بررسی ابعاد و علل زمین لغزه چلو

(اردل- استان چهار محال و بختیاری)

نوشته: دکتر داراب رئیسی گهرویی * دکتر عبدالرحیم ذوالانوار **

چکیده

در این نوشتار در چهارچوب یک مطالعه موردی (Case study)، زمین‌لغزه چلو (از توابع اردل- استان چهارمحال و بختیاری) که در تاریخ ۱۳۷۲/۱/۳ رویداده است، از دیدگاه‌های مختلف زمین‌شناسی و ژئومکانیکی مورد مطالعه واقع شده است. بررسی‌های زمین‌ساختی (ژئومورفولوژی و ساختگاهی)، پارامترهای ژئوتکنیکی رسوبات دربرگیرنده لغزش با تئوری پایداری شیب‌ها به‌منظور تشابه‌سازی مراحل و سطوح لغزش اتفاق افتاده به کارگرفته شده‌اند داده‌های جمع‌آوری شدهٔ زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی این امکان را فراهم آورده که افزون بر محاسبه حجم و وزن تودهٔ لغزیده علل اصلی رویداد این زمین‌لغزه (عوامل افت استحکام برشی رسوبات دربرگیرنده لغزش) مورد ارزیابی قرار گیرد

Abstract

In this paper the "Chellow" landslide occurred in 03/03/1994 has been studied from the geology and geotechnical points of view. The collected geology, geomorphology and geotechnical data in combination with slope stability theories were used in order to simulate the stages and shape of failure surfaces. The provided geotechnical informations made it possible to evaluate the causes of landslide and to calculate the volume and weght of failed masses.

۱ - مقدمه

بررسی‌ها نشان داده است که از عوامل اصلی رویداد زمین‌لغزه‌ها می‌توان، زمین‌لرزه، فرسایش و آب (نزولات جوی) را نام برد. یک سطح شیب‌دار طبیعی زمین تا زمانی که مقدار ضریب پایداری آن نزدیک به واحد است پایدار می‌ماند. رویداد زمین‌لغزه در یک سطح شیب‌دار تابعی از مشخصات فیزیکی و مکانیکی زمین با پتانسیل زمین‌لغزه است. این مشخصات شامل مقدار شیب طبیعی زمین، وجود یک سطح لغزش توسعه یافته، توزیع فشار آب، استحکام و روابط تنش- کرنش مواد تشکیل دهنده سطح لغزش و ... می‌باشند. به طور قطع می‌توان ادعا نمود که اگر این فاکتورها در اثر ارتعاشات زمین، فرسایش و رطوبت (نزولات جوی شدید و طولانی) به بحرانی‌ترین حالت برسند سبب به حرکت درآمدن پهنه‌های با پتانسیل زمین لغزش می‌شوند. برای نمونه می‌توان از زمین‌لغزه‌های رویداده در گسترهٔ سانفرانسیسکو در سال‌های 86-1982(Keffer et al. 1987)، گدارانه‌های فراوان (Mud flow and Debris flow) و زمین‌لغزه‌های بزرگ چون چلو، گل‌شور، دیه و ... در سال ۱۳۷۲ در استان چهارمحال و بختیاری نام برد که به سبب بارندگی‌های زیاد به حرکت آمده‌اند، و یا هزاران زمین‌لغزه ضبط شده ناشی از زلزله در جهان (Salder and Morton 1989; Deffer, 1984) را با خسارات عظیم جانی و اقتصادی ذکر نمود.

موضوع اصلی ارزیابی رویداد یا عدم رویداد یک زمین‌لغزه در یک شیب طبیعی زمین بستگی به استحکام برشی مواد دربرگیرنده شیب و مؤلفه‌های نیروی ثقل ناشی از مواد بالای سطح لغزش دارد، لذا در نواحی محدود که استحکام برشی مواد، دانسیته خاک و پارامترهای هندسی (Geometric) و هیدرولوژی قابل اندازه‌گیری

Evaluation of causes and dimensions of "Chellow's" landslide

(Ardal. Chahar- mahal and Bakhtiary province)

By: D. Raiesi- Gahrooee * and S. A. Zolanvar **

باشند، روش استاندارد جهت ارزیابی پایداری توده‌های شیب‌دار سنگی و خاکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربرد این روش موقعی معقول است که فقط مطالعات معطوف به یک ناحیه کوچک و خاص شود. در این نوشتار این روش به منظور تشابه‌سازی مراحل رویداد و شکل سطوح لغزش زمین‌لغزه روستای چلو (سوم فروردین ۱۳۷۲) و ارزیابی عوامل مؤثر در رویداد آن مورد استفاده قرار گرفته است.

۲- ویژگی‌های زمین‌شناسی محدودهٔ زمین‌لغزه

در مطالعه یک ناحیه مظنون به پتانسیل لغزش و یا یک زمین‌لغزه بوقوع پیوسته، جستجوی اولیه از طبیعت زمین‌لغزه (Nature and Extend) تنها و تنها بر پایه اطلاعات گرفته شده از روی زمین است. در این راستا تکنیک و روش‌هایی جهت مطالعات روی زمین موردنیاز است. این روش‌ها مروری بر داده‌های موجود، تفسیر و تحلیل عکس‌های هوایی منطقه، تهیه نقشه توپوگرافی، نقشه ساختگاهی و پدیده‌های سطحی، مطالعه عوامل گیاهی و جنگلی، حفاری اکتشافی (حفر چاهک‌ها یا ترانشه‌ها جهت مطالعهٔ خواص فیزیکی- مکانیکی تودهٔ دربرگیرنده لغزش)، اکتشافات ژئوفیزیکی جهت ارزیابی ژرفا و در پایان شکل بحرانی‌ترین سطح لغزش، وضعیت آب زیرزمینی و عوامل تسهیل کنندهٔ زمین‌لغزه را دربر می‌گیرند. در این بررسی روش‌های یاد شده در محدودهٔ امکانات موجود جهت تهیه یک پرسپکتیو از ساختگاه تشکیل دهندهٔ محدودهٔ زمین‌لغزه جهت فهم بیشتر مسئله و گرفتن نمونه‌های ژئوتکنیکی به منظور ارزیابی نوع زمین‌لغزه و تشابه‌سازی موضعیت بحرانی‌ترین سطح لغزش بکار گرفته شده است. جایگاه زمین‌لغزه و نقشه ساختگاهی محدودهٔ آن در شکل ۱ آورده شده است.

۲-۱- چینه‌شناسی گستره مورد بررسی

کهن‌ترین رسوبات دارای رخنمون در گسترهٔ مورد بررسی عبارت‌اند از آهک‌های کرم رنگ رودیست‌دار متعلق به بخش زیرین کرتاسه بالایی که با یک نبود چینه‌شناسی همراه با دگرشیبی بوسیله رسوبات قرمزرنگ مارنی گچی (ائوسن) پوشیده شده در روی این رسوبات آهک‌های آسماری (الیگومیوسن) قرار دارند (کوه سنگی نک). جوان‌ترین رسوبات را پادگانه‌های رودخانه‌ای شامل کنگلومرای کم و بیش دانه درشت با سیمان آهکی رسی و لایه‌های سیلتی مارنی با رنگ روشن تشکیل داده‌اند (شکل ۲).

۲-۲- تکتونیک

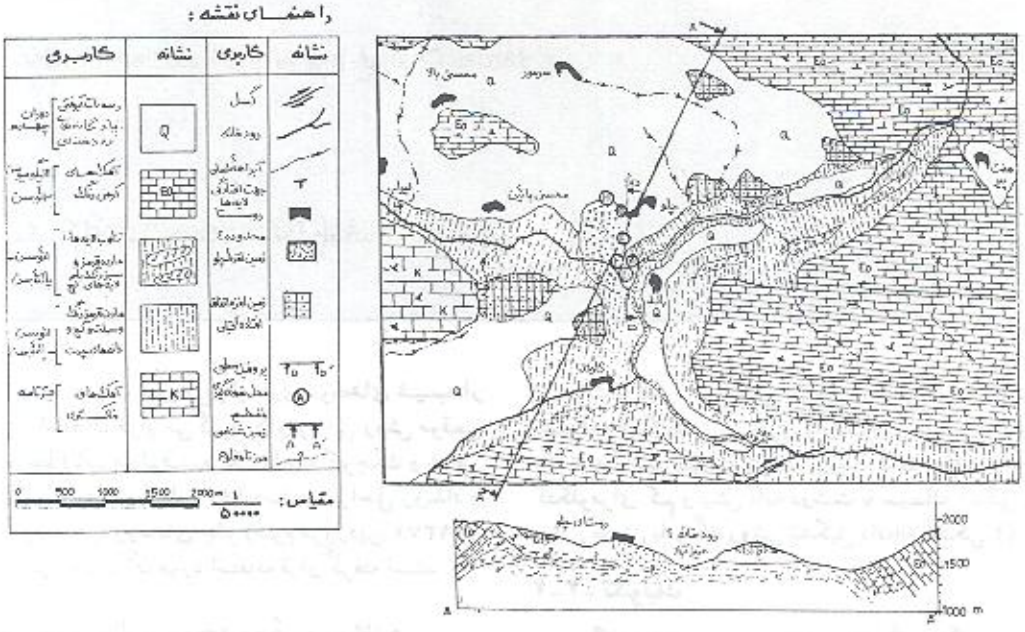
گسترهٔ مورد بررسی بخشی از زاگرس گسلیده یا بلند زاگرس می‌باشد که از دیدگاه لرزه‌خیزی بسیار پرتکاپوست. این گستره خود بصورت یک تاقدیس نامتقارن چین‌خورده است که رأس آن طوری فرسایش یافته که رسوبات قرمزرنگ مارنی گچی ائوسن بخوبی رخنمون پیدا کرده است (شکل ۱). این تاقدیس به‌وسیله دو گسله بزرگ ناغان- اردل و دو پلان با راستای شمال باختری- جنوب خاوری (روند کلی زاگرس) محدود شده و خود به وسیله گسله‌های کوچک فراوانی بریده شده‌اند.

۳- نوع زمین‌لغزه

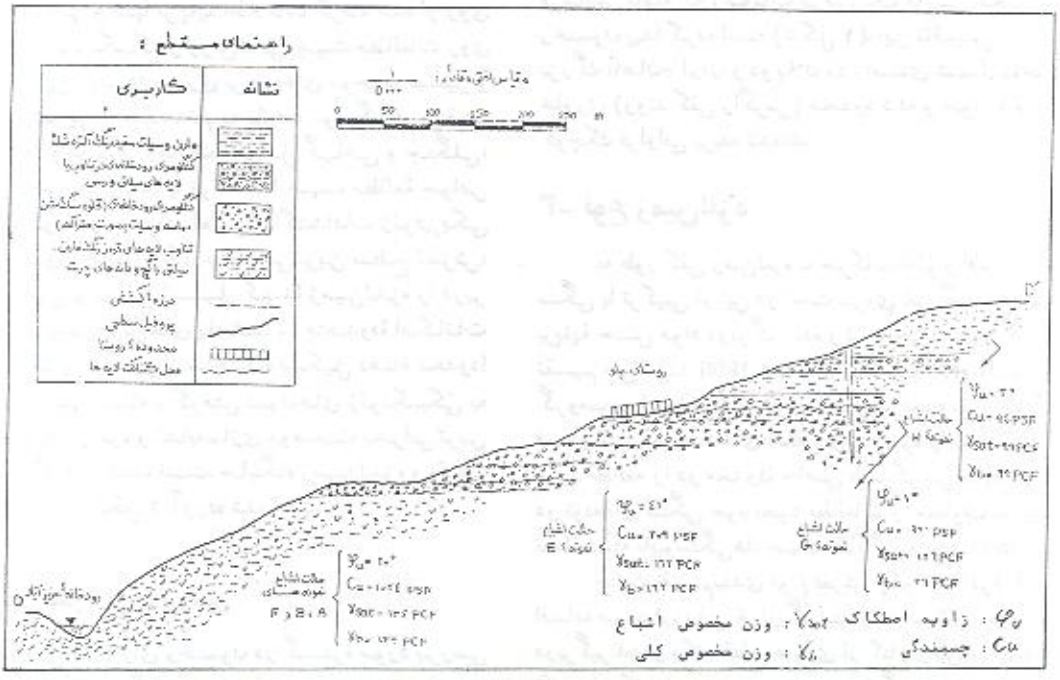
به طور کلی زمین‌لغزه به حرکات قائم و افقی توده‌های خاکی یا سنگی یا ترکیبی از این دو تحت نیروی ثقل گفته می‌شود. این حرکات برپایهٔ جنس مواد دربرگیرنده و نوع حرکت به گروه‌های مختلف تقسیم می‌شوند (Coates 1977, Varnes 1978). علت روآوردن به این گروه‌بندی این است که قراردادن زمین‌لغزه در یک گروه بخصوص فهم بیشتری از علت‌های اصلی زمین‌لغزه را بیان کرده و پارامترهای مورد مطالعه را در محدودهٔ خاصی متمرکز می‌نماید. برای مثال لغزش در توده‌های سنگی خود بخود مطالعات را معطوف به شیب کلی زمین، تعداد دسته ناپیوستگی‌ها، جهت افتادگی و نوع آن‌ها می‌نماید.

جهت تقسیم‌بندی نوع لغزش چلو ابتدا فرم کلی لغزش اتفاق افتاده مورد ارزیابی قرار گرفته و به منظور مطالعه جنس مواد دربرگیرنده در یک مقطع عبوری از کنار زمین‌لغزه نمونه‌های مختلف (از چاهک‌های به عمق ۲ متری) گرفته شد و به روش سرند و هیدرومتری دانه‌بندی شده‌اند (شکل ۳). با توجه به مشاهدات روی

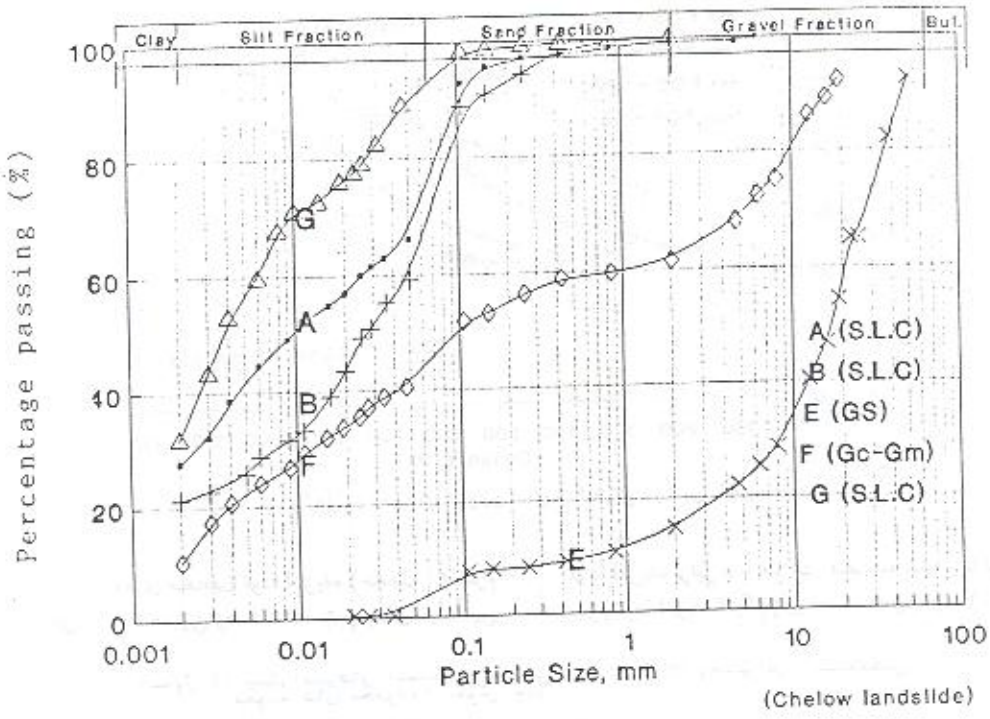
زمین و نوع رسوبات دربرگیرنده، لغزش منطقه چلو از نوع زمین‌لغزه Rotational sliding با شکل Log-sprial shaped است. لازم به یادآوری است که در رسوبات دانه‌ریز، از جنس مارن و سیلت‌های هوازده نوع لغزش‌ها بیشتر از نوع گلروانه (mud flow) است.



شکل ۱ : نقشه زمین شناسی و محل برداشت های ژئوتکنیکی زمین لغزه چاو و محدوده آن .



شکل ۲ : مقطع DD' عمودی از کناره زمین لغزه.



شکل ۳: توزیع دانه بندی رسوبات دربرگیرند زمین لغزه چلو.
Gc-Gm (clay or silty gravel) S.L.C (sandy lean clay)
GS (sandy gravel).

۴- ارزیابی فرایند لغزش

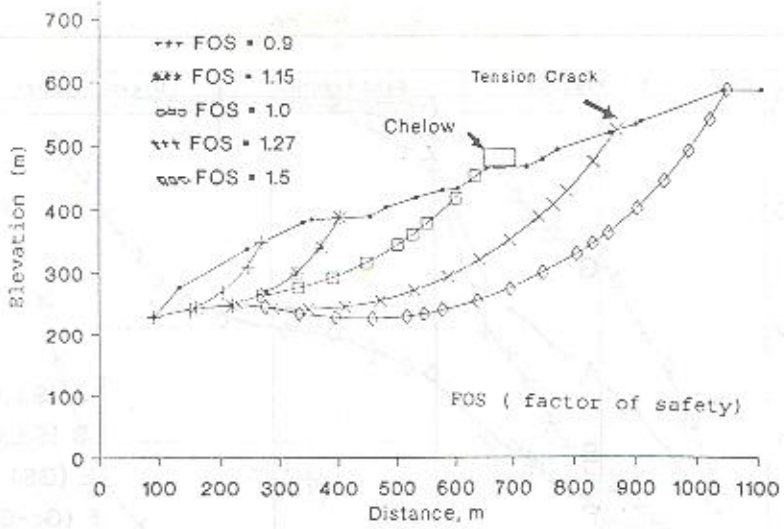
بررسی و برآورد خطر زمین‌لغزه‌ها به‌طور معمول به دو روش ناحیه‌ای و یا جزیی صورت می‌گیرد. ارزیابی ناحیه‌ای زمین‌لغزش‌ها در یک منطقه معمولاً برپایه به نقشه درآوردن سیماهای لغزیده یا با پتانسیل لغزش جهت ارائه یک نقشه ریسک براساس عوامل مؤثر در ایجاد زمین‌لغزه‌اند.

هدف مطالعه جزیی زمین‌لغزه‌ها تلاش برای کمی کردن نیروهای مسئول زمین‌لغزه یا تحقیق در مورد نیروهای فعال در یک شیب با پتانسیل لغزش است. در مطالعه اخیر هدف کمی کردن نیروهای محرک لغزش و ارزیابی ژرفای لغزش می‌باشد، لذا به منظور شبیه‌سازی بحرانی‌ترین سطوح لغزش پارامترهای زمین‌شناسی و ژئوتکنیک با تئوری‌های پایداری شیب‌ها تلفیق شده‌اند.

انگاره‌های گوناگونی در زمینهٔ پایداری شیب‌ها به وسیلهٔ Hoek (1982), Sarma (1973), Janbu (1973), Bishop (1955), Poon- Hwei (1992), و دیگران ارائه شده‌اند. در این راستا مؤلفه‌های نیرو، پارامترهای هندسی (پروفیل سطحی شکل ۲)، پارامترهای مکانیکی طبقات دربرگیرندهٔ تودهٔ لغزیده (جدول ۱) با تئوری پایداری شیب‌ها برپایهٔ روش تغییر یافته Janbu و Bishop، (Modified Janbu- Bishop Method) با هم تلفیق شده‌اند و مراحل مختلف لغزش به همراه بحرانی‌ترین سطوح لغزش ارزیابی شده‌اند (شکل ٤). شایان ذکر است که نمونه‌های دست نخورده لازم جهت آزمایشات ژئوتکنیکی از حفاری چاهک‌های اکتشافی (تا عمق ۲ متری) در رسوبات مختلف حاشیه توده لغزیده برداشت شده است. در شکل شماره ۱ محل نمونه‌های اخذ شده از رسوبات مختلف نشان داده شده است.

۵- ارزیابی ابعاد توده لغزیده

پس از تعیین بحرانی‌ترین سطوح ناپایدار (Factor of safety < 1.3؛ شکل ٤) با توجه به محدودهٔ لغزش اتفاق افتاده (شکل ۵)، حجم و جرم تودهٔ لغزیده سنگ و خاک محاسبه شده‌اند. با درنظر گرفتن دگرشیبی رسوبات کواترنر بر روی لایه‌های مارنی- سیلتی قرمزرنگ (پالئوسن- ائوسن) کم و بیش افقی (باشیب چند درجه)، مساحت سطح لغزش مربوط به هریک از رسوبات دربرگیرندهٔ تودهٔ لغزیدهٔ در مقطع آنالیز شده با ستبرای واحد (شکل ٤) محاسبه شده است.



شکل ۴: مراحل وبحرانی ترین سطوح لغزش زمین لغزه چلو،

با توجه به جرم مخصوص لایه‌های مختلف تودهٔ لغزیده (جدول ۱) جرم تودهٔ لغزیده برای ستبرای واحد تخمین زده شده است. پهنای میانگین تودهٔ لغزیده برابر با ۶۰۰ متر محاسبه شده و با توجه به آن ارزیابی کل جرم تودهٔ لغزیده انجام پذیرفته است (جدول ۲).

جدول ۱: پارامترهای استحکام برشی درشرایط UU وخواص اندیکس نمونه های محدوده، لغزش چلو

شماره نمونه‌ها	خواص اندیکس				دانسیته		پارامترهای استحکام برشی		حالت آزمایش ونوع رسوبات
	MC %	LL %	PL %	PI %	کلی gr/cm3	خشک gr/cm3	φ_u (درجه)	Cu (kpa)	
A	۷	۲۹	۱۷	۱۲	۲/۲	۲/۰۵	۲۹	۸۰	نمونه غیراشباع OVSLC (شرایط روی زمین)
AA	۱۰/۹	۲۹	۱۷	۱۲	۲/۱۸	۲	۲۰	۹۵	نمونه کاملا" اشباع OVSLC (شرایط روی زمین)
B	۱۷/۸	۲۸/۵	۱۸/۸	۹/۷	۲/۰۶	۱/۷۵	۲۶	۲۵	نمونه غیراشباع OVSLC (شرایط روی زمین)
BB	۲۰/۲	۲۸/۵	۱۸/۸	۹/۷	۲/۱	۱/۷۵	۲۲	۲۵	نمونه کاملا" اشباع OVLSC
F	۱۸/۵	–	–	–	۲/۱۷	۱/۸	۱۷	۲۵	نمونه کاملا" اشباع OV.GC-Gm
E	۱۲/۱	–	–	–	۲/۶	۲/۲۸	۲۱	۱۰	کنگلومرای رودخانه‌ای (نئوسن)
G	۲۳/۹	–	–	–	۲/۰۲	۱/۶۳	۷/۵	۹۲	نمونه کاملا" اشباع SLC
H	۵۴/۲	–	–	–	۱/۵۶	۱/۰۱	۳	۲۵	

OVSLC: Over consolidated sandy lean clay
SLC: Sandy lean clay
OV. Gc Gm- Over Consolidated Gc-Gm

جدول ۲: حجم وجرم تودهٔ لغزیده برای ضخامت واحد وکل تودهٔ لغزیده، لغزش جلو

جرم تودهٔ لغزیده (Tone)	حجم لغزش m۳	جرم مخصوص gr/cm۳	مساحت لغزش برای ضخامت واحد(m۲)	نوع رسوبات دربر گیرندهٔ لغزش
۱۲۳۶۲۵	۵۷۵۰۰	۲/۱۳	۵۷۵۰۰	لایه‌های قرمزرنگ پالئوسن -ائوسن
۶۵۰۰۰	۲۵۰۰۰	۲/۶	۲۵۰۰۰	کنگلومرای رودخانه ای
۷۹۵۰	۵۰۰۰	۱/۵۹	۵۰۰۰	مارن - سیلتهای سفید رنگ روئی
پهنای متوسط تودهٔ لغزیده: ۶۰۰ m حجم کل تودهٔ لغزیده: $52/5\times10^6$ m۳ جرم کل تودهٔ لغزیده 120×10^6 Ton				

۶- علل اصلی وقوع زمین‌لغزه جلو

در مقدمه عامل‌های اصلی به وجود آورندهٔ زمین‌لغزه‌ها به طور کوتاهی مورد گفتگو قرار گرفته. در مورد زمین‌لغزه مورد بررسی می‌توان به ترتیب اولویت عوامل آب (ناشی از نزولات جوی)، فرسایش و در نهایت ارتعاشات ناشی از زمین‌لرزه را نام برد. به سبب وجود هرسه عامل ذکر شده در استان چهارمحال و بختیاری این سه عامل با نسبت‌های مختلف مسئول لغزش‌های زمین محسوب می‌گردند.

۶-۱- نقش آب و فرسایش ناشی از آن در رویداد زمین‌لغزه

وجود آب در شیب‌های سنگی و خاکی چه طبیعی، یا مصنوعی سه اثر مهم اعمال می‌کند. اول این که به سبب آب وزن خاک افزایش یافته و در نتیجه افزایش تنش‌ها در سطح لغزش را باعث می‌گردد. دوم، وجود آب سبب انحلال کانی‌های قابل حل موجود در رسوبات و در نتیجه سبب کاهش استحکام برشی تودهٔ زیرین دربرگیرنده لغزش و تغییر شکل آن‌ها می‌گردد (نشست). سوم وجود آب سبب افزایش فشار آب درون حفره‌ای و فشار زه می‌گردد که خود این عامل مضافاً استحکام برشی مواد دربرگیرنده را کاهش می‌دهد. گرچه وجود آب به خودی خود کاهش استحکام برشی مواد خاکی و سنگی را به همراه خواهد داشت.

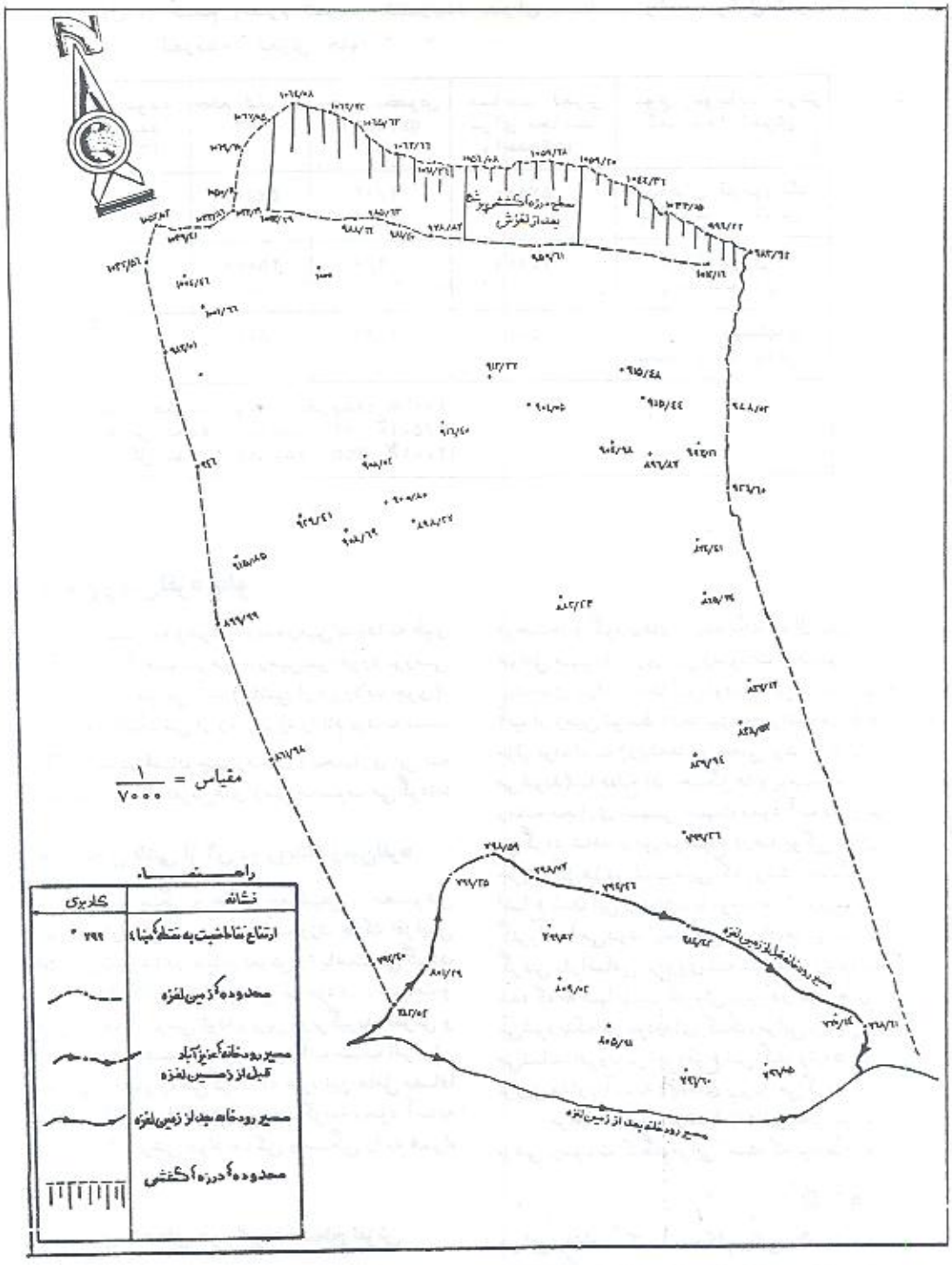
۶-۱-۱- اثر آب بر روی لایه‌های دربرگیرندهٔ سطح لغزش

از دیدگاه ما یکی از عوامل اصلی در به حرکت درآوردن تودهٔ یاد شده، وقوع گلروانه‌ها از نوع mud flow یا debris flow در رسوبات کاملاً متخلخل مارنی- سیلتی است. این رسوبات در چند دههٔ پیش به طور کامل از پوشش جنگلی (جنگل‌های بلوط و بنه) پوشیده بوده است. متاسفانه امروزه تنها اثر باقی مانده از این جنگل‌ها تک درخت‌ها و گودال‌های سیاه‌رنگ زغال‌سازی است. این جنگل‌ها از عوامل مهم پایداری این رسوبات محسوب می‌شده‌اند، زیرا نه‌تنها ریشه‌های ژرف آن‌ها کل توده خاکی را به هم بافته بوده بلکه جذب آب از زمین توسط آن‌ها نیز به مراتب در کاهش رطوبت خاک‌ها مؤثر بوده است (ریشه‌ها در بعضی برش‌ها تا ژرفای ۳۰ متری نیز دیده می‌شوند). با قطع این جنگل‌ها و پوسیده شدن ریشهٔ آن‌ها با گذشت زمان، مجاری سهلی جهت نفوذ آب در رسوبات دانه‌ریز فراهم می‌گردد. شاهد براین موضوع درصد پوکی بالای این رسوبات و وقوع جریان گل‌ها در شیب‌هایی که پوشش جنگلی از بین رفته می‌باشد. اشباع شدن این رسوبات با توجه به دانه‌ریز بودن آن‌ها منجر به وقوع گلروانه‌ها می‌شود. ایجاد این جریان‌ها سبب حرکت رسوبات و قرار گرفتن باراضافی بر روی لبه شیب‌دار رسوبات کنگلومرایی زیرین شده که نه تنها باعث افزایش تنش در شیب‌های رسوبات کنگلومرایی می‌شود بلکه در توده‌های کنگلومرایی زیرین ایجاد درزه کششی نیز می‌نماید. افزون بر آن وقوع این گلروانه‌ها سبب ایجاد گودال‌های تزریق مداوم آب به لایه‌های زیرین می‌گردد.

مرحله بعد در ارتباط با تأثیر تخریبی آب بر روی استحکام برشی رسوبات کنگلومرایی است که توسط فرمول زیر تعریف می‌شود.

$$\tau' = C' + \sigma_n \tan \phi'$$

در این رابطه τ' استحکام برشی، C', ϕ' به ترتیب زاویه اصطکاک و چسبندگی به ازای تنش‌های مؤثر در طبقات است. در نتیجه به سبب عامل‌های یاد شده اگر مقدار نفوذ آب در این رسوبات بیش از مقدار زه در آن‌ها گردد، باعث افزایش فشار آب حفره‌ای u یا کاهش (6n-u) می‌شود که همزمان با کاهش استحکام برشی رسوبات کنگلومرایی رودخانه‌ای است.



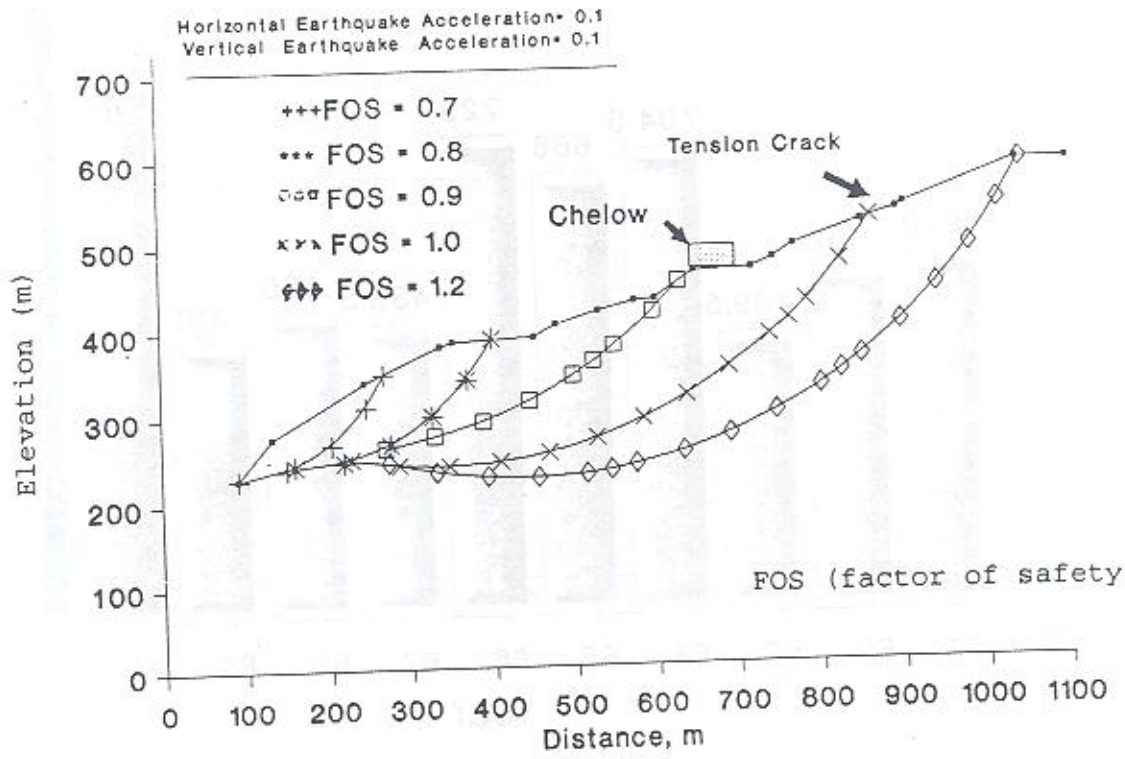
شکل ۵: محدوده زمین لغزه چلو (توابع اردل - استان چهارمحال وبختیاری)

عامل مهم دیگر که باید به آن اشاره شود نفوذپذیری کم و بیش بالای رسوبات جوان رودخانه‌ای است که به طور دگرشیب بر روی رسوبات قرمز رنگ مارنی- رسی گچدار پالئوسن- ائوسن قرار گرفته‌اند. به سبب نفوذ آب از طریق این رسوبات به داخل رسوبات زیرین، قسمتی از گچ‌های موجود در این رسوبات حل و از محیط خارج شده‌اند. در اثر این پدیده درصد پوکی رسوبات گچی زیرین افزایش و استحکام برشی آن‌ها تقلیل یافته است. افزون بر آن این عمل نشست‌های موضعی رسوبات روئی را به همراه داشته که به نوبهٔ خود باعث ایجاد سطوح گسیختگی در رسوبات کنگلومرایی رویی شده و در نهایت عمل نفوذ آب به رسوبات پالئوسن را تسهیل کرده است.

عامل مهم دیگر اثر آب در رویداد زمین‌لغزه چلو عمل فرسایش پاشنه سطح شیب‌دار توده لغزیده به وسیله رودخانه عزیز آباد است. با توجه به شکل ۵ قبل از وقوع زمین‌لغزه جریان رودخانه در اثر ماندرزدن (Meander) طوری بوده است که به تدریج شستن پاشنه شیب طبیعی را باعث می‌شده است. این تأثیر تخریبی آب نیز در تسهیل لغزش (افزایش تنش بر روی سطح لغزش بحرانی) نقش داشته است. عوامل فوق ناشی از تأثیر تخریبی آب در رسوبات مختلف دربرگیرندهٔ لغزش به خودی خود و همراه با هم زمینلرزه چلو را به وجود آورده‌اند.

۶-۲- اثر احتمالی زمین‌لرزه بر روی رویداد زمین‌لغزه

زمین‌لرزه‌ها نیز از عوامل اصلی رویداد زمین‌لغزه‌ها در شرایط آب و هوایی مختلف به حساب می‌آیند. توزیع فراوانی زمین‌لغزه‌هایی که در هر پهنه و گستره به سبب زمین‌لرزه روی می‌دهند به وسیله ویژگی‌های زمین‌شناسی، هیدرولوژی، توپوگرافی، و بزرگی زمینلرزه‌ها کنترل می‌شوند. رسوبات با پتانسیل زمین‌لغزه ناشی از زلزله شامل توده‌های سنگی رسوبی با سیمان ضعیف، توده‌های سنگی به شدت هوازده و پردرزه (Heavilly Fracture)، رسوبات آبرفتی درشت‌دانه با سیمان ضعیف، لای‌ها، رسوبات آبرفتی ماسه‌ای بدون سیمان یا سیلت‌های زیرسطح آب زیرزمینی و بعضی رسوبات آبرفتی

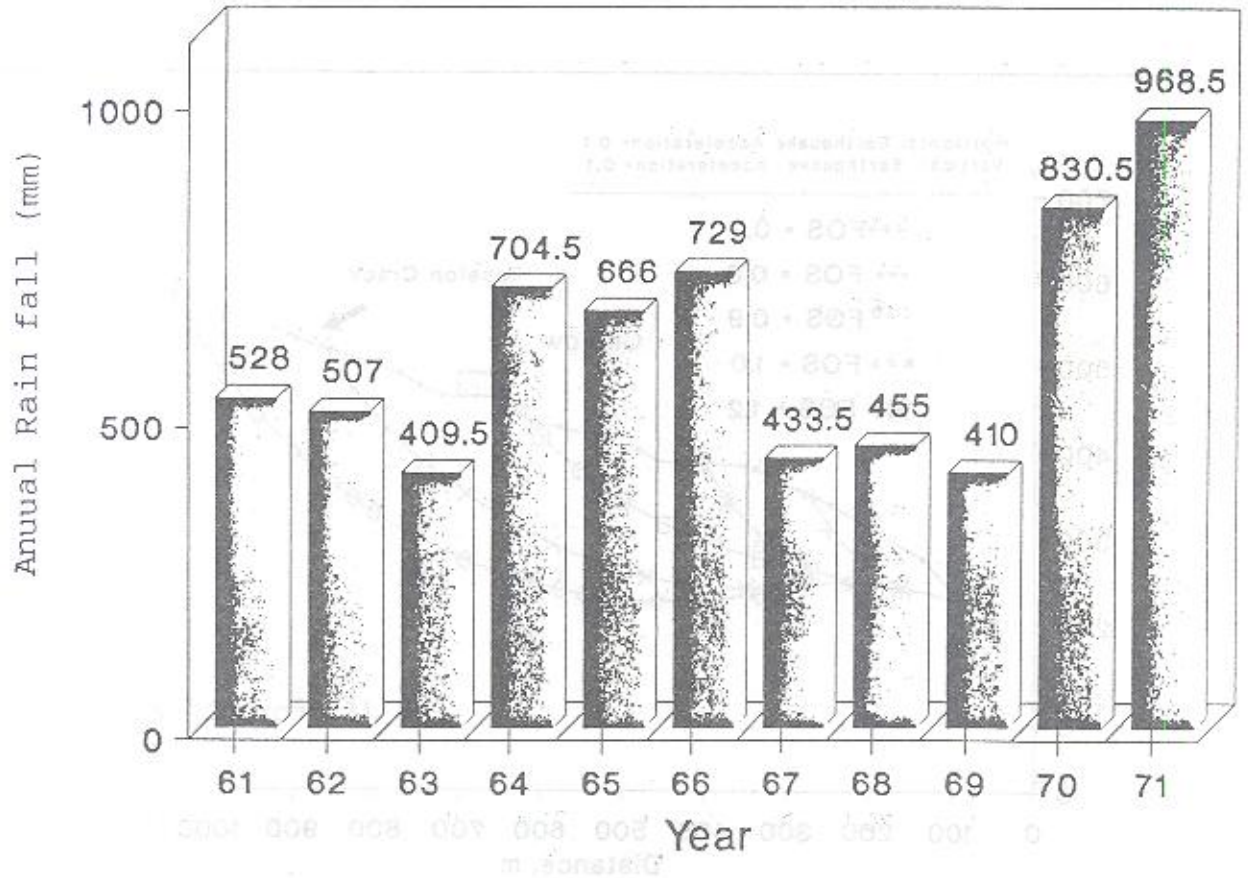


شکل ۶: مراحل وبحرانی ترین سطوح لغزش زمین لغزه چلو باتوجه به وقوع زلزله ای به بزرگی ۵ ریشتر.

مخروط افکنه می‌باشند (Keffer 1984). تشابه رسوبات آبرفتی یادشده (رسوبات با پتانسیل زمین‌لغزه ناشی از زمینلرزه) با رسوبات رودخانه‌ای کواترنر در گستره مورد بررسی به طور کامل همخوانی دارد. برای ارزیابی تأثیر احتمالی زمینلرزه در رویداد این زمین‌لغزه فرض شده است که همراه با نقش تخریبی آب یک زمینلرزه با بزرگی نزدیک به ۵ ریشتر رویداده باشد. بر پایه بررسی‌های تجربی رویداد زمین‌لرزه‌ای با بزرگی حدود ۵ ریشتر می‌تواند معادل حداقل یک شتاب افقی نزدیک به ۰/۹ سانتی‌متر بر مجذور ثانیه (معادل g ۰/۱) در زمین را بوجود آورد (تحجدی ۱۳۷۲). با در نظر گرفتن این شتاب افقی و معادل همین مقدار شتاب قائم ناشی از زلزله و منظور داشتن آن در محاسبه پایداری مشاهده می‌شود که ضرایب پایداری در مراحل مختلف لغزش تا حدود محل درزه کششی از قبل موجود (شکل ٦) به مقادیر زیر یک یعنی حالت ناپایدار میل می‌کند. به هر حال با توجه به بالا بودن توان لرزه‌خیزی گستره چهارمحال و بختیاری، نمی‌توان تأثیر احتمالی زمینلرزه را در رویداد زمین‌لغزه چلو نادیده گرفت.

۷- نتیجه گیری

با نگرش کلی به جایگاه زمین‌ساختی مناطق اسکانی استان چهارمحال و بختیاری به ویژه در گستره بلند زاگرس و فلسفه وجودی



شکل ۷: توزیع فراوانی میزان بارندگی دهه اخیرمنطقه اردل

عوامل رویداد زمین‌لغزه‌ها، به خصوص در سال‌های پرباران نظیر سال ۱۳۷۱ (شکل ۷) رویداد زمین‌لغزه‌های از این نوع امری بدیهی است. لذا با توجه به پیامدهای نامطلوب اقتصادی- اجتماعی ناشی از آن‌ها پژوهشی در زمینه برآورد ریسک زمین‌لغزه در این استان ضروری است.

نتایج حاصل از کار ارائه شده را می‌توان به صورت زیر به ترتیب اولویت تفکیک نمود.

A) لغزش چلو در سه مرحله اتفاق افتاده است، مدل سازی سطوح لغزش دال بر این ادعاست.

B) در کل ۱۲۰ میلیون تن رسوبات در این لغزش جا به جا شده‌اند.

C) عامل کلیدی رویداد این زمین‌لغزه‌ها قطع جنگل‌های انبوه بلوط و بنه در منطقه بوده است (به بخش ۶-۱-۱ مراجعه شود).

D) عامل کلیدی دیگر رویداد زمین‌لغزه چلو فرسایش پاشنه سطح شیب‌دار به وسیله رودخانه عزیز آباد بوده است.

E) با توجه به توان بالای لرزه‌خیزی گستره، نقش زمینلرزه را در رویداد این زمین‌لغزه نباید از نظر دور داشت.

F) جمع آوری اطلاعات زمین‌لغزه‌ها و علل آن‌ها از قبیل این مورد به طور قطع منجر به تشکیل یک بانک اطلاعاتی خواهد شد که می‌تواند نه تنها رهگشای یک سیستم اخطار باشد بلکه حداقل جهت ارزیابی دقیق‌تر پهنه‌بندی زمین‌لغزه منطقه مورد استفاده خواهد بود.

۸- سپاس گزاری

لازم است از همکاری و مساعدت معاونت محترم پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان جناب آقای دکتر احمد ابریشم‌چی که در انجام مطالعات موجود حمایت‌های لازم را نموده‌اند قدردانی به عمل آید و همچنین از سرپرست محترم دانشکدهٔ معدن جناب آقای دکتر محمود وفائیان که در فراهم آوردن امکانات و تسهیلات لازم ما را یاری کردند، سپاس گزاری شود.

کتاب نگاری

- عباس تحجدی، ۱۳۷۲، جزوه دینامیک خاک و پی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

References

Bishop, A. W. 1955- The use of the slip circle in the stabilty analysis of slopes. Geotechnique, 5, 7-17.

Coates, L. S. 1977- Landslide prespectives. in Geol. Soc. Am. Reviews in Eng. Geol, Landslides, 3, 3-28.

Hoek, E. 1982- Analysis of solpe stability in very heavilly jointed of weathered rock masses. Proc. 3rd. Int. Conf. on stability in surface mining, New York, 375- 406.

Janbu, N. 1973- Slope stability computations, Embankment dam engineering, Casagrande Vol. Wiley, New York, 47- 86.

Kefeer D. K. et al. 1987- Real time landslide warning during Rain- fall, Am. Ass. for the Advancement of science, 238, 921- 925.

Kefeer D. K. 1984- Rock avalanches caused by earthquakes. Am. Assoc. for the advancement of science, 2223, 1288- 1290.

Kefeer, D. K. 1984- Landslides Caused by earthquakes. Geol. Soc. Am. Bull. 95, 406-421.

Poon- Hwei. C, 1992- Stabilty analysis in Geomechanics by linear programing. Jour, Getech. Eng. 118, No. 11, 1696- 1715.

Salder, P. M. and Morton, D. M., 1989- Landslides in a semi- arid eviroment with emphasis on the Inland valleys of southern California. pub. of the inland Geol. Soci. 2, 118- 149.

Sarma, S. K. 1973- Stabilty analysis of embankment and slopes. Geotechnique, 23, 423- 433.

Varnes, D. J. 1978- Slope movement types and processes in landslides analysis and control. Transp. Res. Bd. Spec. Rep. 176, 11-33.

* استادیار دانشکده عمران- دانشگاه صنعتی اصفهان

** استادیار دانشکده عمران- دانشگاه صنعتی اصفهان

* Geotechnic and Rock mechanics lecturer, Mining Eng. Dept, Isfahan university of Technology, Isfahan Iran.

** Engineering Geology lecturer, Civil Eng. Dept. Isfahan university of Technology, Isfahan- Iran.