



تحلیل پایداری شیروانی خاکی منطقه بهرام بیگی یاسوج

حمیدمنصوری (استادیار بخش مهندسی معدن، دانشگاه شهیدباهنر کرمان)
محمدرضا خداشناس (کارشناس آزمایشگاه استان کهگیلویه و بویراحمد)

چکیده

شیب، فاکتور اطمینان، منطبق فازی، پایداری سازی شیب

۱- مقدمه

روستای قنات (منطقه بهرام بیگی) در ۶۵ کیلومتری غرب یاسوج واقع در استان کهگیلویه و بویراحمد، در دامنه نسبتاً پرشیب حاصل از فرسایش هسته یک تاق‌دیس به نام پاتاوه، واقع شده است. نوع سازند منطقه پابده و گورپی از جنس مارن و شیل بالای پابده (که ریزدانه رسی نفوذناپذیر می باشد. بارش بالای سالیانه، قطع درختان با ریشه های عمیق توسط اهالی منطقه، شرایط ایجاد لغزش را هرچه بیشتر فراهم کرده است. با حفر ۵ گمانه به عمق ۱۵ متر و انجام آزمایشات دانه بندی، تعیین حدود اثر برگ، سه محوری UU، برش مستقیم کوچک CD و... پارامترهای مقاومت برشی تعیین شد آنگاه با استفاده از دترم افزار Geoslope (روش تعادل حدی) و Plaxis2D (روش عددی) وضعیت پایداری شیب بررسی شد. نتایج بیانگر پایین بودن فاکتور اطمینان بود و در صورتی که با روش زهکشی سطحی و عمقی سطح آب زیرزمینی به اعماق پایین تر هدایت شود ضریب ایمنی بیشتر از حداقل مجاز (۱/۵) خواهد بود. هم چنین به دلیل عدم قطعیت نتایج تحقیق از منطبق فازی استفاده گردید.

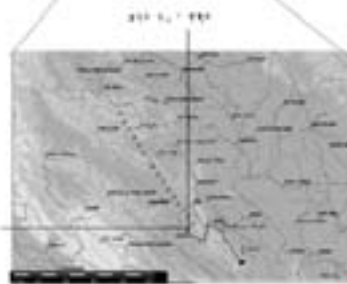
واژه های کلیدی: منطقه بهرام بیگی، تحلیل پایداری در منطقه مستعد زمین لغزش بهرام بیگی پس از بررسی های زمین شناسی و باهمکاری آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان کهگیلویه و بویراحمد و حفر ۵ گمانه ۱۵ متری و انجام آزمایشات صحرایی و آزمایشگاهی مقاومت برشی خاک منطقه تعیین گردید. از بین روش های احتمالی، فازی، تعادل حدی و تنش- تغییر شکل جهت تحلیل پایداری شیب که با انتخاب دور روش و با استفاده از دترم افزار Geo_ slope (روش تعادل حدی) و Plaxis2D (روش عددی) فاکتور اطمینان (نیروهای مقاوم به

نامقاوم) کمتر از حد مجاز برای منطقه حاصل می گردد.

۲- آشنایی با منطقه بهرام بیگی

۱-۲- موقعیت و مختصات جغرافیایی منطقه

محل مورد مطالعه در حوالی آبادی های قنات سفلی و قنات علیاد در منطقه بهرام بیگی و دارای مختصات جغرافیایی "۳۹° ۱۰' ۵۱" طول شرقی و "۱۶° ۵۹' ۳۰" عرض شمالی است (شکل ۱). در منطقه، دره بهرام بیگی با امتداد شمال غرب به جنوب شرق وجود دارد که احتمالاً "از روند یک گسل تبعیت می کند. متوسط درجه حرارت سالانه حدود ۱۴° و متوسط بارش سالیانه حدود ۷۳۰ mm و عمدتاً به صورت بارانی می باشد.



شکل ۱) موقعیت جغرافیایی منطقه بهرام بیگی (روستای قنات)



شکل ۲) نمایی از روستای قنات

ناشی از کوه زایی زاگرس در پیلو- پلیستوسن و فرسایش ثانویه آن شکل گرفته است منطقه مورد مطالعه در تاق‌دیس فرسایش یافته پاتاوه واقع شده است. در تاق‌دیس مذکور به ترتیب از قدیم به جدید سازندهای سروک، گورپی، پابده، آسماری و جهرم رخنمون یافته است. در اثر عملکرد یک گسل راست لغزد ام‌تداد محور تاق‌دیس پاتاوه و فرسایش لولای تاق‌دیس و ایجاد فروافتادگی، دره بهرام بیگی در حاشیه جنوبی منطقه ایجاد گردیده است.



شکل ۳) ترکهای کششی دیوار ساختمانی مسکونی در اثر زمین لغزش

۲-۲- پوشش گیاهی منطقه

از گونه های گیاهی مهم منطقه می توان به درخت بلوط، افرا (در اصطلاح محلی کیکم)، گردو، بادام و... اشاره نمود. در مناطقی که کاملاً از پوشش گیاهی درختان خالی شده و به جای آن گندم و... (با آبیاری سنتی و دیم) کشت شده است میزان لغزش های محلی بیشتر از سایر نقاط است (شکل ۲).

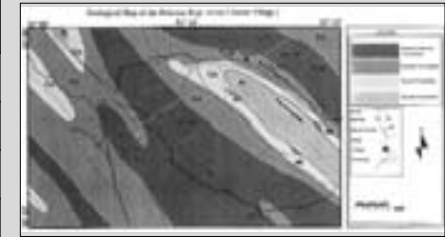
۳-۲- زمین ریخت منطقه

به طور کلی زمین ریخت منطقه تحت تاثیر چین خوردگی های

باتوجه به گسل های موجود، منطقه از نظر تکنیکی، منطقه ای پویا و فعال است [۱]. از نظر نفوذپذیری سازندها به دودسته نفوذناپذیر و نفوذپذیر تقسیم می شوند. سازندهای نفوذپذیر که باعث ایجاد سفره های آب زیرزمینی با پتانسیل بالا شده است شامل: سازندهای آسماری- جهرم به صورت ستیخ های کوهستانی در بالای روستا و سازند سروک در هسته فرسایش یافته تاق‌دیس و در پایین دست روستا و از جنس آهکی کرم تاقهوه ای و دولومیت می باشند. لیکن سازند نفوذناپذیر (روستای قنات بر آن واقع شده



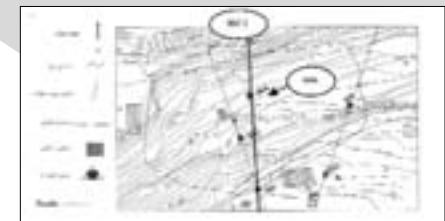
است) شامل: پایده، گورپی وازجنس شیل های رسی ومارنی می باشد(شکل ۴).



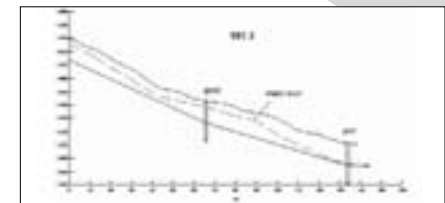
شکل ۴ نقشه زمین شناسی منطقه بهرام بیگی (محدوده روستای قنات) [۱]

۳- روش تمقیق وتصیین فواصل ژئوتکنیکی توده خاک

باتوجه به مشاهدات صحرایی پنج نقطه جهت حفرگمانه‌ها درمحدوده روستاتوسط آزمایشگاه درنظرگرفته شد(شکل‌های ۵و۶).



شکل ۵ محل وموقعیت گمانه‌ها



شکل ۶ پروفیل گمانه‌ها به همراه سطح آب زیرزمینی

- ۱-۳- مطالعات صحرایی و آزمایشات برجا حفرگمانه هادرفصل تابستان برای دستیابی به اهداف زیرصورت گرفت:
- نمونه برداری به صورت دست خورده ودست نخورده
 - تعیین نوع وضخامت لایه های خاک
 - انجام آزمایش ضربه ونفوذاستاندارد(SPT) به منظوربررسی وضعیت تراکمی لایه های خاک
 - اندازه گیری ترازآب زیرزمینی (جدول ۱)

جدول (۱): عمق حفاری و سطح آب زیرزمینی در گمانه‌ها

شماره گمانه	عمق نهایی حفاری (متر)	عمق برخورد به آب زیرزمینی (متر)
B.H1	۱۵	۷/۳۰
B.H2	۱۲	۱/۸۰
B.H3	۱۵	۶/۶۰
B.H4	۱۵	۲/۰
B.H5	۱۵	۶/۸۰

۱-۳- آزمایشات آزمایشگاهی

برروی نمونه های دست خورده خاک آزمایشات دانه بندی (ASTM:C136)، تعیین حدوداتربرگ (ASTM:D4318) وبرروی نمونه های دست نخورده خاک آزمایشات برش مستقیم به روش کند (ASTM:D3080)، سه محوری تحکیم نیافته زهکشی نشده (UU) (ASTM:D2850)، تعیین دانسیته طبیعی خاک و... انجام گردید. نتایج نشان دادروستای قنات برروی سازندپایده وازجنس شیل رسی واقع شده است وتاعمق ۸ متری خاک منطقه ازنوع رس باخاصیت خمیری کم (CL) وازعمق ۸ متری تا عمق نهایی حفاری (۱۵ متر) ازجنس رس باخاصیت خمیری کم همراه باماسه (CL) می باشدکه خلاصه نتایج درجدول دوارانه گردیده است.

۴- تحلیل پایداری شیروانی منطقه

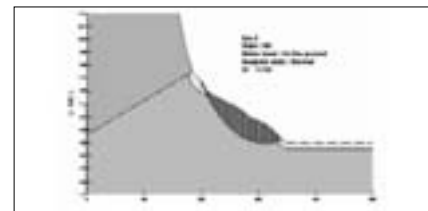
به منظور آنالیز پایداری شیب ازبسته‌های نرم افزارهای Geo slope-slope/w و Plaxis2D دردوشرایط تحلیل کوتاه مدت (بااستفاده از پارامترهای برشی C_u و ϕ_u) و دراز مدت (بااستفاده از پارامترهای برشی c' و ϕ') و برروی مقطع شماره ۲ استفاده شد(شکل‌های ۷الی ۱۲).

جدول (۲): پارامترهای برشی خاک در لایه های مختلف

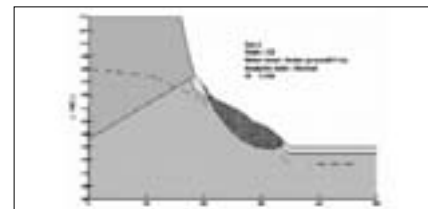
پارامترهای برشی خاک	در لایه بالایی خاک	در لایه پایینی خاک
Cu چسبندگی زهکشی نشده خاک بر حسب kg/cm^2	۰/۵	۱/۰
ϕ_u زاویه اصطکاک داخلی زهکشی نشده بر حسب درجه	۰	۰
c' چسبندگی زهکشی شده بر حسب kg/cm^2	۰/۰۷۸	۰/۰۴

ادامه جدول در صفحه بعد

ϕ' زاویه اصطکاک داخلی زهکشی شده بر حسب درجه	۱۸/۹	۲۷
وزن مخصوص طبیعی خاک بر حسب gr/cm^3	۱/۸۷	۲/۰
γ_n مدول الاستیسیته (kg/cm^2)	۸۰۰	۲۰۰۰
ضریب نفوذپذیری (cm/s)	۳ × ۱۰-۸	۲ × ۱۰-۶



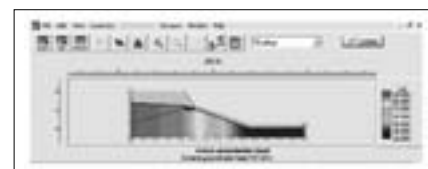
شکل ۷ تحلیل پایداری شیب در حالت کوتاه مدت (روش تعادل حدی)



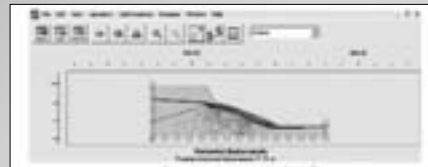
شکل ۸ تحلیل پایداری شیب در حالت بلندمدت (روش تعادل حدی)



شکل ۹ مدل ساخته شده (روش عددی)



شکل ۱۰ وضعیت سطح آب زیرزمینی (در عمق ۷ متری)

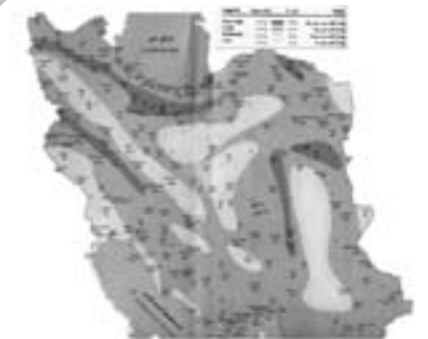


شکل ۱۱ نمایی ازجابجایی افقی مدل

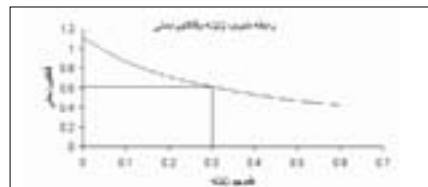


شکل ۱۲ نمایی ازسطح برش

هم چنین برای اعمال اثرزلزله ازشتاب طرح $g/0.3$ براساس آیین نامه ۱۲۸۰۰ ایران (شکل ۱۳) ودرحالت تحلیل کوتاه مدت وقرارگرفتن سطح آب برروی زمین (مثلاً "درفصل زمستان) پایداری شیب موردتحلیل قرارگرفت (شکل ۱۴) که نتیجه حاکی ازناپایداریبودن شیب دراین حالت بود.



شکل ۱۳ پهنه بندی مناطق زلزله خیز ایران [۲]



شکل ۱۴ ارتباط بین ضریب ایمنی و ضریب زلزله در منطقه مورد مطالعه



خلاصه نتایج تحلیل ها در جدول ۳ و ۴ ارائه گردیده است.

جدول (۳): نتایج تحلیل پایداری شیب (روش تعادل حدی)

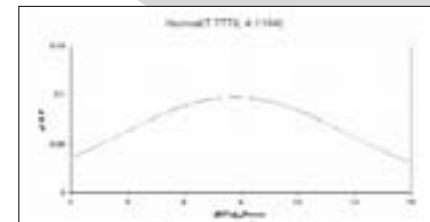
نوع تحلیل	وضعیت آب زیرزمینی	فاکتور اطمینان
UU (کوتاه مدت)	روی سطح زمین وبدون تاثیرزلزله	۱/۱۳۶
UU (کوتاه مدت)	روی سطح زمین همراه با تاثیرزلزله (a=0.3g)	۰/۶۰۹
CD (بلند مدت)	درحالت عادی (منتج ازگمانه های حفاری)	۱/۲۹۵
CD (بلند مدت)	در عمق ۷ متری	۱/۵۰۴
CD (بلند مدت)	در عمق ۱۲ متری	۱/۷۵۹

جدول (۴): نتایج تحلیل پایداری شیب (روش عددی)

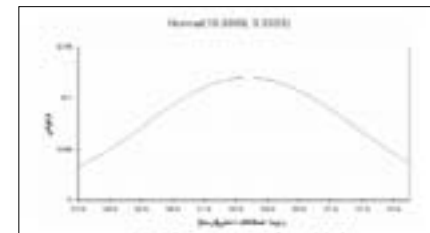
نوع تحلیل	فاکتور اطمینان
کوتاه مدت (سطح آب بر روی سطح زمین)	۱/۰۲۲
بلند مدت (سطح آب در عمق ۷ متری)	۱/۳۲۲

دارای ارزش یک و آسمان ابری داری ارزش صفر باشد ولیکن اگر روز شنبه نصف آسمان را بر گرفته باشد در نتیجه دارای ارزش غیر صریح و فازی است و ممکن است به آن ارزش ۰/۵ نسبت بدهیم. اغلب روش های تحلیلی و طراحی یک عدد برای هر یک از پارامترهای ورودی مورد استفاده قرار می دهند. انتخاب یک عدد برای یک پارامتر خاص که بتواند رفتار خاک را نشان دهد، از اعتماد کافی و لازم برخوردار نیست.

با انتخاب دو پارامتر ρ و c (فقط پارامترهای لایه بالایی خاک یعنی تا عمق ۸ متری مورد بررسی قرار گرفت) و با استفاده از نرم افزار Best fit توزیع آماری این پارامترها به دست آمد (شکل های ۱۵ و ۱۶).



شکل (۱۵) توزیع آماری پارامتر چسبندگی

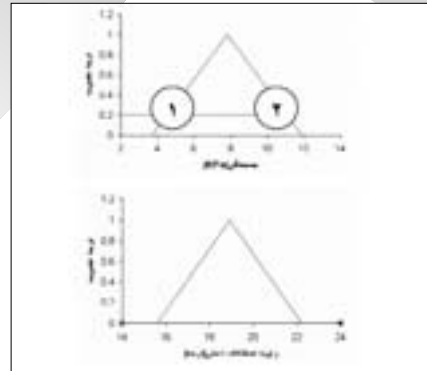


شکل (۱۶) توزیع آماری پارامتر زاویه اصطکاک داخلی

جدول (۵): نتایج بدست آمده برای پارامترهای متغیر

پارامتر	میانگین	انحراف معیار
چسبندگی (کیلو پاسکال)	۷/۸	۴/۱
زاویه اصطکاک داخلی (درجه)	۱۸/۹	۳/۳

باتوجه به نتایج جدول ۵ اعداد فازی بیان کننده پارامترهای متغیر نیز ترسیم شد (شکل ۱۷) سپس با مقادیر هر برش (جدول ۶) فاکتور اطمینان برای کلیه برش ها به دست آمد (جدول ۷ و ۸ و شکل ۱۸).



شکل (۱۷) اعداد فازی بیان کننده پارامترهای متغیر

۱: کران پایین برش ۰/۲

۲: کران بالای برش ۰/۲

جدول (۶): مقادیر برش های نتیجه شده برای هر متغیر

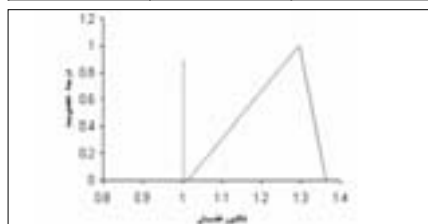
برش	چسبندگی		زاویه اصطکاک داخلی	
	کران پایین	کران بالا	کران پایین	کران بالا
۰	۳/۷	۱۱/۹	۱۵/۶	۲۲/۲
۰/۱	۴/۱	۱۱/۵	۱۵/۹	۲۱/۹
۰/۲	۴/۵	۱۱/۱	۱۶/۲	۲۱/۶
۰/۳	۴/۹	۱۰/۷	۱۶/۵	۲۱/۳
۰/۴	۵/۳	۱۰/۳	۱۶/۸	۲۱
۰/۵	۵/۷	۹/۹	۱۷/۱	۲۰/۷
۰/۶	۶/۱	۹/۵	۱۷/۴	۲۰/۴
۰/۷	۶/۵	۹/۱	۱۷/۷	۲۰/۱
۰/۸	۶/۹	۸/۷	۱۸/۱	۱۹/۷
۰/۹	۷/۳	۸/۳	۱۸/۵	۱۹/۳
۱	۷/۸	۷/۸	۱۸/۹	۱۸/۹

جدول (۷): محاسبه فاکتور اطمینان برای برش ۰/۵

چسبندگی	زاویه اصطکاک داخلی	فاکتور اطمینان
۵/۷	۱۷/۱	۱/۱۹۹
۵/۷	۲۰/۷	۱/۳۲۰
۹/۹	۲۰/۷	۱/۳۳۵
۹/۹	۱۷/۱	۱/۳۲۶

جدول (۸): محاسبه فاکتور اطمینان برای برش های در نظر گرفته شده

برش	فاکتور اطمینان	
	کران پایین	کران بالا
۰	۱/۰۱۲	۱/۳۶۳
۰/۱	۱/۰۵۰	۱/۳۵۸
۰/۲	۱/۰۸۷	۱/۳۵۲
۰/۳	۱/۱۲۴	۱/۳۴۷
۰/۴	۱/۱۶۲	۱/۳۴۰
۰/۵	۱/۱۹۹	۱/۳۳۵
۰/۶	۱/۲۳۷	۱/۳۲۹
۰/۷	۱/۲۵۹	۱/۳۲۰
۰/۸	۱/۲۷۸	۱/۳۱۳
۰/۹	۱/۲۸۷	۱/۳۰۶
۱	۱/۲۹۵	۱/۲۹۵



شکل (۱۸) عدد فازی منتج برای فاکتور اطمینان





همان طور که از شکل ۱۸ مشخص است فاکتور اطمینان در شرایط تحلیل درازمدت و با استفاده از نرم افزار Geo slope روش مرگنستن - پرایس و قرار گرفتن سطح آب زیرزمینی در حالت عادی (منتج از گمانه های حفاری) بر اساس منطق فازی از ۱/۰۱۲ تا ۱/۳۶۳ متغیر است و اگر کران پایین در محدوده یا کران پایین متناظر با برش ۰/۷ [۳] در نظر بگیریم، فاکتور اطمینان کمتر از ۱/۳ (ضریب اطمینان مجاز در شیب های طبیعی ۱/۵ می باشد) [۴] و نسبتاً خطرناک ارزیابی می شود.

۶- بررسی پایداری شیب منطقه

در انتخاب روش پایداری سازی باید به دونگته توجه داشت: ۱- روش قابل اجرا باشد و واقعاً شیب را پایداری سازد. ۲- از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد. روش های پایداری سازی غیر قابل اجرا یا کم تاثیر در شیب مورد نظر عبارتند از: دیوار حائل (بدلیل حجم بالای محدوده لغزش)، ژئوتکستایل (در شیبهای کوچک و مصنوعی کاربرد دارد)، سنگ ریزی در پهنه شیب (توده مورد نظر در پهنه شیب به جاده ورودخانه ختم می شود) و استفاده از مواد افزودنی و تزریق (منطقه کلا" توسط اهالی روستا زیر کشت محصولات کشاورزی است). هم چنین اجرای روش های خاکبرداری و ملایم کردن شیب، استفاده از شبکه مایکرو پایل ها و میل مهارهای خاکی به دلیل گستردگی منطقه نتیجه اقتصادی ندارد مگر به صورت موردی و محلی.

استفاده از روش های زهکش های سطحی و عمقی (باتوجه به نفوذناپذیری بودن جنس خاک و ... روش زهکش عمقی نیاز به بررسی گسترده دارد) و هم چنین جابه جایی اهالی روستا (این روش زمانی سودمند است که از نظر اقتصادی و عملی بر سایر روش ها ترجیح داده شود) از آن منطق که تاثیری بر روی پایداری شیب نیز ندارد می تواند جزء گزینه های انتخابی باشند.

۷- نتایج

۱) منطقه بهرام بیگی به صورت یک تاقدیس فرسایش یافته به نام پاتاوه می باشد و تشکیلات زمین شناسی محدوده مورد مطالعه از سازندهای پابده و گوربی باجنس شیپل و مارن بانفوذپذیری پایین و مستعد لغزش می باشد. ۲) منطقه از نظر تکنیکی فعال و پویاست. ۳) باتوجه به بارندگی زیاد، قرار گرفتن منطقه در محدوده زلزله خیز با خطر نسبی زیاد و نتایج تحلیل، منطقه داری پتانسیل لغزش بالا می باشد.

۴) فعالیت های انسانی همانند: ساخت و ساز منازل مسکونی، راه سازی، فعالیت های کشاورزی و قطع درختان باریشه های عمیق که خود به عنوان میل مهارهایی عمل می کنند از مهم ترین علل ایجاد و توسعه لغزش می باشد.

۵) باتوجه به ترک های کشتی ایجاد شده در دیوار و کف منازل مسکونی که ناشی از حرکت زمین می باشد، واحدهای مسکونی، محل امن و مناسبی برای زندگی با شرایط موجود نمی باشد. ۶) بر اساس منطق فازی در صورتی که تعداد متغیر بیشتری در نظر بگیریم عدم قطعیت نتایج تحلیل بیشتر نمود می کند.

۷) باتوجه به آب فراوان در منطقه که یکی از عوامل موثر در ایجاد لغزش می باشد ایجاد شبکه های زهکشی سطحی، عمقی و هم چنین کاشت درختان باریشه های عمیق پیشنهاد می شود.

منابع و مراجع

- [۱] مرادی، حسین. مطالعات زمین شناسی منطقه بهرام بیگی. یاسوج. آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک. ۱۳۸۵.
- [۲] آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰). مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. تهران. ۱۳۸۴.
- [۴] وفائیان، محمود. مقاومت و گسیختگی خاک. اصفهان. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۳۶۴.