراد مطابق معادله ۴-۲ گچ کاملاً به CaO و SO_3 تجزیه می‌شود.



معمولاً خاصیت عمده‌ای که گچ در ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد پیدا می‌کند این است که پس از ۱۰ دقیقه که با آب مخلوط می‌شود گیرش پیدا می‌کند و بعد از نیم ساعت کاملاً سفت می‌شود. باتوجه‌به خواص فوق‌گچ یک خاصیت استثنایی دیگر نیز دارد و آن این است که گچ پس از آبیگری یک درصد افزایش حجم پیدا می‌کند و این خاصیت باعث می‌شود تمام خلل و فرج و فضاهای خالی در گچ‌کاری بسته شود.

۲-۳- بررسی مواد پلیمری در گچ

۲-۳-۱- مروری بر انواع افزونه پلیمر به گچ و بررسی خواص آنها

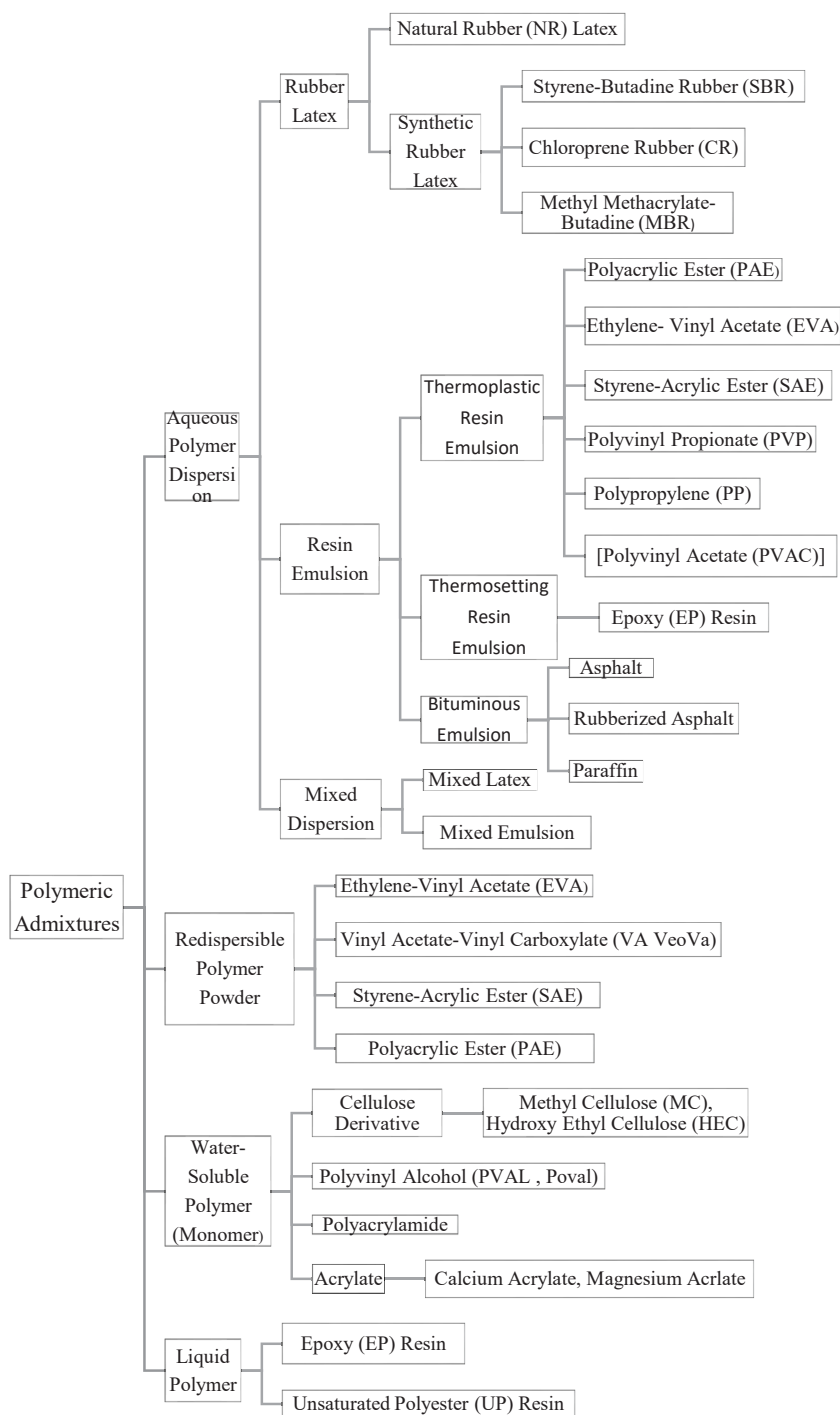
پلیمر، ماده‌ای شامل مولکول‌های بزرگ است که از به هم پیوستن واحدهای کوچک تکرارشونده که تکپار یا مونومر نامیده می‌شود، ساخته شده‌اند. تعداد واحدهای تکرارشونده در یک مولکول بزرگ درجه بسپارش یا درجه پلیمراسیون نامیده می‌شود.

پلیمرهای کربوکسیلات‌ها، سولفات‌ها، انواع رزین‌ها، لاتکس‌ها و همچنین ضایعات پلیمری برای اصلاح استحکام مکانیکی و خواص فیزیکی استفاده می‌شوند. پلیمرها برای تغییر خواص مکانیکی سیمان [۲-۵] و یا سیمان-گچ [۴, ۶] استفاده شده‌است. اخیراً پلیمرهایی مانند، پلی کربوکسیلات‌ها، پلی ساکاریدها و سایر پلیمرهای طبیعی یا سنتزی به دلیل اثرات آنها بر هیدراته شدن گچ [۷]، ظرفیت نگهداری آب [۸] در گچ، یا ویژگی‌های جذب و پراکندگی [۹] در کلسیم سولفات نیمه هیدرات مورد توجه قرار گرفته‌اند.

تحقیقات گسترده و متنوعی در زمینه تأثیر افزودنی در یک ماتریس گچی با اهداف مختلف صورت گرفته است. این بخش به پژوهش‌هایی که به بررسی افزودنی‌های پلیمری در کامپوزیت‌های

گچی پرداخته‌اند، اشاره می‌کند. در شکل ۱-۲ انواع افزودنی‌های پلیمری که می‌توان از آن‌ها در صنعت

سیمان و یا گچ استفاده کرد آورده شده است [۵، ۱۰].



شکل ۱-۲ طبقه‌بندی افزودنی‌های پلیمری در گچ و سیمان‌های اصلاح شده با پلیمر [۵]

کولاک^۱ خواص کامپوزیت‌های گچی اصلاح نشده و اصلاح شده، با رزین‌های آکریلیک لاتکس^۲ و به صورت جزئی آغشته به اپوکسی را مورد بررسی قرار داده‌اند. آزمایش‌ها با نسبت آب به گچ ۵۰٪، ۴۰٪ و ۳۰٪ و نسبت لاتکس به گچ ۰٪، ۵٪ و ۱۰٪ انجام شده است. زمان تشکیل کامپوزیت‌های گچی اصلاح شده آکریلیک با افزایش مقدار لاتکس در مخلوط افزایش می‌یابد. این کامپوزیت‌ها بهبود مشخصی در استحکام خمشی نشان می‌دهند. با این حال مقاومت فشاری آن‌ها تقریباً در همان محدوده گچ اصلاح نشده باقی می‌ماند مقاومت خمشی نمونه‌های گچ اصلاح شده با ۵٪ لاتکس و نسبت آب به گچ ۴۰٪ یک مقدار حداقل را نشان می‌دهد که متعاقباً با افزایش لاتکس تا ۱۰٪ مقدار مقاومت افزایش می‌یابد [۱۱].

آوالوس^۳ و همکاران با بررسی ساختار و خواص کامپوزیت نشان داده است که چگونه، با افزودن لاتکس استایرن بوتادین رابر^۴ (SBR) در ماتریس گچ، با ایجاد شبکه پلیمری و یا یک فیلم پلیمری نازک در بین کریستال‌های گچ، رفتار کششی و یا خمشی گچ طبیعی را افزایش می‌دهد. آزمایش‌ها با نسبت لاتکس به گچ ۰٪، ۵٪، ۱۰٪ و ۲۰٪ انجام شده است، نتایج نشان می‌دهد افزودن لاتکس SBR در مواد سرامیکی موجب کاهش در دانسیته و افزایش در استحکام خمشی می‌گردد، افزایش مقاومت خمشی را می‌توان به اثر چسبندگی لاتکس SBR بین بلورهای گچ نسبت داد [۱۲].

کولاک در پژوهشی دیگر از طریق دو روش سعی در بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی گچ داشته است. در روش اول لاتکس‌های پلی وینیل استات^۵ (PVA)، استایرن بوتادین رابر (SBR) و پلی متیل

^۱ Colak

^۲ Acrylic latex

^۳ Avalos

^۴ Styrene Butadiene Rubber

^۵ Poly Vinyl Acetate

متاکریلات^۱ (PMMA) در ترکیب با گچ استفاده شده است. در آزمایش ها با نسبت لاتکس به گچ ۰، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد مشخص گردید هنگامی که درصد لاتکس در گچ افزایش می یابد زمان گیرش زیاد می شود. زمان گیرش گچ های اصلاح شده با SBR یا PMMA به طور مستقیم با کسر وزنی لاتکس متناسب است. وجود ۲/۵ درصد وزنی از PVA در گچ باعث افزایش زمان گیرش از ۶ به ۱۲ دقیقه می شود ولی اضافه کردن ۷/۵ درصد وزنی PVA فقط زمان گیرش را تا ۱۴ دقیقه زیاد می کند گچ اصلاح شده با این لاتکس ها کاهش در مقاومت مکانیکی را در مقایسه با نوع اصلاح نشده نشان می دهد. در روش دوم آغشته سازی گچ با رزین متیل متاکریلات^۲ (MMA) با نسبت لاتکس به گچ ۰، ۱۰ و ۲۰ درصد با نسبت آب نیمه هیدرات به گچ ۰/۷ مورد بررسی قرار گرفته است. سرعت نفوذ MMA در گچ سخت شده با افزایش زمان به علت پلیمریزاسیون کاهش می یابد. تغییر مقاومت فشاری گچ آغشته شده به MMA به عنوان تابعی از مقدار پلیمر به صورت غیر خطی افزایش می یابد که بیشترین اثر در محدوده پلیمر بیشتر از ۱۷ درصد اتفاق می افتد [۱۳].

از مواد افزودنی سبک کننده پلیمری یا ضایعات پلیمری می توان برای سبک سازی و خاصیت عایق حرارت استفاده نمود، به همین منظور گوتیرز - گونزالس^۳ و همکاران با ضایعات پلی اورتان سعی در تولید کامپوزیت های سبک با استفاده از دو نوع ماده پلی اورتان داشته اند، نوع اول با رنگ خاکستری، یک محصول جانبی از صنعت خودرو و نوع دوم سفید که از ساخت پلی اورتان برای عایق کاری حرارتی در صنعت ساخت و ساز به دست می آیند. با افزایش تدریجی حجم پلی اورتان در مخلوط نیاز به مقادیر بیشتری از آب برای اطمینان از کارایی خوب است که احتمالاً به علت تخلخل زیاد مواد است

^۱ Poly Methyl Methacrylate

^۲ Methyl Methacrylate

^۳ Gutierrez-Gonzalez

و باعث زمان کارپذیری طولانی‌تر برای مواد گردیده بود. در مقایسه با گچ مرجع، کاهش در دانسیته از ۱۰ تا ۶۵ درصد درمورد فوم به رنگ خاکستری و ۱۵ تا ۶۰ درصد در مورد فوم سفید مشاهده شده است، همچنین ضریب هدایت حرارتی گچ‌ها کاهش پیدا کرده بود[۱۴].

گوتیرز - گونزالوس و همکاران همچنین در پژوهشی دیگر با استفاده از ضایعات پودر پلی‌آمید^۱ (PAW) مواد گچی سبک با خواص حرارتی بهبودیافته تولید کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که افزایش در مقدار پلی‌آمید بر خواص گچ تأثیر می‌گذارد، دانسیته و خواص مکانیکی را کاهش می‌دهد و همچنین باعث افزایش نفوذپذیری و مقاومت حرارتی می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد با نسبت چهار برابر پودر پلی‌آمید به گچ کاهش دانسیته تا ۷۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل می‌شود. مقاومت خمشی و فشاری متناسب با مقدار پلی‌آمید موجود در مخلوط کاهش یافته است. این مشاهده ممکن است، از یک سو، به دلیل جذب آب بالای ترکیبات پودر متخلخل، مقدار آب موجود در مخلوط را کاهش دهد که منجر به کاهش در استحکام مکانیکی شده و از طرفی به دلیل محتوای پایین‌تر گچ در مخلوط است. همچنین ضریب هدایت حرارتی به دلیل کاهش دانسیته با افزایش میزان پودر پلی‌آمید افت می‌کند[۱۵].

ساکتیسواران^۲ و سوفیا^۳ در پژوهشی به تجزیه و تحلیل اثرات ترکیبی لاتکس SBR و انواع مختلف فوق روان‌کننده^۴ بر روی خصوصیات گچ پرداخته‌اند. در این پژوهش به بررسی نمونه‌های گچی با ۱۵ درصد SBR به همراه درصدهای مختلفی (۰/۲ الی ۱ درصد) از فوق روان‌کننده‌های سولفوناته نفتالین فرمالدئید^۵ (N)، سولفوناته ملامین فرمالدئید^۶ (M) و پلی کربوکسیلات اتر^۷ (PC) ساخته شده است که

^۱ Polyamide powder waste

^۲ Sakthieswaran

^۳ Sophia

^۴ Superplasticizer

^۵ Sulfonated Naphthalene formaldehyde

^۶ Sulfonated melamine formaldehyde

^۷ Poly-carboxylate ether