عوامل کلان مؤثر در پروژه‌های گودبرداری شهری و تبیین چالش‌های موجود

کد موضوعی: ۲۵۰
شماره مسلسل: ۱۴۷۷۳
فروردین‌ماه ۱۳۹۵

معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی
دفتر: مطالعات زیربنایی

به‌نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۲
۱. اهمیت موضوع با توجه به خسارات جانی و مالی ۵
۲. عوامل مؤثر بر گودبرداری در حوزه مهندسی ۱۲
۳. حوزه کارفرمایی و سرمایه‌گذاری ۲۷
۴. حوزه مدارک فنی ۲۹
۵. بستر مقررات و الزامات حقوقی و قوانین ۲۹
جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۳۲
پیوست‌ها ۳۴
منابع و مآخذ ۴۴

عوامل کلان مؤثر در پروژه‌های گودبرداری شهری و تبیین چالش‌های موجود

چکیده

یکی از چالش‌برانگیزترین مسائل در جامعه در حوزه مدیریت شهری و سایر حوزه‌های مرتبط، موضوع گودبرداری برای تأمین فضاهای زیرزمینی ازجمله پارکینگ در ساختمان‌های مسکونی و نیز مترو می‌باشد. این موضوع که در حیطه مهندسی ژئوتکنیک از گرایش‌های مهندسی عمران قرار می‌گیرد همواره چالش‌های زیادی را در جامعه به‌دنبال داشته است. ایجاد حجم بالای خسارات جانی و مالی و نگرانی برای همسایگان مجاور گودبرداری‌های ساختمانی همگی این موضوع را به مسئله با اهمیت در جامعه و نیز در حوزه مهندسی تبدیل نموده است. هر از چند گاهی با مراجعه به فضای خبری، شاهد خبر ریزش یک گود در منطقه‌ای از شهر و ایجاد خسارات جانی و مالی حاصل از آن می‌شویم. همه موارد فوق ضرورت بررسی چالش‌های این موضوع را اجتناب‌ناپذیر کرده است. این چالش‌ها در این تحقیق در حوزه‌های مهندسی، قانونگذاری و نیز در حوزه نقش مالکان و مردم مورد بررسی قرار گرفته و در هر حوزه، چالش‌های موجود ضمن بیان راه‌حل، بررسی شده است. در حوزه مهندسی، در سه بخش طراحی، اجرا و نظارت نکاتی ارائه شده تا مخاطب اشرافی هرچند کلی به مجموعه عوامل دخیل در موضوع گودبرداری و سازه نگهبان و چالش‌های موجود در این حوزه داشته باشد. آنچه بیش از همه در حوزه مهندسی نیاز به توجه دارد پایش مستمر گودبرداری‌ها چه در مرحله اجرا و چه پس از آن بوده که این مسئله با تفضیل بیشتری به سبب اهمیت بالای آن ارائه شده است. همچنین مقایسه ابزارگذاری و پایش گودها بین ایران و دیگر کشورها نشان داد که سطح پایش در ایران هم به‌لحاظ کمیت (هزینه اختصاص داده شده) و هم به‌لحاظ کیفیت (تنوع ابزار دقیق مورد استفاده) بسیار پایین‌تر از دیگر کشورهای درحال توسعه و توسعه‌یافته می‌باشد. در حوزه کارفرمایی و سرمایه‌گذاری، عدم اشراف فنی و حقوقی مالکان و کارفرمایان و در نتیجه عدم تنظیم دقیق اسناد مناقصه و قرارداد مناسب و رسیدن پروژه به پیمانکاری که نیازهای اصلی یک پروژه گودبرداری همچون، پایش و زهکشی و غیره را درنظر نمی‌گیرد به‌عنوان اصلی‌ترین دلیل ریزش گودها بیان شده است. در حوزه مدارک فنی، کمبود شدید دستورالعمل‌های فنی و اجرایی و حقوقی الزام‌آور و جامع، عامل بروز خسارات در این حوزه شناخته شده است. شاید تعداد قوانین و دستورالعمل‌های مربوط به گودبرداری در کشور ما به تعداد انگشتان یک دست نرسد درحالی که در برخی کشورها تنها یک جلد کتاب به ارائه فهرست مدارک فنی مربوط به گودبرداری و اجرای

سازه نگهبان در آن کشور اختصاص داده شده است. در حوزه قانونگذاری، احتساب ژئوتکنیک به‌عنوان خدمات کنترلی و آزمایشگاهی و عدم اختصاص بخشی مستقل به آن در قانون نظام مهندسی و نیز عدم تشخیص صلاحیت صحیح شرکت‌های مشاور ژئوتکنیک برای خدمات فنی و آزمایشگاهی به‌عنوان چالش‌های پیش رو در این حوزه می‌باشد. درحقیقت مهندسان ناظر و محاسب و مجری مستقل و مرتبط با علم ژئوتکنیک برای گودبرداری‌های ساختمانی مورد نیاز بوده و انتظار از مهندس ناظر سازه ساختمان برای اشراف بر این حوزه صحیح نیست. عوامل و چالش‌های دیگری نیز وجود داشته که به تفصیل در گزارش به آنها پرداخته شده است.

مقدمه

افزایش جمعیت امری ناگریز است و نیاز بشر هر روز جهت تأمین فضای زندگی بیشتر خواهد شد. این مسئله باعث رشد عمودی ساختمان‌ها و به‌وجود آمدن آسمان‌خراش‌ها و برج‌ها جهت استفاده بهینه از زمین در شهرها گردیده است. با افزایش تعداد طبقات سازه، جهت افزایش ظرفیت باربری، پایداری و کاهش نشست فونداسیون، نیاز به گودبرداری‌های عمیق می‌باشد.

معمولاً از زیرزمین‌ها جهت تأمین پارکینگ در سازه‌های بلند استفاده می‌شود. علاوه‌بر ساختمان، در برخی متروها نیز تکنیک‌های مختلف گودبرداری مانند Cut and Cover و Cover and Cut جهت اجرای مترو استفاده می‌شود که در تمام این تکنیک‌ها گودبرداری بخشی از اجرای پروژه است.

گاهی توسعه شهرها در سطح زمین منجر به از بین رفتن محیط زیست، تخریب بافت‌ها و بناهای تاریخی می‌گردد. بافت تاریخی علاوه‌بر آنکه نشان‌دهنده هویت و شناسنامه کشور است باعث رونق صنعت گردشگری نیز خواهد شد. امروزه در بسیاری از کشورهای پیشرفته دنیا، حفظ بافت قدیمی، بناهای تاریخی و همچنین محیط زیست به‌قدری حائز اهمیت است که زیرساخت‌های[1] کلانِ شهری مانند حمل‌ونقل، انرژی، تأسیسات و همچنین مراکز تجاری و پارکینگ‌های بزرگ به‌صورت زیرزمینی توسعه‌یافته‌اند تا سیمای ظاهری شهرها حفظ شود.

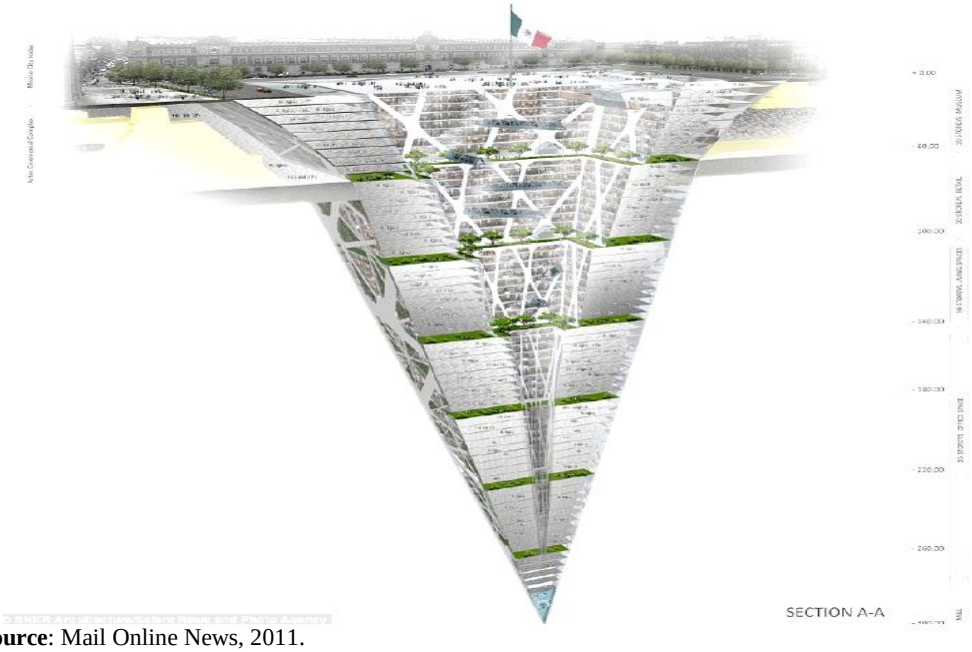
مفهوم زمین‌خراش[2] اولین بار در یک مسابقه طراحی معماری در شهر مکزیکوسیتی پیشنهاد گردید. در منطقه‌ای تاریخی از مکزیکوسیتی که اجازه ساخت سازه‌های بلند توسط دولت داده نمی‌شود، جهت توسعه مراکز تجاری، مفهوم[3] زمین‌خراش مطرح گردید. طرح پیشنهادی این سازه به شکل یک هرم معکوس، شامل ۶۵ طبقه و حدود ۳۰۰ متر ارتفاع در زیر زمین ارائه شد که تصویر

۱. Infrastructure
۲. Earthscraper
۳. Concept

سه‌بعدی آن در نمودار ۱ نشان داده شده است.

امروزه موضوع توسعه شهرها در زیرزمین و استفاده از فضاهای زیرزمینی به‌عنوان یکی از منابع مهم در بحث طراحی شهری[۱] و شهرسازی مطرح می‌باشد (Vähäaho, 2012). لذا نیاز به گودبرداری‌های عمیق و ساخت سازه‌های زیرزمینی[۲] به‌عنوان بخشی از این توسعه یک ضرورت انکارناپذیر خواهد بود.

نمودار ۱. مفهوم زمین‌خراش ۶۵ طبقه در مکزیکوسیتی



Source: Mail Online News, 2011.

نقش مهندسی ژئوتکنیک در توسعه شهری به‌دلیل تلاقی زیرساخت‌های کلان با زمین، بسیار حائز اهمیت است. زمین به‌دلیل طبیعتش، جزء پیچیده‌ترین مصالح بوده و زمین‌شناسی که یکی از علوم پایه[۳] دنیاست به شناخت جنبه‌های مختلف زمین می‌پردازد. این موضوع نشان‌دهنده اهمیت و تأثیر این علم بر زندگی بشر و بر سایر رشته‌های علمی و مهندسی است. ژئوتکنیک هنر به‌کارگیری علوم مختلف، با درنظر گرفتن شرایط زمانی، اقتصادی، اجرایی و فنی برای حل مسائل مهندسی مرتبط با زمین می‌باشد.

طراحی واقع‌بینانه در مهندسی ژئوتکنیک به‌دلیل ماهیت زمین، برخلاف سایر رشته‌های مهندسی عمدتاً بر تجربه استوار است. به‌دلیل عدم قطعیت‌های فراوان در مسائل ژئوتکنیکی، پیش‌بینی‌های اولیه

۱. Urban Planning

۲. Underground Structures

۳. علوم پایه عبارتند از: فلسفه، منطق، زبان‌شناسی، ریاضی، فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی.

در بسیاری از موارد اشتباه بوده که این امر یا باعث عدم پایداری و سرویس‌پذیری و یا باعث طراحی‌های غیراقتصادی و غیربهینه خواهد گردید.

امروزه با توجه به رشد روزافزون جمعیت در شهرهای بزرگ و توسعه فعالیت‌ها از طرفی و محدودیت فضا در محیط‌های شهری، توجه کارفرمایان به افزایش فضا به‌صورت ساخت طبقات بیشتر چه در روی زمین و چه در عمق آن، جلب شده است. اما بلندمرتبه‌سازی با توجه به محدودیت‌های شهرسازی و ملاحظات خاص طراحی و مالی همیشه امکانپذیر نبوده و توسعه ساختمان‌ها در عمق جهت ایجاد انواع فضاهای تجاری، اداری، پارکینگ و... نیز مورد توجه قرار گرفته است. ضمن اینکه با افزایش تعداد طبقات روسازه، تعداد طبقات زیرسازه نیز جهت پایداری بهتر سازه و نیز تأمین پارکینگ، قهراً افزایش می‌یابد. از طرف دیگر، گودبرداری‌های عمیق که لازمه ساخت چنین فضاهایی می‌باشد، نیازمند رعایت ملاحظات بسیاری جهت طراحی و اجرا در محیط‌های شهری می‌باشد.

در این مطالعه ضمن بیان اصول اساسی لازم برای پروژه‌های گودبرداری شهری، سعی شده در هر بخش، به چالش‌های موجود و راه‌حل‌های آن در بحث گودبرداری‌های شهری پرداخته شود. چالش‌هایی که موجب به خطر افتادن ایمنی جانی و مالی همه عوامل درگیر در پروژه اعم از کارفرما، مهندسان و پیمانکاران، ساختمان‌های همسایه و همه افراد و تأسیساتی که در مجاورت گود قرار دارند می‌گردد. البته هدف از این گزارش بیان چالش‌های کلی اما به نحوی جامع است و بدیهی است که این گزارش در مقام بیان چالش‌های جزئی طراحی و اجرا نبوده زیرا که این مسائل در مجراهای تخصصی خود در کشور پیگیری شده و خواهد شد. اما به‌دلیل اهمیت موضوع و نیز برخی از موارد تخصصی طراحی و اجرا در این موضوع، برخی از اصول مهندسی در حوزه‌های مختلف طراحی، نظارت و اجرای پروژه‌های گودبرداری، پس از مشورت با صاحبنظران رشته مهندسی ژئوتکنیک (مهندسی خاک و پی، از گرایش‌های رشته مهندسی عمران) طرح و بررسی شده است. انجام این مطالعه با توجه به حجم خسارات جانی و مالی حاصل از گودبرداری‌های غیراصولی ضمن پرداختن به ایرادات حاصل از قوانین و مقررات، دستورالعمل‌ها و مدارک فنی این حوزه نیز مورد توجه بوده است.

عوامل کلان مؤثر در یک نظام ساخت‌وساز را می‌توان در حوزه‌های زیر دسته‌بندی کرد (گتمیری، ۱۳۹۲):

- حوزه مهندسی (طراحی، اجرا و نظارت)
- حوزه کارفرمایی و سرمایه‌گذاری
- حوزه مدارک فنی
- بستر قوانین و مقررات و الزامات حقوقی

این مطالعه سعی دارد در هریک از حوزه‌های فوق، عوامل اصلی بروز چالش در پروژه‌های گودبرداری شهری را تبیین نماید.

۱. اهمیت موضوع با توجه به خسارات جانی و مالی

در ابتدا برای روشن‌تر شدن اهمیت موضوع تحقیق حاضر، به آمارهایی از حوادث و خسارات جانی و مالی به وقوع پیوسته در سال‌های اخیر در بخش ساختمان اشاره می‌گردد. در این قسمت عبارت آماده‌سازی زمین به معنای حفاری و گودبرداری تا رسیدن به تراز کف فونداسیون ساختمان می‌باشد.

۱-۱. لزوم این مطالعه از جهت حوادث کار و میزان آسیب‌های جانی

ازجمله فعالیت‌های اصلی اقتصادی در کشور که مشاغل گوناگونی بدان وابسته هستند صنعت ساختمان می‌باشد. نمودار ۲ حوادث کار در کشور را به تفکیک فعالیت‌های اصلی اقتصادی در سال‌های اخیر نشان می‌دهد. براساس این نمودار، بیش از ۴۰ درصد از حوادث ناشی از کار در کشور در صنعت ساختمان رخ داده است.

نمودار ۲. حوادث ناشی از کار در کشور به تفکیک فعالیت‌های اصلی اقتصادی

مأخذ: آمار حوادث ناشی از کار، اداره کل بازرسی کار، وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، ۱۳۹۴.

جدول ۱ و نمودار ۳ آمار حوادث ناشی از کار در بخش ساختمان که منجر به فوت شده است را طی سال‌های ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۳ ارائه می‌کند. ملاحظه می‌شود که طبق انتظار، سهم تهران نسبت به استان‌های دیگر بسیار بیشتر می‌باشد. پس از تهران، استان‌های خراسان رضوی، البرز، اصفهان و فارس بیشترین حوادث ناشی از کار در بخش ساختمان را دارا می‌باشند.

فعالیت‌های اصلی بخش ساختمان در بررسی آمار حوادث کار به بخش‌های آماده‌سازی زمین، احداث ساختمان و تعمیرات، تأسیسات ساختمان، تکمیل ساختمان، کرایه تجهیزات و سایر موارد تقسیم‌بندی می‌گردد. بخش آماده‌سازی زمین عبارت است از تخریب، حفاری و گودبرداری و

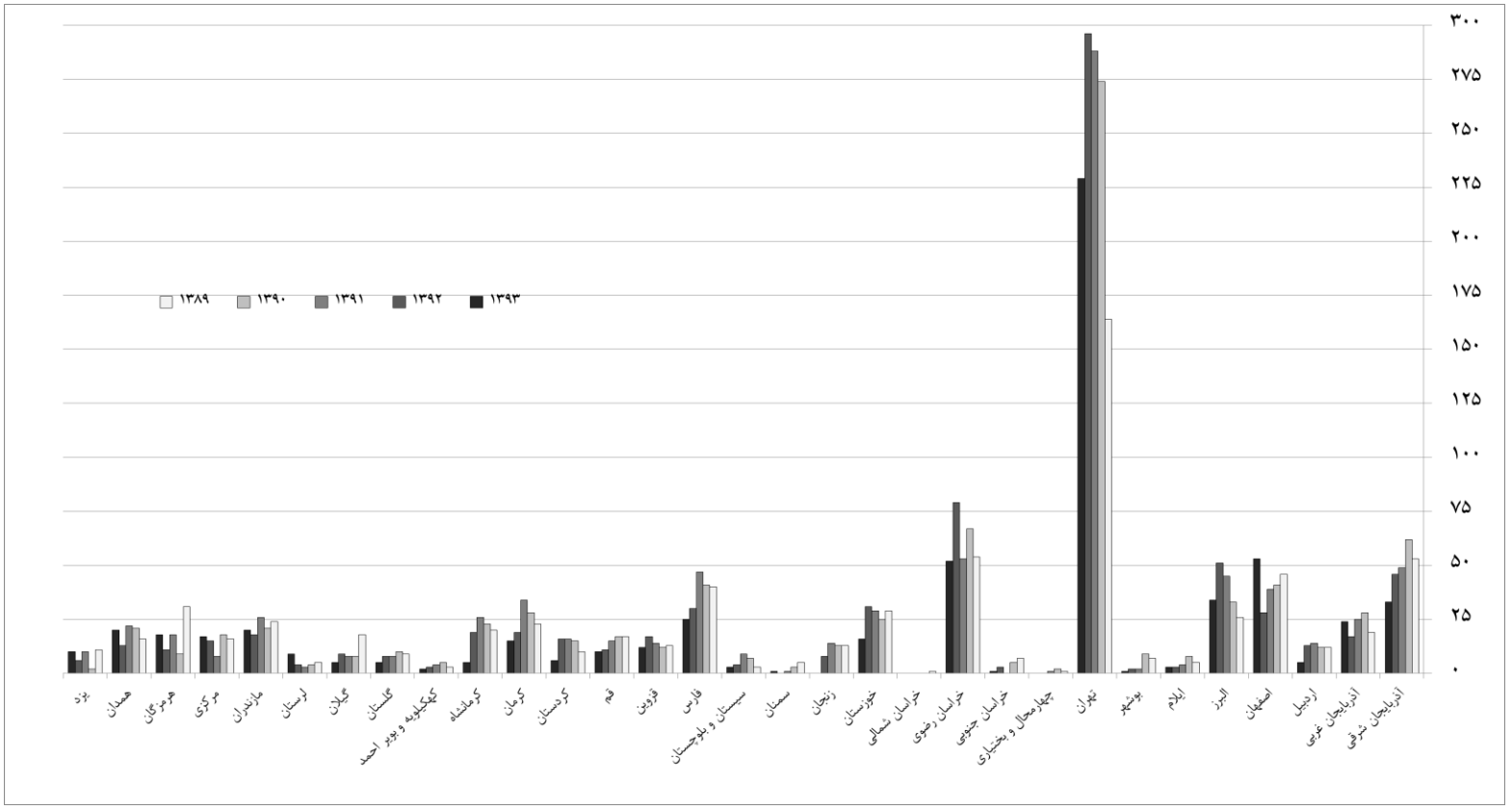
پایدارسازی دیواره گود تا رسیدن به تراز فونداسیون ساختمان که مورد اشاره این مطالعه می‌باشد.

جدول ۱. آمار حوادث ناشی از کار منجر به فوت بخش ساختمان به تفکیک استان طی سال‌های ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۳

استان	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳
آذربایجان شرقی	۵۳	۶۲	۴۹	۴۶	۳۳
آذربایجان غربی	۱۹	۲۸	۲۵	۱۷	۲۴
اردبیل	۱۲	۱۲	۱۴	۱۳	۵
اصفهان	۴۶	۴۱	۳۹	۲۸	۵۳
البرز	۲۶	۳۳	۴۵	۵۱	۳۴
ایلام	۵	۸	۴	۳	۳
بوشهر	۷	۹	۲	۲	۱
تهران	۱۶۴	۲۷۴	۲۸۸	۲۹۶	۲۲۹
چهارمحال و بختیاری	۱	۲	۱	۰	۰
خراسان جنوبی	۷	۵	۰	۳	۱
خراسان رضوی	۵۴	۶۷	۵۳	۷۹	۵۲
خراسان شمالی	۱	۰	۰	۰	۰
خوزستان	۲۹	۲۵	۲۹	۳۱	۱۶
زنجان	۱۳	۱۳	۱۴	۸	۰
سمنان	۵	۳	۱	۰	۱
سیستان و بلوچستان	۳	۷	۹	۴	۳
فارس	۴۰	۴۱	۴۷	۳۰	۲۵
قزوین	۱۳	۱۲	۱۴	۱۷	۱۲
قم	۱۷	۱۷	۱۵	۱۱	۱۰
کردستان	۱۰	۱۵	۱۶	۱۶	۶
کرمان	۲۳	۲۸	۳۴	۱۹	۱۵
کرمانشاه	۲۰	۲۳	۲۶	۱۹	۵
کهکیلویه و بویر احمد	۳	۵	۴	۳	۲
گلستان	۹	۱۰	۸	۸	۵
گیلان	۱۸	۸	۸	۹	۵
لرستان	۵	۴	۳	۴	۹
مازندران	۲۴	۲۱	۲۶	۱۸	۲۰
مرکزی	۱۶	۱۸	۸	۱۵	۱۷
هرمزگان	۳۱	۹	۱۸	۱۱	۱۸
همدان	۱۶	۲۱	۲۲	۱۳	۲۰
یزد	۱۱	۲	۱۰	۶	۱۰
جمع	**۷۰۱**	**۸۲۳**	**۸۳۲**	**۷۸۰**	**۶۳۴**

مأخذ: آمار حوادث ناشی از کار، اداره کل بازرسی کار، وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، ۱۳۹۴.

نمودار ۳. روند حوادث ناشی از کار منجر به فوت بخش ساختمان به تفکیک استان طی سال‌های ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۳



مأخذ: همان.

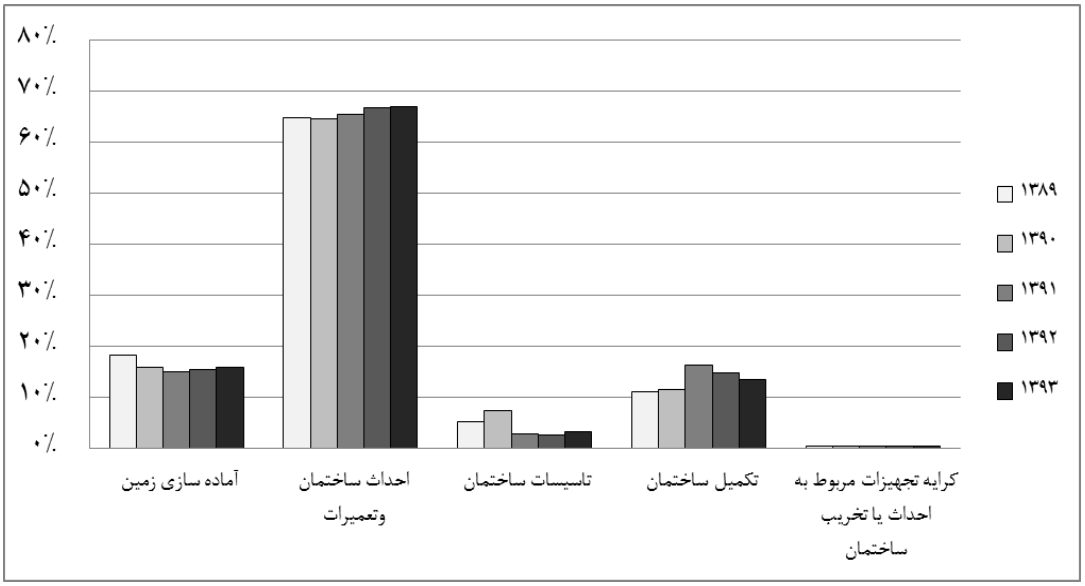
جدول ۲ و نمودار ۴ حوادث ناشی از کار در کشور در بخش ساختمان را به تفکیک فعالیت‌های زیرمجموعه این بخش طی سال‌های ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۳ نشان می‌دهند. ملاحظه می‌شود که بیش از ۱۶ درصد از حوادث بخش ساختمان مربوط به زیربخش آماده‌سازی زمین بوده و در اکثر سال‌ها بیش از ۱۰۰۰ حادثه در سال در این بخش به وقوع پیوسته است.

جدول ۲. تعداد حوادث ناشی از کار در کشور در بخش ساختمان به تفکیک فعالیت‌های زیرمجموعه در این بخش طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۳

سال	آماده سازی زمین	احداث ساختمان وتعمیرات	تاسیسات ساختمان	تکمیل ساختمان	کرایه تجهیزات	جمع
۱۳۸۹	۱۱۰۱	۳۸۸۸	۳۱۶	۶۶۶	۳۴	۶۰۰۵
۱۳۹۰	۱۰۷۹	۴۳۸۱	۵۰۴	۷۹۱	۳۶	۶۷۹۱
۱۳۹۱	۱۰۹۱	۴۷۴۷	۲۰۶	۱۱۸۸	۳۱	۷۲۶۳
۱۳۹۲	۱۰۸۳	۴۶۸۸	۱۸۳	۱۰۳۳	۳۲	۷۰۱۹
۱۳۹۳	۸۸۲	۳۷۲۰	۱۸۳	۷۴۵	۲۴	۵۵۵۴

مأخذ: همان.

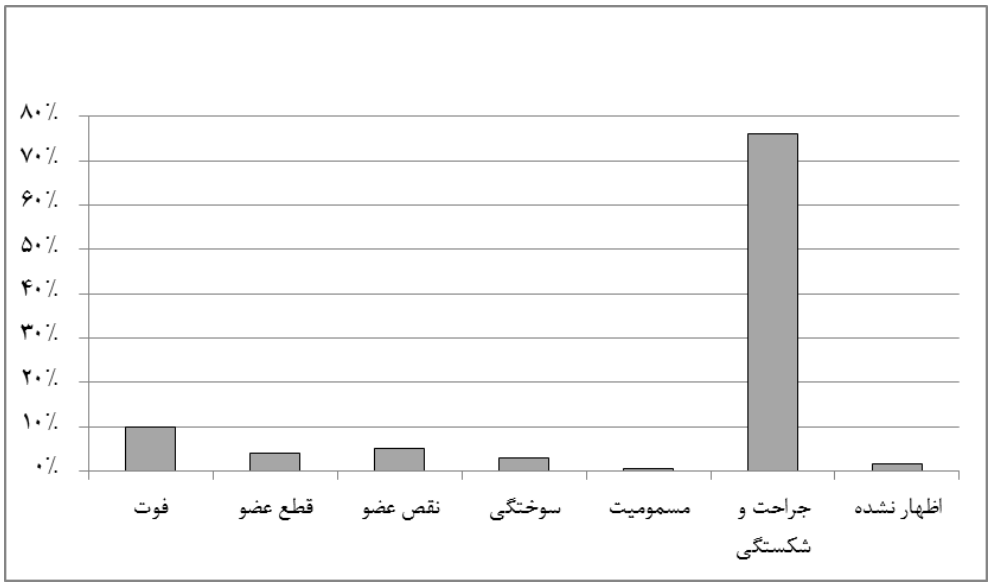
نمودار ۴. سهم و روند حوادث ناشی از کار در بخش ساختمان به تفکیک فعالیت‌های زیرمجموعه در این بخش طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۱



مأخذ: همان.

حوادث مورد اشاره در نمودار و جدول فوق، به صورت نمودار ۵ برحسب نتیجه حادثه برای افراد حادثه‌دیده تفکیک شده که ملاحظه می‌شود پس از جراحت و شکستگی، فوت افراد حادثه‌دیده حدود ۱۰ درصد و به‌عبارتی حدود ۱۰۰ فوتی در سال را در کشور به بار آورده است.

نمودار ۵. حوادث بخش ساختمان در بخش آماده‌سازی زمین به تفکیک نتیجه در سال‌های اخیر



مأخذ: همان.

جدول ۳ و نمودار ۶ تعداد حوادث مربوط به بخش آماده‌سازی زمین را به تفکیک هر استان، طی سال‌های ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۳ نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود پس از تهران که اختلاف فاحشی را با دیگر استان‌ها در این زمینه دارد استان‌های خراسان رضوی، خوزستان، آذربایجان شرقی، البرز و اصفهان در رده‌های بعدی بیشترین تعداد حادثه در بخش آماده‌سازی زمین در بخش ساختمان قرار دارند.

بنابراین ملاحظه می‌شود که بخش گودبرداری ساختمان سهم بالایی از خسارات جانی را در بخش حوادث کار به‌خود اختصاص داده و لزوم بررسی چالش‌های موجود در این موضوع، ضروری به نظر می‌رسد. این حد از خسارات جانی و یا مالی که در بخش بعد به آن اشاره می‌شود، باعث عامل مخرب سومی نیز در جامعه شده و آن نگرانی عموم مردم در زمان گودبرداری زمین همسایگان مجاورشان است. در حقیقت میزان استرس و نگرانی مردم از گودبرداری در مجاورت ساختمانشان جزء خساراتی است که در آمار ارائه نشده اما کمتر کسی است که این نگرانی عمومی را انکار نماید.

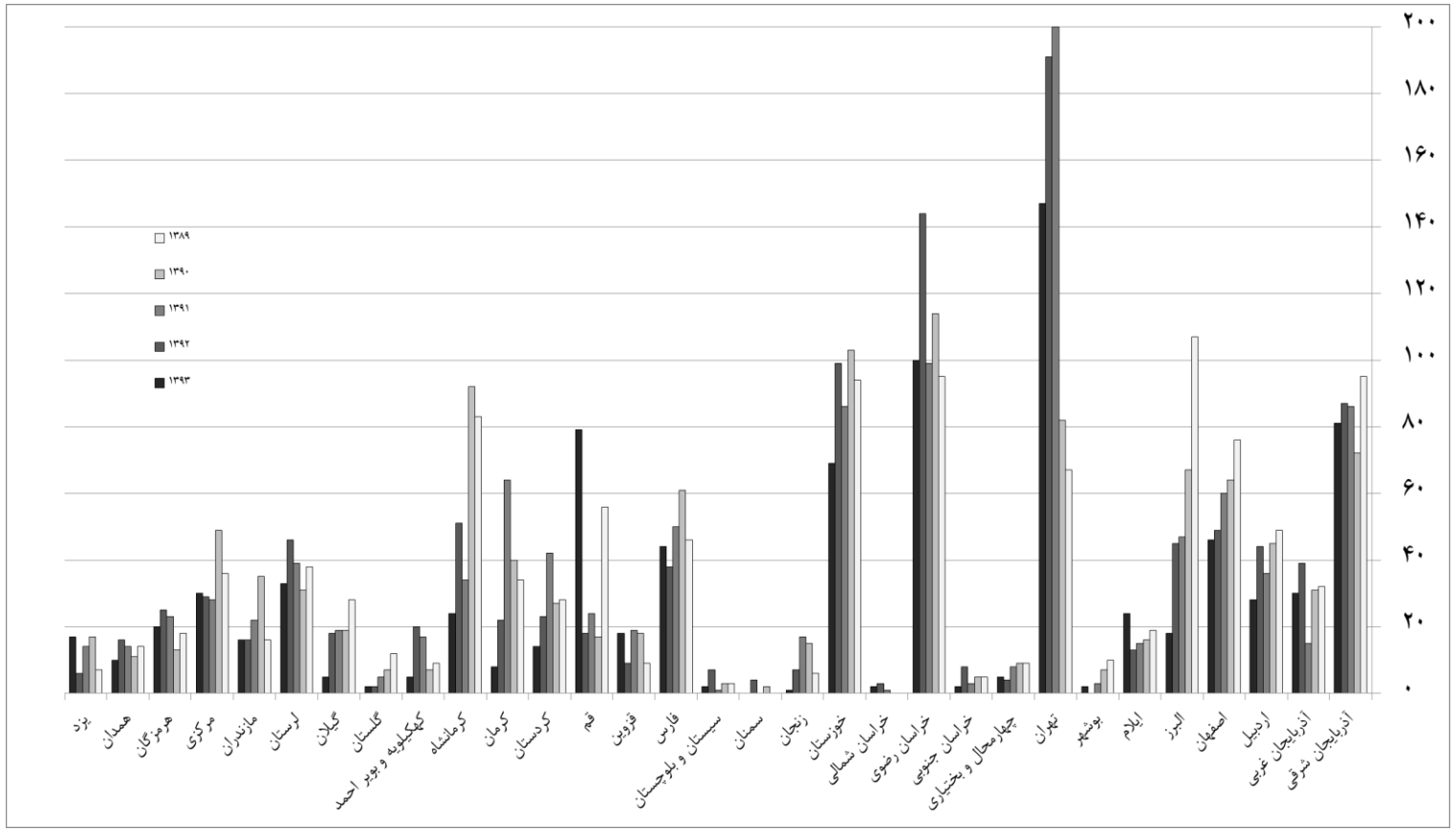
گودبرداری‌های بلاتکلیف که به‌علت رکود بازار مسکن و یا عدم توانایی مالی کارفرما امروزه در سطح شهر به چشم می‌خورند به سبب همین نگرانی و بدبینی عمومی، حتی باعث کاهش قیمت ساختمان‌های مجاور خود و یا عدم رغبت خریداران به آنها شده‌اند.

جدول ۳. تعداد حوادث مربوط به بخش آماده‌سازی زمین در بخش ساختمان به تفکیک هر استان طی سال‌های ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۳

استان	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳
آذربایجان شرقی	۹۵	۷۲	۸۶	۸۷	۸۱
آذربایجان غربی	۳۲	۳۱	۱۵	۳۹	۳۰
اردبیل	۴۹	۴۵	۳۶	۴۴	۲۸
اصفهان	۷۶	۶۴	۶۰	۴۹	۴۶
البرز	۱۰۷	۶۷	۴۷	۴۵	۱۸
ایلام	۱۹	۱۶	۱۵	۱۳	۲۴
بوشهر	۱۰	۷	۳	۰	۲
تهران	۶۷	۸۲	۲۰۰	۱۹۱	۱۴۷
چهارمحال و بختیاری	۹	۹	۸	۴	۵
خراسان جنوبی	۵	۵	۳	۸	۲
خراسان رضوی	۹۵	۱۱۴	۹۹	۱۴۴	۱۰۰
خراسان شمالی	۰	۰	۱	۳	۲
خوزستان	۹۴	۱۰۳	۸۶	۹۹	۶۹
زنجان	۶	۱۵	۱۷	۷	۱
سمنان	۰	۲	۰	۴	۰
سیستان و بلوچستان	۳	۳	۱	۷	۲
فارس	۴۶	۶۱	۵۰	۳۸	۴۴
قزوین	۹	۱۸	۱۹	۹	۱۸
قم	۵۶	۱۷	۲۴	۱۸	۷۹
کردستان	۲۸	۲۷	۴۲	۲۳	۱۴
کرمان	۳۴	۴۰	۶۴	۲۲	۸
کرمانشاه	۸۳	۹۲	۳۴	۵۱	۲۴
کهکیلویه و بویر احمد	۹	۷	۱۷	۲۰	۵
گلستان	۱۲	۷	۵	۲	۲
گیلان	۲۸	۱۹	۱۹	۱۸	۵
لرستان	۳۸	۳۱	۳۹	۴۶	۳۳
مازندران	۱۶	۳۵	۲۲	۱۶	۱۶
مرکزی	۳۶	۴۹	۲۸	۲۹	۳۰
هرمزگان	۱۸	۱۳	۲۳	۲۵	۲۰
همدان	۱۴	۱۱	۱۴	۱۶	۱۰
یزد	۷	۱۷	۱۴	۶	۱۷
جمع	**۱۱۰۱**	**۱۰۷۹**	**۱۰۹۱**	**۱۰۸۳**	**۸۸۲**

مأخذ: همان.

نمودار ۶. تعداد و روند تغییر حوادث مربوط به بخش آماده‌سازی زمین در بخش ساختمان به تفکیک هر استان طی سال‌های ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۳



مأخذ: همان.

۲-۱. لزوم انجام این مطالعه با توجه به حجم خسارات مالی

ساختمان‌هایی که در مجاورت گودبرداری‌های شهری قرار دارند عموماً در معرض آسیب و تحمل خسارت می‌باشند. این ساختمان‌ها اعم از ساختمان‌های بنایی و نیز ساختمان‌های دارای قاب فولادی و یا بتنی، تحت تأثیر جابجایی‌های گود قرار گرفته و خرابی‌هایی در آنها بروز می‌کند. آمار ریزش ساختمان‌های مجاور گود، عموماً منتشر شده اما معمولاً آمار خرابی‌های دیگر که عمده آن ایجاد ترک و نشست در بخش‌هایی از ساختمان‌های همسایه است و ایجاد خسارت‌های جزئی یا کلی است منتشر نمی‌گردد. ترک‌های ایجاد شده در ساختمان براساس نوع، دسته‌بندی شده و می‌توانند نشان از وجود مشکل در اسکلت و یا استحکام بنا و یا بی‌خطر باشند. اما در هر صورت ایجاد ترک علاوه‌بر ایجاد نگرانی برای ساختمان‌های مجاور گود و سلب آرامش و احساس امنیت از آنها، سبب ایجاد خسارات مالی به ساختمان‌های مجاور، تأسیسات عمومی مجاور، توقف پروژه‌ها و افزایش تعداد دعاوی در محاکم قضایی گردیده و این موارد بیانگر لزوم حل چالش‌های موجود در پروژه‌های گودبرداری شهری می‌باشد.

۲. عوامل مؤثر بر گودبرداری در حوزه مهندسی

حوزه مهندسی در پروژه‌های گودبرداری از سه بخش اصلی طراحی، اجرا و نظارت تشکیل یافته که هریک از این بخش‌ها سهم بالایی در کیفیت پروژه از لحاظ هزینه، زمان و ایمنی دارند. این گزارش در مقام ارائه جزئیات حوزه مهندسی نبوده اما به جهت لزوم درک اولیه مخاطبان از سرفصل‌های کلی و با اهمیت این حوزه، مطالب و چالش‌های عمده در ادامه مطرح می‌گردد.

۲-۱. حوزه طراحی

۲-۱-۱. مطالعات ژئوتکنیک

یکی از مهمترین و در عین حال مغفول مانده‌ترین بخش‌های لازم در حوزه طراحی سازه نگهبان گود و نیز ساختمان، شناسایی خصوصیات خاک در محل ساختمان می‌باشد. عملیات شناسایی شرایط و خصوصیات زمین و وضعیت آب زیرزمینی در محل پروژه، مقاومت و میزان نفوذپذیری خاک و دیگر فعالیت‌های از این دست را مطالعات ژئوتکنیکی (Geotechnical Investigations) می‌نامند. همواره تعیین مشخصات خاک با عدم اطمینان همراه خواهد بود و هرچه تعداد آزمایش‌های آزمایشگاهی و نیز آزمایش‌های در محل افزایش یابد این عدم اطمینان کمتر خواهد شد. هرچه میزان وقت و هزینه بیشتری برای این شناسایی‌ها اختصاص یابد طراحی سیستم پایدارکننده گود و همچنین سازه بهینه‌تر شده و علاوه‌بر ایمنی بالاتر، هزینه‌ها نیز به‌علت کاهش ضرایب اطمینان طراحی، کاهش می‌یابد. به‌عبارت دیگر گاهاً تا چندین برابر هزینه صرف شده جهت انجام مطالعات ژئوتکنیک در یک

پروژه، صرفه‌جویی در هزینه طراحی و اجرای مراحل بعدی همان پروژه ایجاد می‌گردد. اما این شناسایی‌ها به‌دلایلی که در بخش‌های بعدی بدان بیشتر اشاره می‌گردد در ایران به صورت مناسبی صورت نمی‌گیرد. در حقیقت شرح خدمات شناسایی ژئوتکنیکی مناسب و الزام‌آور، تدوین نشده است. همچنین، مواردی همچون استفاده از عکس‌های هوایی یا نقشه‌های توپوگرافی قدیمی برای تعیین عمق خاک دستی و یا مسیر آبراهه‌های قدیمی، بررسی سفره آب زیرزمینی، تعیین مشخصات مربوط به تغییرشکل زمین علاوه‌بر خصوصیات مقاومتی آن، حفر گمانه در اطراف زمین علاوه‌بر حفر گمانه در داخل زمین (زیرا خاک پشت دیواره گود که مشخصات آن برای طراحی سیستم پایدارکننده گود لازم است در خارج از زمین قرار دارد) و جستجوی کافی لوله‌های آب، فاضلاب و گاز در اطراف گود، شامل محل دقیق، قطر و نوع اتصالات (فاخر، ۱۳۹۲) نیز براساس نظر کارشناسان این رشته مهندسی باید به شرح خدمات فعلی شناسایی‌های ژئوتکنیکی پروژه‌های ساختمانی اضافه شود.

۲-۱-۲. تحلیل، انتخاب و طراحی سیستم پایدارسازی و کنترل تغییرشکل گود

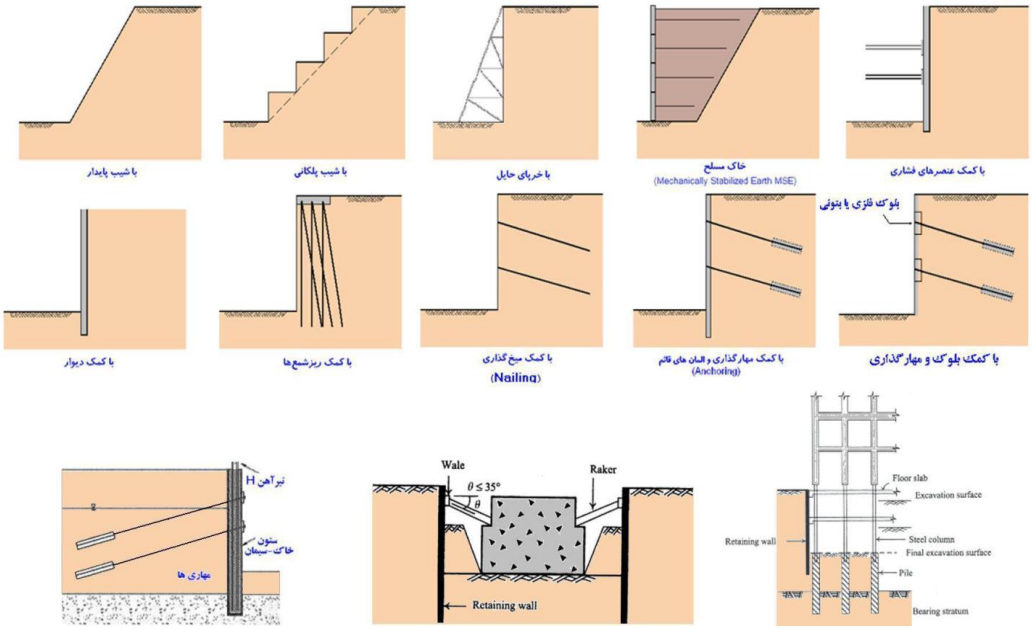
در این قسمت به‌طور مختصر و گذرا به رئوس اصلی اصول طراحی سیستم پایدارکننده یک گود اشاره شده است. هدف از این بخش در این گزارش آشنایی اولیه مخاطب با این اصول بوده به نحوی که اهمیت پایدار نمودن گود و کنترل تغییرشکل‌های ناشی از آن مشخص گردد. در حقیقت اگر مالکان دید صحیحی نسبت به این بخش از ساخت‌وسازهای شهری داشته باشند، بسیاری از مشکلات از مبدأ مرتفع می‌شود اما اگر مالک به علت عدم آشنایی، اعتقادی به اهمیت اصول اساسی یک گودبرداری صحیح شهری نداشته باشد، به‌علت وجود ضعف‌های قانونی و آیین‌نامه‌ای، شاهد ادامه روند تلفات و سوانح در این بخش خواهیم بود. در بخش‌های بعدی به نقش مالکان و همچنین ضعف‌های قانونی مذکور پرداخته خواهد شد.

عجالتاً باید دانست که سیستم پایدارکننده گود (سازه نگهبان) دو وظیفه اصلی دارد. ابتدا باید از ریزش تمام یا بخشی از گود جلوگیری کند و ثانیاً باید تغییرمکان‌های افقی و قائم گود را برای جلوگیری از آسیب رساندن به ساختمان‌های مجاور در حد مجاز نگه دارد.

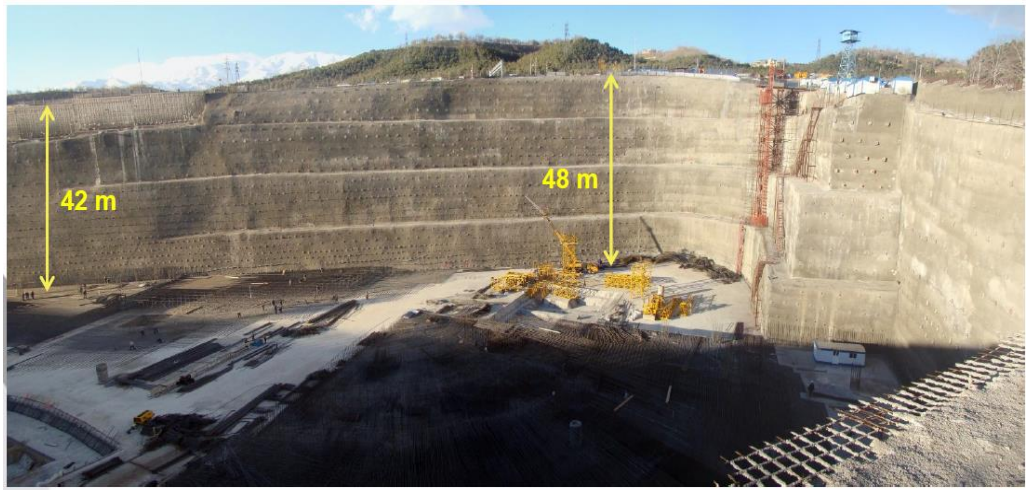
جهت طراحی یک سازه نگهبان ابتدا انتخاب پارامترهای خاک (Soil characterization) با توجه به نتایج مطالعات ژئوتکنیک صورت گرفته و پس از آن، معیارهای طراحی با توجه به اهمیت ساختمان‌ها و تغییر مکان‌های مجاز تعیین خواهد گردید. در این مرحله یکی از سیستم‌های موجود برای سازه نگهبان با توجه به شرایط هندسی، بارهای وارده، سطح آب زیرزمینی و نیز همه محدودیت‌های موجود انتخاب شده و تجزیه و تحلیل فشارها و تغییرشکل‌ها با استفاده از روش‌ها و نرم‌افزارهای مهندسی محاسبه می‌شوند. سپس ضمن استفاده از اطلاعات جدید حاصل از اجرای پروژه و نتایج حاصل از نرم‌افزارهای کامپیوتری، طرح ارائه شده تدقیق گشته و طرح نهایی ارائه می‌شود.

نمودار ۷ به صورت شماتیک انواع مختلف روش‌های پایدارسازی گود (سازه نگهبان) را نشان مـی‌دهـد. نمودار ۸ نیز یک گود پایدار شده به روش میخکوبی را در شهر تهران نشان می‌دهد.

نمودار ۷. نمایش شماتیک انواع روش‌های پایدارسازی گود



نمودار ۸. نمایی از دیواره پایدارسازی شده یک گود عمیق در تهران



مأخذ: عباس سروش. «لزوم پایش جامع و ابزار گذاری در گودبرداری‌ها»، ۱۳۹۲.

در حقیقت، روش طراحـی بهینـه سـازه نگهبـان، طراحـی براسـاس عملکـرد (Performance-Based Design) می‌باشد. طراحی براساس عملکرد، نوعی روش است که معیار طراحی هـر سـازه را سطح مورد نیاز از بهره‌برداری آن سازه تعیین می‌نماید. به‌عنوان مثال در طراحی سازه نگهبان یک گود

که ساختمانی در مجاورت آن وجود ندارد سطح عملکرد مطلوب را بهره‌برداری از جاده یا خیابان مجاور گود تعیین می‌کند و بنابراین تغییرشکل‌های مجاز بیشتری را در مقایسه با حالتی که ساختمانی حساس در مجاورت گود قرار دارد به‌عنوان مبنای طراحی سازه نگهبان تعیین خواهد کرد.

طراحی براساس عملکرد سازه نگهبان گودها، ضمن استفاده از روش مشاهده‌ای (Observational Method) صورت می‌گیرد. پس از ارائه بهترین تقریب از پارامترهای مکانیکی خاک (Best estimate of soil parameters)، اصلاح طرح براساس: عملکرد (Performance) و اطلاعات جدید (New information) صورت گرفته و طرح سازه نگهبان جهت اجرا نهایی می‌گردد (سروش، ۱۳۹۲).

بنابراین بررسی عملکرد یک سازه نگهبان، علاوه‌بر مشاهدات چشمی، نیاز به ابزارگذاری گود داشته تا بدان وسیله بتوان فشارها و تغییر مکان‌های گود را در هر مرحله از حفاری اندازه‌گیری کرده و طرح گود را به‌صورت مداوم و حتی در طول حفاری گود و اجرای سازه نگهبان تدقیق نمود. در بخش بعدی به اهمیت بحث ابزارگذاری گودها جهت طراحی بهینه اشاره خواهد شد.

۳-۱-۲. طرح ابزارگذاری و برنامه پایش گود

پایش یا رفتارنگاری، فرآیند به‌دست آوردن اطلاعات لازم و درست برای طراحی مهندسی و تصمیم‌گیری‌های اجرایی لازم می‌باشد. در واقع آنچه که مستقیماً قابل رؤیت نیست به صورتی دیگر ارائه می‌شود. ابزار دقیق، ابزاری برای اندازه‌گیری و کنترل رفتار خاک در حین گودبرداری و اجرای سازه نگهبان، ساخت سازه اصلی و پس از اتمام ساخت، در مدت بهره‌برداری است.

۱-۳-۱-۲. ضرورت ابزارگذاری و پایش جامع گودبرداری با توجه به عدم قطعیت‌های موجود

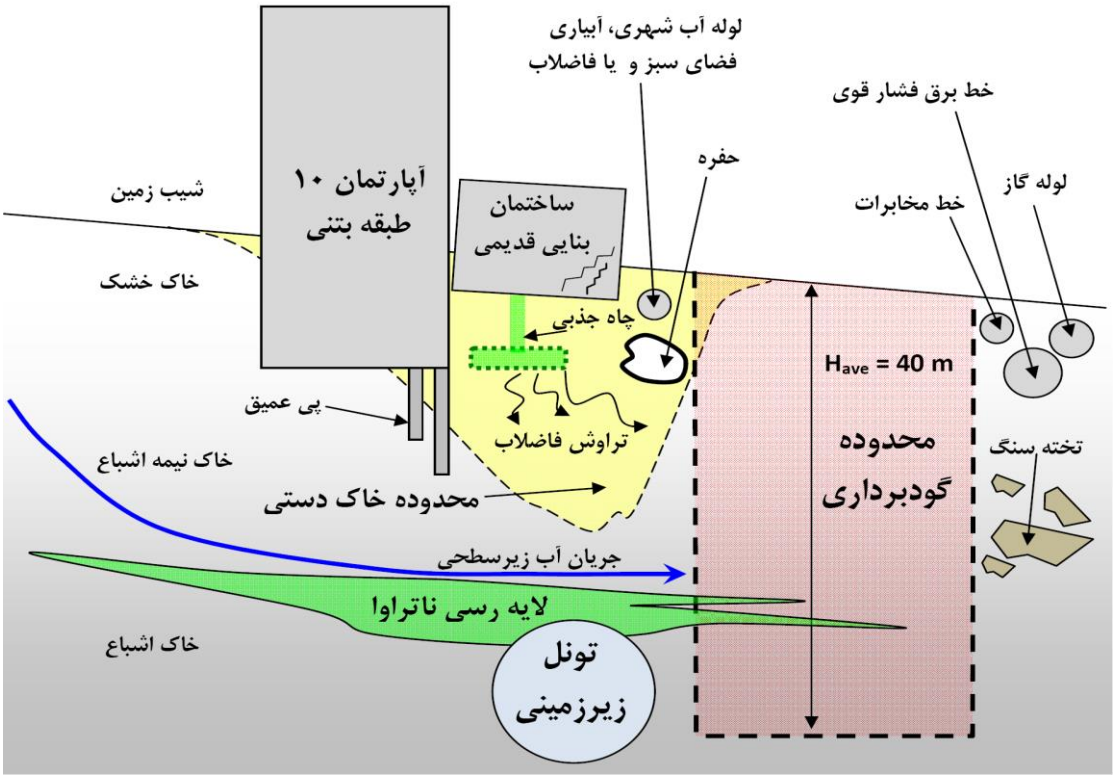
زمین طی فرآیندهای طبیعی پیچیده‌ای شکل گرفته است. به‌دلیل ماهیت زمین، پیش‌بینی واقع‌بینانه در مسائل ژئوتکنیکی برخلاف سایر رشته‌های مهندسی دشوار بوده و در طراحی‌ها نقش تجربه و قضاوت مهندسی اهمیت ویژه‌ای دارد. عدم قطعیت‌های فراوان در مسائل ژئوتکنیکی باعث گردیده که پیش‌بینی‌های اولیه در بسیاری از موارد اشتباه یا غیردقیق باشند که این امر باعث عدم پایداری سازه‌ها و یا طرح‌های غیراقتصادی و غیربهینه خواهد گردید. عدم قطعیت در مهندسی ژئوتکنیک را می‌توان به‌صورت ذیل دسته‌بندی کرد:

- شناخت زمین و تعیین خواص پیچیده آن
- فرضیات ساده‌کننده طراحی جهت مدل‌سازی شرایط واقعی
- عدم امکان کنترل دقیق فرآیندهای اجرایی
- خطاهای اندازه‌گیری

در نمودار ۹ چالش‌های مرتبط به زمین در یک پروژه ژئوتکنیکی نشان داده شده است. در اطراف

محدوده گودبرداری انواع تأسیسات شهری مانند لوله‌های آب شهری، آبیاری فضای سبز، فاضلاب، شبکه کابل مخابرات، لوله گاز و کابل‌های برق فشار قوی وجود دارد. مسلم است گودبرداری منجر به ایجاد جابجایی در اطراف خود شده و این جابجایی‌ها ممکن است منجر به صدمه دیدن تأسیسات اطراف گردد. از طرفی ساختمان‌های اطراف محدوده گودبرداری به لحاظ مقاومت و هندسه، مشابه نیستند. برخی استاندارد و برخی دیگر غیراستاندارد ساخته شده‌اند. برخی دارای فونداسیون مقاوم و برخی دیگر بر روی خاک‌های سست یا خاک‌های دست‌ریز قرار داشته و حتی ممکن است بدون فونداسیون اجرا شده باشند. ساختمان‌های مجاور ممکن است از گذشته ترک خورده و آسیب‌دیده و مستعد ناپایداری باشند. قنات‌ها و حفره‌های زیرزمینی به ابعاد مختلف و گاهاً تا چندین متر در بسیاری از نقاط ایران وجود دارند. این قنات‌ها ممکن است با کوچک‌ترین تحریک و جابجایی دچار ریزش شده و باعث ناپایداری سازه‌های اطراف خود شوند.

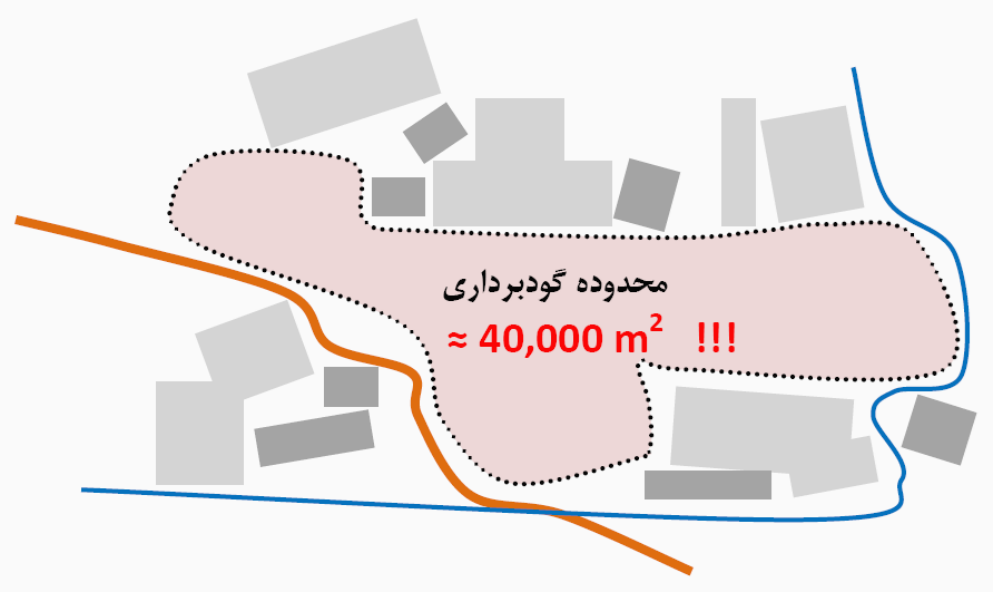
نمودار ۹. مقطع نمونه یک گودبرداری در محیط شهری



بسیاری از مسیل‌ها و دره‌هایی که از قدیم وجود داشته‌اند با خاکریز غیرمهندسی، بدون انجام تراکم و کنترل‌های لازم صرفاً روی هم انباشته و پر شده‌اند. در این نوع خاکریزها به‌دلیل عدم تراکم ممکن است خلل و فرج‌های بزرگی در خاک وجود داشته باشد. علاوه‌بر آن به‌دلیل اینکه جنس این

خاک‌ها مشخص نیست رفتار مهندسی آنها نیز مشخص نمی‌باشد. این خاک‌ها ممکن است از جنس نخاله‌های ساختمانی، زباله و یا تلفیقی از خاک طبیعی مناطق مختلف و غیره باشند. ویژگی دیگر این نوع خاک‌ها آن است که نسبت به تحریکات ناشی از جابجایی و همچنین تغییرات رطوبت بسیار حساس بوده و دچار تغییرشکل و نشست می‌شود. از چاه‌های جذبی در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور جهت مدفون نمودن فاضلاب خانگی استفاده می‌گردد که تراوشات آن در زمین می‌تواند منجر به کاهش مقاومت خاک گردد. شیب زمین باعث به‌وجود آمدن رانش اضافی در خاک می‌گردد. علاوه‌بر آن شیب زمین منجر به سهولت در حرکت جریان‌های آب زیرسطحی و سطحی شده و آنها را هدایت می‌کند. وجود یک لایه نفوذناپذیر که هم‌راستا با جهت شیب به‌دلیل لایه‌بندی زمین شکل گرفته است می‌تواند منجر به جمع شدن آب‌های سرگردان زیرسطحی و ناپایداری موضعی گردد. پروژه‌های ژئوتکنیکی عموماً مسائلی سه‌بعدی هستند که در تصویر افقی (Plan) لزوماً شکل منظمی ندارند. علاوه‌بر آن با افزایش مساحت پروژه عدم قطعیت‌ها در پیش‌بینی رفتار، طراحی و کنترل اجرا افزایش یافته و مدل‌سازی آن نیز پیچیده‌تر می‌شود (نمودار ۱۰).

نمودار ۱۰. تصویر افقی (plan) نمونه محدوده گودبرداری در محیط شهری



بنابراین ضرورت پایش جامع و ابزارگذاری گودبرداری‌ها را می‌توان با توجه به توضیحات فوق و عدم قطعیت‌های پنج‌گانه زیر جمع‌بندی نمود.

الف) عدم قطعیت در مورد زمین و خواص آن

همان‌طور که در بخش‌های قبلی اشاره گردید، مطالعات ژئوتکنیک در هر سطحی از هزینه و کیفیت

که برای هر پروژه تعریف و انجام گردد دارای درصدی عدم قطعیت می‌باشد. توجه به این نکته لازم است که در زمان شناسایی‌های ژئوتکنیکی، حفاری گمانه‌های شناسایی در داخل زمین پروژه صورت می‌گیرد در حالی که این خاک پس از گودبرداری، حفاری شده و درواقع مشخصات خاک زمین همسایه در میزان پایداری و تغییرمکان‌های گود، اثرگذار است. اما به‌دلیل عدم امکان حفاری در زمین همسایه به‌دلیل عدم رضایت وی و نیز ضعف‌های قانونی موجود، حفاری‌ها تنها در زمین پروژه صورت گرفته و به‌عنوان مشخصات خاک پشت سازه نگهبان (خاک زمین همسایه) درنظر گرفته می‌شود. همچنین بسیاری از آزمایش‌های شناسایی‌های ژئوتکنیکی در مقیاس کوچک بوده، اما به‌دلیل برخی عوامل همچون وجود حفره‌ها و سنگ‌ها در خاک، لزوماً رفتار خاک با رفتار نمونه‌های آزمایشگاهی مطابقت ندارد. همچنین حفاری نمونه‌های خاک و انتقال آنها به آزمایشگاه مکانیک خاک، سبب دستخورده شدن نمونه‌ها شده و خواص آنها را دستخوش تغییر می‌کند. عوامل فوق نشان می‌دهد که پایش مستمر گودبرداری در بازه زمانی اجرای گود و نیز در بازه زمانی پس از اتمام گودبرداری تا اجرای سازه اصلی، لازم و ضروری است.

ب) عدم قطعیت در مورد وضع آب زیرزمینی

مورد دیگری که عدم قطعیت در پیش‌بینی رفتار گودها را منجر می‌شود وضعیت آب زیرزمینی در محل پروژه است. سفره‌های ممتد، لنزهای آب در میان لایه‌های خاک، آب‌های سرگردان فصلی، چاه‌ها، فاضلاب‌ها، قنات‌ها و... همگی می‌توانند موجبات تغییر در رفتار گود اعم از مشکل در پایداری گود و یا ایجاد تغییرمکان‌های زیاد نمایند. جریان آب زیرزمینی نیز مشکلات دیگری را ایجاد کرده و بر عدم قطعیت‌های مذکور خواهد افزود. در گودبرداری‌ها اگر سطح آب زیرزمینی بالاتر از تراز کف گود باشد، برای خشک کردن گارگاه به جهت ایجاد امکان استقرار عوامل اجرایی و اجرای پروژه، عموماً به روشی آب را از گود خارج می‌کنند که به این عمل، زهکشی آب از گود می‌گویند. این خارج نمودن آب از خاک سبب نشست خاک شده و این مسئله نیز تغییرمکان‌هایی را در پی دارد. بنابراین دیدن اثر تمامی این عوامل بر روی پایداری و تغییرمکان‌های گودبرداری، تنها با استفاده از ابزارگذاری دقیق پروژه میسر بوده و لزوم این امر را مشخص می‌کند.

ج) عدم قطعیت در مورد مدلسازی عددی و پارامترهای ویژه آن

استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری جهت مدلسازی گودها توسط مشاوران ژئوتکنیک امری معمول بوده، اما این مدلسازی‌ها با فرضیات بسیاری جهت سهولت و امکانپذیر شدن مدلسازی گودبرداری همراه بوده و بنابراین هرگز نمی‌توان نتایج آنها را به تنهایی معادل با رفتار واقعی گودبرداری در نظر گرفت. داده‌های ابزارگذاری گودبرداری‌ها این امکان را فراهم می‌کند تا در حین خاکبرداری گود، مدل کامپیوتری تدقیق گردد. درواقع با استفاده از نتایج داده‌های ابزارگذاری، می‌توان مدل کامپیوتری را در

چندین پروسه سعی و خطا صحت‌سنجی نمود و به این ترتیب، از صحت نتایج مدل کامپیوتری که مبنای طراحی سازه نگهبان می‌باشد اطمینان نسبی حاصل کرد.

د) عدم قطعیت‌های مربوط به شریان‌های حیاتی زیرزمینی

یکی دیگر از عوامل مهمی که در عدم قطعیت‌های پیش‌بینی رفتار گود مؤثر است، وجود شریان‌های حیاتی ازجمله لوله‌های آب و گاز می‌باشد. اجرای این شریان‌ها در زمین سبب دستخورده شدن خاک در محدوده ترانشه‌های آنها شده و مقاومت خاک را کاهش می‌دهد. این کاهش مقاومت در تغییر مکان‌های گود خود را نشان داده و بهترین راه کنترل میزان این تغییر شکل‌ها ابزارگذاری و پایش مستمر گود است. همچنین در برخی از انواع سازه نگهبان مانند روش میخکوبی، لازم است تا میلگردهایی را به‌عنوان پایدارکننده در دیواره گود اجرا نمود که وجود شریان‌های حیاتی که معمولاً به‌علت نبود نقشه‌های تأسیساتی در زمان اجرا مشخص می‌گردند، مانع از اجرای میخ یا مهار در ترازهای فوقانی می‌گردد. بنابراین طرح سازه نگهبان در زمان اجرا اجباراً تغییر می‌یابد و این تغییر طرح، محاسبات انجام شده برای تعیین جابجایی‌ها را تغییر می‌دهد. بنابراین با داشتن یک سیستم ابزارگذاری مناسب، تمامی تغییرات حین اجرا رصد شده و آثار این تغییرات قابل اندازه‌گیری و کنترل خواهد بود. ذکر این نکته در حاشیه این بحث لازم است که معمولاً نقشه‌های دقیق شریان‌های حیاتی برای سازندگان و مجریان ساختمانی در دسترس نبوده و محل آنها در زمان حفاری و اجرا مشخص می‌گردد که این مسئله علاوه‌بر ایجاد هزینه و اتلاف وقت برای اصلاح طرح، سبب آسیب رسیدن به شریان‌ها در زمان اجرا می‌شود.

هـ) عدم مطابقت اجرا با طرح

همان‌طور که قبلاً هم ذکر شد کنترل پایداری و تغییرمکان گود در دو بازه زمانی بسیار اهمیت دارد. یکی در بازه زمانی حفاری گود یا گودبرداری و دیگری در بازه پایان گودبرداری تا ساخت پی و دیوار ساختمان. در همه موارد مورد بحث، توجه به این دو بازه زمانی اهمیت دارد. به‌علت ضعیف بودن سیستم‌های نظارتی در مرحله گودبرداری ساختمان (که در این مورد در بخش‌های بعدی بیشتر بحث خواهد شد)، طرح اجرا شده به‌دلایلی همچون ضعف فنی پیمانکار، کمبود ماشین‌آلات مناسب و شرایط پیش‌بینی نشده دیگر، ممکن است با طرح اولیه اختلاف داشته باشد. بنابراین جهت کنترل کار پیمانکار و نظارت بهتر بر سیستم اجرایی، ابزارگذاری گود ضرورت دارد (سروش، ۱۳۹۲).

بنابراین ضمن ابزارگذاری و پایش گودبرداری‌ها، آثار مفید زیر برای پروژه حاصل خواهد شد:

- **کاهش هزینه‌ها**: یک طرح ابزاربندی مناسب و قابل اعتماد در شرایط حساس همچون وجود خاک‌هایی با قابلیت فشردگی زیاد و یا موارد دیگر، باعث کاهش چشمگیری در احتمال وقوع خطرات می‌شود. کاهش ریسک طرح، باعث افزایش ضرایب اطمینان در مرحله اجرا می‌شود که این خود باعث

کاهش هزینه‌ها نیز خواهد شد.

- **تقلیل ضرایب اطمینان**: بدون ابزاربندی و اندازه‌گیری‌های لازم، انتخاب پارامترهای طراحی براساس فرضیاتی صورت می‌گیرد که این فرضیات محافظه‌کارانه بوده در نتیجه ضرایب اطمینان طرح و هزینه‌ها بالا خواهد بود.
- **تغییر به‌موقع و بهینه در طرح در صورت لزوم**: در صورتی که با توجه به شرایط طراحی‌های انجام شده پاسخگو نباشد، اطلاعات حاصل از ابزاربندی در فازهای اولیه پروژه نیاز به ایجاد تغییرات در طراحی را مشخص می‌کند.
- **کنترل روند عملیات اجرایی**: ابزار دقیق در عملیاتی همچون تثبیت و اصلاح خاک و پیش بارگذاری اطلاعاتی را درخصوص روند پیشرفت عملیات نشان می‌دهد.
- **ایمنی**: ابزاربندی خطرات احتمالی را پیش از وقوع، هشدار می‌دهد به‌ویژه درمسائل مربوط به پایداری شیب‌ها فرصتی را برای تکمیل عملیات جهت رفع خطر و یا ترک محل فراهم می‌آورد.
- **حمایت قانونی**: نتایج ابزار دقیق می‌تواند به‌عنوان سندی معتبر، رابطه بین تأثیر ساخت‌وساز بر سازه‌های اطراف را نشان دهد. در صورت دادخواهی، داده‌های ابزار دقیق می‌تواند جهت اثبات یا رد ارتباط آسیب در مناطق اطراف محل مورد نظر با فعالیت‌های ساخت‌وساز، مورد استفاده قرار گیرد (مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان).

باتوجه به عدم قطعیت‌های فوق‌الذکر، رفتارسنجی و پایش[۱] در عملیات پایدارسازی گود ضروری است. اصولاً پایش به سه روش امکانپذیر می‌باشد:

- پایش چشمی،
- استفاده از نقشه‌برداری جهت کنترل جابجایی‌ها،
- استفاده از سیستم ابزار دقیق.

مشاهده چشمی ترک‌ها و تغییرشکل‌ها، بازخوردهای حین عملیات اجرایی، وضعیت جریان آب و رطوبت دیواره‌ها، تغییرات نوع زمین درحین خاکبرداری در دیواره‌ها، کنترل همخوانی و انطباق مشاهدات با مطالعات زمین‌شناسی و ژئوتکنیک اولیه و کنترل صحت عملکرد اجزای سازه نگهبان مانند اجزای مختلف مهار و اتصالات آن جزء دسته اول یعنی پایش چشمی قرار می‌گیرند.

استفاده از تکنیک‌های نقشه‌برداری یکی از متداول‌ترین روش‌ها جهت پایش جابجایی در حین عملیات پایدارسازی گود می‌باشد. اشکال عمده این روش‌ها آن است که اولاً صرفاً جابجایی‌های روی دیواره گود، سطح زمین و روی سازه‌های اطراف که در محدوده دید دوربین نقشه‌برداری هستند قابل پایش بوده و مکانیسم حرکات در داخل خاک و محل‌های پنهان، دیده نمی‌شود، ثانیاً نصب نقاط

---

۱. Monitoring

نشانه[۱] (جهت قرائت) همزمان با پیشرفت عملیات گودبرداری انجام می‌گردد در نتیجه قرائت‌ها در بسیاری از نقاط پس از پیشرفت بخشی از عملیات گودبرداری آغاز گردیده که این مسئله باعث عدم درک صحیح و تشخیص مکانیسم واقعی جابجایی‌ها می‌گردد. براساس تجارب عملی، دقت روش‌های متداول نقشه‌برداری در کشور ما جهت قرائت جابجایی در گودبرداری‌ها، حداکثر حدود ۳ الی ۴ میلیمتر می‌باشد (یعنی جابجایی‌ها در بهترین حالت با خطایی در حدود۳± الی ۴± میلیمتر پیش‌بینی می‌گردد) در حالی‌که این دقت در بسیاری کشورها حدود ۰/۵ میلیمتر است. روش‌هایی مانند میکروژئودزی[۲] جهت افزایش دقت وجود دارد که با صرف زمان بیشتر و افزایش تعداد قرائت‌ها و انجام یکسری تحلیل‌های آماری سعی در کاهش خطا دارند. اگرچه حساسیت و دقت قرائت‌ها در بسیاری از موارد کافی نبوده، سرعت پردازش اطلاعات جهت تفسیر به موقع داده‌ها پایین است و همچنین امکان بروز خطاهای محاسباتی، محیطی و انسانی در این روش بالاست، اما به‌طور کلی در پروژه‌های بزرگ استفاده از تکنیک نقشه‌برداری جهت پایش (خصوصاً وقتی محدوده پروژه بزرگ است) بسیار مفید و اقتصادی است.

امروزه با توجه به پیشرفت تکنولوژی استفاده از انواع ابزار دقیق در دنیا یکی از پرکاربردترین روش‌های پایش در گودبرداری می‌باشد (در ادامه این بخش، مقایسه ایران در این زمینه با دیگر کشورها صورت خواهد گرفت). با استفاده از ابزارهایی مانند انحراف سنج[۳] و کشیدگی‌سنج[۴] می‌توان پروفیل جابجایی‌ها را در هر جهتی داخل خاک، با دقت بالا، اندازه‌گیری نمود. همچنین امکان کنترل نیرو و جابجایی در اعضای سازه‌ای سیستم پایدارسازی گود و سازه‌های اطراف توسط ابزارهایی مانند بارسنج،[۵] کرنش‌سنج،[۶] کج‌شدگی سنج[۷] و غیره میسر می‌باشد. دقت این روش‌ها جهت ثبت جابجایی‌ها بالا بوده و حتی در حد صدم میلیمتر است. بنابراین فرصت لازم جهت تصمیم‌گیری به موقع در شرایط خاص وجود دارد.

۲-۳-۱-۲. مقایسه پایش و ابزاربندی در ایران و سایر کشورها

در این قسمت جهت درک بهتر وضعیت پروژه‌های گودبرداری در کشور، مقایسه‌ای بین چندین گودبرداری در ایران و چند کشور دیگر ازجمله آلمان، آمریکا، مالزی، تایلند، ترکیه، ایرلند، کرواسی، استرالیا و سنگاپور صورت گرفته است. در این مقایسه‌ها عمق گود، تراز آب زیرزمینی، نوع خاک و سیستم سازه نگهبان گودها

۱. Target
۲. Microgeodesy
۳. Inclinometer
۴. Extensometer
۵. Load Cell
۶. Strain Gage
۷. Tiltmeter

از یک طرف و مشخصات ابزارگذاری آنها از طرف دیگر مورد مقایسه قرار گرفته است.

جدول ۴ اطلاعات مربوط به ۱۰ مورد گودبرداری را در ایران ارائه می‌کند. همان‌طور کـه ملاحظـه می‌شود عمق گودهای انتخابی بالای ۲۰ متر و حتی تا ۴۸ متر بوده، اما تنها از روش نقشه‌برداری برای پایش گود استفاده شده است.

جدول ۴. مشخصات هندسی، نوع خاک، سیستم پایدارسازی و ابزارگذاری نمونه‌هایی از پروژه‌های گودبرداری در ایران

عمق گود (متر)	محل پروژه	زمان اجرا	تراز آب زیرزمینی	پلان	نوع خاک (۱)	نوع خاک (۲)	سیستم پایدار سازی	مشخصات ابزارگذاری
۴۸	تهران	۱۳۸۸	-	مقعر و محدب	نسبتاً سخت	چسبنده	میخکوبی	۵۵ تارگت نقشه برداری
۳۵	تهران	۱۳۸۷	-	مقعر و محدب	نسبتاً سخت	چسبنده	میخکوبی	۲۹ تارگت نقشه برداری
۲۲/۵	مشهد	۱۳۹۰	-	مقعر و محدب	نرم	چسبنده	شمع و مهار	۲۸ تارگت نقشه برداری
۲۵/۵	تهران	۱۳۹۱	-	مقعر	سخت	غیر چسبنده	میخکوبی	۱۸ تارگت نقشه برداری
۳۳	تهران	۱۳۹۱	-	مقعر	سخت	چسبنده	میخکوبی	۱۱ تارگت نقشه برداری
۲۴	تهران	۱۳۹۱	-	مقعر	نرم	غیر چسبنده	میخکوبی و مهار	۷ تارگت نقشه برداری
۲۴	تهران	۱۳۹۲	-۱۷	مقعر	سخت	غیر چسبنده	مهار	۲۲ تارگت نقشه برداری
۳۱	تهران	۱۳۹۲	-	مقعر	سخت	غیر چسبنده	مهار	۲۷ تارگت نقشه برداری
۳۴	تهران	۱۳۹۱	-	مقعر	سخت	چسبنده	مهار	۲۲ تارگت نقشه برداری
۳۷/۵	تهران	۱۳۹۲	-۱۴	مقعر و محدب	سخت	غیر چسبنده	مهار	۲۵ تارگت نقشه برداری

مأخذ: عباس سروش. لزوم پایش جامع و ابزارگذاری در گودبرداری‌ها، ۱۳۹۲.

جدول ۵ مشخصات گودبرداری‌های متعددی را در دیگر کشورهای جهان ارائه می‌کند.

جدول ۵. مشخصات هندسی، نوع خاک، سیستم پایدارسازی و ابزارگذاری پروژه‌های گودبرداری در دیگر کشورها

عمق گود (متر)	محل پروژه	زمان اجرا	تراز آب زیرزمینی	پلان	نوع خاک (۱)	نوع خاک (۲)	سیستم پایدار سازی	مشخصات ابزارگذاری
۸/۵	آمریکا	۲۰۰۱	-۱۳	مقعر	سخت	غیر چسبنده	دیوار سپری و مهار	۱۰ تارگت نقشه برداری
۱۵/۰	آلمان غربی	۱۹۹۴	-۲	محدب	تقریبا نرم	چسبنده	شمع ومهار	۱۰ تارگت نقشه برداری و ترک سنج
۱۴/۵	آلمان	-	-۳	مقعر	تقریبا نرم	غیر چسبنده	دیوار دیافراگمی و مهار	۲ انحراف سنج و بار سنج
۲۴/۵	مالزی	۲۰۰۱	-۹	مقعر	سخت	چسبنده	دیوار دیافراگمی و مهار	یک انحراف سنج
۱۴/۰	ایرلند	-	-۵/۸	ندارد	سخت	چسبنده	شمع ومهار	انحراف سنج در شش نقطه و نقشه برداری
۸/۵	ایرلند	-	-	ندارد	نرم	غیر چسبنده	شمع ومهار	یک انحراف سنج
۱۸/۰	کرواسی	۱۹۹۹	-۱۰	مقعر	نرم	غیر چسبنده	دیوار دیافراگمی و مهار	سه انحراف سنج درون دیوار دیافراگمی
۸/۶	آمریکا	-	-	مقعر	نرم	غیر چسبنده	شمع ومهار	یک انحراف سنج
۱۳/۰	آمریکا	-	-۳	ندارد	نرم	غیر چسبنده	دیوار دیافراگمی و مهار	یک انحراف سنج
۱۳/۰	استرالیا	-	-۵/۲	مقعر	سخت	چسبنده	دیوار دیافراگمی و مهار	نقشه برداری
۷/۶	آمریکا	۱۹۹۱	-	ندارد	تقریبا نرم	غیر چسبنده	شمع ومهار	یک کرنش سنج و ۲۷ انحراف سنج و بارسنج
۱۲/۸	آمریکا	۲۰۰۱	-۵	محدب	تقریبا نرم	چسبنده	دیوار سپری و مهار	سه انحراف سنج و نقشه برداری
۱۷/۰	مالزی	-	-۱۲	مقعر	تقریبا سخت	چسبنده	شمع ومهار	دو انحراف سنج و ۱۲ عدد نشست سنج
۱۵/۷	مالزی	-	-۳	ندارد	تقریبا نرم	ترکیبی	دیوار دیافراگمی و مهار	بارسنج و انحراف سنج
۱۶/۰	مالزی	-	-۵	ندارد	سخت	چسبنده	دیوار سپری و مهار	سه انحراف سنج
۱۲/۸	آمریکا	-	-	مقعر	تقریبا نرم	غیر چسبنده	دیوار دیافراگمی و مهار	انحراف سنج
۸/۲	آمریکا	-	-۹	مقعر	سخت	چسبنده	شمع ومهار	انحراف سنج
۱۲/۰	سنگاپور	-	-۵	مقعر	نرم	چسبنده	میخکوبی	۱۸ انحراف سنج
۱۸/۰	آمریکا	۲۰۰۴	-۵	محدب	تقریبا نرم	غیر چسبنده	میخکوبی	۱۰۸ تارگت نقشه برداری و کرنش سنج
۹/۲	سنگاپور	۱۹۹۲	-	ندارد	سخت	چسبنده	میخکوبی	۵ انحراف سنج ۱۵ متری و ۳ کرنش سنج در هر نیل و سه عدد سلول فشار سنج پنتوماتیکی
۱۸/۰	آمریکا	-	-	ندارد	نرم	-	میخکوبی	دو انحراف سنج ۲۰ متری و نقشه برداری
۱۴/۵	مالزی	-	-	محدب	نرم	چسبنده	میخکوبی	۴ انحراف سنج و ۶۴ تارگت نقشه برداری و کرنش سنج روی میخ ها
۱۲/۰	ایرلند	-	-۲	ندارد	سخت	چسبنده	میخکوبی	۱ انحراف سنج و ۴ تارگت نقشه برداری و ۳ پیزومتر برای اندازه گیری فشار آب پشت دیواره و ۴ کرنش سنج در هر میخ
۱۸/۰	ترکیه	-	-	مقعر	سخت	غیر چسبنده	میخکوبی	۹ انحراف سنج در طول دیواره گود
۲۱/۷	ترکیه	۲۰۰۱	-	مقعر	تقریبا نرم	غیر چسبنده	میخکوبی	۴ انحراف سنج و نقشه برداری

مأخذ: همان.

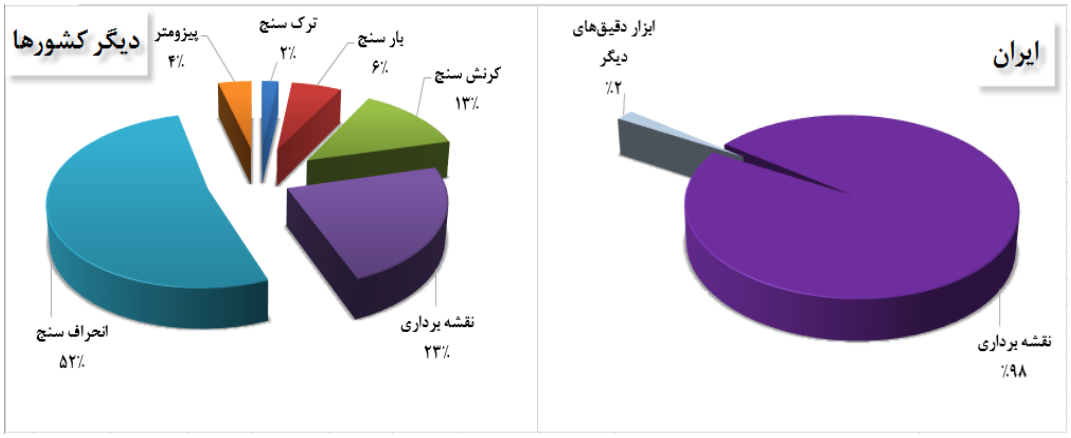
همان‌طور که ملاحظه می‌شود در کشورهای دیگر گودبرداری‌هایی با اعماق به مراتب کمتر از اعماق گودهای کشور ما، ابزارگذاری‌های بسیار بیشتر و متنوع‌تری را اجرا نموده‌اند. جدول ۶ عمق گودبرداری و نوع پایش را برای گودبرداری‌های داخلی و خارجی مقایسه می‌کند. نمودار ۱۱ نیز این مقایسه را در قالب نمودار کیکی ارائه کرده است.

جدول ۶. مقایسه میزان ابزارگذاری پروژه‌های گودبرداری در ایران و دیگر کشورها با توجه به عمق گود

	ایران	سایر کشورها
عمق گود برداری (متر)	۲۴ الی ۵۰	۸ الی ۲۰
نوع پایش	نقشه برداری (در موارد نادر، ابزار دقیق)	نقشه برداری و انحراف سنج، کرنش سنج، ترک سنج، فشار سنج، بار سنج و ....

مأخذ: همان.

نمودار ۱۱. مقایسه میزان ابزارگذاری و نوع ابزار مورد استفاده در پروژه‌های گودبرداری در ایران و دیگر کشورها



مأخذ: همان.

بنابراین ملاحظه می‌شود که نیاز به فرهنگ‌سازی در زمینه استفاده از ابزار دقیق در پروژه‌های گودبرداری ضمن وضع قوانین و آیین‌نامه‌های الزام‌آور و تبیین ارزش این امر در میان کارفرمایان و همچنین مجریان و طراحان ساختمان‌ها وجود دارد.

۲-۲. حوزه اجرا

۲-۲-۱. اجرا براساس دستورالعمل‌های اجرایی و مدارک فنی

در بخش مربوط به گودبرداری در نظام ساخت‌وساز کشور ما، کمبود دستورالعمل‌های اجرایی الزام‌آور به

روشنی دیده می‌شود. در حقیقت، مدارک فنی مستند و دستورالعمل‌های الزام‌آور برای اجرای انواع مختلف‌سازه نگهبان برای نقاط مختلف کشور برحسب نوع خاک و عوامل دیگر ضروری است. تعداد دستورالعمل‌ها در ایران انگشت‌شمار بوده و هریک نیز بسیار مختصر و کلی می‌باشند که در بخش مربوط به بررسی مدارک فنی به آنها اشاره خواهد شد. برای درک اهمیت مستندات فنی و دستورالعمل‌های اجرایی در موضوع گودبرداری، لیست بخشی از مدارک فنی مربوط به گودبرداری در کشور فرانسه به پیوست آمده است. در برخی کشورها، تنها یک جلد کتاب به ذکر لیست عناوین مدارک فنی مربوط به گودبرداری در آن کشور اختصاص داده شده که همگی فنی، دقیق و الزام‌آور است.

۲-۲-۲. اجرا ضمن رعایت نکات حرفه‌ای و تجربی

شیوه‌های اجرایی در گودبرداری و اجرای سازه نگهبان باید ضمن توجه به مرحله‌ای بودن حفاری و توقف‌های ضروری و بر اساس نوع خاک، نوع سازه نگهبان، عمق گود، حساسیت ساختمان‌های مجاور گود و .... تعیین گردد و بر اساس آن با توجه به ابعاد پروژه، امکانات پیمانکار و شرایط دیگر، برنامه زمانبندی تعیین گردد. همچنین هیچ‌گونه فشار نامعقولی از طرف کارفرما را نباید در اجرای پروژه‌های گودبرداری پذیرفت (حائری، ۱۳۹۲). در زمانبندی پروژه باید تا حد امکان منطقی و معقول عمل کرد و در هنگام اجرا عدم عجله و عدم سستی مد نظر باشد. در حقیقت سرعت اجرای بیش از حد منطقی در گودبرداری سبب عدم امکان تحلیل داده‌های پایش گود شده و نمی‌توان رفتار گود را پیش بینی نمود. اما با تحلیل دقیق نتایج پایش گود می‌توان سرعت مراحل بعدی را در صورت عدم وجود مورد خاصی، افزایش داد. همچنین تعلل در حین اجرا می‌تواند در اثر عواملی همچون بارندگی، سبب ایجاد مشکلاتی گردد.

۳-۲-۲. اجرا ضمن اصلاح طراحی با توجه به نتایج پایش گودبرداری

همان‌طور که در بخش قبلی ذکر شد، نتایج داده‌های ابزارگذاری پروژه در حین اجرا بسیار سودمند بوده و در صورت تحقق عملیات پایش و مانیتورینگ مؤثر برای یک پروژه گودبرداری، می‌توان عکس‌العمل مقتضی را در زمان لازم حین اجرا اعمال نمود. این عکس‌العمل می‌تواند به تغییر طرح سازه نگهبان، افزایش فرکانس پایش، توقف موقت عملیات، ابزارگذاری بیشتر و... در حین اجرای پروژه منجر گردد. در ادامه برخی از ویژگی‌های اجرایی یک پایش مؤثر به‌صورت تیتروار ارائه می‌گردد (سروش، ۱۳۹۲):

الف) ابزار کافی به لحاظ کمّوکیف،

ب) برنامه منظم پایش (دو هفته یکبار، هفتگی و یا حتی روزانه)،

ج) ثبت تمامی جزئیات اعم از نارسایی‌ها و ترک‌ها،

د) ثبت داده‌های پایش چشمی و مانیتورینگ اعم از تغییرمکان‌ها بر حسب زمان و نیز برحسب

عمق گودبرداری،

هـ) کنترل ساختمان‌های اطراف ضمن ترک‌سنجی، عکسبرداری و تعقیب تغییرات،

و) تفسیر و تحلیل دقیق و جزئی نتایج،

ز) نتیجه‌گیری نهایی و تصمیم‌گیری سریع و اقدام به‌موقع برای ادامه کار.

۳-۲. حوزه نظارت

از اجزای مهم و غیرقابل انکار موفقیت اجرای طرح هر پروژه، نظارت مستمر و قاطع در آن پروژه است. در پروژه‌های گودبرداری و اجرای سازه نگهبان نیز، نظارت دقیق بر شیوه اجرایی اجزای طرح و پیگیری و سخت‌گیری در اجرای صحیح مبتنی‌بر مبانی طراحی از ملزومات این پروژه‌هاست. این نظارت باید هم توسط تیم نظارت مقیم دستگاه نظارت بر تمامی مراحل اجرا و گروه‌های فعال در کارگاه و هم توسط پیمانکار اصلی برای پیمانکاران جزء صورت گیرد. در پروژه‌های EPC انجام نظارت عالیه مستقل و نیز مدیریت راهبردی توسط دستگاه نظارت ضروری است. همچنین هماهنگی، پیگیری و تصمیم‌گیری برای ادامه کار از طریق برگزاری جلسات هفتگی با حضور نماینده کارفرما یا مدیر طرح، پیمانکار، مشاور طراح و نظارت، مشاور کنترل طراحی و نظارت عالیه و مدیریت راهبردی حتی در پروژه‌های EPC نیز بسیار حائز اهمیت است. نظارت در بخش طراحی نیز به وسیله کنترل طراحی توسط مجموعه‌ای غیر از طراح اصلی توصیه شده است (حائری، ۱۳۹۲).

از لحاظ قانونی، نظارت بر گودبرداری در ساختمان‌ها به‌عهده ناظر ساختمانی است، اما هیچ‌گونه کنترلی برای بررسی صلاحیت ناظر در موضوع گودبرداری خصوصاً گودبرداری‌های عمیق در دست نیست. برای مثال در مورد پ از بند ۷-۳-۴-۴ مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان آمده است که «ناظر پروژه مسئول نظارت بر حسن انجام مراحل پایش است». در صورتی که کنترل عملیات پایش در تخصص مهندس ژئوتکنیک بوده و ناظران ساختمانی الزامی برای آشنا بودن با روند عملیات پایش گود ندارند. این مسئله برای مجریان و محاسبان (طراح) ساختمانی نیز صادق است. درواقع جز در مواردی خاص (گودهای بالای ۲۰ متر) که مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان بدان اشاره دارد، ناظر گودبرداری همان ناظر ساختمان است. لزوم تفکیک بخش ژئوتکنیک به‌عنوان بخشی مستقل در بخش‌های بعدی توضیح داده خواهد شد.

وجود مجموعه عوامل نظارت (دستگاه نظارت) به‌دلایلی همچون: حساسیت عملیات اجرایی در محیط‌های شهری، مخاطرات احتمالی پیش‌بینی شده و نشده، ورود اشخاص ثالث، لزوم پیوستگی عملیات و زمانبندی مناسب و تأثیر جنبه‌های اقتصادی و منابع مالی، از ملزومات پروژه‌های پایدارسازی گود، فارغ از روش پایدارسازی و نوع قرارداد اجرایی بوده و در کلیه مراحل یک پروژه گودبرداری

لازم‌الاجرا می‌باشد. مراحل نظارت در پروژه‌های گودبرداری از سه مرحله شناخت، ارزیابی و اجرا تشکیل شده است (عالم‌زاده، ۱۳۹۲). در مرحله شناخت، عواملی همچون شناخت ساختگاه و حومه (اعم از حدود قطعی محدوده گودبرداری، ساختمان‌های پیرامونی، تأسیسات شهری، معارضان محلی و موانع همسایگی، نحوه و امکان مدیریت بحران و رقوم آب زیرسطحی) شناخت طرح پایدارسازی، شناخت پیمانکار، شناخت کارفرما و شناخت ابزارهای کنترلی مورد توجه هستند.

در مرحله ارزیابی، با توجه به اینکه عملیات اجرایی گودبرداری همانند سایر عملیات اجرایی نبوده و توقف و تعلیق در آن می تواند مخاطراتی در پی داشته باشد لذا با نتایج حاصل از مرحله شناخت، ارزیابی انجام و کمبودها شناسایی و مرتفع گشته و سپس با مسئولیت دستگاه نظارت، شرایط برای احراز امکان شروع عملیات فراهم می‌شود.

منظور از مرحله اجرا، اجرایی کردن عملیات نظارت می‌باشد که در سه مرحله کنترل و بازدیدهای دوره‌ای، نظارت و ثبت عملیات اجرایی و اتمام عملیات اجرایی صورت می‌پذیرد. در مرحله کنترل و بازدیدهای دوره‌ای پس از تأمین منابعی همچون پرسنل فنی و اجرایی، تجهیزات و ماشین‌آلات، تدارک مصالح لازم و گردش مالی در کارگاه، کنترل پروژه با توجه به حفاظت فنی، ایمنی و بهداشت (HSE) و نیز نتایج پایش حاصل از ابزاربندی و اندازه‌گیری‌ها صورت می‌گیرد. در مرحله نظارت و ثبت عملیات اجرایی، بخش اصلی اجرای کار مورد نظارت قرار می‌گیرد. در این مرحله خاک تحت‌الارضی پس از حفاری بررسی شده و مغایرت احتمالی آن با گزارش‌های قبلی بررسی می‌شود. همچنین تأیید مراحل عملیات در این بخش شامل مراحل خاکبرداری، مراحل پایدارسازی و تثبیت، به‌صورت مرحله به مرحله ضمن پیشرفت عملیات اجرایی، صورت می‌گیرد. کنترل و هدایت آب زیرسطحی (در صورت لزوم)، شناخت و رفع محدودیت‌های عمومی و موردی، تأیید و تفسیر نتایج آزمایشگاه، مستندسازی و شناسنامه‌دار کردن عملیات و مدیریت بحران و حادثه (در صورت بروز) از دیگر بخش‌های این مرحله هستند. در مرحله اتمام عملیات ساختمانی نیز کنترل تهیه نقشه‌های چون ساخت (As built) جمع‌بندی مستندات صورت می‌گیرد.

۳. حوزه کارفرمایی و سرمایه‌گذاری

در غالب موارد در پروژه‌های گودبرداری، کارفرما همان مالک با سرمایه‌گذاری شخصی بوده و معمولاً بدون اشراف فنی به موضوع گودبرداری است. کارفرمایان (مالکین) یا نمایندگان آنها با آنکه خود ذینفع اصلی ساخت‌وساز توأم با کیفیت و بدون حادثه هستند، ولی اغلب به‌دلیل عدم تخصص در مدیریت پروژه‌های ساختمانی، خود در ردیف اصلی‌ترین مقصران در ریزش گودبرداری‌ها قرار می‌گیرند.

اشتباه اصلی اغلب کارفرمایان در روش انتخاب پیمانکار گودبرداری و برگزاری نامناسب مناقصه انتخاب

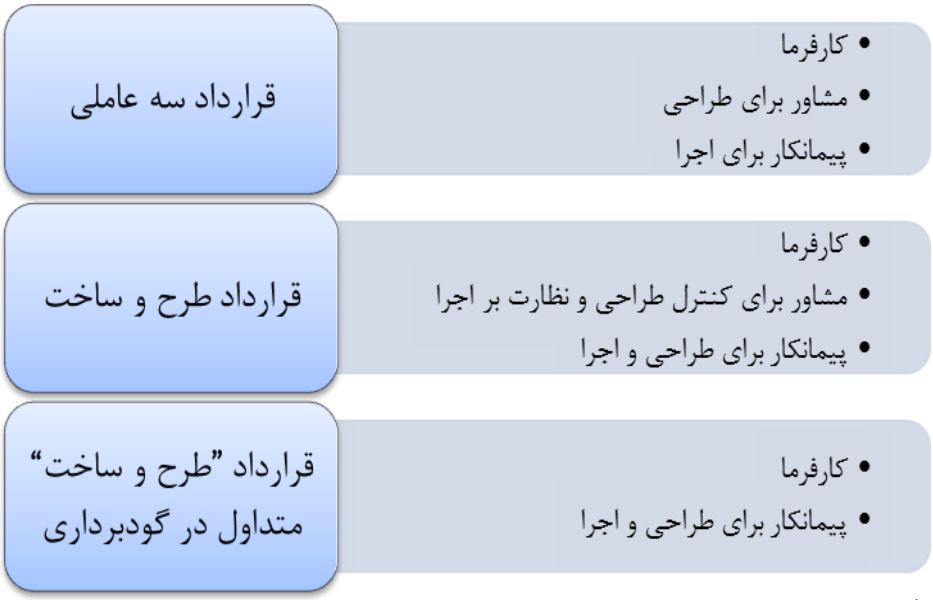
پیمانکار نهفته است. در حقیقت عدم تهیه مدارک اولیه مناسب جهت برگزاری مناقصه، عدم تهیه شرح خدمات کامل و ایمن گودبرداری و عدم توجه کافی به ابعاد کیفی و ایمن کار همزمان با چانه‌زنی‌های مالی توسط کارفرمایان سبب برگزاری نامناسب مناقصه‌ها در پروژه‌های گودبرداری می‌گردد.

مشکلات متداول در اسناد مناقصه‌های پروژه‌های گودبرداری و اجرای سازه نگهبان به‌شرح زیر است (فاخر، ۱۳۹۲):

ـ اسناد مناقصه فاقد معیارها و مبانی طراحی است. برای مثال نشست مجاز ابنیه مجاور گود در آنها نمی‌آید. بنابراین شرکتی برنده مناقصه است که معیارهای سهل‌گیرانه‌تر را به‌کار می‌برد. برای مثال می‌توان به عدم تعیین حداقل زهکشی مورد نیاز و یا عدم تعیین حداقل پایش و اندازه‌گیری‌های حین اجرا و نیز عدم تعیین روش برخورد با ریسک‌های ژئوتکنیکی در اسناد مناقصه اشاره نمود. بنابراین شرکتی که به زهکشی آب از محل پروژه توجهی نمی‌کند و یا پایش چندانی برای گود در نظر نمی‌گیرد و یا ریسک کمتری در نظر می‌گیرد برنده مناقصه خواهد بود.

ـ اشتباه دیگر مالکین این است که گودبرداری را به‌صورت قرارداد «طرح و ساخت» به پیمانکار واگذار می‌کنند، ولی مشاور تخصصی برای کنترل طراحی و نظارت بر اجرا به‌کار نمی‌گیرند. طبق دستورالعمل سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی (۱۳۸۴)، طراحی پیمانکار در قراردادهای «طرح و ساخت» باید توسط مشاور کارفرما کنترل شود. در نمودار ۱۲ نحوه قرارداد مناسب برای پروژه‌های گودبرداری در قالب فلوچارت ارائه شده است که مورد سوم نامناسب بوده و مورد دوم مناسب می‌باشد.

نمودار ۱۲. انواع قراردادها و قرارداد مناسب برای پروژه‌های گودبرداری



مأخذ: علی فاخر، معرفی عوامل مؤثر در ریزش گود، ۱۳۹۲.

۴. حوزه مدارک فنی

در حوزه مدارک فنی مربوط به بحث گودبرداری و اجرای سازه نگهبان، همان‌طور که قبلاً نیز اشاره گردید، کمبودهای زیادی وجود دارد. مدارک فنی در بحث گودبرداری در کشورهایی توسعه یافته همچون فرانسه بسیار گسترده بوده و همچنین الزام‌آور می‌باشند. در کشور ما به استناد ماده (۳۳) قانون نظام مهندسی، آیین‌نامه اجرایی ماده (۳۳) قانون نظام مهندسی ساختمان در سال ۱۳۸۳ تهیه شده، و پس از ۹ سال براساس این آیین‌نامه یک دستورالعمل درخصوص گودبرداری با عنوان دستورالعمل اجرایی گودبرداری‌های ساختمانی در سال ۱۳۹۲ به تصویب وزارت راه و شهرسازی وقت رسیده که اگرچه مفید بوده، اما بسیار کلی و مختصر می‌باشد (ماده (۳۳) قامون نظان مهندسی ساختمان و دستورالعمل اجرایی گودبرداری‌های ساختمانی در پیوست ۲ آمده است). در این دستورالعمل، از لحاظ فنی به مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان که درخصوص مباحث ژئوتکنیکی تدوین شده است استناد می‌شود که این مبحث نیز در مقایسه با نیاز این حوزه و مقایسه با دستورالعمل‌های فنی کشورهای پیشرفته (که گاهاً تنها یک جلد کتاب به ارائه تیتروار لیست دستورالعمل‌های موجود در این حوزه اختصاص داده شده است همانند پیوست ۱ بسیار محدود بوده و نیاز به تهیه مدارک فنی و راهنماهای جامع‌تر برای کارفرمایان، طراحان، مجریان و ناظران به چشم می‌خورد.

۵. بستر مقررات و الزامات حقوقی و قوانین

نظام ساخت‌وساز یک کشور باید از لحاظ قانونی و الزامات حقوقی مربوط به گودبرداری‌ها، کاملاً غنی بوده و برای رشته مهندسی ژئوتکنیک (مهندسی خاک و پی) به‌عنوان رشته مهندسی مربوط به این پروژه‌ها، حساب ویژه‌ای باز نماید. سازمان نظام مهندسی و شهرداری، متولیان تهیه این سازوکارها هستند که البته در نظام ساخت‌وساز ایران، توجه دقیقی به این موضوع صورت نگرفته است. در سازمان نظام مهندسی، ژئوتکنیک به‌عنوان خدمات کنترلی محسوب می‌شود. در حقیقت متولی طراحی سازه‌های ژئوتکنیکی همچون سازه نگهبان گودبرداری و یا شمع‌های زیر پی یک ساختمان، به‌عهده مهندس محاسب پروژه بوده که هیچ الزامی جز در موارد خاص برای آشنایی وی با مهندسی ژئوتکنیک در قوانین سازمان نظام مهندسی وجود ندارد. همچنین برای ناظر و احیاناً مجری ساختمان نیز الزامی در این خصوص وجود ندارد. این درحالی است که استفاده از گزارش ژئوتکنیک و طراحی سازه نگهبان، موضوع مهندسی ژئوتکنیک می‌باشد و تمام بخش‌هایی که در این گزارش از بحث‌های طراحی و اجرا و نظارت و پایش و... گذشت نیاز به علم ژئوتکنیک دارد.

در شهرداری‌ها، ژئوتکنیک به‌عنوان خدمات فنی و آزمایشگاهی (گتمیری، ۱۳۹۲) مربوط به دوره

قبل از شروع پروژه بوده که معرفی آن با عنوان شناسایی‌های ژئوتکنیکی در بخش‌های قبل گذشت. بنابراین ژئوتکنیک در شهرداری‌ها تنها به‌صورت یک گزارش قبل از شروع پروژه شناخته شده که آن هم با توجه به توضیحاتی که در ادامه خواهد آمد ابزاری برای سودجویی برخی از دلالان استفاده از ضعف‌های قانونی، قرار گرفته است.

استفاده از علم ژئوتکنیک در همین سطح حداقلی مربوط به شناسایی‌های ژئوتکنیکی نیز که تا سال ۱۳۸۷ضمن اجرا در قالب سیستم تجربه شده سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور جهت تعیین صلاحیت مشاوران ژئوتکنیک کاربرد داشت، با مشکلاتی مواجه شد. در سال ۱۳۸۷ با ابلاغ دستورالعمل تشخیص صلاحیت و صدور پروانه اشتغال به‌کار شرکت‌های خدمات فنی آزمایشگاهی (دستورالعمل شماره ۱۰۵۹۱/۱۰۰/۰۲ مورخ ۱۳۸۷/۰۳/۱۱) سیستم ناکارآمدی توسط وزارت راه و شهرسازی وقت، پیاده شد. این دستورالعمل در عمل باعث کاهش شدید کیفیت شناسایی‌های ژئوتکنیکی شد. برخی از اشتباهات بارز دستورالعمل قبلی پس از اعتراضات حرفه‌ای و لطمات کیفیتی به حرفه ژئوتکنیک، اصلاح گردید و ویرایش جدید آن با عنوان اصلاحیه دستورالعمل تشخیص صلاحیت و صدور پروانه اشتغال به‌کار شرکت‌های خدمات فنی آزمایشگاهی (بخشنامه شماره ۵۵۷۴۵/۴۰۰/۹۱ مورخ ۱۳۹۱/۰۹/۱۱) منتشر شد، اما مشکلات اصلی همچنان به قوت خود باقی است. برخی از مشکلات تشخیص صلاحیت شرکت‌های خدمات فنی و آزمایشگاهی براساس دستورالعمل فوق توسط وزارت راه و شهرسازی عبارتند از (فاخر، ۱۳۹۲):

۱. شرط‌های نامرتبط با علم ژئوتکنیک که شامل حال بسیاری از مشاوران ژئوتکنیک معتبر و باسابقه نمی‌شود.

۲. عدم استفاده از سال‌ها تجربه سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی در تعیین صلاحیت.

۳. شرکت ژئوتکنیکی یا اعضای آن نباید لزوماً عضو نظام مهندسی باشند. هر شرکتی که به صنعت ساختمان خدمات می‌دهد لازم نیست عضو نظام مهندسی ساختمان باشد. اما در این دستورالعمل، عضویت داشتن در سازمان نظام مهندسی ساختمان شرط شده است و همین امر سبب کنار رفتن بسیاری از مشاوران معتبر این رشته از این حوزه شده و فرصت برای دلالی و امضا فروشی در این حوزه و یا حداقل ارائه خدمات بی‌کیفیت و غیرمهندسی باز شده است.

برای مثال می‌توان به بند زیر از این دستورالعمل اشاره کرد.

«بند ۲-۴: مدیر عامل شرکت باید دارای پروانه اشتغال به‌کار مهندسی ساختمان حداقل **در پایه مورد درخواست** و دارای مدرک تحصیلی متناسب در یکی از رشته‌های موضوع بند «۱-۱» باشد.

ـ رشته‌های متناسب با موضوع آزمایشگاه ژئوتکنیک، کارشناسی عمران ـ عمران، کارشناسی عمران با گرایش خاک، کارشناسی ارشد ژئوتکنیک و یا خاک و پی با پایه عمران و رشته‌های غیرمتناسب

(سایر رشته‌های هفت‌گانه مهندسی ساختمان، فیزیک، زمین‌شناسی، معدن، شیمی و جغرافیای طبیعی) می‌باشد».

ـ انجام آزمایش‌های مصالح و موارد خاص برحسب نیاز باید در یکی از آزمایشگاه‌های مرجع دارای صلاحیت، (آزمایشگاه مکانیک خاک وزارت راه، ساخت آزما، دانشگاه‌های معتبر و...) انجام گردد.

همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، با مشروط نمودن خدمات حرفه ژئوتکنیک به عضویت در نظام مهندسی ساختمان و منحصر نمودن خدمات به آزمایشگاه‌های خاص، بسیاری از شرکت‌ها و افراد باسابقه و با تجربه در کشور امکان ارائه خدمات در این حوزه را ندارند. راه‌حل برای مشکلات تعیین صلاحیت مشاوران ژئوتکنیک را می‌توان به این صورت بیان نمود که وزارت راه و شهرسازی به ارائه دستورالعمل جدید نپردازد و راه پیموده شده در بیش از ۵۰ سال را دوباره تجربه نکند. سیستم تشخیص صلاحیت سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی برای وزارت راه و شهرسازی هم ملاک باشد.

همچنین در سطحی بالاتر در قوانین نظام مهندسی ساختمان، ژئوتکنیک باید از قالب خدمات کنترلی و آزمایشگاهی خارج شده و به‌عنوان رشته اصلی درنظر گرفته شود. به این ترتیب هر ساختمان برای بخش‌های ژئوتکنیکی خود اعم از شناسایی‌های ژئوتکنیکی، گودبرداری و اجرای سازه نگهبان و طراحی و اجرای فونداسیون، به محاسب و ناظر ژئوتکنیک مستقل نیاز داشته و طراحی، اجرا و نظارت تخصصی در این حوزه صورت خواهد گرفت.

کوتاهی‌های مراجع قانونگذاری، حاکمیتی و نظارتی دیگری نیز در گودبرداری‌ها قابل مشاهده است. برخی از علل این ادعا عبارت است از (فاخر، ۱۳۹۲):

۱. نبود سیستم تعیین صلاحیت برای: الف) طراحی، ب) اجرا و ج) طرح و اجرای گودبرداری.

۲. نبود دستورالعمل‌های فنی مناسب برای طراحی و اجرای گود در مناطق شهری.

۳. نبود دستورالعمل اجرایی کامل برای تعیین شرح وظایف و مسئولیت‌های عوامل درگیر در پروژه.

بنابراین نتیجه عوامل فوق این خواهد بود که شرایط برای حضور متخصصین رشته ژئوتکنیک اعم از عوامل طراحی و اجرایی کارآمد و ذیصلاح مهیا نبوده و بستر برای سودجویی دلالان جهت استفاده از ضعف‌های قانونی فوق مهیا می‌گردد.

این بخش را با ذکر یک مثال از مشکلات حاصل از ضعف قانونی در گودبرداری‌ها به پایان می‌بریم. یکی از مثال‌هایی که می‌توان در آن در بحث پایدارسازی گودها، خلأ قانونی را مشاهده نمود درخصوص سازه‌های نگهبانی است که اجرای آنها نیاز به تجاوز به خاک زیر پی همسایه را دارد. در حقیقت روش‌هایی مانند میخکوبی جهت پایدارسازی گود، تجاوز به حریم همسایه است و در مواردی که همسایه اطلاع یابد و اجازه تجاوز ندهد، کارفرما اجازه ندارد از روش‌هایی مانند میخکوبی استفاده نماید. نبود راه‌حل قانونی مناسب در این مسئله، هم به ضرر همسایگان و هم به ضرر کارفرمایان تمام شده است. اولاً در بسیاری از گودبرداری‌ها که از روش‌هایی مانند میخکوبی استفاده شده است،

همسایگان به‌دلیل عدم اشراف فنی و قانونی به حق خود، هیچ مخالفتی با اجرای این روش‌ها ننموده‌اند و کارفرمایان بدون اطلاع همسایگان، این روش‌ها را به‌کار برده‌اند. حال زمانی که همسایگان بخواهند برای ساخت منزل خود گودبرداری نمایند با مشکلات حفاری روبرو خواهند شد زیرا المان‌های پایدارکننده فولادی در زمین آنها قرار گرفته است. از طرفی گاهی بهترین و مقرون به صرفه‌ترین روش برای پایدارسازی گودبرداری روش‌های دارای میخکوبی هستند، اما همسایگان از حق خود مطلع شده و اجازه تجاوز به خاک زیر پی ساختمان خود را نداده‌اند و بنابراین کارفرمای پروژه مجبور به صرف هزینه بیشتری برای پایدارسازی ضلعی از گود که در مجاورت ساختمان همسایه ناراضی بوده، شده است. حال برای مثال در نظر بگیرید که اگر یک قانون در این مسئله وضع می‌شد که مثلاً در صورت تجاوز به خاک زیر پی همسایه جهت پایدارسازی گود، کارفرما موظف است به سبب افزایش هزینه گودبرداری احتمالی همسایه در آینده و یا به‌عبارت دیگر افزایش هزینه همسایه برای گودبرداری به‌دلیل وجود المان‌های فولادی پروژه حاضر در زمینش، هزینه‌ای را به همسایه بپردازد، سبب می‌شود تا نه همسایگان به سبب غفلت خود از حق خود بی‌بهره بمانند و نه کارفرمایان مجبور به تغییر طرح و افزایش هزینه گردند.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

۱. ضرورت راه‌اندازی یک سیستم جامع بانک اطلاعات جهت پهنه‌بندی ژئوتکنیکی و زمین‌شناسی مهندسی در سراسر کشور که توسط اینترنت قابل دسترس باشد.

۲. پهنه‌بندی سطح خطر در مناطق مختلف شهری براساس تجارب قبلی موجود و تعیین حداکثر عمق مجاز گودبرداری در هر منطقه با توجه به شرایط مختلف محیطی حاکم.

۳. ضرورت تعیین و تصویب حداقل پایش و ابزارگذاری مورد نیاز در گودبرداری‌های عمیق شهری با توجه به سطح خطر و اهمیت پروژه و اختصاص درصد مشخصی از هزینه پروژه به حداقل پایش در گودبرداری‌ها.

۴. انجام با کیفیت شناسایی‌های ژئوتکنیکی و تهیه شرح خدمات کامل برای آنها ضمن اصلاح دستورالعمل‌های تشخیص صلاحیت وزارت راه و شهرسازی برای انتخاب مشاوران شایسته و معتبر در رشته ژئوتکنیک.

۵. کوتاهی‌های مراجع نظارتی در تدوین دستورالعمل‌های منسجم مرتبط با گود به چشم می‌خورد.

۶. خطوط کلی طرح پیشنهادی ارتقای نظام ساخت‌وساز شهری در رابطه با گودبرداری به ترتیب زیر پیشنهاد شده است:

- تغییر قانون نظام مهندسی و در نظر گرفتن حوزه ژئوتکنیک به‌عنوان یک رشته اصلی.

- تغییر بخشنامه‌های شهرداری و تبدیل ژئوتکنیک از خدمات فنی ـ آزمایشگاهی به‌عنوان رشته اصلی.
- تدوین آیین‌نامه‌های رتبه‌بندی و صلاحیت فعالان این حوزه (طراحی ـ اجرا ـ نظارت).
- تدوین دستورالعمل‌های فنی:

ـ مطالعات ژئوتکنیکی،

ـ روش‌های متفاوت پایدارسازی.

- همسان‌سازی قوانین در حوزه‌های ساخت‌وساز خصوصی شهری و طرح‌های سرمایه‌گذاری عمرانی.
- دخالت وزارت راه و شهرسازی و سازمان برنامه و بودجه در حوزه شهری.
- به‌کارگیری سیاست‌ها، تمهیدات تشویقی و تنبیهی توسط ارگان‌های مستقیم و ارگان‌های کمکی (بیمه‌ها).
- تدوین مقررات و الزامات حقوقی ساخت‌وساز در حوزه شهری.

پیوست‌ها

پیوست ۱

لیست نام بخشی از مدارک فنی درخصوص گودبرداری در کشور فرانسه (گتمیری، ۱۳۹۲).

Partie 5: Normes d'Exécution des Travaux Géotechniques (CN ETG) Norme d'origine européenne ET Internationale.

NF EN 1536 (P 94-310) Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Pieux forés. 10-2010.

NF EN 1537 (P 94-321) Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Tirants d'ancrage. EN COURS DE REVISION 04-2000.

NF EN 1538 (P 94-320) Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Parois moulées. 10-2010.

NF EN 12063 (P 94-322) Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Rideaux de palplanches. 08-1999

NF EN 12699 (P 94-311) Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Pieux avec refoulement du sol.
EN COURS DE REVISION 03-2001.

NF EN 12715 (P 94-330) Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Injection. 10-2000.

NF EN 12716 (P 94-331) Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Colonnes, panneaux et structures de sol-ciment réalisées par jet. 10-2001.

NF EN 14199 (P 94-313) Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Micropieux.
EN COURS DE REVISION 09-2005.

NF EN 14475 (P 94-326) Exécution de travaux géotechniques spéciaux - Remblais renforcés. 01-2007.

NF EN 14490 (P 94-328) Exécution de travaux géotechniques spéciaux – Clouage. 09-2010.

NF EN 14679 (P 94-334) Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Colonnes de sol traité. 09-2005.

NF EN 14731 (P 94-340) Exécution de travaux géotechniques spéciaux - Amélioration des massifs de sol par vibration. 12-2005.

NF EN 15237 (P94-337) Exécution des travaux géotechniques spéciaux. - Drains verticaux. 05-2007.

NF P 94-325-1 Exécution des travaux géotechniques. - Ouvrages en gabions en grillage métallique à maille hexagonale double torsion Partie 1 : Ouvrages hors site aquatique. (3ème tirage 01/11/06). 03-2004.

NF P 94-325-2 Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Ouvrages en gabions en grillage métallique à maille hexagonale double torsion - Partie 2: ouvrages en site aquatique. 11-2006 12/40.

پیوست ۲

ماده (۳۳) قانون نظام مهندسی

ماده (۳۳) – اصول و قواعد فنی که رعایت آنها در طراحی، محاسبه، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری ساختمان‌ها به‌منظور اطمینان از ایمنی، بهداشت، بهره‌دهی مناسب، آسایش و صرفه اقتصادی ضروری است، به‌وسیله وزارت مسکن و شهرسازی تدوین خواهد شد. حوزه شمول این اصول و قواعد و ترتیب کنترل اجرای آنها و حدود اختیارات و وظایف سازمان‌ها عهده‌دار کنترل و ترویج این اصول و قواعد در هر مبحث به‌موجب آیین‌نامه‌ای خواهد بود که به‌وسیله وزارتخانه‌های مسکن و شهرسازی و کشور تهیه و به تصویب هیئت وزیران خواهد رسید. مجموعه اصول و قواعد فنی و آیین‌نامه کنترل و اجرای آنها مقررات ملی ساختمان را تشکیل می‌دهند. سازمان‌های استان می‌توانند متناسب با شرایط ویژه هر استان پیشنهاد تغییرات خاصی را در مقررات ملی ساختمان قابل اجرا در آن استان بدهند. این پیشنهادها پس از تأیید شورای فنی استان ذیربط با تصویب وزارت مسکن و شهرسازی قابل اجرا خواهد بود.

دستورالعمل اجرایی گودبرداری‌های ساختمانی

وزارت راه و شهرسازی به استناد آیین‌نامه اجرایی ماده (۳۳) قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان مصوب ۱۳۸۳ هیئت وزیران، دستورالعمل اجرایی گودبرداری‌های ساختمانی را به‌منظور انتظام روند انجام گودبرداری‌های ساختمانی و تعیین وظایف و مسئولیت‌های عوامل دست‌اندرکار، به‌شرح ذیل در سطح کشور ابلاغ می‌نماید.

فصل اول ـ کلیات

ماده (۱) – هدف

این دستورالعمل به‌منظور تعیین مراحل کار و مسئولیت اشخاص مختلف دست‌اندرکار در گودبرداری‌های ساختمانی شامل صاحب کار، سازنده (مجری)، مهندسین ناظر و طراح، سازمان نظام مهندسی ساختمان استان، شهرداری‌ها یا سایر مراجع صدور پروانه و شرکت‌های خدمات فنی آزمایشگاهی ژئوتکنیک، با توجه به ضوابط مندرج در مباحث دوم، هفتم و دوازدهم مقررات ملّی ساختمان تهیه شده است.

ماده (۲)– دامنه کاربرد

دامنه کاربرد این دستورالعمل کلیه گودبرداری‌های ساختمانی در تمامی نقاط واقع در حوزه شمول قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان می‌باشد.

ماده (۳) - تعاریف

اصطلاحات زیر در این دستورالعمل با این معانی به‌کار رفته است:

گودبرداری: گودبرداری به هرگونه حفاری و خاکبرداری در تراز پایین‌تر از سطح طبیعی زمین یا در تراز پایین‌تر از زیر پی ساختمان مجاور اطلاق می‌شود.

سازنده: سازنده (مجری) شخص حقیقی یا حقوقی دارای پروانه اشتغال به‌کار اجرای ساختمان از وزارت راه و شهرسازی است که به‌عنوان پیمانکار کل، اجرای عملیات ساختمانی را برعهده دارد.

صاحب کار: صاحب کار شخص حقیقی یا حقوقی مالک یا قائم مقام قانونی مالک کارگاه ساختمانی است که انجام عملیات گودبرداری را طبق قرارداد کتبی به سازنده واگذار می‌نماید. در صورتی که صاحب‌کار دارای پروانه اشتغال به‌کار اجرای ساختمان باشد، می‌تواند خود به‌عنوان سازنده فعالیت نماید.

طراح: طراح یا محاسب سازه ساختمان شخص حقیقی شاغل به‌کار در دفتر مهندسی یا شخص حقوقی طراحی ساختمان است که براساس پروانه اشتغال به‌کار مهندسی معتبر در زمینه طراحی در رشته عمران از وزارت راه و شهرسازی، انجام طراحی و محاسبات ساختمان را در حدود صلاحیت و ظرفیت مندرج در پروانه اشتغال به کار مهندسی برعهده دارد.

ناظر: ناظر شخص حقیقی یا حقوقی دارای پروانه اشتغال به‌کار معتبر در زمینه نظارت از وزارت راه و شهرسازی است که در حدود صلاحیت و ظرفیت مندرج در پروانه اشتغال به‌کار بر اجرای صحیح عملیات ساختمانی نظارت می‌کند.

شرکت خدمات فنی آزمایشگاهی ژئوتکنیک: شرکت خدمات فنی آزمایشگاهی ژئوتکنیک، شرکتی است که توانایی انجام مطالعات و همچنین طراحی‌های ذکر شده در این دستورالعمل را داشته و براساس دستورالعمل تشخیص صلاحیت وزارت راه و شهرسازی احراز صلاحیت شده باشد.

سطح خطر گودبرداری: سطح خطر گودبرداری‌ها با توجه به عمق گود، نوع خاک، وجود آب، وجود منبع ارتعاش در مجاورت گود و حساسیت ساختمان‌های مجاور آن به‌صورت گودبرداری با خطر معمولی، زیاد و بسیار زیاد تعیین می‌شود. ارزیابی سطح خطر گودبرداری براساس ضوابط مندرج در مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان (پی و پی‌سازی) انجام خواهد شد.

جلسه مشترک: جلسه مشترک، جلسه‌ای است که در گودهای با خطر زیاد و بسیار زیاد پیش از انجام عملیات گودبرداری به‌منظور مرور و کنترل نقشه‌های اجرایی، توجیه و هماهنگی انجام عملیات و با حضور صاحب‌کار، ناظر، طراح، سازنده و نماینده فنی شهرداری در محل احداث ساختمان تشکیل خواهد شد.

مسئول ایمنی کارگاه گودبرداری: مسئول ایمنی کارگاه گودبرداری شخص حقیقی دارای

حداقل پروانه اشتغال به‌کار کاردانی در رشته عمران یا معماری است کـه در گودهـای بـا خطـر زیـاد و بسیار زیاد جهت مراقبت از رعایت ایمنی در کارگاه به‌کار گرفته می‌شود.

فصل دوم ـ وظایف و مسئولیت‌های اشخاص دست‌اندرکار پروژه‌های گودبرداری ساختمانی

ماده (۴) – صاحب‌کار

در پروژه‌های گودبرداری ساختمانی اهم مسئولیت‌های صاحب‌کار شامل موارد زیر می‌باشد:

۴-۱. صاحب کار موظف است مشخصات فنی املاک مجاور ملک خود را از شهرداری اخـذ و در اختیـار طراح پروژه قرار دهد.

۴-۲. صاحب‌کار موظف است در تمامی مراحل کار کلیه تجهیـزات و منـابع مـالی را کـه بـرای تـأمین ایمنی گودبرداری توسط طراح، شرکت خدمات فنی آزمایشگاهی ژئوتکنیک یا ناظر ضـروری تشـخیص داده می‌شود در اختیار سازنده قرار دهد.

۴-۳. صاحب‌کار در صورت پیشنهاد و درخواست کتبی طراح موظـف اسـت بـرای انجـام روش‌هـایی از پایدارسازی گود که مستلزم خارج شدن از محدوده مالکیت می‌گردد (از قبیل نیلینگ و انکـراژ) نسـبت به مطلع نمودن کلیه همجواری‌های ذینفع اقدام نماید.

ماده (۵) – طراح

در پروژه‌های گودبرداری ساختمانی، اهم مسئولیت‌های طراح شامل موارد زیر است:

۵-۱. بررسی صحت اطلاعات املاک مجاور اخذ شده توسط صاحب‌کار از شهرداری.

۵-۲. انجام ارزیابی اولیه خطر گود و تکمیل چک‌لیست ارزیابی خطر گودبرداری.

۵-۳. ارائه گزارش طراحی و نقشه‌های اجرایی ایمنی گودبرداری و ارائه دستورالعمل‌های اجرایی.

۵-۴. ارائه «گزارش بررسی وضعیت ساختمان‌های مجاور»، تحلیل اثرات ایجاد گود بر آنها و در صـورت نیاز طراحی عملیات اجرایی محافظت از ساختمان‌های مجاور و یا ارائه روش‌های مقاوم ساختن آنهـا در برابـر اثـرات ناشـی از تخریـب و گـودبرداری مـوردنظر، ارائـه نقشـه‌هـای اجرایـی مربوطـه و ارائـه دستورالعمل‌های اجرایی و مسئولیت‌های ۵-۳.

تبصره «۱»– در گودهای با خطر زیاد یا بسیار زیاد طراح باید تهیه گزارش و نقشـه‌هـای موضـوع بندهای طراحی را طی یک قـرارداد کتبـی بـه شـرکت خـدمات فنـی آزمایشـگاهی ژئوتکنیـک دارای صلاحیت محول نماید.

تبصره «۲»– در گودهای با سطح خطر معمولی طراح می‌تواند در صورت نیاز از نظرات مهنـدس متخصص ژئوتکنیک استفاده نماید.

۵-۵. تکمیل قسمت مربوط در فرم درخواست صدور مجوز شروع عملیات ساختمانی.

۶-۵. حضور در جلسه مشترک در محل احداث ساختمان برای گودهای با خطر زیاد یا بسیار زیاد.

ماده (۶)- سازنده

در گودهای با خطر زیاد یا بسیار زیاد فقط باید از سازنده حقوقی استفاده شود. در پروژه‌های گودبرداری ساختمانی اهم مسئولیت‌های سازنده شامل موارد زیر می‌باشد:

۶-۱. تکمیل قسمت مربوطه فرم درخواست صدور مجوز شروع عملیات ساختمانی.

۶-۲. کنترل و بررسی گزارش طراحی، نقشه‌های اجرایی ایمنی گودبرداری و دستورالعمل‌های اجرایی تهیه شده توسط طراح از نظر مطابقت با یکدیگر و با وضعیت محلی و اصول فنی.

۶-۳. کنترل «گزارش بررسی وضعیت ساختمان‌های مجاور» (تهیه شده توسط طراح).

۶-۴. نصب تابلوهای اعلام مشخصات گودبرداری و هشدارهای ایمنی یک هفته پیش از شروع عملیات گودبرداری.

۶-۵. حضور در جلسه مشترک در محل احداث ساختمان برای گودهای با خطر زیاد یا بسیار زیاد.

۶-۶. انتخاب جزئیات روش گودبرداری، استفاده از ماشین‌آلات مناسب، رعایت اصول ایمنی و پایش (مونیتورینگ) ساختمان‌های مجاور براساس نظر طراح یا شرکت خدمات فنی آزمایشگاهی ژئوتکنیک.

۶-۷. به‌کارگیری مسئول ایمنی کارگاه گودبرداری در گودهای با خطر زیاد یا بسیار زیاد.

۶-۸. سازنده موظف است با توجه به شرایط پروژه و خطرات احتمالی نسبت به اخذ پوشش بیمه‌ای همجواری‌ها و اشخاص ثالث درخصوص حوادث ناشی از گودبرداری، متناسب با خطر احتمالی اقدام نماید و هزینه اخذ بیمه‌نامه‌های مذکور باید در قرارداد اجرای ساختمان منظور گردد.

۶-۹. سازنده موظف به فراهم کردن شرایط لازم برای تخلیه ساختمان‌های مجاور با رعایت قوانین و مقررات و شرایط و قراردادهای موجود در صورت تشخیص ضرورت تخلیه اضطراری ناشی از عملیات گودبرداری توسط ناظر، شرکت خدمات فنی آزمایشگاهی ژئوتکنیک، شهرداری یا سازمان آتش‌نشانی می‌باشد.

۶-۱۰. سازنده موظف به انجام هرگونه همکاری و هماهنگی لازم جهت بازدید بازرسین نهادهای نظارتی شامل وزارت راه و شهرسازی، وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، شهرداری و سازمان نظام مهندسی ساختمان می‌باشد.

۶-۱۱. در گودهای با خطر بسیار زیاد و یا در صورت وجود ساختمان بسیار حساس در مجاورت گود استفاده از پیمانکار تخصصی گودبرداری ذیصلاح ضروری است.

تبصره «۳»- در صورت معرفی شرکت‌های پیمانکار تخصصی تشخیص صلاحیت شده در زمینه اجرای گود از طرف وزارت راه و شهرسازی از این شرکت‌ها استفاده خواهد شد. در غیر این صورت می‌توان از پیمانکار تشخیص صلاحیت شده از معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور در

رشته ساختمان با رتبه مناسب استفاده کرد.

تبصره «۴»- حساسیت ساختمان مجاور گود براساس ضوابط مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان تعیین می‌گردد.

ماده (۷)- ناظر

اهم مسئولیت‌های ناظر در پروژه‌های گودبرداری ساختمانی شامل موارد زیر است:

۷-۱. تکمیل فرم درخواست صدور مجوز شروع عملیات ساختمانی.

۷-۲. حضور در جلسه مشترک در محل احداث ساختمان برای گودهای با خطر زیاد یا بسیار زیاد.

۷-۳. نظارت بر عملیات اجرای گودبرداری شامل تدابیر مقاوم‌سازی و رفع خطر ناشی از گودبرداری بر ساختمان‌ها و تأسیسات مجاور و ارائه گزارش‌های وضعیت گودبرداری به شهرداری به‌ازای هر مرحله گودبرداری یا حداکثر هر ۳ متر عمق گودبرداری.

۷-۴. تهیه گزارش ارزیابی خطر گود در حین اجرا و ارائه آن همراه با گزارش وضعیت گودبرداری به شهرداری.

۷-۵. در محل‌هایی که سازنده دارای صلاحیت موجود نباشد (صرفاً درخصوص گودهای با سطح خطر معمولی):

۷-۵-۱. کنترل و بررسی گزارش طراحی، نقشه‌های اجرایی ایمنی گودبرداری و دستورالعمل‌های اجرایی تهیه شده توسط طراح از نظر مطابقت با یکدیگر و با وضعیت محلی و اصول فنی،

۷-۵-۲. کنترل «گزارش بررسی وضعیت ساختمان‌های مجاور» (تهیه شده توسط طراح).

ماده (۸)- شرکت خدمات فنی آزمایشگاهی ژئوتکنیک

در مواردی که از خدمات شرکت خدمات فنی آزمایشگاهی ژئوتکنیک صاحب صلاحیت در گودبرداری استفاده می‌شود، اهم مسئولیت‌های این شرکت‌ها شامل موارد زیر است:

۸-۱. انجام بررسی‌های ژئوتکنیکی و ارزیابی مجدد خطر گود (قبل از صدور پروانه).

۸-۲. تهیه گزارش طراحی و نقشه‌های اجرایی ایمنی گودبرداری و ارائه دستورالعمل‌های اجرایی.

تبصره «۵» ـ در مواردی که سازه نگهبان و سازه اصلی با یکدیگر تداخل داشته و یا ادغام می‌گردند، طراح و شرکت خدمات فنی آزمایشگاهی ژئوتکنیک موظف به ایجاد هماهنگی‌های مورد نیاز در تهیه گزارشات و نقشه‌های مذکور می‌باشند.

۸-۳. تهیه گزارش بررسی وضعیت ایمنی تأسیسات و معابر مجاور و پیش‌بینی تمهیدات لازم برای تأمین ایمنی با هماهنگی طراح.

۸-۴. انجام ارزیابی خطر گود در حین اجرا در صورت اعلام نیاز ناظر.

ماده (۹)- مرجع کنترل مضاعف طراحی‌ها

مرجع کنترل مضاعف طراحی‌ها سازمان نظام مهندسی ساختمان استان است. اهم مسئولیت‌های

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان در پروژه‌های گودبرداری ساختمانی شامل موارد زیر است:

۹-۱. کنترل گزارش طراحی، نقشه‌ها و دستورالعمل‌های اجرایی گودبرداری.

۹-۲. کنترل گزارش بررسی وضعیت ساختمان‌های مجاور، طرح و نقشه‌های اجرایی محافظت و مقاوم‌سازی (ناشی از گودبرداری) ساختمان‌های مجاور.

۹-۳. نظارت کلی بر حسن اجرای مراحل مختلف کار و مسئولیت‌های افراد دست‌اندرکار از قبیل طراح، سازنده، ناظر و شرکت خدمات فنی آزمایشگاهی ژئوتکنیک.

تبصره «۶» – مسئولیت‌های ذکر شده برای مرجع کنترل‌کننده رافع یا محدودکننده مسئولیت‌های حرفه‌ای صاحب‌کار و عوامل فنی استخدام شده توسط وی در انجام صحیح امور نمی‌باشند. به‌عنوان نمونه چنانچه در گزارش‌ها یا طراحی‌های تسلیم شده جهت صدور پروانه اشکالی وجود داشته باشد، حتی اگر این مدارک توسط عوامل مربوطه کنترل و تأیید شده باشند، مسئولیت‌های حرفه‌ای صاحب‌کار و عوامل فنی وی به‌صورت کامل به قوت خود باقی بوده و این افراد باید در قبال مراجع مربوطه و افراد ذینفع و یا زیاندیده پاسخگو باشند.

ماده (۱۰) – شهرداری

اهم مسئولیت‌های شهرداری‌ها در پروژه‌های گودبرداری ساختمانی شامل موارد زیر است:

۱۰-۱. شهرداری‌ها مکلفند مشخصاتی از املاک مجاور را که در سامانه آرشیو الکترونیک اسناد موجود است، در اختیار صاحب‌کار قرار دهد.

۱۰-۲. الزام صاحب‌کار و سازنده برای خرید بیمه مسئولیت و کیفیت در کلیه گودبرداری‌ها.

۱۰-۳. انجام تمهیدات لازم در گودبرداری‌های رها شده به هر طریق لازم جهت رفع خطر و اخذ هزینه‌های مربوطه از صاحب‌کار.

۱۰-۴. کنترل گزارش‌های گودبرداری تهیه شده توسط ناظر.

۱۰-۵. در گودهای با خطر زیاد یا بسیار زیاد حضور نماینده فنی شهرداری در جلسه مشترک و تحویل و تأیید فرم درخواست صدور مجوز شروع عملیات ساختمانی.

۱۰-۶. انجام بازرسی از گودبرداری‌های در حال انجام، کنترل نحوه انجام عملیات اجرایی گودبرداری و رعایت برنامه زمان‌بندی اعلام شده.

۱۰-۷. با توجه به مفاد تبصره «۷» ماده (۱۰۰) قانون شهرداری‌ها، مأموران شهرداری مکلفند بر عملیات گودبرداری ساختمان‌ها نظارت نمایند و هرگاه از موارد تخلف به موقع جلوگیری نکنند، طبق مقررات قانونی به تخلف آنها رسیدگی شده و در صورتی که عمل ارتکابی آنها واجد جنبه جزایی هم باشد از این جهت نیز قابل تعقیب خواهند بود.

۱۰-۸. مطابق تبصره ماده (۱۰) آیین‌نامه اجرایی ماده (۳۳) قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان،

شهرداری‌ها موظفند نام و مشخصات سازنده ذیصلاح معرفی شده توسط مالک و قرارداد منعقد شده با وی را، مگر درخصوص مالکان دارای پروانه اشتغال به‌کار اجرا، در پروانه ساختمان قید نمایند؛ در غیر این صورت کلیه مسئولیت‌های ذکر شده برای سازنده در این دستورالعمل برعهده شهرداری خواهد بود.

تبصره «۷»- در نقاط خارج از محدوده شهرها که مرجعی به غیر از شهرداری عهده‌دار صدور پروانه ساختمان است، مرجع صدور پروانه جایگزین شهرداری در این دستورالعمل بوده و کلیه وظایف و مسئولیت‌های ذکر شده برای شهرداری در این دستورالعمل، برعهده مرجع صدور پروانه، مانند بخشداری‌ها، دهیاری‌ها، فرمانداری‌ها، شرکت‌های عمران شهرهای جدید، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی و... خواهد بود.

ماده (۱۱) - مسئول ایمنی کارگاه گودبرداری

در گودهای با خطر زیاد یا بسیار زیاد، از زمان شروع گودبرداری تا ایمن‌سازی دائم گود، حضور مستمر یک نفر آشنا به مسائل ایمنی گود و حداقل دارای پروانه اشتغال کاردانی (در رشته‌های عمران یا معماری) تحت عنوان مسئول ایمنی کارگاه گودبرداری، جهت مراقبت از رعایت ایمنی برای کارگاه و کارگران ضروری است. بررسی و تأیید قابلیت‌های فنی، تعیین وظایف و کنترل نحوه انجام وظایف این فرد توسط ناظر و استخدام وی توسط سازنده انجام می‌شود. شرح وظایف و مسئولیت‌های مسئول ایمنی کارگاه گودبرداری مطابق با ضوابط مندرج در مبحث دوازدهم مقررات ملّی ساختمان (ایمنی و حفاظت کار در حین اجرا) می‌باشد.

تبصره «۸»- حضور مسئول ایمنی در کارگاه صرفاً به‌منظور نظارت بر رعایت موارد ایمنی مندرج در مبحث دوازدهم مقررات ملّی ساختمان در کارگاه بوده و به هیچ‌وجه رافع مسئولیت‌های سازنده، صاحب‌کار، ناظر، طراح، شرکت خدمات فنی آزمایشگاهی ژئوتکنیک و شهرداری در ایمن‌سازی گود و همجواری‌ها نمی‌باشد.

فصل سوم- فرم‌ها، گزارش‌ها و مدارک فنی

ماده (۱۲) - برای انجام این دستورالعمل در مراحل مختلف کار، حسب مورد نیاز به نقشه‌ها، گزارش‌ها، فرم‌ها و چک‌لیست‌هایی است که در زیر فهرست شده‌اند. یک نسخه از اصل آخرین ویرایش معتبر و دارای مهر و امضای لازم مدارک زیر (بجز گزارش بازرسی گودبرداری، ماده (۱۶)) همواره (تا ایمن‌سازی دائم گود) باید در کارگاه موجود بوده و برای کنترل بازرسین، در دسترس ایشان قرار گیرد. مدارک فوق می‌بایست مطابق با ضوابط مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان (پی و پی‌سازی) تهیه و در اختیار مراجع ذیصلاح قرار گیرند.

ماده (۱۳) – چک‌لیست ارزیابی خطر گودبرداری

این فرم شامل اطلاعات لازم برای ارزیابی خطر گود در مراحل ارزیابی اولیه و ارزیابی در حین اجرا است که در مراحل مختلف و توسط طراح، شرکت خدمات فنی آزمایشگاهی ژئوتکنیک و یا ناظر تکمیل گردیده و به مرجع کنترل مضاعف طراحی و شهرداری یا مرجع صدور پروانه ارائه می‌شود.

ماده (۱۴) – فرم درخواست صدور مجوز شروع عملیات ساختمانی

این فرم شامل اطلاعات عمومی و فنی پروژه، هشدارهای ایمنی گودبرداری و تعهدات سازنده و ناظر است که باید در کلیه ساختمان‌ها، پیش از شروع عملیات ساختمانی، توسط ناظر و سازنده تکمیل شده و جهت صدور مجوز عملیات ساختمانی به شهرداری ارائه شود.

ماده (۱۵) – گزارش وضعیت گودبرداری

گزارشی است که در طول مدتی که از شروع عملیات گودبرداری تا زمان رفع دائم خطر گود ادامه می‌یابد، در مقاطع مشخص شده توسط ناظر تهیه و به شهرداری ارائه می‌شود.

ماده (۱۶) – گزارش بازرسی گودبرداری

گزارشی است که حین اجرای عملیات گودبرداری توسط عوامل فنی شهرداری ناحیه تهیه می‌شود و شامل اطلاعاتی از قبیل وضعیت گود و ایمنی آن و کنترل انجام عملیات مطابق نقشه‌ها، زمان‌بندی و اصول ایمنی می‌باشد که در صورت مشاهده تخلفات یا اشکالات عمده منجر به صدور اخطار لازم خواهد شد.

ماده (۱۷) – نامه ابلاغ اخطار ایمنی

این نامه در صورت مشاهده هرگونه اشکال عمده یا تخلف در انجام عملیات گودبرداری ازسوی شهرداری تهیه شده و در آن موارد اشکال مشاهده شده در جریان بازدید عوامل فنی، به ناظر پروژه ابلاغ می‌شود.

ماده (۱۸) – گزارش طراحی و نقشه‌های اجرایی ایمنی گودبرداری

این مدارک بسته به سطح خطر گودبرداری توسط طراح یا شرکت خدمات فنی آزمایشگاهی ژئوتکنیک تهیه و همراه با مدارک دیگر جهت صدور پروانه به مرجع کنترل طراحی و شهرداری تحویل می‌شود.

ماده (۱۹) – گزارش بررسی وضعیت ساختمان‌های مجاور و نقشه‌ها و مدارک طراحی اقدامات تأمین ایمنی آنها

این مدارک بسته به سطح خطر گودبرداری توسط طراح یا شرکت خدمات فنی آزمایشگاهی ژئوتکنیک تهیه و همراه با مدارک دیگر جهت صدور پروانه به مرجع کنترل طراحی و شهرداری تحویل می‌شود.

ماده (۲۰) - گزارش بررسی وضعیت ایمنی تأسیسات و معابر مجاور و مدارک طراحی اقدامات تأمین ایمنی آنها

این مدارک تنها در گودهای با خطر زیاد یا بسیار زیاد ضروری است که توسط شرکت خدمات فنی آزمایشگاهی ژئوتکنیک تهیه و همراه با مدارک دیگر جهت صدور پروانه به شهرداری تحویل می‌شود.

فصل چهارم- ضوابط و مقررات

ماده (۲۱) - ضوابط فنی لازم‌الاجرا در پروژه‌های گودبرداری ساختمانی

کلیه اشخاص دست‌اندرکار پروژه‌های گودبرداری برای انجام ارزیابی‌های گود، تهیه گزارش‌ها و نقشه‌های اجرایی گودبرداری و انجام عملیات گودبرداری ملزم به رعایت ضوابط مندرج در مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان (پی و پی‌سازی) می‌باشند.

ماده (۲۲) - ضوابط ایمنی و حفاظت کار در پروژه‌های گودبرداری ساختمانی

کلیه اشخاص دست‌اندرکار پروژه‌های گودبرداری ساختمانی در کلیه مراحل اجرای کار ملزم به رعایت ضوابط ایمنی و حفاظت کار مندرج در مبحث دوازدهم مقررات ملّی ساختمان می‌باشند.

این دستورالعمل دارای ۲۳ ماده و ۸ تبصره در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۱۶ در نودوچهارمین جلسه شورای تدوین مقررات ملّی ساختمان کشور به تصویب رسیده و از تاریخ ۱۳۹۲/۳/۱ در کل کشور لازم‌الاجرا است.

علی نیکزاد

وزیر راه و شهرسازی

منابع و مآخذ

۱. آمار حوادث ناشی از کار، اداره کل بازرسی کار، وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، ۱۳۹۴.

۲. حائری، سیدمحسن. روش‌های پایدارسازی گودها، مزایا و معایب سلسله همایش‌های ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی با رویکرد ایمنی در گودبرداری، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۹۲.

۳. سروش، عباس. «لزوم پایش جامع و ابزارگذاری در گودبرداری‌ها» سلسله همایش‌های ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی با رویکرد ایمنی در گودبرداری، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۹۲.

۴. عالم‌زاده، علیرضا. «الزام وجود نظارت در کلیه مراحل انجام عملیات گودبرداری» سلسله همایش‌های ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی با رویکرد ایمنی در گودبرداری، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۹۲.

۵. فاخر، علی. «معرفی عوامل مؤثر در ریزش گود» سلسله همایش‌های ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی با رویکرد ایمنی در گودبرداری، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۹۲.

۶. گتمیری، بهروز. «کمبودهای نظام ساخت‌وساز ایران در زمینه گودبرداری و مقایسه آن با کشورهای پیشرفته» سلسله همایش‌های ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی با رویکرد ایمنی در گودبرداری، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۹۲.

۷. مقررات ملی ساختمان، مبحث ۷، پی و پی‌سازی، ۱۳۹۲.

8. Mail Online News. Introducing the earth-scraper; 12 October 2011. http://www.dailymail.co.uk/news/article-2048395/Earth-scraper-Architects-design-65-storey-uilding-300-metres-ground.html.

9. Vähäaho I. Keynote lecture: 0-land_use: underground resources and master plan in Helsinki. In: Proceedings of the 13th World Conference of the Associated Research Centres for the Urban Underground Space, Advances in underground space development, 7-9 November 2012, Singapore; 2012. p. 31-44.

شناسنامه گزارش	مرکز پژوهش‌ها مجلس شورای اسلامی	شماره مسلسل: ۱۴۷۷۳

عنوان گزارش: عوامل کلان مؤثر در پروژه‌های گودبرداری شهری و تبیین چالش‌های موجود

نام دفتر: مطالعات زیربنایی (گروه حمل‌ونقل)

تهیه و تدوین: آرمان مداح

ناظر علمی: محمدرضا محمدخانی

متقاضی: معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی

ویراستار تخصصی: ـــــــ

ویراستار ادبی: ـــــــ

واژه‌های کلیدی: ـــــــ

تاریخ انتشار: ۱۳۹۵/۱/۱۵