بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران مرکزی
دانشکده فنی و مهندسی ، گروه عمران
پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)
گرایش: مکانیک خاک و پی

عنوان :

تحلیل عددي بهبود اندركنش خاكهاي ريز دانه-ژئوسينتتيك

استاد راهنما :

دکتر مهدی سیاوش نیا

استاد مشاور :

دکتر محمد علی ارجمند

پژوهشگر :

حمید مسعودي

زمستان ۹۰

ISLAMIC AZAD UNIVERSITY

Central Tehran Branch

Faculty of Engineering - Department of Civil Engineering

"M.Sc" Thesis

On Geotechnic

Subject:

Numerical Analysis of Improvement of Fine Grained Soils-Geosynthetic Interaction

Supervisor:

Dr.Mahdi Siavoshnia

Co- Supervisor:

Dr.Mohammad Ali Arjomand

By:

Hamid Masoodi

Winter 2011

با سپاس و تشكر فراوان از آقاي دكتر مهدي سياوش نيا استاد راهنما و آقاي دكتر محمد علي ارجمند استاد مشاور اينجانب كه در تمامي مراحل انجام اين تحقيق با بذل توجه و سعه صدر به بنده كمك نمودند.

تقدیم به همسر و فرزند عزیزم که در تمامي مراحل یاور و پشتیبان من بودند و پدر و مادر خوبم که همیشه مدیونشان هستم.

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

چکیده..... ۱

مقدمه..... ۲

فصل اول – معرفي ژئوسينتتيك ها و كاربرد آنها

۱-۱- مقدمه..... ۴

۱-۲- توصيف ژئوسينتتيك ها..... ۶

۱-۲-۱- ژئوتكستايل ها..... ۷

۱-۲-۲- ژئوگريد ها..... ۸

۱-۲-۳- ژئونت ها..... ۹

۱-۲-۴- ژئو ممبرين ها..... ۱۱

۱-۲-۵- ژئو كامپوزيت ها..... ۱۲

۱-۳- عملكردهاي ژئوسينتتيك ها..... ۱۳

۱-۳-۱- جداسازي..... ۱۴

۱-۳-۲- تسليح..... ۱۴

۱-۳-۳- فيلتراسيون..... ۱۶

۱-۳-۴- زهكشي..... ۱۶

۱-۳-۵- حفاظ مايع..... ۱۷

۱-۴- تعيين خصوصيات ژئوسينتتيك ها..... ۱۷

۱-۵- مقاومت برشي خاك..... ۱۸

۱-۶- مكانيزم اندركنش خاك و عنصر تسليح..... ۱۹

۱-۷- شرح و بيان مسأله..... ۱۹

۱-۸- اهداف پژوهش..... ۲۰

فصل دوم – پيشينه تحقيقات

۲-۱- مقدمه..... ۲۱

۲-۲- مطالعات آزمايشگاهي..... ۲۱

۲-۳- مطالعات عددي..... ۳۹

فصل سوم – بررسي اجمالي برنامه Plaxis و صحت مدل سازي

۳-۱- مقدمه..... ۴۲

۳-۲- نرم افزار Plaxis..... ۴۴

۳-۳- بررسي صحت مدل سازي..... ۴۴

فصل چهارم – مدل سازي و تحليل عددي

۴-۱- مقدمه..... ۵۰

۴-۲- پارامترهاي خاك رس، لايه ماسه اي و عنصر تسليح..... ۵۰

۴-۲-۱- وزن مخصوص خاك (γ)..... ۵۱

۴-۲-۲- نسبت پواسون (ν)..... ۵۲

۴-۲-۳- مدول الاستيسيته (E) ۵۲

۴-۲-۴- چسبندگي خاك (C)..... ۵۳

۴-۲-۵- زاويه اصطكاك داخلي خاك (φ)..... ۵۴

۴-۲-۶- زاويه اتساع (ψ)..... ۵۴

۴-۲-۷- مقاومت كششي نهايي عنصر تسليح (ژئوگريد)..... ۵۴

۴-۳- مشخصات مصالح..... ۵۵

۴-۴- هندسه مدل..... ۵۶

۴-۵- مراحل مدل سازي..... ۵۷

۴-۵-۱- تعيين واحدها..... ۵۷

۴-۵-۲- تعريف هندسه مدل..... ۵۷

۴-۵-۳- تعريف و تخصيص مشخصات مصالح..... ۵۷

۴-۵-۴- بار گذاري.....۵۸

۴-۵-۵- مش بندي.....۵۸

۴-۵-۶- شرايط اوليه تنش.....۵۸

۴-۶- تحليل مدل.....۶۰

فصل پنجم – تفسير اندركنش خاك-ژئوسينتتيك با استفاده از نتايج

۵-۱- مقدمه.....۶۲

۵-۲- خاك رس مسلح با ژئوگريد.....۶۳

۵-۳- خاك رس مسلح با ژئوگريد مدفون در لايه نازك ماسه اي.....۷۰

۵-۴- خاك رس مسلح با ژئو گريد مدفون در لايه ماسه اي به ضخامت ۱۰ mm ۷۷

۵-۵- خاك رس مسلح با ژئوگريد مدفون در لايه ماسه اي به ضخامت ۱۲ mm ۸۳

۵-۶- خاك رس مسلح با ژئوگريد مدفون در لايه ماسه اي به ضخامت ۲۰ mm.....۸۷

۵-۷- لايه ماسه اي با ضخامت ۱۰mm و دانسيته كمتر.....۹۲

۵-۸- لايه ماسه اي با ضخامت ۱۰mm و دانسيته بيشتر.....۹۳

فصل ششم – جمع بندي و نتيجه گيري

۶-۱- مقدمه ۹۶

۶-۲- جمع بندي.....۹۶

۶-۳- نتيجه گيري ۹۷

۶-۴- ارائه پيشنهاد براي تحقيقات آتي.....۹۸

ضميمه – معرفي نرم افزار Plaxis.....۱۰۰

فهرست منابع ۱۱۵

چكيده انگليسي.....۱۱۸

فصل اول – معرفي ژئوسينتتيك ها و كاربرد آنها

فصل دوم – پيشينه تحقيقات

جدول ۲-۱: نتايج آزمايش برش مستقيم و بيرون كشش.....۳۲

جدول ۲-۲: نتايج آزمايش Cazzuffi در سال ۱۹۹۳.....۳۵

فصل سوم – بررسي اجمالي برنامه Plaxis و صحت مدل سازي

جدول ۳-۱: مشخصات مصالح و ژئوگريدمورد استفاده.....۴۵

جدول ۳-۲: مقادير متناظر نيروي برشي و جابجايي نقاط نمودار حاصل از تحقيق حاضر در نرم افزار Plaxis تحت تنش ۷۵ KPa.....۴۷

جدول ۳-۳: مقادير متناظر نيروي برشي و جابجايي نقاط نمودار حاصل از تحقيق حاضر در نرم افزار Plaxis تحت تنش ۵۰ KPa.....۴۸

جدول ۳-۴: مقادير متناظر نيروي برشي و جابجايي نقاط نمودار حاصل از تحقيق حاضر در نرم افزار Plaxis تحت تنش ۲۵ KPa.....۴۹

فصل چهارم – مدل سازي و تحليل عددي

جدول ۴-۱: وزن مخصوص خشك ماسه بر مبناي وضعيت تراكم.....۵۱

جدول ۴-۲: مشخصات مصالح مورد استفاده در مدل سازي.....۵۵

فصل پنجم – تفسير اندركنش خاك-ژئوسينتتيك با استفاده از نتايج

جدول ۵-۱: نيروي برشي و جابجايي متناظر نقاط نمودار براي خاك رس مسلح با ژئوگريد.....۷۰

جدول ۵-۲: مقادير متناظر نيروي برشي و جابجايي نقاط نمودار نمونه رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۸mm ۷۶

جدول ۵-۳: مقادير متناظر نيروي برشي و جابجايي نقاط نمودار رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۱۰ mm ۸۲

جدول ۵-۴: مقادير متناظر نيروي برشي و جابجايي نقاط نمودار رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي mm ۱۲.....۸۶

جدول ۵-۵: مقادير متناظر نيروي برشي و جابجايي نقاط نمودار رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي mm ۲۰ .....۹۰

جدول ۵-۶: مقادير متناظر نيروي برشي و جابجايي نقاط نمودار رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي mm ۱۰با دانسيته كمتر ۹۳

جدول ۵-۷: مقادير متناظر نيروي برشي و جابجايي نقاط نمودار رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي mm ۱۰با دانسيته بيشتر ۹۴

عنوان	فهرست شکل ها	صفحه

فصل اول – معرفي ژئوسينتتيك ها و كاربرد آنها

شکل۱-۱: ژئو تکستایل.....۸

شکل ۱-۲: ژئوگرید.....۹

شکل ۱-۳: ژئونت ۱۰

شکل ۱-۴: ژئوممبرین.....۱۲

شکل ۱-۵: ژئو کامپوزیت ۱۳

فصل دوم – پيشينه تحقيقات

شکل ۲-۱: مکانیزم اندرکنش ژئوگرید با خاك..... .....۲۴

شکل ۲-۲: دستگاه آزمایش بیرون کشش/ برش مستقیم.....۲۷

شکل۲-۳: منحني هاي تنش برشي-جابجايي/ جعبه برش ۱۵۰×۶۰.....۲۸

شکل ۲-۴: منحني هاي تنش برشي-جابجايي /جعبه برش ۶۰×۶۰ .....۲۹

فصل سوم – بررسي اجمالي برنامه Plaxis و صحت مدل سازي

شکل ۳-۱: منحني تنش برشي-جابجايي برشي رس مسلح ۴۶

شکل ۳-۲: منحني نيروي برشي-جابجايي خاك رس مسلح تحت تنش نرمال ۷۵ KPa حاصل از تحقيق حاضر.....۴۷

شکل ۳-۳: منحني نيروي برشي-جابجايي خاك رس مسلح تحت تنش نرمال ۵۰ KPa حاصل از تحقيق حاضر.....۴۸

شکل ۳-۴: منحني نيروي برشي-جابجايي خاك رس مسلح تحت تنش نرمال ۲۵ KPa حاصل از تحقيق حاضر.....۴۹

فصل چهارم – مدل سازي و تحليل عددي

شکل ۴-۱: تعريف E_{50} و E_0 .....۵۳

عنوان	فهرست شكل ها	صفحه

شكل ۴-۲: نماي كلي جعبه برش ۵۶

شكل ۴-۳: نماي كلي مدل خاك رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۵۹

شكل ۴-۴: مدل خاك رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي پس از اعمال برش ۶۰

شكل ۴-۵: منحني نيروي برشي-جابجايي خاك رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۶۱

فصل پنجم – تفسير اندركنش خاك-ژئوسينتتيك با استفاده از نتايج

شكل ۵-۱: نماي كلي مدل خاك رس مسلح با ژئوگريد در جعبه برش..... ۶۳

شكل ۵-۲: وضعيت نمونه خاك رس مسلح با ژئوگريد پيش از اعمال برش ۶۴

شكل ۵-۳: وضعيت نمونه خاك رس مسلح با ژئوگريد پس از اعمال برش ۶۴

شكل ۵-۴: تغيير مكان المانهاي خاك پس از اعمال تنش و تغيير مكان افقي نهايي براي خاك رس مسلح با ژئوگريد ۶۵

شكل ۵-۵: تغيير مكان المانهاي قائم خاك پس از اعمال تنش براي خاك رس مسلح با ژئوگريد..... ۶۶

شكل ۵-۶: تغيير مكان كلي نمونه در امتداد مقطع عرضي جعبه برش براي خاك رس مسلح با ژئوگريد..... ۶۷

شكل ۵-۷: تغيير مكان افقي نمونه در امتداد مقطع عرضي جعبه برش براي خاك رس مسلح با ژئوگريد..... ۶۷

شكل ۵-۸: تغييرات تنش برشي در امتداد مقطع عرضي جعبه برش براي خاك رس مسلح با ژئوگريد..... ۶۸

شكل ۵-۹: منحني نيروي برشي-جابجايي براي خاك رس مسلح با ژئوگريد ($F_{x(max)}$=11.4 kg/cm) ۶۹

عنوان	فهرست شکل ها	صفحه

شکل ۵-۱۰: نماي کلي مدل خاك رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۸mm در جعبه برش..... ۷۱

شکل ۵-۱۱: وضعيت نمونه خاك رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۸mm قبل ازاعمال تنش برشي..... ۷۲

شکل ۵-۱۲: وضعيت نمونه خاك رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۸mm پس از اعمال تنش برشي..... ۷۲

شکل ۵-۱۳: جابجايي افقي المانهاي خاك براي نمونه رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۸mm ۷۳

شکل۵-۱۴: جابجايي کلي در امتداد مقطع عرضي جعبه برش براي رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۸mm..... ۷۴

شکل۵-۱۵: جابجايي افقي در امتداد مقطع عرضي جعبه برش براي رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۸mm..... ۷۴

شکل ۵-۱۶: تغييرات تنش برشي در ابتدا، و انتهاي نمونه رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۸mm..... ۷۵

شکل۵-۱۷: منحني نيروي برشي-جابجايي نمونه رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۸mm ($F_{x(max)}$=19.998 kg/cm)..... ۷۶

شکل ۵-۱۸: شکل کلي مدل رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۱۰mm در جعبه برش..... ۷۷

شکل ۵-۱۹: وضعيت نمونه رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۱۰mmقبل از اعمال تنش برشي..... ۷۸

شکل ۵-۲۰: وضعيت نمونه رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۱۰mm پس از اعمال تنش برشي..... ۷۸

شکل ۵-۲۱: تغيير مکان افقي المانهاي خاك در نمونه رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۱۰mm..... ۷۹

عنوان	فهرست شکل ها	صفحه

شکل۵-۲۲: جابجايي کلي در امتداد مقطع عرضي جعبه برش براي رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي۱۰mm.....۸۰

شکل ۵-۲۳: جابجايي افقي در امتداد مقطع عرضي جعبه برش براي رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي۱۰mm ۸۰

شکل ۵-۲۴: تغييرات تنش برشي در ابتدا و انتهاي نمونه براي رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي mm ۱۰.....۸۱

شکل ۵-۲۵: منحني نيروي برشي-جابجايي براي رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۱۰ mm ($F_{x(max)}$=21.38 kg/cm) ۸۲

شکل ۵-۲۶: نماي کلي مدل رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۱۲mm در جعبه برش.....۸۳

شکل ۵-۲۷: وضعيت نمونه رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۱۲mm قبل از اعمال تنش برشي.....۸۴

شکل ۵-۲۸: وضعيت نمونه رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۱۲mm پس از اعمال تنش برشي.....۸۴

شکل ۵-۲۹: تغيير مکان افقي المانهاي خاك در نمونه رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۱۲mm.....۸۴

شکل۵-۳۰: جابجايي کلي و افقي در امتداد مقطع عرضي جعبه برش براي رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي۱۲mm.....۸۵

شکل ۵-۳۱: تغييرات تنش برشي در ابتدا و انتهاي نمونه براي رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي mm ۱۲.....۸۵

شکل۵-۳۲: منحني نيروي برشي-جابجايي براي رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۱۲ mm ($F_{x(max)}$=21.96 kg/cm) ۸۶

شکل ۵-۳۳: شکل کلي مدل رس-ژئوگريد-لايه ماسه اي ۲۰mm.....۸۷

عنوان	فهرست شکل ها	صفحه

شکل ۵-۳۴: وضعیت نمونه رس-ژئوگرید-لایه ماسه اي ۲۰mm قبل از اعمال تنش برشي.....۸۸

شکل ۵-۳۵: وضعیت نمونه رس-ژئوگرید-لایه ماسه اي ۲۰mm پس از اعمال تنش برشي.....۸۸

شکل۵-۳۶: منحني نیروي برشي-جابجایي براي رس-ژئوگرید-لایه ماسه اي ۲۰ mm ($F_{x(max)}$=20.647 kg/cm) ۸۹

شکل ۵-۳۷: منحني تغییرات مقاومت برشي با ضخامت لایه ماسه اي.....۹۱

شکل ۵-۳۸: منحني تغییرات تنش نرمال با ضخامت لایه ماسه اي.....۹۱

شکل۵-۳۹: منحني نیروي برشي-جابجایي براي نمونه با لایه ماسه اي ۱۰ mmبا دانسیته کمتر($F_{x(max)}$=20.171 kg/cm) ۹۲

شکل۵-۴۰: منحني نیروي برشي-جابجایي براي نمونه با لایه ماسه اي ۱۰ mmبا دانسیته بیشتر($F_{x(max)}$=25.43 kg/cm) ۹۴

شکل ۵-۴۱: منحني تغییرات مقاومت برشي با وزن مخصوص خاك.....۹۵

چكيده

عملكرد و رفتار مناسب خاک مسلح ناشي از انتقال تنش از خاک به مصالح تسليح در فصل مشترک آنهاست. براي رسيدن به چنين مكانيزمي بايد اندركنش خوبي بين خاک و مسلح كننده ها برقرار شود. در مورد خاكهاي رسي به دليل پايين بودن مقاومت بين وجهي، گسيختگي زود هنگام در فصل مشترک خاک با مصالح تسليح پيش از تجميع همه مقاومت مسلح كننده ها رخ مي دهد كه باعث هدر رفتن بخش عمده اي از مقاومت آنها مي شود. اين امر به دليل تنش هاي برشي زياد در نزديكي مسلح كننده ها است.(البته با دور شدن از فصل مشترک اين تنش ها به سرعت كاهش مي يابند.) جهت بر طرف كردن اين نقيصه، لايه هاي نازكي از خاک دانه اي با مقاومت بالا در اطراف مسلح كننده ها تعبيه مي شود كه مكانيزم انتقال تنش را بهبود مي بخشند. اين روش "تكنيک ساندويچي" ناميده مي شود. در تحقيق حاضر بهبود مقاومت برشي خاك مسلح از طريق تعبيه لايه نازكي از ماسه در بالا و پايين عنصر تسليح بوسيله نرم افزار PLAXIS تحليل و بررسي و مشخص گرديد كه استفاده از اين لايه ها مقاومت برشي را به دليل قفل و بست شدن دانه هاي ماسه در منافذ مسلح كننده افزايش مي دهد. البته براي شرايط در نظر گرفته شده در آزمايشهاي برش مستقيم اين تحقيق ضخامت لايه ماسه اي داراي مقدار بهينه اي بين ۱۰ تا ۱۲ ميلي متر است كه با آن بيشترين مقاومت برشي حاصل مي گردد.

واژه هاي كليدي: مقاومت بين وجهي، لايه ماسه اي، تكنيك ساندويچي، قفل و بست شدن دانه ها

مقدمه

با بررسی های انجام گرفته توسط باستان شناسان مشخص گردیده که استفاده ازخاک مسلح به ۴ تا ۵ هزار سال قبل از میلاد مسیح بر می گردد. بابلی ها بیش از ۳ هزار سال پیش، از خاک مسلح در ساختن برج مشهور بابل استفاده کردند. همچنین قسمتهایی از دیوار چین نیز از خاک مسلح ساخته شده است. امروزه کاربرد خاک مسلح را می توان بطور خلاصه در چهار گروه زیر تقسیم کرد :

۱- راههای مناطق کوهستانی و شهری ، جاده های ریلی و کوله ها (دیوارهای حائل، خاکریز جاده ها ، کوله پل ها و سدهای خاکی)

۲- ساختمان سازی و خیابان بندی در مناطق شهری (تقویت خاک زیر پی ، شیروانی های خاکی)

۳- پروژه های صنعتی و استفاده های ویژه (صنعت معدن ، مخازن نگهداری مواد منفجره)

۴- سازه های مرتبط با آب (کانال ها، سازه های هیدرولیکی و ...)

برای نخستین بار مبحث خاک مسلح بصورت علمی توسط هانری ویدال مطرح شد[۲].مهندس و معمار فرانسوی ویدال خاک مسلح را بعنوان ماده ای مرکب از خاک و عنصر تسلیح معرفی کرد. در این سیستم مرکب، دانه های خاک وظیفه تحمل نیروهای فشاری را بر عهده دارد و عنصر تسلیح با تحمل تنش های کششی، مقاومت برشی خاک را افزایش می دهد.

عملكرد و رفتار مناسب خاک مسلح ناشي از انتقال تنش از خاک به مصالح تسليح در فصل مشترک آنهاست. براي رسيدن به چنين مكانيزمي بايد اندركنش خوبي بين خاک و مسلح كننده ها برقرار شود. در مورد خاكهاي رسي به دليل پايين بودن مقاومت بين وجهي، گسيختگي زود هنگام در فصل مشترک خاک با مصالح تسليح پيش از تجميع همه مقاومت مسلح كننده ها رخ مي دهد كه باعث هدر رفتن بخش عمده اي از مقاومت آنها مي شود. اين امر به دليل تنش هاي برشي زياد در نزديكي مسلح كننده ها است.(البته با دور شدن از فصل مشترک اين تنش ها به سرعت كاهش مي يابند.) جهت بر طرف كردن اين نقيصه، لايه هاي نازكي از خاک دانه اي با مقاومت بالا در اطراف مسلح كننده ها تعبيه مي شود كه مكانيزم انتقال تنش را بهبود مي بخشند. اين روش "تكنيک ساندويچي" ناميده مي شود.

در انجام تحقيق حاضر ترتيب و محتواي فصول به صورت زير مي باشد:

فصل اول به بيان كليات در مورد ژئوسينتتيک ها، كاربرد آنها و هدف از انجام تحقيق مي پردازد. در فصل دوم مطالعات و تحقيقات گذشته بررسي مي شود. در فصل سوم نرم افزار Plaxis معرفي و صحت مدل سازي و نتايج با مقايسه نتايج آزمايش هاي موجود اثبات مي گردد. در فصل چهارم نحوه مدل سازي و انتخاب پارامتر ها مورد بحث قرار مي گيرد. فصل پنجم به تفسير نتايج حاصل از تحليل ها اختصاص دارد و در نهايت جمع بندي، نتيجه گيري و پيشنهاد جهت انجام تحقيقات آتي در فصل ششم ارائه مي شود.

فصل اول – معرفي ژئوسينتتيك ها و كاربرد آنها

۱-۱- مقدمه

از زمان آگاهي بشر اوليه از هزاران سال پيش تا چند دهه اخير، تمام پيشرفتهاي مهندسي و تكنيكي براساس بكارگيري اصول و مصالح ساده بوده است . تنها در چند دهه اخير مفهوم مصالح مركب توسعه يافته و پتانسيل بالاي آنها به عنوان مصالح مهندسي شناخته شده است. موفقيت اساسي مصالح تركيبي در آن است كه خصوصيات هريک از اجزاء به صورت منفرد كه بعضاً به تنهايي كارائي به خصوصي ندارند، در آنها تركيب شده و محصولاتي با خواص مفيدتر ايجاد مي شود. انسانها نيز از گذشته هاي دور از طبيعت درس هاي مفيدي آموخته، بطوريكه خانه هاي خود را با تركيبي از گل و كاه مي ساختند. همانطور كه مي دانيم كاه بعنوان عامل مسلح كننده در كل تركيب بوده و مقاومت كششي مجموعه را افزايش مي دهد. سابقه استفاده از پارچه ها براي كمک به ساخت جاده بر روي زمين نرم به زمان روميان باستان باز مي گردد. آنها در روشي كه بسيار شبيه به تكنيكهاي امروزي است حصيرها را بر روي زمين باتلاقي قرارداده و سپس روي آنها را با سنگدانه مي پوشانند. مطالعات باستان شناسان نشان مي دهد كه حتي قبل از آن، يعني از حدود ۲۵۰۰ سال قبل از ميلاد حضرت مسيح نيز قراردادن شاخه درختان بر روي زمينهاي باتلاقي و نرم براي احداث راه متداول بوده است[۱].

براي سالهاي طولاني در خاورميانه و خاور دور جهت مسلح كردن سازه هاي خاكي بزرگ از "ني" ، "بوريا" و "بامبو" استفاده مي كردند. همينطور مقاوم كردن خاک بوسيله كوبيدن شمعهايي از جنس درختان