بسم الله الرحمن الرحیم

ارزیابی تاثیر آهک بر اندرکنش خاک – ژئوسنتتیک

نگارش

مرتضی استوار

استاد راهنما : دکتر محمدعلی ارجمند

استاد مشاور: دکتر محمودرضا عبدی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مکانیک خاک و پی

شهریور92

باسمه تعالی

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب مرتضی استوار متعهد می‌شوم کـــه مطالب منـــــدرج در ایـن پایان‌نامه/رساله حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستـاوردهای پژوهشی دیگـران که در این پژوهش از آن‌ها استفاده شده است، مطابق مقـــررات، ارجاع و در فهرست منـــابع و مآخذ ذکر گردیده است. این پایان‌نامه/رساله قبلاً برای احراز هیچ مـدرک هم سطـح یا بالاتر ارایه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی است.

نام و نام خانوادگی دانشجو

امضاء

شماره : ۱۵۰۳۲۱
تاریخ : ۹۲/۱۰/۰۷
پیوست :

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

به نام خدا

صورتجلسهٔ دفاع پایان‌نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشجو: مرتضی استوار رشتهٔ : عمران –خاک وپی تحت عنوان" ارزیابی تاثیرآهک براندرکنش خاک –ژئوسنتتیک " که در تاریخ ۹۲/۷/ ۲۰ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی برگزار گردید و نتیجه به شرح زیر اعلام گردید.

☑ قبول (بادرجه ~~خوب~~ ..... امتیاز ۱۷/۲۳) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود.

۱ ـعالی (۲۰ – ۱۹)

۲ ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ – ۱۸)

۳ ـ خوب (۱۷/۹۹ – ۱۶)

۴ ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ – ۱۴)

۵- غیرقابل قبول (کمتر از ۱۴)

اعضاء	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر محمدعلی ارجمند	استادیار	
استاد مشاور	دکترمحمدرضا عبدی	دانشیار	
استاد داور داخلی	دکتر سعیدغفارپور	استادیار	
استاد داور خارجی	دکتر مهدی سیاوش نیا	استادیار	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر سعیدغفارپور	استادیار	

دکتر موسی محمودی صاحبی

رئیس دانشکده مهندسی عمران

تهران، لویزان، کد پستی:۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸
صندوق پستی: ۱۶۳-۱۶۷۸۵
تلفن: ۹-۲۲۹۷۰۰۶۰ فکس:۲۲۹۷۰۰۳۳
Email:sru@sru.ac.ir
www.srttu.edu

چکیده

ژئوسینتتیک ها بطور فزاینده ای در تسلیح سازه های خاکی استفاده می شود. امروزه استفاده از ژئوسینتتیک ها برای بهبود ویژگی های مهندسی انواع مختلف خاک ها به خوبی پذیرفته شده است. اکثر مطالعات در گذشته محدود به خاک های درشت دانه بوده و تحقیقات و مطالعات اندکی در خصوص امکان پذیری و مزایای استفاده از مسلح کننده در خاک های چسبنده انجام یافته است. در تحقیق حاضر آزمایش های برش مستقیم برای امکان سنجی بهبود مقاومت خاک رس با استفاده از ژئوگرید در بر گرفته شده در لایه های نازک رس آغشته به آهک انجام گردیده است. آزمایش ها بر روی نمونه های رس-رس ، رس – ژئوگرید-رس و رس- رس آغشته به آهک– ژئوگرید –رس و تأثیر مقدار درصد آهک لایه میانی و مدت زمان گیرش آهک با خاک رس با درصد رطوبت های مختلف در اندرکنش خاک – ژئوگرید ارائه و مورد بحث قرار گرفته است. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهند که با افزودن درصد بهینه آهک (4%) با درصد رطوبت خاک رس در سطح تماس خاک رس-ژئوگرید- رس باعث بهبود مقاومت خاک رس مسلح جهت استفاده در خاکریزی ها و سازه های خاک مسلح می شود . همچنین نتایج نشان می- دهد که با گذشت زمان مقاومت برشی حداکثر در حال افزایش می باشد.

کلمات کلیدی: آهک، ژئوسینتتیک، آزمایش برش مستقیم، خاک رس ، درصد رطوبت بهینه

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول:کلیات تحقیق

1- 1- مقدمه ۲

1- 2- اهمیت و ضرورت تحقیق ۲

1- 3- اهداف تحقیق ۳

1- 4- روش تحقیق ۳

فصل دوم: مبانی خاک رس و ژئوسنتتیک ها

2-1- خاک رس ۵

2-1-1- ساختمان شیمیایی خاک رس ۵

2-1-1-1-کائولینیت ۷

2-2- تثبیت خاک ۸

2-2-1- آهک و انواع آن ۸

2-2-1-1- آهک زنده ۹

2-2-1-2- آهک شکفته ۹

2-2-2- نوع خاک قابل تثبیت با آهک ۹

2-2-3- انواع واکنش های خاک رس و آهک ۹

2-2-3-1- واکنش تبادل کاتیون ۹

2-2-3-2- سمنتاسیون ۱۰

2-2-3-3- واکنش کربناسیون ۱۰

2-2-3-4- واکنش های پوزولانی ۱۰

2-2-4- طرح تثبیت خاک با آهک ۱۱

2-3- تسلیح خاک ۱۲
2-3-1- روش های مختلف تسلیح خاک ۱۳
2-3-2- علت مسلح کردن خاک ۱۳
2-3-3- طبقه بندی کلی مسلح کننده ها ۱٤
2-3-4- ژئوسنتتیک ها ۱٤
2-3-4-1- ژئوتکستایل ۱٥
2-3-4-2- ژئوگریدها ۱٥
2-3-4-3- ژئوممبرین ۱٦
2-3-4-4- ژئوکامپوزیت ۱۷
2-3-4-5- ژئونت ۱۷
2-3-4-6-ژئوسل ۱۷
2-3-4-7-ژئوپایپ ۱۸
2-3-4-8- ژئومت ۱۸
2-3-5-اثرات تسلیح خاک ۱۸

فصل سوم: مروری بر تحقیقات گذشته

3-1- مقدمه 20
3-2- مروری بر تحقیقات انجام شده 20
3-2-1- ضریب اندرکنش 20
3-2-2- مقاومت سطح تماس 22
3-2-3- تاثیر اعضاء متقاطع عرضی بر مقاومت سطح تماس در برش مستقیم 25
3-2-4- مقایسه نتایج آزمایشهای برش مستقیم و بیرون کشش 25
3-2-5- کارهای انجام یافته برای تسلیح خاکهای ریزدانه 35

فصل چهارم:مطالعات آزمایشگاهی

4-1- مقدمه ٤١

4-2- ترکیبات مورد مطالعه ٤٢

4-3- مصالح ٤٣

4-3-1-خاک کائولینیت ٤٣

4-3-2-آهک ٤٣

4-3-3-آب ٤٣

4-3-4-عامل تسلیح ٤٣

4-4-شرح آزمایش ها ٤٤

4-4-1-آزمایش هیدرومتری ٤٤

4-4-2- چگالی **GS** ٤٤

4-4-3-آزمایش های حدود اتربرگ ٤٥

4-4-4-آزمایش تراکم (پروکتور استاندارد) ٤٥

4-4-5-آزمایش تعیین درصد رطوبت ٤٦

4-4-6-آزمایش مقاومت برشی ٤٦

4-4-6-1- دستگاه برش مستقیم ٤٦

4-4-6-2- نحوه اختلاط و تهیه نمونه ها ٤٧

4-4-4-3- نحوه ی انجام آزمایش ٤٨

فصل پنجم: نتایج آزمایش

5-1- مقدمه ٤٩

5-2- تاثیر درصد آهک ٥١

5-3- تاثیر مدت زمان عمل آوری ٦٠

5-4- تاثیر تنش قائم.....٦٨

5-5- صحت سنجی آزمایش.....٧٨

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

6-1- مقدمه.....٨٠

6-2- نتیجه گیری ٨٠

6-3- توصیه ها و پیشنهادات ٨٤

منابع ومآخذ ..... 83..

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول 3-1: خلاصه نتایج آزمایش های برش مستقیم و بیرون کشش 31

جدول 3-2 : نتایج آزمایش های Cazzuffi و همکاران در سال 1993 32

جدول 4-1 : آزمایش های آزمایشگاهی و استانداردهای مربوطه ٤١

جدول 4-2- ترکیبات بررسی شده ٤٢

جدول 4-3 : مشخصات ژئوگرید مصرفی شرکت مشیران ٤٣

جدول 4-4 : نتایج آرمایش هیدرومتری ٤٤

جدول 4-5: نتایج حاصل از آزمایش تراکم ٤٥

جدول 5-1- نتایج آزمایشات کای و همکاران ٥٢

فهرست نمودار ها

عنوان **صفحه**

نمودار 3-1: نمودار های تنش برشی- جابجائی برشی برای جعبه برش 150 × 60 سانتی متر 26

نمودار 3-2 : نمودارهای تنش برشی – جابجائی برشی برای جعبه برش 60 × 60 سانتی متر 27

نمودار 5-1 : نمودار خاک بدون آهک تحت بارهای عمودی 3 گانه ٥٣

نمودار 5-2: نمودار تاثیر درصد آهک در شرایط عمل آوری 3روز تحت تنش عمودی 25 kpa ٥٣

نمودار 5-3: نمودار تاثیر درصد آهک در شرایط عمل آوری 7روز تحت تنش عمودی 25kpa ٥٤

نمودار 5-4: نمودار تاثیر درصد آهک در شرایط عمل آوری 14روز تحت تنش عمودی 25 kpa ٥٤

نمودار 5-5: نمودار تاثیر درصد آهک در شرایط عمل آوری 28روز تحت تنش عمودی 25kpa ٥٥

نمودار 5-6: نمودار تاثیر درصد آهک در شرایط عمل آوری 3روز تحت تنش عمودی 50 kpa ٥٦

نمودار 5-7: نمودار تاثیر درصد آهک در شرایط عمل آوری 7روز تحت تنش عمودی 50kpa ٥٦

نمودار 5-8: نمودار تاثیر درصد آهک در شرایط عمل آوری 14روز تحت تنش عمودی 50 kpa ٥٧

نمودار 5-9: نمودار تاثیر درصد آهک در شرایط عمل آوری 28روز تحت تنش عمودی 50kpa ٥٧

نمودار 5-10: نمودار تاثیر درصد آهک در شرایط عمل آوری 3روز تحت تنش عمودی 75 kpa ٥٨

نمودار 5-11: نمودار تاثیر درصد آهک در شرایط عمل آوری 7روز تحت تنش عمودی 75kpa ٥٩

نمودار 5-12 : نمودار تاثیر درصد آهک در شرایط عمل آوری 14روز تحت تنش عمودی 75 kpa ٥٩

نمودار 5-13 : نمودار تاثیر درصد آهک در شرایط عمل آوری 28روز تحت تنش عمودی 75kpa ٦٠

نمودار 5-14: نمودار تاثیر شرایط عمل آوری با 3 درصد آهک تحت تنش عمودی 25kpa ٦١

نمودار 5-15 : نمودار تاثیر شرایط عمل آوری با 4 درصد آهک تحت تنش عمودی 25kpa ٦٢

نمودار 5-16 : نمودار تاثیر شرایط عمل آوری با 5 درصد آهک تحت تنش عمودی 25kpa ٦٢

نمودار 5-17: نمودار تاثیر شرایط عمل آوری با 6 درصد آهک تحت تنش عمودی 25kpa ٦٣

نمودار 5-18 : نمودار تاثیر شرایط عمل آوری با 3 درصد آهک تحت تنش عمودی 50kpa ٦٤

نمودار 5-19 : نمودار تاثیر شرایط عمل آوری با 4 درصد آهک تحت تنش عمودی 50kpa ٦٤
نمودار 5-20 : نمودار تاثیر شرایط عمل آوری با 5 درصد آهک تحت تنش عمودی 50kpa ٦٥
نمودار 5-21 : نمودار تاثیر شرایط عمل آوری با 6 درصد آهک تحت تنش عمودی 50kpa ٦٥
نمودار 5-22 : نمودار تاثیر شرایط عمل آوری با 3درصد آهک تحت تنش عمودی 75kpa ٦٦
نمودار 5-23: نمودار تاثیر شرایط عمل آوری با 4 درصد آهک تحت تنش عمودی 75kpa ٦٧
نمودار 5-24 : نمودار تاثیر شرایط عمل آوری با 5 درصد آهک تحت تنش عمودی 75kpa ٦٧
نمودار 5-25 : نمودار تاثیر شرایط عمل آوری با 6 درصد آهک تحت تنش عمودی 75kpa ٦٨
نمودار 5-26: نمودار تاثیر تنش عمودی با 3 درصد آهک در شرایط عمل آوری 3 روز ٦٩
نمودار 5-27 : نمودار تاثیر تنش عمودی با 4 درصد آهک در شرایط عمل آوری 3 روز ٦٩
نمودار 5-28 : نمودار تاثیر تنش عمودی با 5 درصد آهک در شرایط عمل آوری 3 روز ٧٠
نمودار 5-29 : نمودار تاثیر تنش عمودی با 6 درصد آهک در شرایط عمل آوری 3 روز ٧٠
نمودار 5-30 : نمودار تاثیر تنش عمودی با 3 درصد آهک در شرایط عمل آوری 7 روز ٧١
نمودار 5-31 : نمودار تاثیر تنش عمودی با 4 درصد آهک در شرایط عمل آوری 7 روز ٧٢
نمودار 5-32 : نمودار تاثیر تنش عمودی با 5 درصد آهک در شرایط عمل آوری 7 روز ٧٢
نمودار 5-33 : نمودار تاثیر تنش عمودی با 6 درصد آهک در شرایط عمل آوری 7 روز ٧٣
نمودار 5-34 : نمودار تاثیر تنش عمودی با 3 درصد آهک در شرایط عمل آوری 14 روز ٧٣
نمودار 5-35: نمودار تاثیر تنش عمودی با 4 درصد آهک در شرایط عمل آوری 14 روز ٧٤
نمودار 5-36 : نمودار تاثیر تنش عمودی با 5 درصد آهک در شرایط عمل آوری 14 روز ٧٤
نمودار 5-37 : نمودار تاثیر تنش عمودی با 6 درصد آهک در شرایط عمل آوری 14 روز ٧٥
نمودار 5-38 : نمودار تاثیر تنش عمودی با 3 درصد آهک در شرایط عمل آوری 28 روز ٧٥
نمودار 5-39 : نمودار تاثیر تنش عمودی با 4درصد آهک در شرایط عمل آوری 28 روز ٧٦
نمودار 5-40 : نمودار تاثیر تنش عمودی با 5 درصد آهک در شرایط عمل آوری 28 روز ٧٦
نمودار 5-41 : نمودار تاثیر تنش عمودی با 6درصد آهک در شرایط عمل آوری 28 روز ٧٧

نمودار 5-42 : نمودار صحت سنجی برای 3 درصد آهک در شرایط عمل آوری 3روز تحت تنش عمودی 25 kpa ۷۹
نمودار 6-1 : نمودار مقایسه حداکثر مقاومت برشی تحت تنش عمودی 25 kpa ۸۱
نمودار 6-2 : نمودار مقایسه حداکثر مقاومت برشی تحت تنش عمودی 50 kpa ۸۱
نمودار 6-3 : نمودار مقایسه حداکثر مقاومت برشی تحت تنش عمودی 75 kpa ۸۲
نمودار 6-4 : نمودار مقایسه حداکثر مقاومت برشی تحت تنش های عمودی سه گانه در 3 روز عمل آوری ۸۲
نمودار 6-5 : نمودار مقایسه حداکثر مقاومت برشی تحت تنش های عمودی سه گانه در 7 روز عمل آوری ۸۳
نمودار 6-6 : نمودار مقایسه حداکثر مقاومت برشی تحت تنش های عمودی سه گانه در 14 روز عمل آوری ۸۳
نمودار 6-7 : نمودار مقایسه حداکثر مقاومت برشی تحت تنش های عمودی سه گانه در 28 روز عمل آوری ۸٤

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل 2-1- نحوه مسلح کردن یک خاکریز..... ۹

شکل 2-2- (الف) : ژئوتکستایل بافته نشده (ب) : ژئوتکستایل بافته شده ۱۱

شکل 2-3- (الف) : ژئوگرید دو محوری (ب) : ژئوگرید تک محوری ۱۲

شکل 3-1 : مکانیزم اندرکنش ژئوگرید - خاک 23

شکل 4-1 : دستگاه برش مستقیم..... ٤٧

فصل اول

کلیات تحقیق

1-1 مقدمه

ژئوسینتتیک ها بطور فزاینده ای در تسلیح سازه های خاکی استفاده می شود[1]. امروزه استفاده از ژئوسینتتیک ها برای بهبود ویژگی های مهندسی انواع مختلف خاکها به خوبی پذیرفته شده است. اکثر مطالعات در گذشته محدود به خاک های درشت دانه بوده و تحقیقات و مطالعات اندکی در خصوص امکان پذیری و مزایای استفاده از مسلح کننده در خاک های چسبنده انجام یافته است. در تحقیق حاضر آزمایش های برش مستقیم برای امکان سنجی بهبود مقاومت خاک رس با استفاده از ژئوگرید در بر گرفته شده در لایه های نازک رس مخلوط با آهک انجام گردیده است. آزمایش ها بر روی نمونه های رس، رس – ژئوگرید و رس- رس مخلوط باآهک– ژئوگرید و تأثیر مقدار درصد آهک لایه میانی و مدت زمان گیرش آهک با خاک رس با درصد رطوبت های مختلف در اندرکنش خاک – ژئوگرید ارائه و مورد بحث قرار گرفته است. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهند که با افزودن درصد بهینه آهک با درصد رطوبت خاک رس در سطح تماس خاک رس-ژئوگرید باعث بهبود مقاومت خاک رس مسلح جهت استفاده در خاکریزی ها و سازه های خاک مسلح می شود و همچنین نتایج نشان می دهد که با گذشت زمان مقاومت برشی حداکثر در حال افزایش می باشد.

1-2- اهمیت و ضرورت تحقیق

یکی از عوامل اساسی پیشرفت در کشورهای توسعه یافته، توجه خاص به امر پژوهش است. اصولا هر نوع پیشرفت و توسعه ارتباط مستقیمی با تحقیقات علمی دارد و رشد و توسعه کشورهای پیشرفته، در نتیجه سرمایه‌گذاری در بخش پژوهش است. حجم وسیع پژوهش‌های علمی در کشورهای توسعه یافته صنعتی گویای این واقعیت است.کشورهای پیشرفته صنعتی بخش قابل توجهی از تولید ناخالص ملی را به سرمایه گذاری در امور پژوهشی و تحقیقاتی اختصاص داده‌اند. به گفته کارشناسان، این رقم برای کشورهای صنعتی 5 درصد است، حال آنکه در ایران این رقم حدود نیم درصد است. پژوهش می‌تواندجلوی بسیاری از دوباره کاری‌ها، اتلاف وقت و بودجه را بگیرد. هر قدر موضوعی بزرگتر و بااهمیت‌تر، باشد نیاز به پژوهش برای تصمیم‌گیری درباره اجرای آن

بیشتر است. این کار، ریسک تصمیم و اجرا را به حداقل می‌رساند. برای برنامه ریزی بلند مدت نیز نیاز به تحقیقات بیشتر است. در صورتی که برنامه ریزی فاقد پشتوانه تحقیقاتی باشد و به طور همه جانبه پیش از آغاز مورد بررسی قرار نگرفته باشد، به یقین در اجرا و عملیاتی شدن با مشکل روبه روخواهد شد. از این رو می‌توان گفت پژوهش به ویژه در تصمیم‌گیری‌های کلان نقش عمده‌ای دارد. از همین روست که بسیاری، پژوهش را«حلقه مفقوده توسعه» یا «سنگ زیر بنای توسعه» می‌نامند.

این پژوهش نیز از این امر مستثنا نیست ، سالانه هزینه های کلانی صرف تعویض خاک نامرغوب پروژه های عمرانی می شود که عموما خاک های ریز دانه ای هستند که می توان با کمی تغییرات در آن از این هدررفت منابع جلوگیری کرد. اندرکنش خاک های درشت دانه با ژئوگرید به دلیل اصطکاک کافی بسیار خوب است اما خاک های ریزدانه به دلیل عدم داشتن اصطکاک کافی اندرکنش مناسبی را ندارند. از آن جایی که در ایران اکثرا با خاک های ریزدانه مواجه می باشد و بحث تغییر خاک و جایگزین کردن آن با خاک درشت دانه بسیار پرهزینه است، به صرفه تر این است که خاک ریزدانه را اصلاح کرد. یکی از راه های اصلاح و بهبود عملکرد خاک های رسی ترکیب آن با موادی است که باعث بهبود عملکرد اصطکاکی آن می شود که در این تحقیق از آهک استفاده شده است.

1-3- اهداف تحقیق

از اهداف کلان این تحقیق می توان به حل مشکل تعویض خاک محل انجام پروژه های بزرگ از قبیل راه ها ، پالایشگاه ها و ... که مستلزم هزینه های بسیار سنگین است اشاره کرد. اما در مقیاس کوچک به دست آوردن درصد بهینه آهک و نیز نحوه ترکیب آهک با خاک ریزدانه، تاثیر کلی و تفاوت بودن و نبودن آهک و ... از اهداف این پایان نامه خواهد بود.

1-4- روش تحقیق

تحقیق حاضر به صورت آزمایشگاهی با به کارگیری دستگاه برش مستقیم و آزمایش بر روی نمونه های ساخته شده آزمایشگاهی می باشد.

فصل دوم

مبانی خاک رس و ژئوسنتتیک ها

2-1- خاک رس

واژه رس برای افراد مختلف، معانی متفاوتی دارد ولی منظور از رس در مکانیک خاک، ذرات کانی هایی هستند که اندازه ی آن ها از 0/002 میلی متر کوچک تر است. ذراتی که بر حسب اندازه در گروه رس ها قرار می گیرند لزوماً شامل کانی ها ی رسی نمی شوند. طبق تعریف، رس ها ذراتی هستند که اگر با مقدار کمی آب مخلوط شوند خاصیت خمیری از خود نشان می دهند.

آب باران با دی اکسید کربن و دیگر گازهای موجود در هوا ترکیب شده و تولید اسیدکربنیک و یا اسیدهای دیگر می کند. این اسیدها در سنگ ها از طریق درزها و شکاف ها رسوخ کرده و به مرور زمان باعث تخریب و تجزیه آن ها می گردد. نتیجه این تخریب شیمیایی در سنگ ها، پیدایش ذرات ریز بلوری به اندازه ی کلوئیدی است که کانی های رسی نامیده می شود [2 و 3].

بخش اعظم رس در خاک به حالت کلوئیدی است، یعنی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آن قابل توجه است. بدیهی است مرز قاطعی بین رس کلوئیدی و غیر کلوئیدی وجود ندارد ولی برای سهولت بررسی ها، این مرز در قطر 0/002 میلی متر تثبیت شده است.

2-1-1- ساختمان شیمیایی خاک رس

در گذشته چنین تصور می شد که ذرات رس ساختمان مشخصی نداشته و توزیع کاتیون ها و آنیون ها تابع نظم و ترتیب حساب شده ای نیست. ولی براگ[1] (1930) نشان داد که این ذرات، بلورهای کوچکی هستند که در آن کاتیون ها و آنیون ها موضع مشخص و معینی داشته و ضمناً در انواع رس، این ساختمان متفاوت است.

بسیاری از انواع کانی های رسی دارای سطح تورق بسیار نازک می باشند. برای مثال کانی های آتاپولژیت[2] به ذرات بسیار باریک سوزنی شکل تقسیم می شوند و بعضی از انواع دیگر مانند هالوزیت[3] به صورت صفحات نازک لوله ای شکل که یک طرف آن باز است در می آیند. مهمترین جزء معدنی همه انواع خاک های رسی، سیلیکات هیدروکسیل آلومینیوم می باشد که در بعضی از انواع آن، آهن و منیزیم نیز ممکن است به جای

---

۱. Bragg
۲. Attapulgite
۳. Holloysite

آلومینیوم قرار گرفته باشد. این سیلیکات ها معمولاً از 2 واحد ساختمانی عمده تشکیل می شوند. یک واحد چهار وجهی سیلیکا و یک واحد هشت وجهی آلومینا به نام گیبسیت.

واحد سیلیکا یک چهار وجهی است که در چهار گوشه ی ان یون اکسیژن و در مرکز آن یک یون سیسلیم قرار دارد. این واحدهای چهار وجهی به صورتی به هم متصل می شوند که هر یک از یون های اکسیژن در قاعده ان با یک اتم اکسیژن در قاعده چهار وجهی مجاور به طریق ترکیب کووالانس با مشترک قرار دادن الکترون اتم های اکسیژن، یک ساختمان صفحه ای از یون های سیلیسی به وجود می آورد که بین دو لایه از یون های اکسیژن قرار گرفته اند. اکسیژن ها، قاعده و رأس چهار وجهی هر کدام در یک صفحه مجزا و موازی با صفحه سیلیس قرار خواهند داشت. به ازاء هر یون سیلیس با چهار ظرفیت مثبت، چهار یون اکسیژن با دو ظرفیت منفی وجود دارد و چون سه یون اکسیژن در قاعده چهار وجهی با یون های اکسیژن چهار وجهی های مجاور از طریق کووالانس اتصال می یابد، هر کدام یک بار منفی از دست داده و لذا جمعاً (5=3-4×2) بار منفی باقی می ماند که باید با چهار بار مثبت یون سیلیسیم خنثی شود و لذا به ازاء هر چهاروجهی یک بار منفی اضافی خنثی نشده باقی می ماند (1= 4-5).

واحد ساختمانی دوم خاک های رسی، یک واحد هشت وجهی است که در شش گوشه آن شش یون هیدروکسیل و در مرکز آن یک یون آلومینیوم قرار دارد. این هشت وجهی ها در یک ساختمان صفحه ای طوری به هم متصل می شوند که هر یک یون هیدروکسیل بین سه، هشت وجهی مشترک خواهد بود. یون آلومینیوم دارای سه بار مثبت است و هر یون هیدروکسیل دارای یک بار منفی می باشد که آن را با دو واحد هشت وجهی دیگر به اشتراک می گذارد. به طوری که هر یون هیدروکسیل ۱/۳ بار منفی خود را نگه می دارد و لذا در کل واحد به ازاء هر یون آلومینیوم (2= ۱/۳ ×6) بار منفی در مقابل سه بار مثبت وجود خواهد داشت یعنی (1= 2-3) بار مثبت. به عبارتی به ازاء بار مثبت آلومینیوم یک بار مثبت اضافی وجود خواهد داشت.

تحت شرایط خاصی آهن یا منیزیم ممکن است به جای آلومینیوم قرار گیرد. این جانشینی دائمی بوده و بدون تغییر ساختمان بلور، قابل تغییر نخواهد بود. یک چنین جانشینی طبیعی یک عنصر به جای عنصر دیگر در ساختمان بلوری یک ماده را که بدون تغییر شکل بلور صورت پذیرد اصطلاحاً جانشینی هم شکل[4] می نامند.

به ازاء جانشین شدن یک یون منیزیوم با دو بار مثبت به جای یون آلومینیوم با سه بار مثبت دیگر بار مثبت اضافی که قبلاً در هشت وجهی وجود داشت وجود نخواهد داشت. در این حالت نیز یک ساختمان

[4]. Isomorphos Substitution