بسم الله الرحمن الرحیم

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته استخراج معدن

موضوع:

تحلیل نشست سطح زمین در اثر استخراج زغال به روش جبهه کار طولانی- مطالعه موردی منطقه زغالدار طبس

تهیه کننده

احسان خطیبی

استاد راهنما

دکتر کوروش شهریار

استاد مشاور

دکتر بهنام فردوسی

زمستان ۱۳۸۶

تقدیم به:

پدر بزرگوارم که نبودش هم درسی است بر من،

مادرم که عشقش مایه حیاتم است،

همسر نازنین و بالاتر از جانم،
و
برادرم که همواره کوهی است برایم.

تشکر و قدردانی

سپاسگذارم از زحمات بی حد استاد گرانمایه ام، دکتر کوروش شهریار؛ که به واقع به لطف ایشان این مهم میسر گردید.

کمال تشکر را از دکتر بهنام فردوسی دارم که تلاش زیادی در هدایت اینجانب نمودند.

همچنین از آقایان دکتر احمد اسدی، مهندس فرتوت، آقا حسنی، مهندس رضایی و مهندس تقی پور نیز سپاسگذارم.

چکیده:

نشست سطحی ایجاد شده در اثر استخراج لایه های زغالی، موجب بوجود آمدن مشکلات متعددی می شود، از آن جمله می توان به تخریب ساختمان ها و تاسیسات اشاره نمود. با افزایش نرخ مصرف منابع انرژی و ذخایر معدنی، نیازمندیهای مکانیزاسیون و همچنین افزایش نرخ استخراج مواد معدنی نیز بیشتر می شوند، لذا مسایل زیست محیطی مانند نشست سطح زمین، سلامت و امنیت جان انسانها را هر چه بیشتر تهدید می نمایند. از میان روشهای موجود برای استخراج لایه های شیب دار زغال، روش جبهه کار طولانی روشی متداول در اکثر کشورها می باشد چرا که هم شرایط مکانیزاسیون بیشتر و هم سرعت استخراج بالا را ارضا می نماید. پیش بینی نشست سطحی زمین در لایه های شیب دار زغال که در عمق کم قرار گرفته اند، به علت پیچیدگی های موجود کمتر مورد توجه قرار گرفته است، در حالیکه در بسیاری از کشورها ذخایر زغالی به صورت لایه های شیب دار و در اعماق کم می باشند. چهار روش عمده جهت پیش بینی نشست سطحی زمین ارائه گردیده است که شامل روشهای تجربی، روشهای فیزیکی، روشهای تحلیلی و روشهای عددی می باشند. در این تحقیق به بررسی نشست سطح زمین در اثر استخراج لایه های زغالی شیب دار و کم عمق به روش جبهه کار طولانی با استفاده از روشهای عددی پرداخته شده است. در این خصوص لایه زغالی C1 از کارگاه استخراج ۲۸ شرقی معدن معدنجو واقع در منطقه زغالی پروده۳ طبس مدلسازی شده است. لایه C1 در کارگاه استخراج ۲۸ در عمق متوسط ۱۷ متری از سطح زمین و با شیب متوسط ۱۹ درجه قرار گرفته است. برای مدلسازی عددی نشست سطح زمین از روش عددی تفاضل محدود استفاده شده است و دلیل انتخاب آن نیز توان بالای مدلسازی این روش در مسایل غیر خطی با مقادیر تغییر شکل بالا می باشد. لذا مدلسازی نشست با استفاده از نرم افزار FLAC 2D انجام گرفته است. پس از انجام مدلسازی نتایج با پروفیل نقشه برداری شده توسط اسدی کالیبره شد و در نهایت بر روی نتایج تحلیل حساسیت انجام گرفت. موقعیت مکانی نقطه با حداکثر نشست به سمت بالادست کارگاه و مقدار حداکثر نشست ۴۶cm بوده است که این مقدار در عملیات نقشه برداری ۴۷,۲cm گزارش شده است. میزان خطای حاصل معادل ۲,۵٪ می باشد که درصد خطای مجاز در مسایل نشست به حساب می آید. این خطا می تواند ناشی از مقادیر پارامترهای ورودی و یا خطای نقشه برداری و یا هر دوی آنها باشد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول: نشست سطح زمین	۳
۱-۱- کلیات	۴
۱-۲-تقسیم بندی کانسارهای لایه ای بر اساس شیب لایه ها	۶
۱-۳- پارامترهای نشست	۷
۱-۴- علل نشست زمین در اثر حفر فضای استخراجی	۹
۱-۴-۱- ضخامت استخراجی	۱۲
۱-۴-۲- اثر عمق و عرض کارگاه استخراج	۱۴
۱-۴-۳- اثر کارگاه های استخراج شیبدار	۱۵
۱-۴-۴- سرعت استخراج	۱۶
۱-۴-۵- فاکتور زمان	۱۶
۱-۴-۶- خواص فیزیکی طبقات روباره	۱۷
۱-۵- خسارات ناشی از نشست	۱۷
۱-۶- مکانیسم نشست	۱۹
۱-۶-۱- تخریب درسطح زمین در اثر حفر کارگاه استخراج جبهه کار طولانی	۱۹
۱-۶-۲- رفتار مکانیکی طبقات در بالای کارگاه استخراج برای لایه های افقی	۲۲
۱-۶-۳- رفتار مکانیکی طبقات در بالای کارگاه استخراج برای لایه های شیب دار	۲۴
۱-۶-۴- ارتفاع ناحیه شکست	۲۷
۱-۶-۴-۱- طبقه‌بندی نشست زمین در اثر حفرکارگاه استخراج از نظر نوع و خواص طبقات	۲۷
۱-۶-۴-۲- تعیین ارتفاع ناحیه شکست و تخریب	۲۹
فصل دوم: مروری بر روشهای محاسبه نشست و سابقه تحقیق	۳۰
۲-۱- کلیات	۳۱
۲-۲- روشهای تجربی	۳۳
۲-۳- مدلسازی فیزیکی	۳۵
۲-۴- روشهای تحلیلی	۳۶
۲-۵- روشهای عددی	۳۷
۲-۵-۱- مدل محیط پیوسته	۳۸
۲-۵-۲- مدل محیط ناپیوسته	۳۹
۲-۵-۳- مدل عکس العمل بستر	۳۹

فصل سوم: معرفی منطقه زغالخیز پروده طبس ۴۵
۳-۱- جغرافیای منطقه ۴۶
۳-۲- زمین شناسی و بررسی اکتشافی منطقه ۵۰
۳-۳- گازخیزی رسوبات زغالی در منطقه پروده ۵۱
۳-۴- ساختمان زمین شناسی ناحیه پروده ۵۲
۳-۵- نواحی زغالدار حوضه طبس ۵۴
۳-۶- گسترش زغال های زون اصلی ۵۵
۳-۷- خواص مهندسی و ژئوتکنیک منطقه ۵۶
۳-۷-۱- مقاومت فشاری سنگ بکر ۵۶
۳-۷-۲- وزن مخصوص ۵۶
۳-۷-۳- خصوصیات مکانیکی سنگ ها ۵۷
۳-۸- آبشناسی منطقه پروده ۵۷
۳-۹- میزان و کیفیت ذخایر کانسار ۵۸
فصل چهارم: مدلسازی نشست سطح زمین با استفاده از نرم افزار FLAC ۶۲
۴-۱- نرم افزار FLAC ۶۳
۴-۱-۱- مراحل وارد کردن داده ها ۶۴
۴-۲- ارزیابی داده های ورودی ۶۷
۴-۲-۱- پارامترهای تغییر شکل پذیری ۶۷
۴-۲-۱-۱- مدول یانگ ۶۷
۴-۲-۱-۲- نسبت پوآسون ۷۰
۴-۲-۲- پارامترهای مقاومتی ۷۰
۴-۲-۲-۱- چسبندگی و زاویه اصطکاک ۷۰
۴-۲-۲-۲- مقاومت فشاری تک محوره ۷۱
۴-۲-۲-۳- مقاومت کششی ۷۲
۴-۲-۳- شرایط تنش اولیه زمین ۷۲
۴-۲-۴- رفتار پس از شکست ۷۴
۴-۳- مدلسازی نشست ۷۵
۴-۳-۱- مراحل عملیات مدلسازی ۷۵
۴-۳-۱-۱- فهم دقیق مدل و درک صحیح از فیزیک مدل ۷۶
۴-۳-۱-۲- مرزبندی مدل ۷۷

۴-۳-۱-۳- تعیین خواص مواد ۷۸
۴-۳-۱-۴- ساخت هندسه مدل ۸۱
۴-۳-۱-۵- تعیین مدل رفتاری و اعمال شرایط محیطی ۸۲
۴-۳-۱-۶- اجرای مدل و بررسی نتایج، اصلاح مدل و تحلیل نتایج نهایی ۸۷
۴-۴- تحلیل حساسیت مدل ۹۰
۴-۴-۱- تحلیل حساسیت بر روی عمق کارگاه استخراج ۹۰
۴-۴-۲- تحلیل حساسیت بر روی طول کارگاه استخراج ۹۵
۴-۵- مقایسه مدل های عددی ساخته شده برای کارگاه استخراج ۲۸ ۹۹
فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۰۱
۵-۱- نتایج ۱۰۲
۵-۲- پیشنهادات ۱۰۴
فهرست منابع ۱۰۵

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل۱-۱) نمائی از معدنکاری به روش جبهه کار طولانی	۴
شکل ۱-۲) پارامترهای نشست در پروفیل نشست	۸
شکل ۱-۳) نشست ایجاد شده در زمین در اثر فعالیت های طبیعی	۱۰
شکل۱-۴) نشست طبیعی ایجاد شده در منطقه North Yorkshire	۱۰
شکل۱-۵) نشست ایجاد شده در زمین در اثر انحلال توسط آب	۱۰
شکل ۱-۶) نشست ایجاد شده در زمین بر اثر انحلال آب در منطقه North Yorkshire	۱۱
شکل۱-۷) تاثیر پذیری نسبت S/M از نسبت W/H	۱۳
شکل۱-۸) منحنی های نشست و کرنش سطح زمین برای شرایط الف)زیر بحرانی ب)بحرانی ج)فوق بحرانی	۱۴
شکل ۱-۹) موقعیت نقطه با حداکثر نشست در لایه های شیب دار	۱۵
شکل۱-۱۰) تاثیر عمق معدنکاری بر زمان تکمیل خزش	۱۷
شکل ۱-۱۱) تخریب طبقات فوقانی در اثر استخراج زغال به روش جبهه کار طولانی	۱۹
شکل ۱-۱۲) ایجاد مناطق گستردگی و فشردگی در اثر حفر کارگاه استخراج	۲۰
شکل ۱-۱۳) جهت حرکت طبقات فوقانی لایه زغالی در اثر استخراج به روش جبهه کار طولانی	۲۱
شکل۱-۱۴) تقسیم بندی ناحیه بالای فضای استخراجی در روش جبهه کار طولانی	۲۲
شکل ۱-۱۵)جهات مختلف استخراج در روش جبهه کار طولانی	۲۴
شکل ۱- ۱۶) کرنشهای ایجاد شده در اثر استخراج به روش جبهه کار طولانی	۲۵
شکل ۱- ۱۷)کارگاه استخراج جبهه کار طولانی در امتداد لایه های	۲۶
شکل۲-۱) مدل نشست سطح زمین در بالای کارگاه استخراج جبهه کار طولانی	۴۳
شکل۳-۱) راههای ارتباطی منطقه پروده	۴۸
شکل۳-۲) نمایی از تاسیسات موجود در منطقه پروده	۴۹
شکل ۳-۳) وضعیت گسلهای حوضه زغالخیز طبس	۵۳
شکل۳-۴) تغییرات ضخامت لایه C1 در ناحیه پروده	۵۵
شکل ۳-۵) موقعیت بلوک ها در منطقه پروده ۳	۶۰
شکل ۳-۶) نمایی کلی از منطقه زغالخیز پروده طبس	۶۱
شکل۴-۱) مدل نشست زمین در بالای کارگاه استخراج جبهه کار طولانی	۶۹
شکل ۴-۲) مرز مدل اولیه کارگاه استخراج ۲۸	۷۷
شکل ۴-۳) هندسه و مش بندی اولیه مدل در نرم افزار FLAC	۸۱
شکل ۴-۴) اندازه تنشهای اصلی در کارگاه ۲۸ واقع در پروده ۳	۸۵

شکل۴-۵) توزیع تنشهای افقی در کارگاه ۲۸ واقع در پروده ۳ ($S_{xx}=S_{zz}$)	۸۶
شکل ۴-۶)توزیع تنشهای عمودی در کارگاه ۲۸ واقع در پروده ۳ (S_{yy})	۸۶
شکل۴-۷) کنتور نشست سطح زمین در بالای کارگاه استخراج ۲۸	۸۷
شکل۴-۸) کالیبراسیون مدل عددی ایجاد شده در نرم افزار FLAC توسط پروفیل اسدی	۸۸
شکل ۴-۹) کنتور نشست سطحی زمین برای کارگاه در عمق ۱۷ متر	۹۱
شکل۴-۱۰) قوس فشار کارگاه استخراج جبهه کار طولانی برای حالت فوق بحرانی	۹۲
شکل ۴-۱۱) کنتور نشست سطحی زمین برای کارگاه در عمق ۳۰ متر	۹۲
شکل ۴-۱۲) کنتور نشست سطحی زمین برای کارگاه در عمق ۸۰ متر	۹۳
شکل۴-۱۳) قوس فشار کارگاه استخراج جبهه کار طولانی برای حالت زیر بحرانی	۹۳
شکل۴-۱۴) نتایج حاصل از مدلسازی سه کارگاه فوق در اعماق ۱۷، ۳۰ و ۸۰ متر	۹۴
شکل۴-۱۵) کنتور نشست سطحی زمین برای کارگاه با طول ۴۵ متر	۹۵
شکل۴-۱۶) کنتور نشست سطحی زمین برای کارگاه با طول ۶۶ متر	۹۶
شکل۴-۱۷) کنتور نشست سطحی زمین برای کارگاه با طول ۹۰ متر	۹۶
شکل ۴-۱۸) نتایج حاصل از مدلسازی سه کارگاه فوق با طول های ۴۵، ۶۶ و ۹۰ متر	۹۷
شکل۴-۱۹) نتایج مدلسازی به روشهای FLAC 2D & 3D و تابع پروفیل برای کارگاه استخراج ۲۸ شرقی	۹۹

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱) خسارات ناشی از نشست سطح زمین بر اساس تغییر طول ساختمان	۱۸
جدول ۱-۲) ارتفاع ناحیه شکست را برا ی لایه های افقی و نسبتا افقی	۲۹
جدول ۳-۱) ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی زغال‌سنگ‌های معدن پروده در پهنه زغال‌دار طبس	۵۱
جدول۳-۲) گازخیزی لایه‌های زغالی در منطقه پروده	۵۲
جدول ۳-۳) نتایج آزمایش مقاومت فشاری تک محوری	۵۶
جدول۳-۴) وزن مخصوص سنگ‌های پروده۳	۵۶
جدول ۳-۵) جدول ۳-۵ خصوصیات مکانیکی سنگ ها در منطقه مورد مطالعه	۵۷
جدول۳-۶) مشخصات بلوک های اصلی پروده۳	۵۸
جدول ۴-۱) مقادیرضرایب کاهش برای محاسبه مقادیر مدول الاستیسیته توده سنگ	۷۹
جدول۴-۲) مقادیر پارامترهای ورودی اولیه برجای سنگ	۸۰
جدول ۴-۳) مقادیر H و W/H برای سه کارگاه	۹۱
جدول۴-۴) مقادیر مختلف طول کارگاه با فرض ثابت بودن عمق	۹۵

مقدمه

امروزه اهمیت مواد معدنی با منشا فسیلی که از جمله منابع تجدید ناپذیر به حساب می آیند، بر کسی پوشیده نیست. در این میان ضرورت نیاز به زغال سنگ فرا تر از سایر مواد و در تمام عرصه ها به بشر ثابت شده است. از اینرو استخراج این ماده معدنی با ارزش، جایگاه ویژه ای در محافل علمی به خود اختصاص داده است.

روشهای متعددی برای استخراج زغال در دنیا مورد استفاده قرار گرفته است که از آن میان یکی از متداول ترین روش ها برای استخراج لایه های زغالی، روش جبهه کار طولانی می باشد که در روش تخریبی آن، مفهوم نشست سطحی زمین اهمیت بیشتری پیدا می کند.

در اثر معدنکاری زیرزمینی در محیط های سنگی یا غیر سنگی، مخصوصا در محیط های رسوبی، جابه جائی هایی در سنگ پوشان (روباره) ایجاد شده و تغییر شکلهایی پدید می آید، این جابه جائی ها را می توان به دو مولفه قائم و افقی تجزیه کرد. خساراتی که از حرکات سطح زمین پدید می آید، قسمتی از آن به علت مؤلفه قائم و قسمتی از آن ناشی از مؤلفه افقی جابجائی در سطح زمین می باشد. مؤلفه قائم سبب پائین آمدن سطح زمین، یعنی نشست تدریجی و مؤلفه افقی سبب حالت کششی یا فشاری در سطح زمین می شود این مؤلفه ها می توانند تنش های جدیدی را بر سازه های واقع بر سطح زمین، جاده ها، سفره های آب زیر زمینی، و ..... وارد کنند.

تحقیقات گسترده ای در دنیا در خصوص مکانیسم نشست سطح زمین در اثر استخراج لایه های زغالی به روش جبهه کار طولانی انجام گرفته است، ولی در مورد لایه های شیب دار و بسیار کم عمق و چگونکی نشست زمین در اثر استخراج این لایه ها و یا شکل گودال نشست ناشی از استخراج این لایه ها، هنوز قطعیت داده ها و نتایج حاصله به اثبات نرسیده است.

در این تحقیق مدلسازی نشست با استفاده از نرم افزار FLAC 2D انجام گرفته است که از جمله روشهای عددی مبتنی بر روش تفاضل محدود می باشد.

در فصل اول به معرفی روش جبهه کار طولانی، پدیده نشست و عوامل موثر بر نشست پرداخته شده است. در ادامه مکانیسم نشست ناشی از استخراج لایه های زغالی به روش جبهه کار طولانی بررسی خواهد شد.

در فصل دوم روش های موجود برای پیش بینی نشست سطح زمین بر اثر استخراج لایه های زغالی به روش جبهه کار طولانی آورده شده است که تمام روش ها به همراه سابقه تحقیقاتی و کاربردی آنها می باشند.

در فصل سوم منطقه زغالدار پروده۳ به همراه شرایط جغرافیایی، زمین شناسی، تکتونیک و مهندسی خود آورده شده است.

در فصل چهارم ابتدا به معرفی مختصری از نرم افزار FLAC پرداخته خواهد شد و درادامه ارزیابی پارامترها و داده های ورودی در دستور کار قرار خواهد گرفت. همچنین مدلسازی عددی کارگاه استخراج ۲۸ شرقی معدن معدنجو واقع در پروده ۳ انجام می گیرد که نتایج با پروفیل اسدی مقایسه و کالیبره می شود. همچنین برای اطمینان از صحت و دقت نتایج، تحلیل حساسیت بر روی نتایج صورت خواهد گرفت و در نهایت برای بررسی کیفیت کارآیی مدل ساخته شده، نتایج با مدلهای ارائه شده دیگر مقایسه خواهد شد.

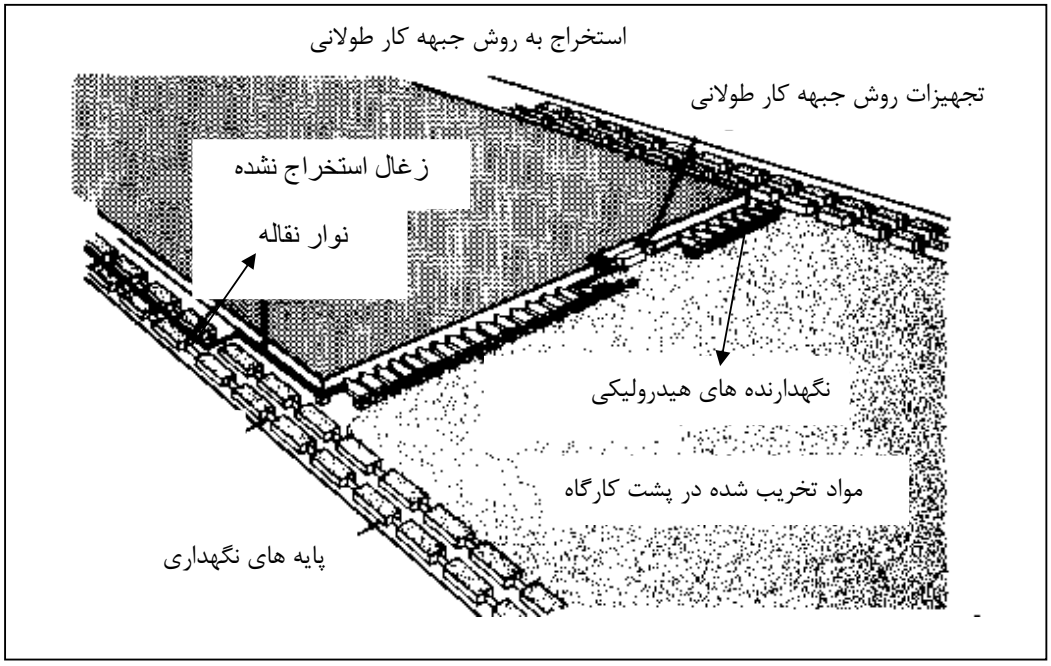
در فصل پنجم که آخرین فصل از این تحقیق به حساب می آید، نتایج حاصله به همراه پیشنهادات آورده شده است.

فصل اول:

نشست سطح زمین

۱-۳- کلیات

استخراج زغال به روش جبهه کار طولانی در دنیا بسیار متداول است. در این روش یکسری عملیات پیوسته بر روی سینه کار انجام می گیرد و زغال با برشهایی در امتداد سینه کار استخراج می شود. با پیشروی سینه کار به سقف کارگاه استخراج اجازه تخریب می دهند و یا منطقه استخراج شده را پر می کنند (شکل۱-۱) [۱و۲و۳].



شکل۱-۱) نمائی از معدنکاری به روش جبهه کار طولانی[۳]

دو نوع روش جبهه کار طولانی داریم:

الف) پیشرو[1] ب)پسرو[2]

روش پیشرو سابقا در اروپا رایج بوده است ولی با پیشرفت مکانیزاسیون روش پسرو رایج تر گردیده است. استفاده از روش پسرو برای اولین بار در آمریکا و استرالیا افتاد و از سال ۱۹۸۰ که مزایای روش پسرو در نگهداری راههای دسترسی و تهویه روشن گردید، این روش تقریبا به یک روش برتر و جهانی مبدل گردید[۱و ۳].

معدنکاری به روش جبهه کار طولانی دارای مزایای قابل توجهی است[۳]:

- نرخ بازیابی ۷۰٪ تا ۹۰٪
- ترقیق کم زغال
- توان تولید بالا
- تهویه مطلوب

در مقابل دارای معایبی نیز می باشد:

- نیاز به یکنواختی ضخامت لایه
- هزینه سرمایه گذاری بالا
- نشست سطح زمین

نشست سطح زمین در اثر حفر فضای استخراجی کم عمق تفاوت زیادی با حفر سازه های زیر زمینی در اعماق بیشتر دارد . این تفاوت نه تنها به خاطر اختلاف در عمق و وجود لایه های مختلف زمین شناسی است بلکه به خاطر حساسیت نسبت به میزان نشست و اثرات احتمالی بر سازه های دیگر قابل بررسی است.

1- Advancing type

2- Retreating

بطور کلی نشست را می توان به دو گروه نشست کلی و نشست نامساوی (نسبی) تقسیم کرد. نشست کلی که عوارض آن خفیف تر است، عبارتست از تشکیل چاله در سطح زمین؛ در این حالت نقاط مختلف سازه هایی که در بالای منطقه نشست قرار دارد، تقریبا به یک اندازه نشست می کنند.نشست نامساوی بسیار خطرناک است و وضعیت سازه های سطحی زمین را تغییر می دهد[۲].

در طبقه بندی دیگر گودال نشست را به گودال نشست استاتیک (نهایی)[۳] و گودال نشست دینامیک (پیشرونده)[۴] تقسیم می کنند. گودال نشست نهایی، پس از اتمام عملیات و با گذشت زمان (با احتساب نشست خزشی) پدید می آید حال آنکه نشست دینامیک، نشست حاصل در حین پیشروی جبهه کار می باشد[۱].

ذکر این نکته ضروری به نظر می رسد که برای نشست لفظ محاسبه را نباید بکار برد زیرا با دقت کمی که در کار است بی معنی خواهد بود؛ بنابراین از لفظ تخمین یا پیش بینی نشست استفاده می شود.

۱-۲- تقسیم بندی کانسارهای لایه ای بر اساس شیب لایه ها

امروزه تقسیم بندی های متفاوتی از شیب لایه ها در دنیا ارایه گردیده است. بطور مثال چینی ها لایه های با شیب کمتر از ۲۵ درجه را کم شیب، بین ۲۵ تا ۴۵ را متوسط و بالای ۴۵ تا ۹۰ درجه را پر شیب می دانند. فرانسوی ها لایه های با شیب کمتر از ۲۰ درجه را کم شیب، بین ۲۰ تا ۵۰ را متوسط و بالای ۵۰ تا ۹۰ درجه را پر شیب می دانند. در انگلستان حد بالای لایه های کم شیب ۲۶ درجه است[۳].

1- Final Subsidence Basin
2- Dynamic (progressive) Subsidence Basin

۱-۳- پارامترهای نشست[۱]

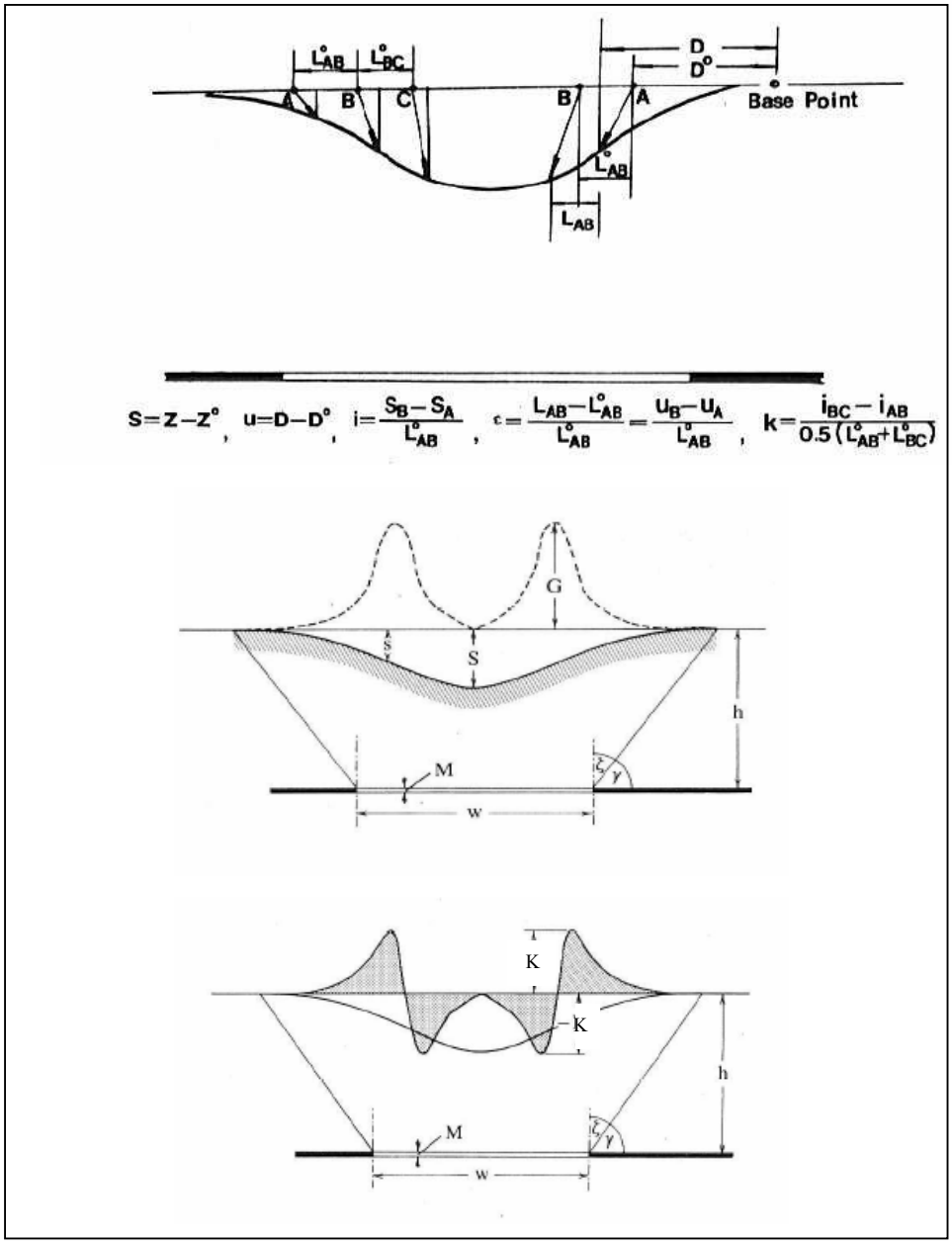
- نشست (S): مولفه قائم حرکت سطح زمین نشست خوانده می شود.
- جابجائی(U): مولفه افقی حرکت سطح زمین جابجائی خوانده می شود که معمولا جهت آن به سمت داخل گودال نشست می باشد.
- شیب(i): نسبت اختلاف نشست میان دو نقطه به فاصله افقی آنها در یک مقطع، مبین شیب نشست در آن مقطع است.
- انحنا(k): نسبت اختلاف شیب میان دو نقطه به فاصله افقی آنها در یک مقطع، مبین انحنای نشست در آن مقطع است.
- زاویه تاثیر[۵] (δ): زاویه بین خط عمود بر لبه پانل و خطی که لبه پانل را به لبه گودال نشست در سطح زمین وصل می کند.
- زاویه شکست[۶](θ): زاویه بین خط قائم از لبه فضای استخراجی با خطی که این لبه را به نقطه حداکثر کرنش کششی در سطح زمین وصل می کند را زاویه شکست می نامند.
- نقطه عطف(G): نقطه ای که مرز بین قسمت محدب و مقعر در پروفیل نشست می باشد را نقطه عطف گویند. شیب منحنی در این نقطه حداکثر بوده ، انحنا صفر و مقدار نشست معادل نصف مقدار حداکثر نشست می باشد. محل ایجاد نقطه عطف به ابعاد کارگاه و نوع سنگ بستگی دارد.
- پروفیل نشست: پروفیل نشست به شکل سطح زمین در مقطع قائم پس از وقوع پدیده نشست اطلاق می شود. در یک گودال نشست بی نهایت پروفیل می توان رسم کرد، که البته برخی از آنها اهمیت مطالعاتی دارند که به آنها پروفیل های اصلی می گویند. در روش جبهه کار طولانی پروفیل های اصلی که در بر گیرنده محل وقوع حداکثر

1- Angle of draw

6-Angle of break

نشست می باشند، موازی ویا عمود بر جهت پیشروی کارگاه استخراج ترسیم می شوند.

شکل ۱-۲ پارامترهای نشست را نشان داده است.



شکل ۱-۲) پارامترهای نشست در پروفیل نشست[۱]

که در شکل فوق M ضخامت لایه استخراجی، W عرض پانل و h عمق کارگاه استخراج می باشند.

۱-۴- علل نشست زمین در اثر حفر فضای استخراجی

پدیده نشست به فرو رفتن سطح زمین در اثر وجود حفره در زیر زمین اطلاق می شود. این حفره ممکن است بصورت طبیعی و یا توسط بشر ایجاد شده باشد. معمولا منظور از نشست فقط مولفه قائم تغییر مکان یک نقطه در سطح زمین می باشد که در صورت وجود مولفه های افقی به آن جابجایی گویند.

اصولا حفاری های زیر زمینی به علت ایجاد ناپیوستگی در محیط اطراف، باعث پدیده هایی از قبیل نشست و سست شدگی و افزایش تنش در یک محدوده معین می گردند و در نتیجه این پدیده ها، تغییر شکل در سنگ به وجود می آید [۱و۲].

به طور کلی انواع نشست را می توان به سه گروه تقسیم کرد:

- نشست طبیعی: در نشست طبیعی انسان بطور مستقیم در وقوع این پدیده نقش ندارد و بروز عوامل و مکانیزم های طبیعی موجب ایجاد نشست در سطح زمین می شوند. این نوع نشست ممکن است محدوده وسیعی را در بر گیرد. عواملی چون فرآیند های تکتونیکی (اشکال ۱-۳ و ۱-۴)، انحلال(اشکال ۱-۵ و ۱-۶) موجب بروز نشست های طبیعی در سطح زمین می شوند.
- نشست حاصل از استخراج آب، نفت و گاز : در هنگام استخراج از مخازن آب، نفت و گاز، به علت خارج شدن مایع یا گاز از فضای بین ذرات سنگ، حفره های کوچکی در بین این ذرات به جا گذاشته می شود که این حفرات مقدمه ای برای وقوع نشست خواهد بود.
- نشست حاصل از عملیات معدنکاری: استخراج مواد معدنی با ایجاد فضای خالی در زیر زمین همراه است و این فضا می تواند عامل بروز نشست در سطح زمین باشد. روش های استخراجی مختلف نتایج متفاوتی در نشست از خود نشان می دهند که به خصوصیات روش و شیوه نگهداری در زمان استخراج و پس از آن بستگی دارد.