

Jet Grouting

Technology, Design and Control

Paolo Croce
Alessandro Flora
Giuseppe Modoni

CRC Press

جت گروت - تکنولوژی، طراحی و کنترل

تالیف

پائولو کروچه، الساندرو فلورا و ژوزف مادونی

ترجمه

علی هدایتی فر

فرخ جلالی

امیررضا امین جواهری



نشر عالم عمران

www.elme-omran.com

Info@elme-omran.com

عضو:



انجمن کتابخانه‌های ایران

این اثر مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هرکس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر و مؤلف، نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

سرشناسه	کروچه، پائولو
عنوان و پدید آورنده	جت گروت - تکنولوژی، طراحی و کنترل/تالیف پآلو کروس، الساندرو فلورا، ژوزف مادونی؛ ترجمه علی هدایتی فر، فرخ جلالی، امیررضا امین جواهری.
مشخصات نشر	تهران: علم عمران، ۱۴۰۴.
مشخصات ظاهری	۲۵۲ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۳۵۰۰۰۰۰ ریال 978-600-5176-68-1
موضوع	دوغاب زنی (تثبیت خاک) (Grouting (Soil stabilization)
شناسه افزوده	فلورا، آلساندرو، مودونی، جوزپه، ۱۹۶۸-م.
شناسه افزوده	هدایتی فر، علی، ۱۳۶۷-، مترجم، جلالی، فرخ، ۱۳۶۳-، مترجم، امین جواهری، امیررضا، ۱۳۶۱ مترجم
رده بندی کنگره	TA755
رده بندی دیویی	690/1
شماره کتابخانه ملی	۱۰۱۱۶۴۹۶



نشر علم عمران

جت گروت - تکنولوژی، طراحی و کنترل	مترجمان
علی هدایتی فر، فرخ جلالی، امیررضا امین جواهری	چاپ اول
بهار ۱۴۰۴	حروف چینی و صفحه آرایی
علم عمران	تعداد و قطع صفحات
۲۵۲ صفحه خشتی	شمارگان
۲۰۰	بهای کتاب
۳۵۰۰۰۰۰ ریال	شابک ۹۷۸-۶۰۰-۵۱۷۶-۶۸-۱
ISBN 978-600-5176-68-1	

نشر علم عمران: تهران، یوسف آباد، خیابان جهان آرا، بین خیابان های ۱۶ و ۱۸، پلاک ۳۳، طبقه دوم، واحد ۱۱

تلفن: ۸۸۳۵۳۹۳۰، دورنگار: ۸۸۳۵۳۹۳۲

حقوق چاپ و نشر برای نشر علم عمران محفوظ است.

پیشگفتار مؤلفین

روش جت گروت به عنوان یک ابزار کاربردی برای حل مشکلات ژئوتکنیکی در سراسر جهان رواج پیدا کرده است. با این حال، گاهی اوقات نتایج ناموفق حاصل از استفاده نامناسب از این تکنیک نگرانی‌هایی را در مورد کارایی آن برانگیخته است. این شکست‌ها اغلب ناشی از عدم آگاهی نسبت به قابلیت‌ها و محدودیت‌های واقعی روش جت گروت هستند تا از ماهیت خود روش.

مدیریت مؤثر پروژه‌های جت گروت نیازمند درک دقیق از فناوری‌های مختلف مورد استفاده و اثرات احتمالی این روش بر روی انواع مختلف خاک است. در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های قابل توجهی در مطالعه پدیده‌های پیچیده اندرکنش بین جت و خاک به دست آمده است. مطالعات اخیر روش‌های پیشرفته و قابل اعتمادی را برای تخمین اثرات جت گروت ارائه داده‌اند که آنها را با خواص خاک و روش‌های اصلاح مرتبط می‌سازد.

یکی دیگر از موضوعات مهم، تجزیه و تحلیل سازه‌های جت گروت است. این سازه‌ها مجموعه‌ای از ستون‌های جت گروت را تشکیل می‌دهند که برای دستیابی به عملکرد ژئوتکنیکی مورد نیاز طراحی شده‌اند. توسعه روش‌های طراحی منطقی برای ایجاد جت گروت به عنوان یک فناوری قابل اعتماد بسیار مهم است. با این حال، روش‌های آزمایشی و خطا همچنان میان بسیاری از مهندسين مجرب رایج است، که بیشتر بر تجربه شخصی تکیه دارند و با روش‌های جدید آشنایی ندارند.

این کتاب به بررسی عملکرد مهندسی و فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه جت گروت می‌پردازد و سعی دارد این مطالب را در یک چارچوب منسجم و یکپارچه قرار دهد. نویسندگان تلاش کرده‌اند تا فناوری، تفسیر مکانیسم‌های رخ داده در جت گروت، پیش‌بینی کمی اثرات آن، طراحی سازه‌های جت گروت و روش‌های کنترل نتایج عملیات واقعی را مرتبط سازند.

با اینکه نویسندگان ممکن است در رسیدن به اهداف این کتاب دچار کوتاهی شوند، واضح است که برخی از موضوعات نیاز به بحث بیشتر دارند. این کتاب می‌تواند به عنوان اثری در حال پیشرفت در نظر گرفته شود که در آن مشارکت و بحث عمیق برای پر کردن شکاف‌های موجود تشویق می‌شود.

مهم است که اطلاعات و داده‌های مرتبط با این برنامه‌ها به دقت بررسی شوند، زیرا خطاها می‌توانند مهم‌تر از برنامه‌های موفق باشند. بنابراین، یک تعامل و همکاری نزدیک بین محققان، طراحان، پیمانکاران و سازندگان تجهیزات برای ارتقا روش‌ها ضروری است تا اطمینان و رضایت از جت گروت افزایش یابد.

این کتاب حاصل همکاری‌های طولانی‌مدت نویسندگان با بسیاری از همکاران و دوستان است و نویسندگان به خاطر به اشتراک‌گذاری تجربه‌ها و دانش عمیقاً مدیون آنها هستند.

مؤلفین

درباره نویسندگان

پائولو کروچه در سال ۱۹۵۴ در شهر ناپولی ایتالیا متولد شد. او در سال ۱۹۷۹ از دانشگاه ناپولی فدریکو دوم در رشته مهندسی عمران فارغ التحصیل شد و در سال ۱۹۸۲ مدرک کارشناسی ارشد خود را از دانشگاه کلرادو دریافت کرد. کروچه استادیار مهندسی ژئوتکنیک در دانشگاه کاسینو و لاتزیو جنوبی ایتالیا است و دروس مکانیک خاک و شیب پایدار را تدریس می‌کند. او عضویت در انجمن مهندسين عمران آمریکا (ASCE) و انجمن ژئوتکنیک ایتالیا (AGI) را داراست و در کمیته‌های AGI برای دستورالعمل‌های جت گروت و نیز در گروه کاری اروپایی برای بهسازی زمین (EG14[CEN/TC 250]) و کمیته اروپایی برای اجرای کارهای ویژه ژئوتکنیک (CEN/TC 288) فعالیت می‌کند. وی بیش از ۳۰ سال تجربه حرفه‌ای در زمینه سدهای خاکی و سنگریزه، تونل‌سازی، فونداسیون، عملیات خاکی و کنترل زمین لغزش دارد و مقالات متعددی را در کنفرانس‌ها و مجلات ژئوتکنیکی منتشر کرده است.

الساندرو فلورا در سال ۱۹۶۳ در کامپلیا ماریتیم، لیورنو ایتالیا به دنیا آمد. او در سال ۱۹۸۹ از دانشگاه ناپولی فدریکو دوم در رشته مهندسی عمران فارغ التحصیل شد و دکترای خود را در مهندسی ژئوتکنیک به صورت مشترک از دانشگاه‌های ناپولی فدریکو دوم و روما لا ساپینزا در سال ۱۹۹۵ اخذ کرد. فلورا استاد مهندسی ژئوتکنیک در دانشگاه ناپولی فدریکو دوم است و درس‌هایی در زمینه بهسازی زمین و کارهای ژئوتکنیکی را ارائه می‌دهد. او نویسنده حدود ۱۰۰ مقاله تحقیقاتی است که در مجلات بین‌المللی، مقالات کنفرانس و کتاب‌ها منتشر شده‌اند. فلورا عضو انجمن ژئوتکنیک ایتالیا (AGI) و کمیته‌های مربوط به جت گروت است. او همچنین در کمیته‌های بین‌المللی مکانیک خاک و مهندسی ژئوتکنیک (ISSMGE) مانند TC211: بهسازی زمین (نماینده ایتالیا) و TC301: حفاظت از بناها و مکان‌های تاریخی فعالیت دارد و دبیر کار گروه اروپا در زمینه بهسازی زمین (EG14 [CEN/TC/250]) است. Eurocode 7 است.

پیشگفتار مترجمین

در سال‌های اخیر، تکنولوژی جت گروتینگ به‌عنوان یکی از روش‌های نوین بهسازی خاک، توجه روزافزونی در صنعت ژئوتکنیک ایران به خود جلب کرده است. با این حال، علی‌رغم توسعه این فناوری، منابع علمی و مهندسی معتبر و به روز در این زمینه در دسترس متخصصان و مهندسان ایرانی نبوده و این امر، خلأ بزرگی در مسیر آموزش و اجرای صحیح این روش ایجاد کرده است.

با درک این نیاز، ما_ مهندس علی هدایتی‌فر، مهندس امیررضا امین جواهری و دکتر فرخ جلالی مسلم _ بر آن شدیم تا کتاب Jet Grouting Technology, Design and Control تألیف پروفسور Paolo Croce را به زبان فارسی ترجمه کنیم. این کتاب یکی از جامع‌ترین منابع علمی در زمینه جت گروتینگ است که مفاهیم طراحی، اجرا و کنترل کیفی این فناوری را با رویکردی کاربردی و علمی ارائه می‌دهد.

این روش طی سال‌های اخیر در شمال و جنوب ایران، به‌ویژه در ساخت و سازه‌های شهری و غیرشهری، به‌سرعت در حال گسترش است. افزایش استفاده از جت گروتینگ (تزریق پرفشار) در پروژه‌های عمرانی نشان از ظرفیت بالای این فناوری در حل مسائل ژئوتکنیکی کشور دارد.

شرکت ماندگار خاک سازه، به‌عنوان یکی از شرکت‌های پیشرو در حوزه ژئوتکنیک، همواره تلاش داشته است تا جدیدترین روش‌های پایدارسازی و بهسازی خاک را در پروژه‌های عمرانی کشور به‌کار گیرد. ما امیدواریم که این کتاب بتواند در راستای ارتقای دانش فنی و مهندسی کشور، راهگشای مهندسان، دانشجویان و کارفرمایان علاقه‌مند به این حوزه باشد و نقشی مؤثر در توسعه دانش جت گروتینگ در ایران ایفا کند.

از تمامی اساتید، مهندسان و صاحب نظرانی که ما را در مسیر ترجمه و انتشار این کتاب یاری رساندند، صمیمانه سپاسگزاریم. امید است که این اثر گامی در جهت بهبود کیفیت و دقت در اجرای پروژه‌های ژئوتکنیکی کشور باشد.

با آرزوی موفقیت،

مهندس علی هدایتی فر

دکتر فرخ جلالی

مهندس امیررضا امین جواهری

فهرست مطالب

۲۰	۲-۷-۲- مخلوط گروت
۲۰	۳-۷-۲- پمپ‌ها و کمپرسورها.....
۲۰	۴-۷-۲- تجهیزات حفاری و تزریق
۲۱	۸-۲- پارامترهای اصلاح

فصل سوم: مکانیسم‌ها و اثرات۲۳

۲۳	۱-۳- ملاحظات اولیه
۲۵	۲-۳- جت غوطه ور
۲۵	۱-۲-۳- مشاهدات آزمایشگاهی
۳۲	۲-۲-۳- مدلسازی عددی
۳۴	۳-۲-۳- فرمول‌های ساده شده
۳۷	۴-۲-۳- انرژی خاص
۳۹	۳-۳- اندرکنش خاک و جت

فصل چهارم: مشخصات ستون۴۵

۴۵	۱-۴- مقدمه
۴۵	۲-۴- راندمان اصلاح
۴۸	۳-۴- قطر ستون‌ها
۴۸	۱-۳-۴- مشاهدات تجربی
۴۹	۲-۳-۴- قطر متوسط
۵۱	۱-۲-۳-۴- پیش بینی ساده شده قطر متوسط

فصل اول: مقدمه..... ۱

۱-۱	بهبودی خاک و مهندسی ژئوتکنیک
۲-۱	تاریخچه مختصر جت گروت
۳-۱	دلایل موفقیت
۴-۱	چرا یک کتاب در مورد جت گروت؟.....

فصل دوم: تکنولوژی..... ۷

۷-۱	ویژگی‌های فناوری
۷-۲	روش جت گروت
۷-۳	سیستم جت گروت
۷-۳-۱	سیستم تک سیال
۷-۳-۲	سیستم دو سیال
۷-۳-۳	سیستم سه سیال
۷-۳-۴	تحوالات تکنولوژی
۷-۴	همپوشانی ستون‌ها
۷-۵	مسلح کردن ستون‌ها
۷-۶	مخلوط گروت و خاک زائد
۷-۶-۱	مخلوط گروت
۷-۶-۲	خاک زائد
۷-۷	دستگاه جت گروت
۷-۷-۱	ابزارهای پایه‌ای

۱۲۹.....	۶-۴-۲-۲- روش نیمه احتمالی.....
۱۲۹.....	۶-۴-۳- مشخصات مکانیکی مصالح جت گروت.....
۱۳۰.....	۶-۴-۳-۱- روش قطعی.....
۱۳۰.....	۶-۴-۳-۲- روش نیمه احتمالی.....
۱۳۱.....	۶-۴-۴- رفتار مکانیکی ستون‌های مسلح شده.....
۱۳۳.....	۶-۴-۵- روش احتمالی.....

فصل هفتم: مثال‌های طراحی ۱۳۷

۱۳۷.....	۷-۱- کاربردهای منتخب.....
۱۳۸.....	۷-۲- فونداسیون‌ها.....
۱۳۹.....	۷-۲-۱- بلوک جت گروت.....
۱۴۵.....	۷-۲-۲- جت گروت رادیه.....
۱۴۵.....	۷-۲-۲-۱- برهمکنش ستون و خاک.....
۱۴۹.....	۷-۲-۲-۲- مقاومت ستون.....
۱۴۹.....	۷-۲-۳- مثال محاسباتی: نیروی عمودی جت گروت رادیه.....
۱۵۴.....	۷-۲-۴- ستون منفرد با بارگذاری جانبی.....
۱۵۶.....	۷-۳- تاج پوشش‌های تونل و شفت‌های عمودی.....
۱۵۷.....	۷-۳-۱- تاج پوشش‌های جت گروت.....
۱۶۱.....	۷-۳-۱-۱- روش نیمه احتمالی.....
۱۶۵.....	۷-۳-۱-۲- روش احتمالی.....
۱۶۷.....	۷-۳-۱-۳- SSI در روش احتمالی.....
۱۶۸.....	۷-۳-۱-۴- مثال محاسباتی با روش احتمالی.....
۱۷۰.....	۷-۳-۲- شفت‌های جت گروت.....
۱۷۳.....	۷-۳-۳- اثرات سه بعدی.....
۱۷۴.....	۷-۴- پرده‌های آب بند هیدرولیکی.....
۱۷۴.....	۷-۴-۱- پرده آب بند تک ردیفه: روش قطعی.....
۱۷۵.....	۷-۴-۲- پرده آب‌بند تک ردیفه: روش احتمالی.....
۱۷۷.....	۷-۴-۳- پرده آب بند تک ردیفه: روش احتمالی.....
۱۷۷.....	۷-۴-۴- پرده آب بند دو ردیفه.....
۱۷۹.....	۷-۵- درپوش‌های کف.....
۱۷۹.....	۷-۵-۱- طرح مکانیکی و اهداف طراحی.....
۱۸۳.....	۷-۵-۲- روش قطعی.....

۵۳.....	۴-۲-۳-۲- پیش بینی پیشرفته قطر متوسط.....
۶۰.....	۴-۳-۳- متغیر بودن قطر.....
۶۲.....	۴-۴- انحراف محور ستون‌ها.....
۶۴.....	۴-۵- مصالح جت گروت.....
۶۶.....	۴-۵-۱- ترکیب مصالح.....
۶۷.....	۴-۵-۲- وزن مخصوص.....
۶۸.....	۴-۵-۳- مشخصات مکانیکی.....
۶۹.....	۴-۵-۳-۱- مقاومت.....
۷۶.....	۴-۵-۳-۲- سختی.....
۷۸.....	۴-۵-۳-۳- تغییرپذیری خواص مکانیکی.....
۸۱.....	۴-۵-۴- نفوذپذیری.....

فصل پنجم: سازه‌های جت گروت ۸۳

۸۳.....	۵-۱- المان‌ها و سازه‌ها.....
۸۵.....	۵-۲- فونداسیون‌ها.....
۹۳.....	۵-۳- سازه‌های حائل.....
۹۹.....	۵-۴- پرده‌های آب‌بند.....
۱۰۳.....	۵-۵- تونل‌ها.....
۱۱۲.....	۵-۶- دیگر کاربردها.....

فصل ششم: مبانی طراحی ۱۱۱

۱۱۱.....	۶-۱- ملاحظات اساسی.....
۱۱۱.....	۶-۱-۱- اهداف طراحی.....
۱۱۳.....	۶-۱-۲- دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های اجرایی.....
۱۱۸.....	۶-۲- از ستون‌ها تا سازه‌ها.....
۱۲۴.....	۶-۳- روش طراحی.....
۱۲۶.....	۶-۴- مشخصات طراحی ستون‌ها.....
۱۲۶.....	۶-۴-۱- قطر ستون‌ها.....
۱۲۶.....	۶-۴-۱-۱- روش قطعی.....
۱۲۷.....	۶-۴-۱-۲- روش نیمه احتمالی.....
۱۲۸.....	۶-۴-۲- زاویه انحراف ستون‌ها.....
۱۲۸.....	۶-۴-۲-۱- روش قطعی.....

- ۱۸۵..... ۳-۵-۷- روش نیمه احتمالی
- ۱۸۵..... ۴-۵-۷- روش احتمالی

فصل هشتم: کنترل‌ها ۱۹۳

- ۱۹۳..... ۱-۸- اهداف کنترل‌ها
- ۱۹۴..... ۲-۸- آزمایش‌های میدانی
- ۱۹۶..... ۳-۸- قوانین و دستورالعمل‌های کنترل
- ۱۹۷..... ۴-۸- ویژگی مصالح
- ۱۹۷..... ۱-۴-۸- سیمان
- ۱۹۹..... ۲-۴-۸- مواد افزودنی
- ۲۰۰..... ۳-۴-۸- آب
- ۲۰۰..... ۴-۴-۸- مسلح کننده ها
- ۲۰۱..... ۵-۸- کنترل اصلاح

- ۲۰۱..... ۱-۵-۸- آماده سازی گروت
- ۲۰۲..... ۲-۵-۸- حفاری و تزریق
- ۲۰۶..... ۳-۵-۸- خاک زائد
- ۲۰۷..... ۶-۸- مشخصات سازه جت گروت
- ۲۰۸..... ۱-۶-۸- قطر ستون ها
- ۲۱۵..... ۲-۶-۸- پیوستگی و همگنی المان‌های جت گروت
- ۲۲۲..... ۳-۶-۸- خواص فیزیکی و مکانیکی مصالح جت گروت
- ۲۲۳..... ۷-۸- عملکرد المان‌های جت گروت
- ۲۲۴..... ۱-۷-۸- آزمایش‌های بارگذاری
- ۲۲۶..... ۲-۷-۸- آزمایش‌های نفوذپذیری
- ۲۲۹..... ۸-۸- مانیتورینگ سازه‌های اطراف

منابع ۲۳۳