گسیختگی سیل بندهای خاکی در اثر تغییر شکلهای زیاد

• **مهدی جعفری باری**، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات
کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی

تاریخ دریافت : بهمن ماه ۱۳۸۱ تاریخ پذیرش: آبان ماه ۱۳۸۲

چکیده

یک سیل بند خاکی که جهت حفاظت زمین‌های کنار رودخانه احداث گردیده و به مدت طولانی ترکهایی در روی آن ایجاد شده بود, مورد بررسی واقع گردید. حفاریها, آزمایشات صحرایی و آزمایشگاهی برای به دست آوردن تغییر مکانها و خصوصیات مکانیکی خاک بدنه و پی آن انجام شد. نتایج بررسی ها نشان داد که به دلیل وجود فشار برکنش در لایهٔ ماسه ای زیرین که ارتباط مستقیم با سطح آب رودخانه دارد مکانیزم گسیختگی خاصی به وجود می آید که متفاوت از حالتهای عادی می باشد در اثر این پدیده خاک نرم واقع در کنار بند فشرده شده وکاهش طول می‌دهد و به تبع آن در روی سیل بند خاکی ترک ایجاد می‌شود.

کلمات کلیدی: سیل بند خاکی، مکانیزم گسیختگی، فشار برکنش، کشسانی خمیری، ارتفاع پیزومتریک، تغییر شکل

Pajouhesh & Sazandegi No: 63 pp: 52-58

Failure of river dikes due to large deformations

By: Jafari Barim., Member of Scientific Board of Research Center of Agriculture and Natural Resources of west Azarbaijan Prv.

A river dike constructed for protection against flooding, was troubled for several years by maintenance problems. To find the main reason for deformation of dike crest and soil parameters in the body of dike and polder, an intensive geotechnical survey, field and laboratory tests were executed. The results of investigations showed that because of uplift pressure in the sand layer which is in open contact with the river water levels, an especial failure mechanism develops which differs from normal conditions. In the result of this phenomenon, the soft soil layers in the polder are compressed and the length of uplift zone decreased which cause the cracks on crest of dike.

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

در طراحی تمامی سازه ها یکی از مواردی که ضرورت دارد کنترل شود تغییر شکل سازه در مقابل بارهای وارده می باشد که باید از حد مجاز تجاوز ننماید. تغییرشکل سازه های فلزی و بتنی را با روشهای تحلیلی و عددی میتوان با دقت مناسبی به دست آورد ولی بر آورد دقیق تغییر مکان جانبی سازه های خاکی فقط با استفاده از رایانه و روشهای عددی مانند المانهای محدود امکان پذیر می باشد. بررسی پایداری این سازه ها قبلاً با استفاده از روشهای تعادل حدی به محاسبه ضرایب اطمینان و نشست قائم محدود می شد. ایجاد حاشیه های ایمنی در ضرایب اطمینان مجاز و رعایت دقیق مشخصات فنی اغلب منجر به نتایج خوبی در سدهای خاکی شده است. در سیل بندهای خاکی اغلب به دلایل اقتصادی امکان ساخت بر روی پی های مناسب واستفاده از مصالح مرغوب وجود ندارد و گسیختگی به علت تغییر شکل های زیاد خصوصاً در سازه هایی که برروی خاکهای نرم ساخته می شوند، به وجود می‌آید.

در کشور هلند که بخشهای زیادی از مساحت آن در زیر تراز متوسط سطح دریا قرار دارد سیل بندهای خاکی به طور وسیعی درکنار دریای شمال و حاشیه رودخانه ها مورد استفاده واقع شده است. پروفیل خاک در این قسمتها از لایه های خاک نرم به ضخامت ۸ تا ۱۰ متر که بر روی لایهٔ ضخیمی از ماسه قرار دارد، تشکیل گردیده است. لایه ماسه به طور مستقیم با آب رودخانه ارتباط دارد و فشار پیزومتریک در آن از سطح آب رودخانه تبعیت می‌کند (۲) .

وقتی که سطح آب در رودخانه افزایش می یابد فشار پیزومتریک در لایهٔ ماسه نیز بتبع آن زیاد می شود و ممکن است بحدی برسد که با وزن لایه های خاک نرم غیر قابل نفوذ واقع بر روی آن برابری نماید در این شرایط لایه های بالایی از جای خود بلند شده و پدیدهٔ برکنش بوجود می‌آید. در اثر این پدیده مکانیزم گسیختگی خاصی ایجاد میشود که با شرایط عادی (سطح دایره ایABD در شکل ۲) متفاوت است. قبل از بوجود آمدن پدیدهٔ برکنش تنش برشی در طول قوس AB، که سطح گسیختگی بالقوه می‌باشد ایجاد می‌گردد و تودهٔ خاک واقع بر روی آن یک نیروی فعال Fa [۲] به ناحیهٔ نیروی مقاوم Fp [۳] وارد می کند ودر طول سطح گسیختگی بالقوه BD نیز تنشهای برشی Fs برای مقابله با آن بسیج می‌گردد که نهایتاً این تنش ها به علت وجود اصطکاک به لایه ماسهٔ زیرین منتقل می گردد. در شرایط بالا آمدن سطح آب رودخانه مقاومت برشی بین لایهٔ خاک نرم بالایی و لایهٔ ماسهٔ زیرین کاهش یافته، یا به طور کلی از بین می‌رود به طوری که انتقال تنشها به لایه زیرین ممکن نمی‌گردد. با توجه به تغییر شرایط حدی، برای ایجاد تعادل، توزیع تنش مجددی برقرار شده و ناحیه مقاوم در یک فاصلهٔ دورتر از سیل بند خاکی و در جایی که فشار برکنش کاهش می‌یابد, تشکیل می گردد. خاک قسمت واقع بین دو ناحیه فعال و مقاوم BCFE مانند یک تیر تحت فشار، نیروی فعال را به ناحیه مقاوم انتقال می‌دهد. مکانیزم گسیختگی در این حالت دارای دو قسمت دایره ای در ابتدا و انتها و یک بخش مستقیم در وسط می‌باشد. این مکانیزم گسیختگی به وسیله آزمایشهای صحرایی(۴،۵،۷،۹)، مدل سانتریفوژ(۱،۸) و محاسبات المانهای محدود (۶) به اثبات رسیده است. نظر به اهمیت موضوع در نوامبر سال ۲۰۰۱ در نزدیکی نقطهٔ مورد مطالعه آزمایش بزرگ مقیاس بر روی قسمتی از سیل بند انجام شد که با افزایش فشار حفره‌ای در لایهٔ ماسه‌ای به وسیلهٔ تزریق آب تا حد ایجاد کامل پدیدهٔ برکنش، صحت مکانیزم گسیختگی مورد ادعا دقیقاً باثبات رسید. در اینجا پدیدهٔ برکنش و مکانیزم گسیختگی با استفاده از اطلاعات صحرایی و مدل مورد استفاده در مورد پروژهٔ خاص سیل بند خاکی برگامباخت تأیید گردیده و سپس تغییر شکل ناشی از بالا آمدن سطح آب رودخانه محاسبه و نتیجه گیری شده است که ترکهای ایجاد شده در آن در اثر پدیدهٔ برکنش بوده است.

پروژهٔ مورد مطالعه۴ و روش کار

پروژهٔ مورد مطالعه یک سیل بند خاکی واقع در ۲۰ کیلومتری شرق بندر روتردام هلند در محلی به نام برگامباخت در کنار رودخانه می باشد که مدت‌های مدیدی به علت وجود ترکهای طولی در روسازی جاده‌ای که بر روی آن قرار دارد، مورد مرمت و اصلاح قرار میگرفت ولی ترکهای جدیدی در آن ایجاد میشد. طول قسمت ترک‌خورده حدود ۳۰۰ متر بوده است (۶).

برای یافتن علت به وجود آمدن ترکها و همچنین به دست آوردن مشخصات مکانیکی خاک بند و زمین‌های کنار آن[۵] حفاری‌ها، اندازه‌گیری‌ها، آزمایشات صحرایی و آزمایشگاهی زیادی انجام گرفته است که از نتایج آنها در این کار استفاده به عمل آمده است.

تغییر شکل‌های افقی در روی سطح زمین و عمق‌های مختلف (در پنجهٔ بند) در شکل۳ و جدول ۱ ارائه شده است(۴). چنانکه در شکل ۳ ملاحظه می‌گردد هر قدر فاصله از سطح زمین به طرف لایهٔ ماسهٔ زیرین (عمق پایین تر از ۹ متر) کاهش پیدا می‌کند مقدار تغییر شکل نیز کم می‌گردد به طوری که مقدار تغییر شکل در داخل ماسه به صفر می رسد. البته تنش برشی موجود بین دولایه مانع از تغییر شکل زیاد در لایه های پایینی خاک نرم گردیده است با افزایش سطح آب رودخانه و به وجودآمدن کامل پدیده برکنش تغییر شکل لایه های پایینی نیز افزایش خواهد یافت. اندازه گیری‌های تغییر شکل مربوط به شرایطی است که هنوز پدیده برکنش در مراحل اولیه خود بوده و تنش برشی واقع بین دو لایه تا حدودی

جدول ۱- اندازه گیریهای تغییرمکان افقی در سطح زمین

تاریخ قرائت	۸۸/۴/۱۸	۸۸/۹/۲۲	۸۸/۱۲/۲۲	۸۹/۱۳/۱۴	۸۹/۱۱/۱۳
شماره نقطه	قرائت اولیه	اختلاف با قرائت اولیه			
P۱	۶۰۰۴۰	-۷	-۱۰	-۱۲	-۱۰
P۲	۵۴۶۹۲	-۱۱	-۱۲	-۱۴	-۹
P۳	۴۹۹۸۲	-۹	-۹	-۱۲	-۱۰
P۴	۴۰۰۰۰	-۵	-۹	-۸	+۱
P۵	۳۰۰۰۸	-۳	-۸	-۶	۰
P۶	۱۵۰۱۲	-۵	-۸	+۴	-۲
P۷	۰	۰	۰	۰	۰

Archive of SID
www.SID.ir

کاهش یافته است. جدول ۱ نیز نشان می دهد که تغییر شکل در نزدیکی سیل بند زیاد بوده و فاصله از بند موجب کاهش فشار پیزومتریک، اثرپدیدهٔ برکنش شده و به تبع آن مقدار تغییر طول افقی در سطح زمین شده و در نقطهٔ P۷ به فاصله ۶۰ متر از پنجهٔ بند به صفر می رسد (شکل ۴).

جدول ۲- حداکثر تغییر شکل ایجاد شده در سیل بند خاکی در اثر سطح آب رودخانه به میلی متر(۶)

شرایط سطح آب رودخانه	متوسط روزانه	حداکثر طراحی	اختلاف بین دو حالت
PLAXIS	۱۴	۳۹۸	۳۸۴
MLIFT	۵۳	۱۱۸۷	۱۱۳۰

بررسی های صحرایی ، آزمایشات و اندازه گیری ها

در طول خطی عمود بر سیل بند خاکی دو نقطه بر روی بدنهٔ سیل بند و ۷ نقطه در زمین کنار آن در نظر گرفته شده که در این نقاط حفاریها و آزمایشات مختلف انجام گرفته است. نقاط نشانه، پیزومتر(برای لایهٔ ماسه‌ای)، فشارسنج آب(برای لایه های رسی)، لوله انحراف سنج[۶] به ترتیب برای اندازه گیری تغییر طولهای سطحی، سطح آب زیرزمینی و تغییر شکلهای عمقی نصب شده است. آزمایش‌های نفوذ مخروط[۷]، فشارسنج منارد[۸]، برش پره ای[۹] ، انبساط سنجی[۱۰] نیز برای اندازه گیری پارامترهای خاک در محل اجرا شده است(شکل ۴). بر روی نمونه های اخذ شده به صورت دست نخورده آزمایشات تعیین حدود اتر برگ، تحکیم و سه محوری انجام شده است (۴) .

پارامترهای خاک شامل وزن مخصوص خشک و تر خاک در لایه های مختلف، تراز سطح آب زیرزمینی ،پارامترهای الاستیک شامل مدول الاستیسیته E، مدول برش G، نسبت پواسون ν، ضریب فشار جانبی خاک در حالت سکون k_0 پارامترهای پلاستیسیته شامل زاویه اصطکاک داخلی ϕ، چسبندگی خاک C و زاویه انبساط خاک Ψ[۱۱]، تغییر شکلها شامل تغییر طولهای سطحی و عمقی خاک که با توجه به نتایج آزمایشهای انجام گرفته در محل، آزمایشگاه و روابط تجربی محاسبه و برآورد گردید. نکته حائز اهمیت در برآورد پارامترها، تعیین مدول برش G می باشدکه با ۹ روش برای لایه های مختلف خاک محاسبه گردیدکه بعلت تفاوت معنی دار در نتایج روشها با استفاده از روش آماری و حذف بعضی از داده های غیر همگن مقدار مشخصی برای هر لایه تعیین گردید (۶) .

برای تعیین ارتفاع پیزومتریک در لایه ماسه نیاز به اطلاعات مربوط به آن لایه از جمله ضریب نفوذپذیری، ضخامت لایه، پهنای دشت سیلابی[۱۲] و غیره وجود دارد که متاسفانه در بین اطلاعات موجود جای آنها خالی بود. تنها راه حل, محاسبه تقریبی طول مشخصهٔ λ[۱۳] برای لایه تقریباً نفوذناپذیر بالایی می باشدکه با توجه به اندازه گیری های انجام شده در نقاط A و E (شکل ۴) امکان پذیر است. رابطه مورد استفاده که برای آبخوان نیمه محدود[۱۴] می‌باشد (۳) بصورت زیر است :

$$\varphi=\varphi_1+(\varphi_0-\varphi_1).e^{-(x+L)/\lambda}$$

φ = ارتفاع پیزومتریک در لایه ماسه در زیر نقطه A یا E

φ_1 = ارتفاع پیزومتریک در یک نقطه دور که ثابت می‌باشد.

φ_0 = ارتفاع سطح آب در رودخانه

X = فاصله از مبدأ

L = فاصله بین رودخانه و مبدأ

با توجه به نامعلوم بودن λ و L با حل دو معادله نوشته شده برای نقاط A و E و قراردادن مقادیر متوسط φ_0 ، φ_A ، φ_E و φ_1 و مقادیر λ و L به دست می‌آیند. با استفاده از مقادیر بدست آمده ارتفاع پیزومتریک در هر نقطه متناسب با سطح آب رودخانه قابل محاسبه می‌باشد .

مدل سازی عددی

برای آشنایی با پدیدهٔ برکنش و انتخاب روش مناسب برای تحلیل تغییر مکانهای حادث در اثر این پدیده، ابتدا نرم افزارهای موجود در دسترس برای بررسی یک طرح سادهٔ سیل بند خاکی واقع در شرایط خاک نرم و فشار برکنش مورد ارزیابی واقع شدند این نرم‌افزارها عبارت بودند از :

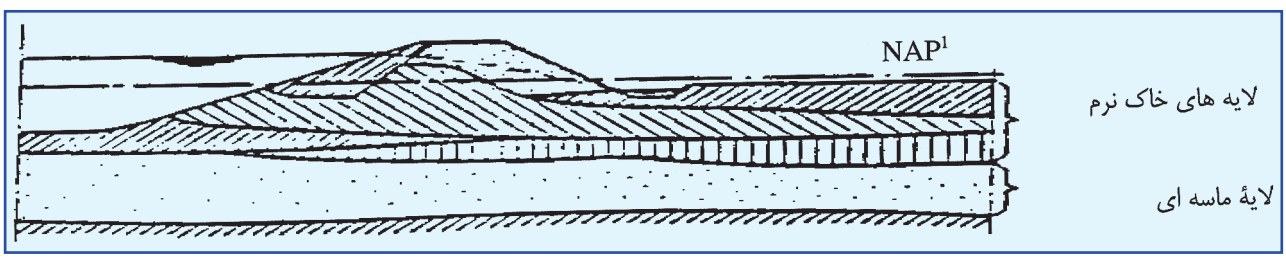
MSTAB : روش ساده شدهٔ بیشاپ

PASTADO : روش ساده شدهٔ جامبو

MLIFT : روش خاصی که برای ارزیابی پدیدهٔ برکنش طراحی شده است.

PLAXIS : بروش المانهای محدود با در نظر گرفتن رفتار کشسانی خمیری[۱۵] در مدل موهر - کولمب طراحی شده است.

دو نرم افزار اول بعلت اینکه قادر به محاسبهٔ تغییر مکان ها نمی باشند و مکانیزم گسیختگی مورد نظر را نمی توانند مورد بررسی قرار دهند کارآیی مناسبی برای این کار ندارند، نرم افزار سوم به علت اتخاذ مکانیزم گسیختگی واقعی در شرایط وجود فشار برکنش تا حدودی مناسب بوده و



شکل ۱- مقطع تیپ سیل بند خاکی واقع در کنار رودخانه

Archive of SID
www.SID.ir

نرم افزار چهارم بعلت داشتن قابلیت های فراوان هم در نشان دادن مکانیزم گسیختگی و هم محاسبهٔ تنش ها و کرنش ها در نقاط مختلف نسبت به بقیه نرم افزارها مزیت داشته ولی به علت پیچیدگی آن امکان کاربرد آن بوسیله کارشناسان مبتدی وجود ندارد. باتوجه به نتایج حاصل از بررسیهای اولیه نرم‌افزار PLAXIS بعنوان ابزار کار تجزیه وتحلیل انتخاب گردیده و از بقیهٔ نرم‌افزارها صرفاً جهت کنترل استفاده گردید(۶).

مقادیر K_0 اندازه گیری شده با آزمایشات فشار سنجی منارد و انبساط‌سنجی در محل نشان می‌دهد که خاک در لایه های مختلف دارای تنش‌های افقی بیش از حالت سکون می‌باشد(۶). قبل از پرداختن به تحلیل سازهٔ مورد نظر، این تنشها که در اثر بارگذاری و باربرداری های مکرر در طول سالهای عمر سیل بند خاکی به وجود آمده، باید در مدل ایجاد گردد. این عمل با وارد نمودن پارامترهای غیرواقعی خاک در مدل امکان‌پذیر است(۱۰). بعضی از پارامترها مانند وزن واحد حجم خاک، سطح آب، سیستم بارگذاری به علت ایجاد شرایط عدم تعادل در مدل قابل تغییر نمی‌باشند همچنین اگر پارامترهای J و C غیر واقعی داده شوند ممکن است بعد از اصلاح آنها منحنی پوش کولمب بوسیله دایره های موهر قطع شود. بنابراین هر گونه تغییر در پارامترهای خاک باید محدود به خواص الاستیسیتهٔ خاک یعنی مدول برش و نسبت پواسون گردد و این بدان علت است که ماتریس سختی ایجاد شده در ابتدای محاسبات با خواص غیرواقعی خاک قابل اصلاح در مراحل بعدی می باشد.

به دلیل حساسیت مدل به ارقام نزدیک به صفر و ۰/۵ . نسبت پواسون ν امکان تغییر این پارامتر در محاسبات بسیار کم می باشد لذا تنها پارامتری که می‌توان با تغییرات آن تنشهای اولیه را در مدل ایجاد نمود مدول برش می‌باشد(۱۰). این عملیات که کالیبراسیون تنشها و کرنشها[۱۶] نام گذاری شده است هم از طریق اندازه گیری K_0 (نسبت تنش افقی به قائم) و هم تغییر طول لایه های مختلف صورت گرفته که نتایج حاصله خیلی نزدیک به هم بوده است (۶) .

بارگذاری

بعد از اینکه شرایط موجود سیل بند در مدل ایجاد شد نوبت به بارگذاری آن در برابر انواع بارها می رسد که اهم آنها به ترتیب زیر می‌باشد.

- بار ناشی از آب :

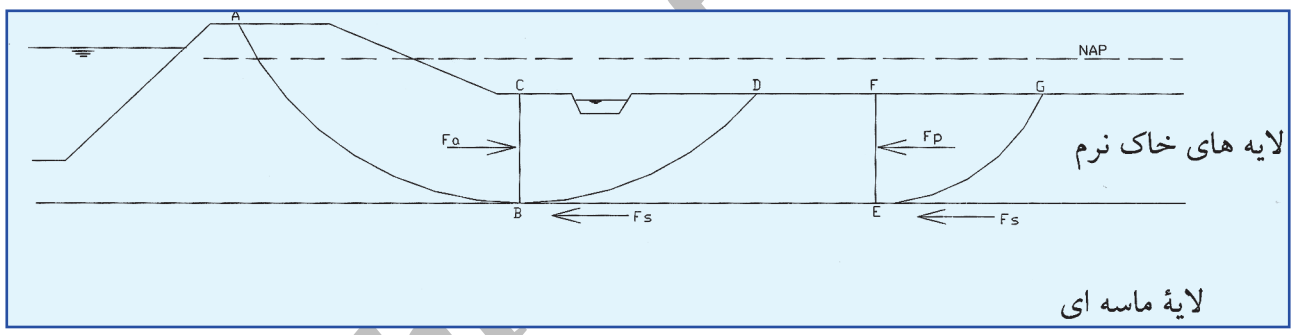
فشار پیزومتریک در لایه ماسه برای تراز متوسط با فرض اینکه این بارگذاری برای خاک محیط سیل بند حالت عادی بوده و تغییر مکان ایجاد شده بسیار ناچیز خواهد بود و حداکثر تراز سطح آب پیش بینی شده در رودخانه که با احتمال وقوع ۱/ ۴۰۰۰ محاسبه شده، تعیین گردید. خط تراوش از بدنه بند نیز بر اساس متوسط اندازه گیری هایی که در محل انجام گرفته بود تعیین شد.

- بار مرده :

بار مرده عبارت است از وزن بدنهٔ سیل بند خاکی که در آن خط تراوش مشخص شده است و وزن مخصوص خشک و تر به ترتیب در بالا و پائین آن اعمال گردیده است.

- بار زنده :

بار ترافیک سبکی که بر روی سیل بند خاکی انجام می گیرد به عنوان تنها بار زنده تلقی می گردد که علی رغم تأثیر آنی بار ترافیک برای ساده نمودن تحلیل، به صورت بار گسترده یکنواخت در نظر گرفته شده است.



شکل ۲- مکانیزم گسیختگی در شرایط فشار بر کنش

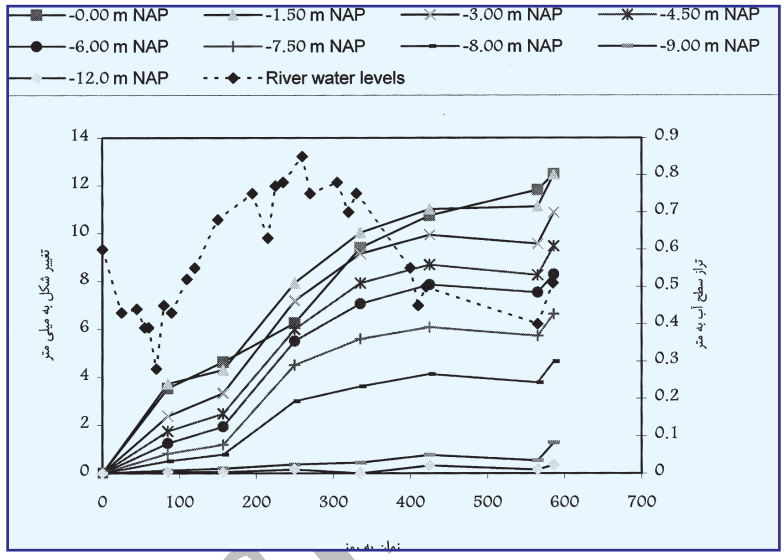
- بار زلزله :

به علت زلزله خیز نبودن محل پروژه (کشور هلند) بار زلزله در نظر گرفته نشده است (۶) .

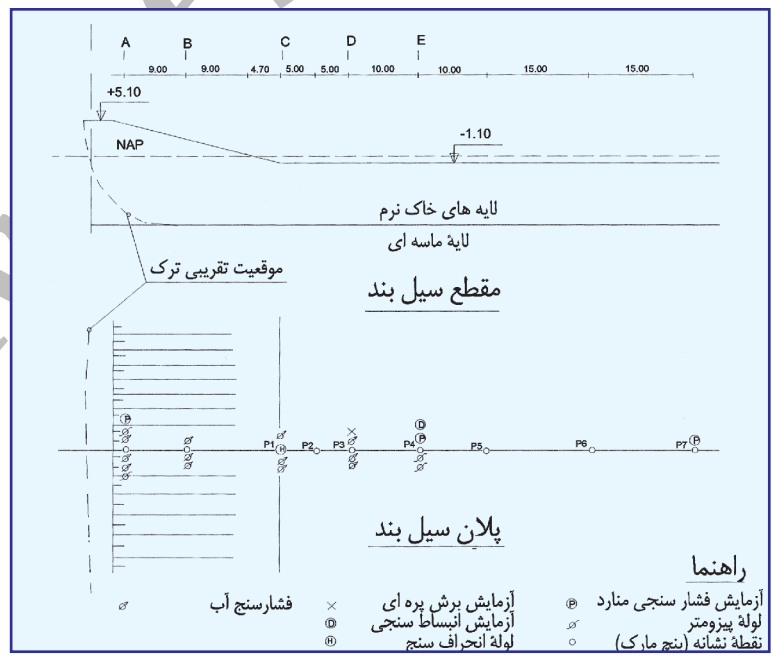
روش تحلیل

تحلیل در دو مرحله، بررسی پایداری و بررسی تغییر شکل انجام گرفته که نمودار جریان آنها در شکل ۵ آورده شده است. چنانچه ملاحظه میگردد در هر دو مرحله ابتدا محاسبات اعمال وزن تودهٔ خاک با مقادیر مدول برش G که از کالیبراسیون تنشها و کرنشها به دست آمده , انجام می شود که در اثر آن کرنشهای غیر واقعی (نسبت به شرایط موجود) در هندسه سازهٔ مورد نظر ایجاد می گردد درمرحلهٔ بعد این کرنشها باید صفر شده ولی تنشهای ایجاد شده در مدل باقی بمانند . این فرایند با تغییر مدول برش G به مقدار واقعی خود و انجام دوبارهٔ محاسبات الاستیک در مدل[۱۷] و تشکیل ماتریس سفتی[۱۸] جدید جهت انجام محاسبات پلا ستیک بعدی امکان پذیر است. اعمال فشار برکنش و بار ترافیک بعد از این مرحله انجام میشود. در مرحلهٔ بررسی پایداری،

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳- تغییر مکانهای اندازه گیری شده بوسیله انحراف سنج در پنجه سیل بند زیر تراز مبنا (NAP-)



شکل ۴- مقطع و پلان سیل بند با آزمایشات انجام شده و ابزار دقیق نصب شده (۴)

ضریب اطمینان در برابر لغزش و در مرحلهٔ بررسی تغییر شکل، تفاوت تغییرمکان بین دوحالت متوسط(حالت عادی برای محیط سیل بند) و حداکثرطراحی محاسبه می شود(۶).

نتایج مدل و مقایسهٔ آن با مشاهدات

مکانیزم گسیختگی مورد ادعا در خروجی ترسیمی دو برنامه PLAXIS و MLIFT کاملاً واضح مشخص گردیده است. اینجا برای نمونه یکی ازخروجی‌های برنامه PLAXIS که در خطوط آن هم افزایش تغییر شکلها برای شرایط متوسط و حداکثر طراحی نشان داده شده، ارائه می‌گردد(شکل۶). چنانکه ملاحظه می‌شود در شرایط متوسط، مکانیزم گسیختگی تقریباً به قوس دایره شباهت دارد ولی در شرایطی که فشار برکنش افزایش می‌یابد علاوه بر قوسهای ابتدا و انتها، قسمت مستقیم در بین آنها تشکیل می‌گردد و مهمتر از همه سطح گسیختگی در محل اتصال دو لایهٔ خاک نرم و ماسه ای قرار دارد.

محاسبات پایداری با مدل انتخاب شده و سایر برنامه‌های موجود بین دو حالت متوسط و حداکثر تراز طراحی آب رودخانه انجام شد که نتایج حاصله در شکل ۷ ارائه شده است. در نمودار شکل ۷ محور قائم ضریب اطمینان در برابر پایداری و محور افقی شرایط پدیدهٔ برکنش را نشان می دهد عدد ۰/۷۵ نمایانگر شرایط عادی یا متوسط و عدد ۱ نمایانگر شرایط نهایی و کامل پدیدهٔ برکنش می باشد.(۶)

نمودار فوق نشان می‌دهد که ضریب اطمینان در مقابل حداکثر بارهای طراحی با مدل انتخاب شده و سایر برنامه ها مورد قبول بوده و تنها برنامهٔ MLIFT که صرفاً برای بررسی پدیدهٔ برکنش طراحی شده و نتایج آن فقط برای شرایط نهایی پدیده قابل کاربرد است، عدد پایین تر یعنی ۱/۱۱ را داده است که باز نشان دهندهٔ پایدار بودن سازه در آن حالت می باشد. حداکثر ارتفاع پتانسیل مشاهده شده در لایهٔ ماسه در حدود ۹۰ درصد حالت نهایی بوده که تمام روشها به غیر از MLIFT که نتایج آن برای این حالت قابل قبول نیست، ارقام بالایی را داده اند. با توجه به اینکه در عمل حد اکثر بارگذاری اتفاق نیافتاده اصولاً باید هیچگونه ناپایداری در آن مشاهده نمی گردید ولی علیرغم ضریب اطمینان بالا در بررسی پایداری، ترکهایی در تاج سیل بند مشاهده گردیده است. مضافاً اینکه در شرایط کامل پدیدهٔ برکنش که مسلماً باعث گسیختگی سیل بند می گردد (۵) هنوز ضرایب اطمینان بیش از ۱ بدست آمده است. این موضوع مبین آنست که بررسی پایداری سیل بندهای خاکی که بر روی خاکهای نرم ساخته می شوند، با روشهای معمول شرط لازم بوده ولی کافی نمی باشد.

نکتهٔ مهم دیگر که در نمودار شکل ۷ قابل تشخیص است، عبارت از کاهش سریع و ناگهانی ضرایب اطمینان در شرایط کامل پدیدهٔ برکنش می باشد چنانکه ملاحظه می شود تا وقتی که نسبت فشار حفره ای به تنش کل کمتر از ۰/۹۵ می باشد ضرایب اطمینان بدست آمده از روشهای مختلف (بغیر از MLIFT) کاهش قابل توجهی نشان نمی دهند ولی به محض افزایش این نسبت از ۰/۹۵ به سمت ۱ یعنی ایجاد شرایط کامل پدیدهٔ برکنش ضرایب اطمینان سریعاً کاهش می یابد که نشان دهندهٔ گسیختگی ناگهانی سیل بند می‌باشد این موضوع در آزمایش واقعی

Archive of SID
www.SID.ir

سیل بند نیز به اثبات رسیده است(۵).

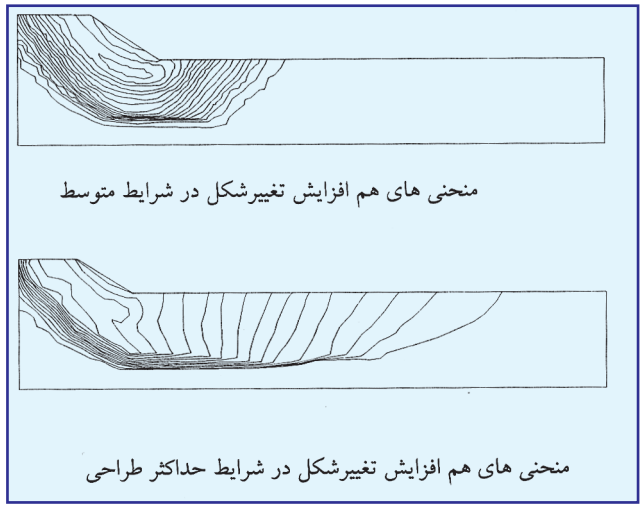
حداکثر مقدار تغییر شکل ایجاد شده در دو حالت متوسط و حداکثر طراحی در جدول ۲ آورده شده است. چنانکه ملاحظه می شود تغییر شکل ایجاد شده در شرایط متوسط ناچیز بوده و در حقیقت بار وارده در این حالت برای سازهٔ سیل بند عادی یا به عبارت دیگر تقریباً نقطهٔ صفر تغییر شکل تلقی می گردد. اختلاف تغییر شکلهای محاسبه شده با دو روش خیلی زیاد می باشد که ناشی از تفاوت روشها می تواند باشد البته قضاوت در مورد درستی نتایج نیاز به اطلاعات دقیقتر در مورد اندازه گیری سطح آب و تغییر مکانهای ایجاد شده در اثر آن دارد زیرا اطلاعات موجود بیشتر در حدود متوسط سطح آب رودخانه بوده و در زمان اندازه گیریها شرایط حداکثر و حتی نزدیک به آن نیز رخ نداده است. نمودار شکل ۳ همزمانی افزایش تغییرشکلها را با افزایش سطح آب رودخانه نشان می دهد. البته تغییر شکلهای اندازه گیری شده تا حدی نتایج PLAXIS را تأیید می‌کند ولی نتایج آزمایش با مدل بزرگ مقیاس[۱۸] در شرایط حداکثر طراحی بیشتر از نتایج MLIFT نیز می‌باشد (۵) .

نتیجه گیری

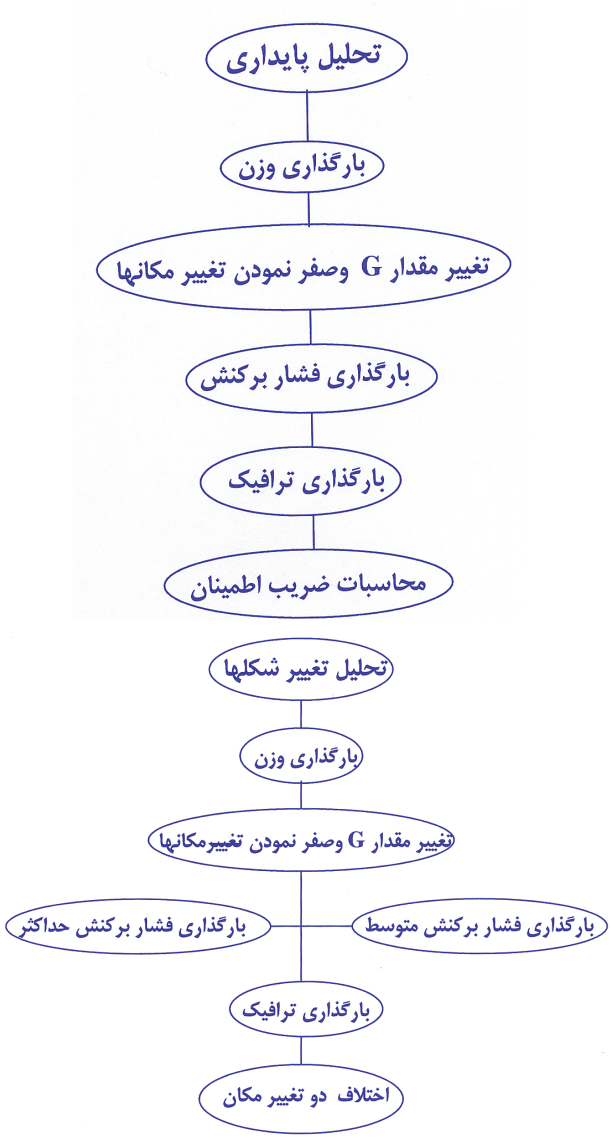
- در بررسی سازه های خاکی مهمترین مسئله‌ای که پیش روی طراح قرار دارد آگاهی از مکانیزم گسیختگی و علت آن می‌باشد . بدون علم به این دو موضوع هرگونه تلاش نتیجهٔ مطلوبی در پی نخواهد داشت.

- بستهٔ نرم‌افزاری PLAXIS که بر اساس رفتار کشسانی خمیری در مدل موهر- کولمب تهیه شده است با استفاده از پارامترهای معروف خاک یعنی G,ν و Ψ ،C و با روش پیشرفتهٔ عددی عناصر محدود رفتار خاک را پیش‌بینی می‌کند، ابزاری مناسب برای طراحی سازه‌های خاکی می‌باشد.

- در بررسی سازه‌های خاکی با شرایط بارگذاری خاص مانند فشار برکنش که در آنها مکانیزم گسیختگی متفاوت از حالت عادی است برنامهٔ PLAXIS با نشان دادن مکانیزم واقعی و نتایج مناسب برای ضریب اطمینان و تغییر شکل کارآیی بسیار خوبی دارد.



شکل ۵- نمودار جریان تحلیل پایداری و تغییر شکل سیل بند خاکی بوسیله برنامه PLAXIS



شکل ۶- منحنی های هم افزایش تغییر شکلها در شرایط متوسط و حداکثر طراحی (۵)

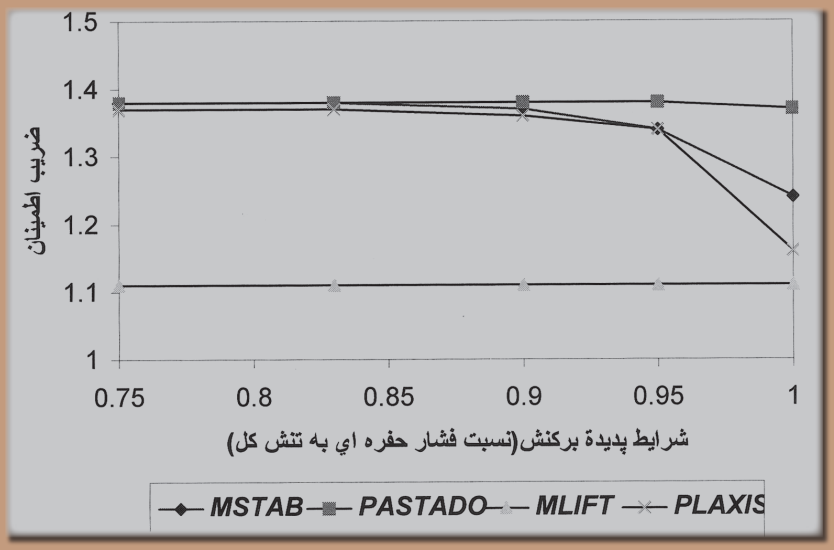
-در بررسی سازه های خاکی قدیمی ایجاد شرایط موجود تنشها در سازه و پی ضرورت دارد زیرا در اثر بارگذاری وباربرداریهای مکرر (بارگذاری متناوب) مدول برش خاک افزایش می یابد و در بارگذاری های جدید مقدار تغییر شکل کاهش می یابد.

-در طراحی سازه های خاکی جدیدالاحداث باید وزن سازه در مدل اعمال گردد بدون اینکه تغییر شکلی در آن ایجاد شود این عمل با وارد نمودن مدول برش غیر واقعی و تغییر آن با انجام مجدد محاسبات الاستیک و تشکیل ماتریس سفتی جدید امکان پذیر است .

-سازه های خاکی که بر روی خاکهای نرم با مقاومت برشی پایین و در شرایط فشار بر کنش ساخته می شوند قبل از اینکه بدلیل پایین بودن ضریب اطمینان گسیخته شوند در اثر تغییر شکلهای زیاد ناشی از کاهش طول ناحیهٔ برکنش صدمه می بینند.

Archive of SID
www.SID.ir

15- Elasto-plastic
16-Calibration of stresses and strains
17- Elastic restart
18- Stiffness matrix
19-Prototype



شکل ۷- نتایج محاسبات پایداری با روشهای مختلف (۶)

فهرست منابع

1-Allersma,H.G.B, Rohe, A., 2003, "Centrifuge tests on the failure of dikes caused by uplift pressure", IJPMG-International Jornal of Physical Modeling in Geotechnics, No.1,2003

2-Baalen,M.V.,1988 "Prediction of the stability and deformation of embankments under uplift conditions" ,Delft geotecnics,

3- Barends, F.B.J., 1990, " Syllabus ground water flow", Lecture notes, IHE,Delft

4- Deutekom,J.R., 1990, "Bergambacht lekdijk-oost proefvak taw", Grondmechanica, Delft (in Dutch)

5- Hoffmans,G.J.C.M, 2002, " The Bergambacht deformation prototype experiment in a broader prespective", Technical advisory committee on flood defence (TAW), Rijkswaterstaat, Delft, The Netherlands

6- Jafari Bari, Mahdi, 1991, Stabilization of river dikes under uplift conditions, M.Sc. Thesis ,IHE Delft

7- Lindenberg,J., Van, M.A., Koelewijn, A.R., 2002, Bergambacht field test evaluation report, GeoDelft, Delft.

8- Padfield, C.J., Schofield, A.N.,1983, The development of centrifugal models to study the influnce of uplift pressures on the stability of a flood bank, Geotechnique 33, No.1,57-77

9- Van, M.A., 2001, New approach for uplift induced slope failure, ISSMGE, Proc. XVth ICSMGE, Istanbul

10 - Vermeer,P.A., 1990, PLAXIS user manual, Balkema, Rotterdam

1- Normaal Amsterdams PeIl(In Dutch) = Normal Amsterdam Level
2- Active
3- Passive
4- Case study
5- polder
6- Inclinometer
7- Cone penetration test
8- Menard pressuremeter
9- Vane test
10- Dilatometer
11- Dilatancy angle
12- Flood plain
13- Characteristic length
14- Semi-confined

www.SID.ir