

# مرواری بر تجربه ریزش گود ایران زمین



عکس شماره ۱: نمای جبهه شمالی قبل از ریزش

بامداد روز یازدهم مهرماه ۹۲ در حالی که عمق گود حدود ۳۰/۵ متر بود، دیواره گود در طول حدود ۲۰ متر ریزش کرد (عکس شماره ۲). ریزش ابتدا در قسمت زیرین دیواره همراه با بیرون پاشیده شدن خاک و آب اتفاق افتاد و سپس قسمت فوقانی و لبه گود و تقریباً پهنه‌ای کامل خیابان باحالی شدن قسمت زیرین به درون گود سقوط کرد. به علت وجود کانکس‌های متعدد که به یکدیگر متصل بود، با سقوط دو عدد از کانکس‌ها و ضربه ناشی از سقوط آنها به کانکس‌های جانبی، در معرض خطر سقوط بعدی قرار گرفت. به همین استفاده از بلوک و مهارگذاری است.

خاک محل پرروژه دارای ضخامت‌های متفاوتی از خاک دستی از حدود ۴ متر تا ۱۲ متر در جبهه‌های مختلف است. در زیر خاک دستی، تناوبی از لایه‌های رس سخت و ماسه رس دار وجود دارد. عکس شماره ۱ وضع جبهه شمالی را قبل از ریزش نشان می‌دهد.

شرح حادثه

پس از مشاهده ترک در خیابان گلستان و بازشدن آنها و حرکت دیواره گود که از حدود ۱۰ روز قبل از ریزش شدت یافته بود، در نهایت در ساعت ۵:۳۰

## مهدو رضاعط‌چیان



دکترای عمران

عضو هیات علمی

## مشخصات گود

گود مجموعه ایران زمین که در زمینی به مساحت حدود ۱۶،۰۰۰ مترمربع به اجرا درآمده است. در جبهه شمالی محدود به خیابان گلستان، در جبهه‌های شرقی و جنوبی محدود به خیابان ایران زمین و در جبهه غربی محدود به ملک مجاور واقع شده است. عمق اولیه ۳۰ متر و عمق بازنگری شده ۴۰ متر بوده است. روش پایدارسازی،

فاضلاب نیز از سازمان آب و فاضلاب تهران که مجموعه‌ای منسجم، کارآمد و با سابقه‌ای طولانی است، اخذ شد. براساس اطلاعات موجود از سازمان آب و فاضلاب، مباحث طراحی و اجرایی انجام پذیرفت.

**طراحی**  
برای آنالیز پایداری از روش تعادل حدی استفاده شده است. ضرایب اطمینان پایداری گود برای کوتاه مدت و برابر  $1/35$  در نظر گرفته شد که پس از افزایش عمق گود به  $40$  متر به منظور حفظ ضریب اطمینان لازم و کنترل بیشتر تغییر شکل‌ها، عدد فوق به  $1/4$  افزایش پیدا کرد که این امر منجر به اجرای  $4$  ردیف مهاری بیشتر در ترازهای فوقانی ( $2$  ردیف برای افزایش عمق گود به  $40$  متر که ضریب اطمینان  $1/35$  را تأمین کند و  $2$  ردیف مهاری دیگر برای افزایش ضریب اطمینان به  $1/4$  و به تبع آن کنترل بیشتر تغییر شکل‌ها) و افزایش تراکم مهاری‌ها در ترازهای زیرین شد. لازم به ذکر است  $4$  ردیف مهاری‌های بالا با صعوبت بسیار زیاد و از روی سکوهای معلق متصل به دیواره در دستور کار قرار گرفت.

**مشاهدات قبل از ریزش**  
- از  $10$  روز قبل از ریزش گود، تغییر شکل‌های افقی بدون انجام خاکبرداری روند صعودی پیدا کرد.

متراز یکدیگر و اتصال این میله‌ها به وسیله کوره‌های افقی (با شیب بسیار ملایم) در دو رقوم حدود  $15$  و  $33$  متر شد. (این رقوم‌ها با توجه به عمق اولیه که  $30$  متر در نظر گرفته شده بود، تعیین شد)

منظور اتصالات آنها جدا شد و فرصت ایجاد شد تا تحت شرایط کنترل شده، دو کانکس مجاور دیگر و خاک زیر آنها نیز در صبح دو روز بعد از ریزش به داخل گود ریخته شود (عکس شماره  $3$ ، خوشبختانه چون محل ریزش از پرسنل تخلیه شده بود، حادثه منجر به تلفات جانی نشد).

#### روش پایدارسازی

برای پایدارسازی از روش مهارگذاری استفاده شده است. مهاری‌ها از چند رشته استرنند (عموماً  $6$  رشتة) و عموماً با ظرفیت مجاز  $90$  تن طرح شده است. هر مهاری تا  $1/2$  برابر بار طرح (تا  $10.8$  تن) کشیده شده و سپس در تناژ  $90$  تن قفل شده است. به منظور اعمال نیروی کشش، از بلوك‌های بتنی مسلح و گاهی از چند صفحه فولادی که بر روی یکدیگر قرار می‌گیرد، استفاده شده است.

فاصله بین مهاری‌ها (بلوك‌ها یا صفحه‌های فولادی) توسط مش گذاری (میلگردانهای عمودی و افقی  $8$  میلی متری با چشممه‌های  $15 \times 15$  سانتی متر) و اجرای بتن پاششی (شاتکریت) پوشش داده شده است.

با توجه به نگرانی از وجود آب‌های سرگردان زیرزمینی (به علت نشت فاضلاب‌ها یا نفوذ آب‌های ناشی از بارندگی‌ها) در جبهه شمالی اقدام به حفر  $6$  میله چاه با فاصله تقریبی  $30$

شماره لایه	نوع خاک	$(\text{kN/m}^3)\gamma$	$\text{C}(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2})$	(deg)	v	$E(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2})$
لایه اول	خاک دستی	18	0.1	25	0.3	150
لایه دوم	درشت دانه رس دار	21	0.4	40	0.3	800
لایه سوم	ریزدانه	21	1	40	0.3	1250

جدول شماره ۱: پارامترهای ژئوتکنیکی



عکس شماره ۲: نمای قسمت ریزش کرده (۹۲/۷/۱۱)

- اشباع شدن بخش هایی از خاک پشت دیواره هم می تواند موجب گسیختگی شود. قطعاً اشباع شدن کامل ممکن نیست بلکه بخش هایی از لایه ها اشباع می شود.
- گسیختگی مهاری به صورت ترکیبی از پانچ شدن سرمهاری در داخل شاتکریت و گسیختگی کششی مهاری بوده است، لیکن بیرون آمدگی (Pull-out) مشاهده نشده است. در مهاری هایی که بلوک بتنی ظرفیت باربری کافی نداشته، پانچ شدن و فرورفتن بلوک بتنی رخ داده و در نقاطی که بلوک بتنی ظرفیت باربری کافی را داشته مهاری ها پاره شده است. حدود ۱۵۰ تن نیرو در مهاری ها در زمان گسیختگی به وجود آمده است. این نیرو به مراتب بیشتر از نیروی در نظر گرفته شده در طراحی مهاری ها (۹۰ تن) بوده است.
  - دو لوله به موازات دیواره گود عبور می کند. اولین لوله مجاور گود، لوله چدنی آب به قطر ۳۵ سانتی متر و لوله
- آبراهه در گذشته به عنوان جمع آوری کننده آب های سطحی و همچین عبور دادن سیل عمل می کرده است. هم اکنون نقش این آبراهه در جمع آوری سیل را کانال سیل گیر احداث شده در ضلع غربی پروژه ایفا می کند. آبراهه قدیمی هنوز هم در جمع آوری وزه کشی آب های زیرسطحی نقش دارد.
- در محل گسیختگی غیر از خاک دستی، لایه های مورب با شیب حدود ۴۰ تا ۴۵ درجه شامل تناوبی از لایه های رس سخت و ماسه رس دار متراکم مشاهده می شود.
  - محل گسیختگی در صورتی که خاک خشک باشد، دارای ضربی اطمینان بیش از ۱/۳۵ است. اگر خاک پشت دیواره تا حوالی کف گود در زمان ریزش (عمق ۳۰/۵ متر) اشباع شود، آنگاه ضربی اطمینان به زیر یک (حدود ۰/۸۸) می رسد. به عبارت دیگر، قبل از رسیدن خط اشباع به کف گود باید گسیختگی بروز کرده باشد. بنابراین،
- از ۱۰ روز قبل از ریزش، نشت آب در سینه کار مشاهده شد. طی تماس های مکرر، سازمان آب و فاضلاب اعلام کرد لوله ها نشتی ندارد.
  - پمپاژ آب از کوره ها از زمان تقریبی ۲ ساعت در روز به ۱۷ ساعت در روز، در روزهای قبل از ریزش رسید.
  - با افزایش تغییر شکل ها، نیروهای وارد به مهاری ها افزایش یافت و شاتکریت به سمت بیرون حرکت کرد و دچار شکم داده گی شد و تعداد ۴ پد پانچ شد که با انجام پسکشش، پدهای فازی جایگزین و مهاری ها در بار طراحی ۹۰ تن مجدداً قفل شد. خاکریزی در پاشنه و نصب داربست برای حفاری مهاری های اضافی به عمل آمد.
- جمع بندی
- محل گسیختگی شامل حداقل ۵ متر و حداقل حدود ۸ متر خاک دستی است. این محل تقریباً در مسیر یک آبراهه قدیمی قرار دارد که با خاک دستی پر شده است. این



عکس شماره ۳: نمای قسمت ریزش کرده پس از ریزش کنترل شده (۹۲/۷/۱۳)

- در محل گسیختگی، یک گسل احتمالی با زاویه  $58^{\circ}$  با افق وجود دارد. این گسل به سمتی خاک و نفوذ آب می‌تواند کمک کرده باشد، ولی نمی‌توان گفت که گسیختگی روی خط گسل اتفاق افتد ازت زیرا خط گسیختگی به شکل قاشقی است.

دیگر مربوط به فاضلاب (غیررسمی) از جنس آریست به قطر ۳۵ سانتی متر است. لوله اصلی فاضلاب دارای لوله های متعدد فرعی برای اتصال به منازل است. به نظر می‌رسد که آب نفوذ کرده از داخل خاک دستی، قبل از شکسته شدن لوله ها موجب سستی خاک طبیعی شده است. در نتیجه تغییر شکل های بیشتر بروز کرده و در نهایت منجر به گسیختگی خطوط لوله شده است. تغییر مکان افقی به  $10^{\circ}$  در زمان گسیختگی به حدود ۱۰ تا ۱۲ سانتی متر رسیده است. بنابراین، شکستگی لوله آب و همچنین فاضلاب قبل از گسیختگی کامل جدار گود اتفاق افتاده است.

آنالیز شیمیایی آب های نشت کرده به داخل گود نشان می‌دهد که مقدار فاضلاب در آنها زیاد است. هم اکنون نیز لوله های یاد شده مسدود است، نشت آب به داخل گود وجود دارد. آنالیز شیمیایی آب های نشت کرده به داخل گود نشان می‌دهند که از جنس فاضلاب هستند.

- خلاصه مراحل گسیختگی
- ۱- نشت آب سرگردان به داخل خاک دستی
- ۲- سست شدن قسمت هایی از خاک طبیعی و افزایش فشار جانبی
- ۳- تغییر شکل اضافی لوله آب و فاضلاب و شکستن آنها
- ۴- سست شدن قسمت های بیشتری از خاک طبیعی
- ۵- گسیختگی کششی مهاری ها و همچنین پانچ شدن برخی از آنها
- ۶- گسیختگی دیواره گود