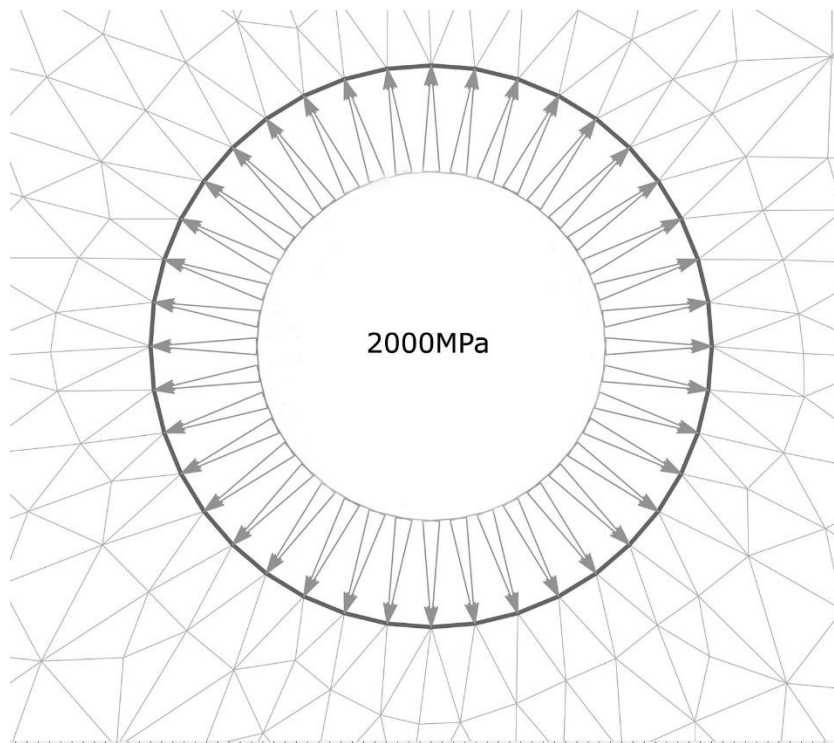


Разарање стена експлозивом

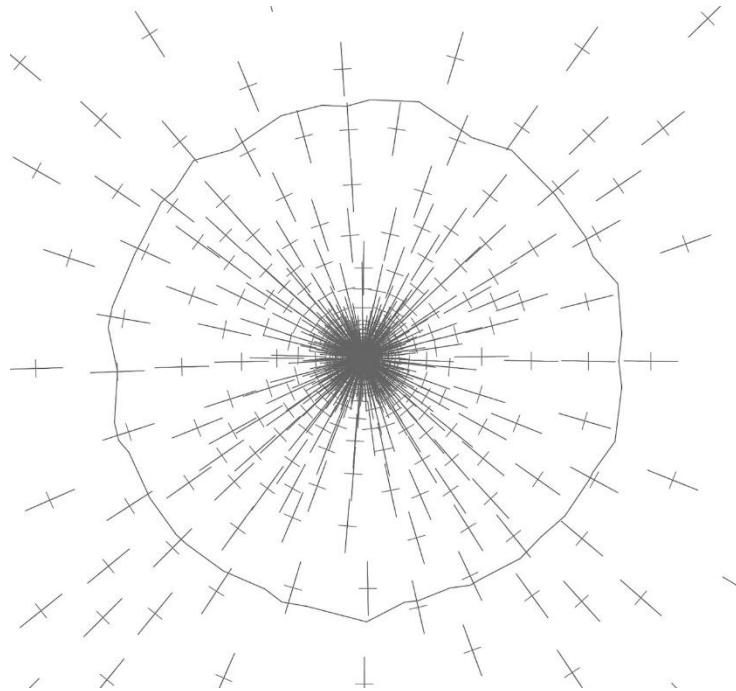
Минирање у стенама се обавља смештањем експлозива у минске бушотине и његовим активирањем. Енергија експлозије се преноси у масив и изазива његов лом у зони у којој су напони затезања већи од чврстоће на затезање. При том је коришћен раније објашњен, у претходним текстовима, критеријум лома:

$$\sigma_t = \frac{\nu}{1 + tg\varphi} \cdot \sigma_1 - \sigma_3$$

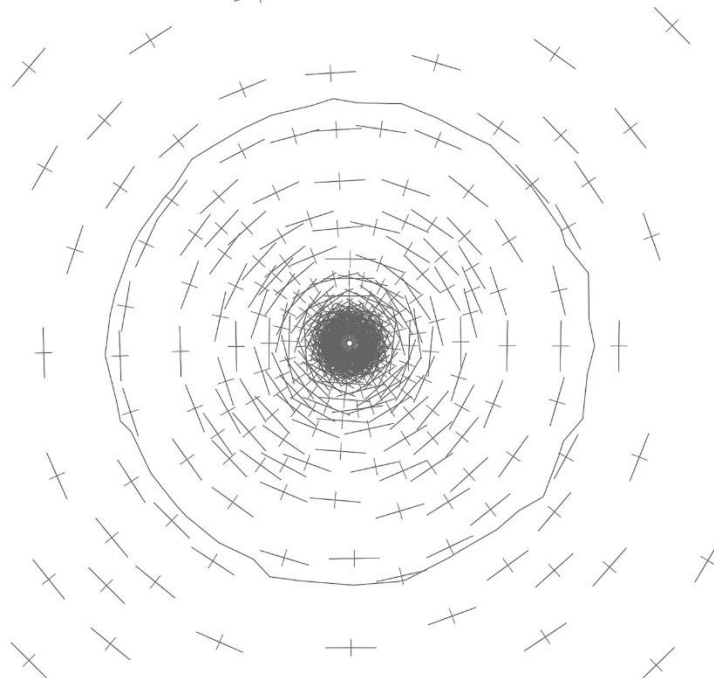
На 2Д моделу методом коначних елемената моделирана је бушотина пречника 0.1m. Модел је у старту неоптерећен, све компоненте напона су нула. Ивице модела су довољно удаљене од бушотине и сви чворови на контури су фиксирани. Претпоставио сам да је чврстоћа на затезање моделиране стене 5 МПа, па је то зона затезног напрезања од интереса. На зид бушотине је нането притисно оптерећење од 2000 МПа, слика 1.



Слика 1. Притисно оптерећење на зид бушотине



Слика 2. Правци максималних главних напона и зона затезног напрезања већег од затезне чврстоће стене током примарног притисног таласа



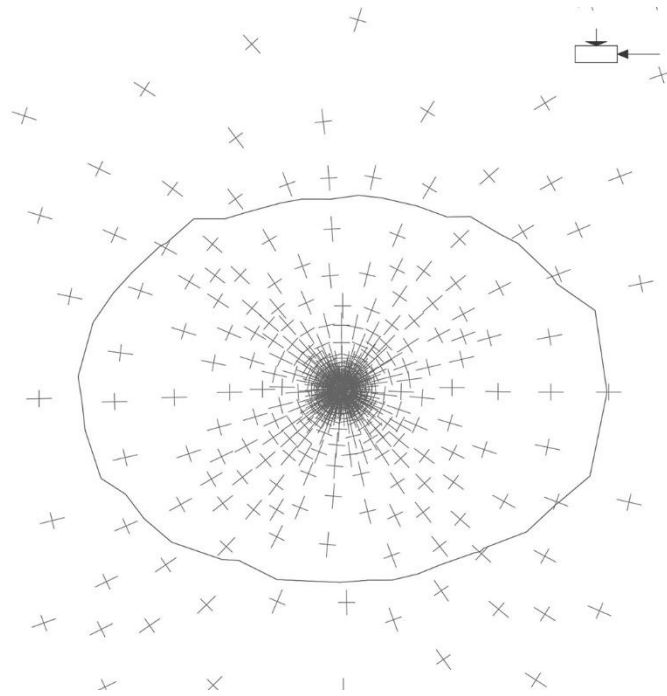
Слика3. Правци максималних главних напона и зона затезног напрезања већег од затезне чврстоће стене током повратног притисног таласа

Применом наведене формуле израчунате су вредности затезног напрезања. Како је у претходним текстовима објашњено, размичу се честице у правцу минималних главних напона, тј. формирају се пукотине у правцу максималних главних напона у зони где су напони на затезање већи од чврстоће на затезање (5МПа), слика 2. Наношење оптерећења на зид бушотине траје неколико микросекунди, а потом се притисак гасова у бушотини задржава неколико милисекунди. Пошто су изгубиле потпору честице се враћају у почетни положај, али се у њему не задржавају него због инерционих сила настављају кретање радијално ка центру бушотине. Ово изазива промену напонског стања у стени око бушотине. Зона затезања око бушотине остаје иста али нешто мања због ентропије у поступку трансформације енергије. Минимални и максимални напони мењају места и у повратном притисном таласу формирају се пукотине управне на пукотине настале током примарног притисног таласа, слика 3.

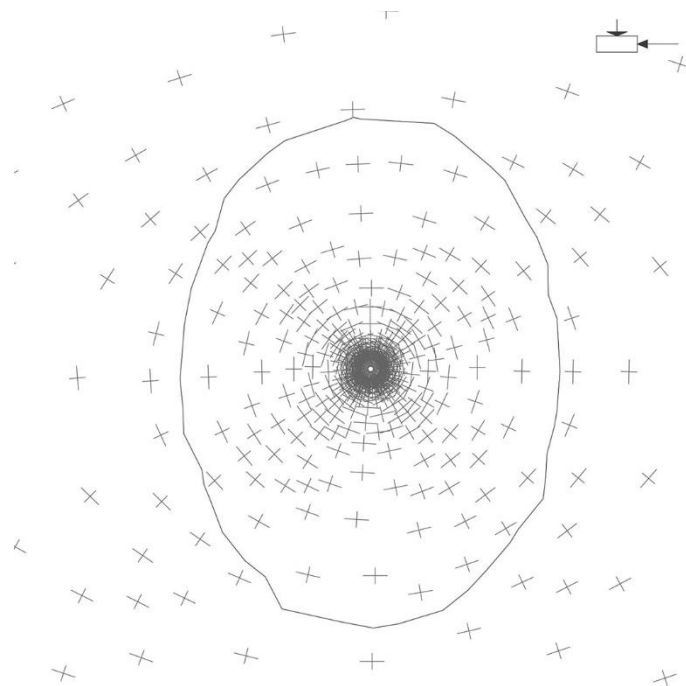
Претходна анализа је рађена за случај да стенски масив није оптерећен, односно да су све компоненте напона нула или су блиске нули. У стени у којој се обавља минирање на некој локацији у земљиној кори увек постоји почетно напонско стање. Веома ретко или скоро никад максимални и минимални напони нису исти него постоје, некад и знатне разлике.

У наредној анализи моделирано је почетно напонско стање са максималним главним напонима у износу од 5МПа и минималним главним напонима у износу од 2МПа. Непосредно уз бушотину где су напони неколико хиљада МПа ово почетно стање нема никакав утицај. Међутим у зони у којој се налази граница зоне затезања веће од затезне чврстоће која је неколико МПа, ово и те како има утицај. На слици 4 се види да зона затезања од 5МПа није кружна него елиптична. Дужа оса елипсе има правац почетних максималних главних напона. На слици 5 је приказана зона затезања од 5МПа под дејством повратног притисног таласа. Зона затезања је опет елиптична али су дужа и краћа оса елипсе замениле места.

На овим моделима је симулиран утицај експлозије на напонско стање масива у условима без слободне површине. Код свих минирања на изради подземних просторија и код производних минирања постоји слободна површина као основна претпоставка успешног минирања. Такође увек постоји почетно напонско стање које се мора узети у обзир.



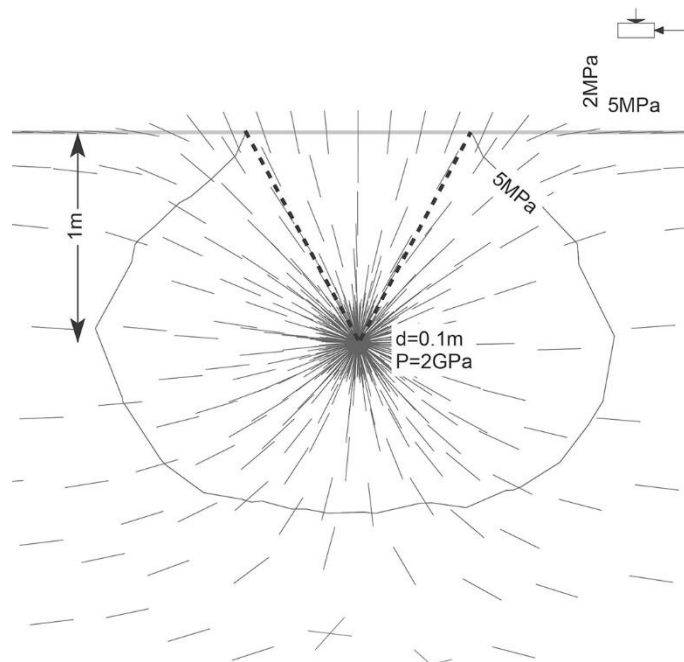
Слика 4. Правци максималних главних напона и зона затезног напрезања већег од затезне чврстоће стене током примарног притисног таласа са почетним напонским стањем



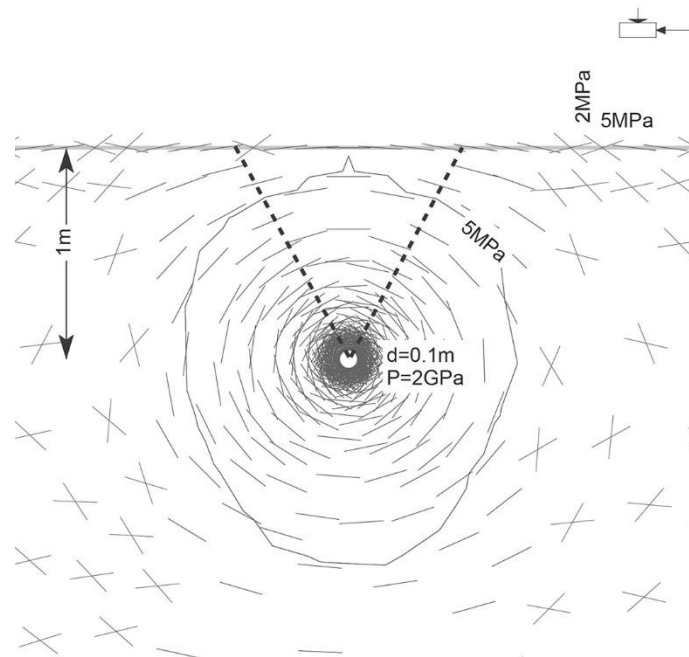
Слика 5. Правци максималних главних напона и зона затезног напрезања већег од затезне чврстоће стене током повратног притисног таласа са почетним напонским стањем

У наредном опиту за све исте остале услове на растојању од 1m од минске бушотине постављена је слободна површина, слика 6. Јасно је уочљиво да слободна површина једним својим делом ограничава зону са затезним напрезањем већим од 5MPa. На слици су приказане и трајекторије потенцијалних тензионих пукотина. На делу где је слободна површина граница зоне затезања већег од 5MPa, радијалне тензионе пукотине излазе на површину.

Пошто су изгубиле потпору честице се враћају у почетни положај, али се у њему не задржавају него због инерционих сила настављају кретање радијално ка центру бушотине. На слици 7 је показана измењена зона са затезним напрезањем већим од 5MPa. На слици су приказане и трајекторије потенцијалних тензионих пукотина, које су у овој фази управне на пукотине настале дејством примарног притисног таласа. После овог означени простор је издељен на трапезоидне блокове који у зони оивиченој слободном површином и првим пукотинама на обе стране које излазе на површину, бивају дејством гасова избачени из свог лежишта.



Слика 6. Трајекторије потенцијалних пукотина и зона затезног напрезања већег од затезне чврстоће стене током примарног притисног таласа са слободном површином



Слика 7. Трајекторије потенцијалних пукотина и зона затезног напрезања већег од затезне чврстоће стене током повратног притисног таласа са слободном површином