

Нова възможност за укрепване на висок и подсечен скат при устието на наклонени шахти

Николай Жечев, Любен Тотев

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. Конструкцията укрепва високи и стръмно подсечени скатове. Решението се характеризира с универсалност, къси срокове на изграждане, сигурност, редуция на материалите и цената в сравнение с класическите решения, икономия на помощни скелета и опростена технология на изпълнение. Дискутира се вариант на решението с укрепването на подсечен под 80 градуса глинеест скат с височина 18 м при устието на наклонена шахта в рудник "Челопеч".

A NEW POSSIBILITY FOR STRENGTHENING OF A HIGH AND CUT SLOPE AT THE ENTRANCE OF INCLINED SHAFTS

ABSTRACT. The structure strengthens high and steep cut slopes. The solution may be characterised with universality, short terms of setting up, safety, reduction of materials and price as compared to the classical solutions, economy of supporting scaffolding and simplified technology of execution. An alternative is also considered – strengthening of a cut-under-80 deg.-clay slope, 18 m high, at the entrance of a inclined shaft at Chelopech mine.

1. Въведение

Основен проблем при изграждането на наклонени шахти в полегати склонове са укрепителните мероприятия в порталната част. Една от възможностите за подземно навлизане е теренът да бъде подсечен. С подобна интервенция при входа от една страна, се постига редуция на скалния натиск и повишаване на безопасността в подземните работи. От друга страна – възниква допълнителният проблем за гарантиране на сигурността на подсечения терен. Възможността за ефективно решаване на посочения допълнителен проблем е предмет на доклада.

2. Основни параметри на предлаганото решение

За момента в практиката съществуват три основни възможности за укрепване на високи подсечени скатове в глинести почви – портални части на наклонени шахти и транспортни тунели.

Първата възможност е изграждането на кофрирана стоманобетонна подпорна стена с усилващи контрафорси.

На второ място – изграждане на анкерирани шлицови стени.

На трето място – укрепване на ската с изливни стоманобетонни пилоти тип "Беното".

Предпочитаното технико-икономически ефективно решение е укрепването с изливни пилоти.

Предлаганото в доклада решение е укрепването на ската да се реализира с шприцбетон.

Целта на доклада е в контекста на приложната наука да се дискутират характеристиките на новата възможност за укрепване. С по-голяма полезност за практиката, тази цел се постига при анализа на реализираното от авторите,

укрепване на портал за наклонена шахта в рудник "Челопеч".

3. Обем и съдържание на проекта за укрепване на ската

Проектът за укрепване на портала за наклонени шахти и тунели се разделя на три основни подобекта (фиг. 1): /1/ изграждане на подходна траншея и укрепваща конструкция; /2/ Изграждане на отводнителни съоръжения; /3/ Проектиране и рекултивация на прилежащия терен.

В доклада се отделя внимание на укрепването на ската и връзката му с изграждането на подходна траншея.

Задачата за укрепването на ската се композира в три подзадачи.

Първо – геотехническа проверка на устойчивостта на ската;

Второ – конструктивно проектиране укрепването;

Трето – технология на укрепителните работи.

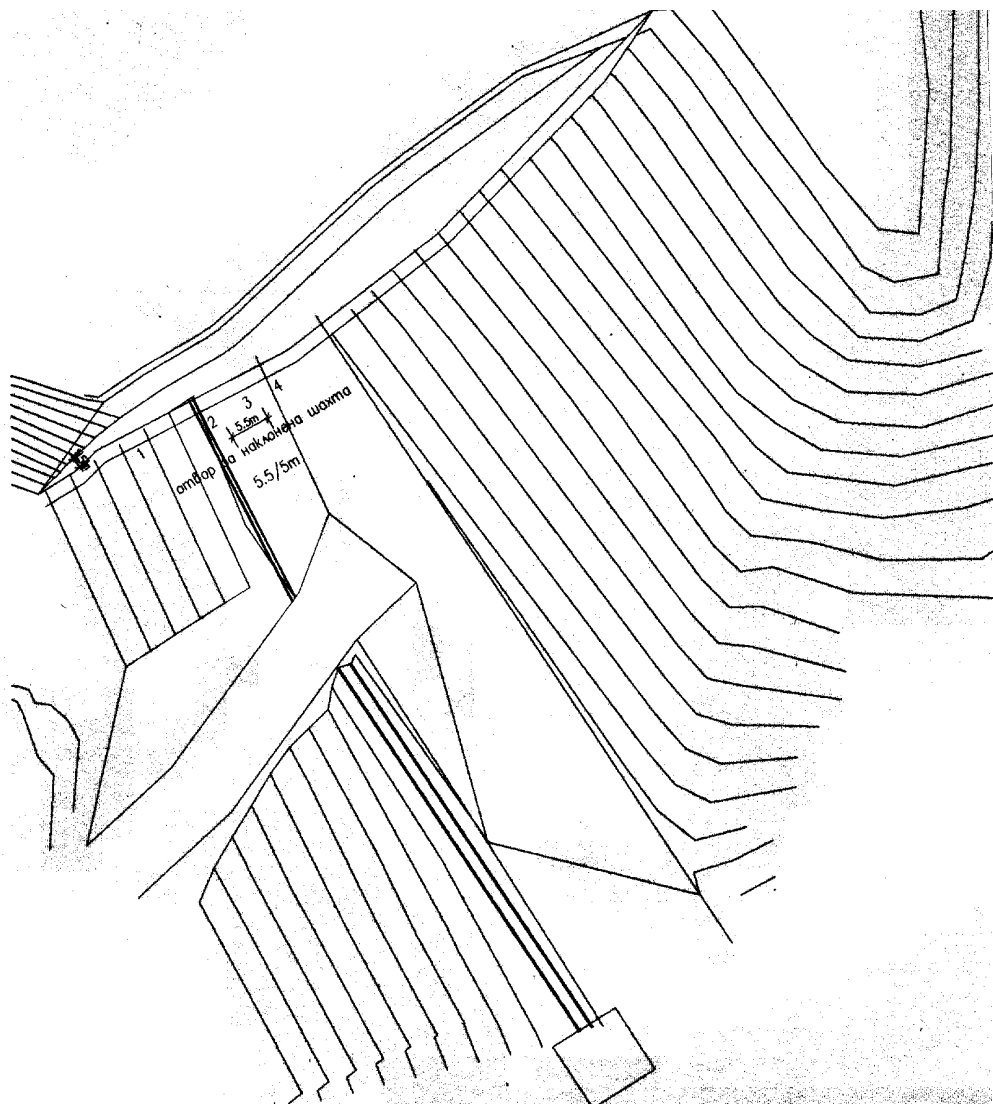
4. Геотехническа проверка на устойчивостта на ската

Проверката на устойчивостта на ската (фиг. 2) се изпълнява за опасните сечения на откоса.

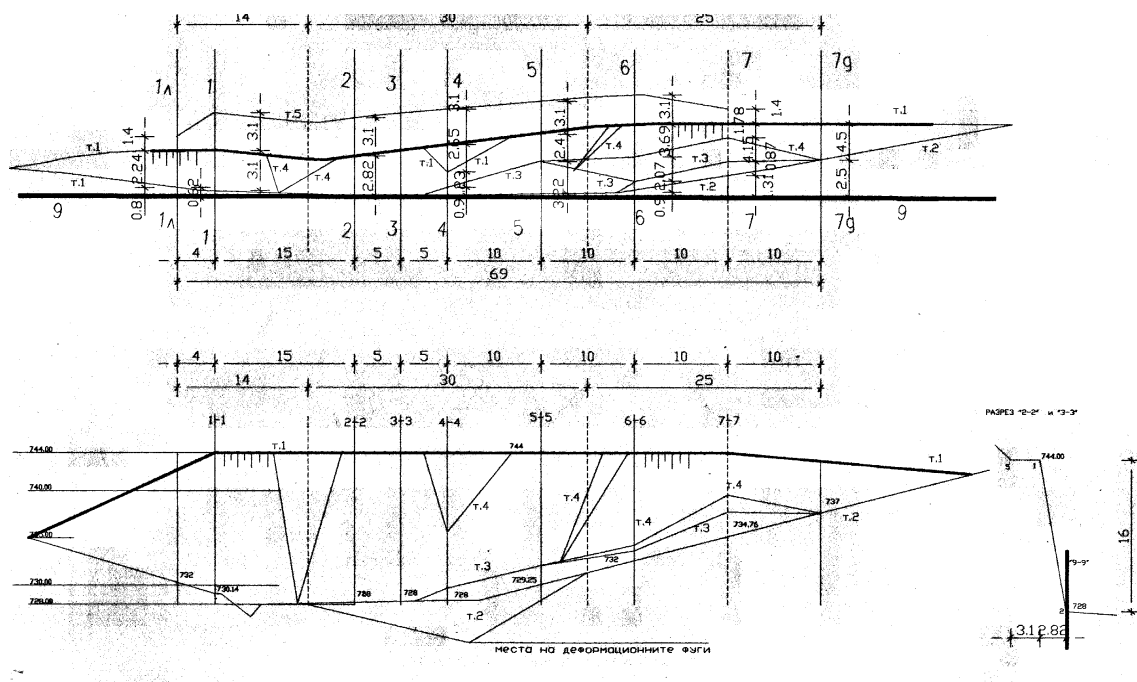
4.1. Необходими инженерно-геоложки данни

Изследователските отчети следва да съдържат данни за следните инженерно-геоложки параметри:

- върхова и остатъчна изчислителна стойност на кохезията "C";
- върхова и остатъчна изчислителна стойност на ъгъла на вътрешно триене "φ";
- обемна плътност на масива "γ";
- Атерберговите изчислителни граници.



Фиг. 1. Ситуация на укрепвания участък в рудник "Челопеч"



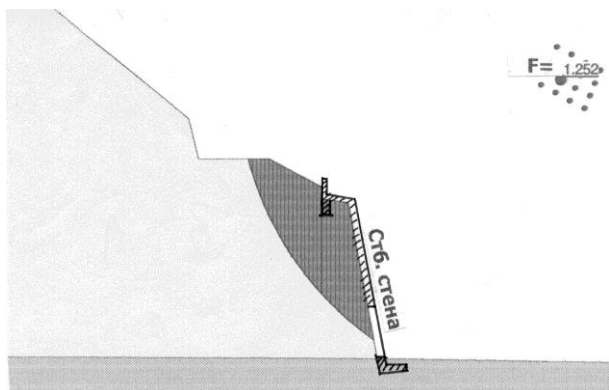
Фиг. 2. План и изглед на укрепвания земен скат

4.2. Изчислителен модел и товарни комбинации при проверка на устойчивостта

а) изчислителните модели следва да са по схемата на едностранно изтласкване. Подходящи са изследванията по кръгово-цилиндрични повърхнини, например по метода на Бишоп (фиг.3).

б) активни товари и въздействия:

- собствено тегло на скалния масив DL1
- натиск от подпочвени води - LL2
- товари от превозни средства по прилежащите пътища LL3
- сеизмично въздействие - EQ
- динамично въздействие от пробивно-взривни работи – ПВР.



Фиг. 3. Изчислителен модел и проверка на устойчивостта на ската при остатъчна кохезия.

в) три основни комбинации за проверка на устойчивостта:

$$\text{COMB1} = \text{DL1} + \text{LL2} + \text{LL3} + \text{EQ} \quad (1)$$

$$\text{COMB2} = \text{DL1} + \text{LL2} + \text{LL3} + \text{ПВР} \quad (2)$$

$$\text{COMB3} = \text{DL1} + \text{LL2} \quad (3)$$

Комбинация 1 и 2 са с върхови стойности на кохезията, а комбинация 3 – с остатъчна кохезия.

4.3. Резултати от проверката на устойчивостта

Резултатите се свеждат до определяне на коефициента на сигурност за трите основни комбинации.

$$F_i = H_{\text{aktiv}} / \sum H_{\text{pasiv}} \quad (4)$$

4.3.1. Случай на достатъчна сигурност:

$$F_i \geq F_{ns} \quad (5)$$

Коефициентът на сигурност е с по-големи стойности от коефициента, изискван в нормативните документи – F_{ns} .

Вариантът е характерен при глинени скали с висока кохезия. Скалният натиск не може да се прояви и укрепващата стена следва да се оразмери като облицовъчна.

4.3.2. Случай на недостатъчна сигурност

$$F_i < F_{ns} \quad (6)$$

Стената престава да бъде облицовъчна. Има необходимост на укрепваща конструкция във вид на анкери, които да поемат сила:

$$E_{\text{anc}} = F_{ns} \sum H_{\text{pasiv}} - \sum H_{\text{aktiv}} \quad (7)$$

5. Конструктивно проектиране на укрепването

5.1. Товари и оразмерителни проверки

Укрепващата конструкция се предвижда да бъде изградена като спускаща се завеса от шприцбетон. Това означава, че за всеки етап от строителството стената следва да бъде оразмерена за следните товарни комбинации:

$$\text{COMB1} = \text{DL1} + \text{LL2} + E_{\text{anc}} + T + \text{ПВР} \quad (8)$$

$$\text{COMB2} = \text{DL1} + E_{\text{anc}} + \text{EQ} \quad (9)$$

където DL1 – товар от собствено тегло на стената

LL2 – аварийен хидростатичен натиск при запущване в стената на отводнителните барабани;

E_{anc} – силата поемана с анкери;

T – температурно въздействие върху повърхността на укрепването;

EQ – земетръсно въздействие върху укрепващата стена;

ПВР – въздействие върху стената от пробивно-взривните работи.

От особена важност за сигурността на укрепването са две проверки:

а) за достатъчно анкериране на укрепващата завеса при спускане;

б) за достатъчно анкериране на завесата при стъпване върху земната основа.

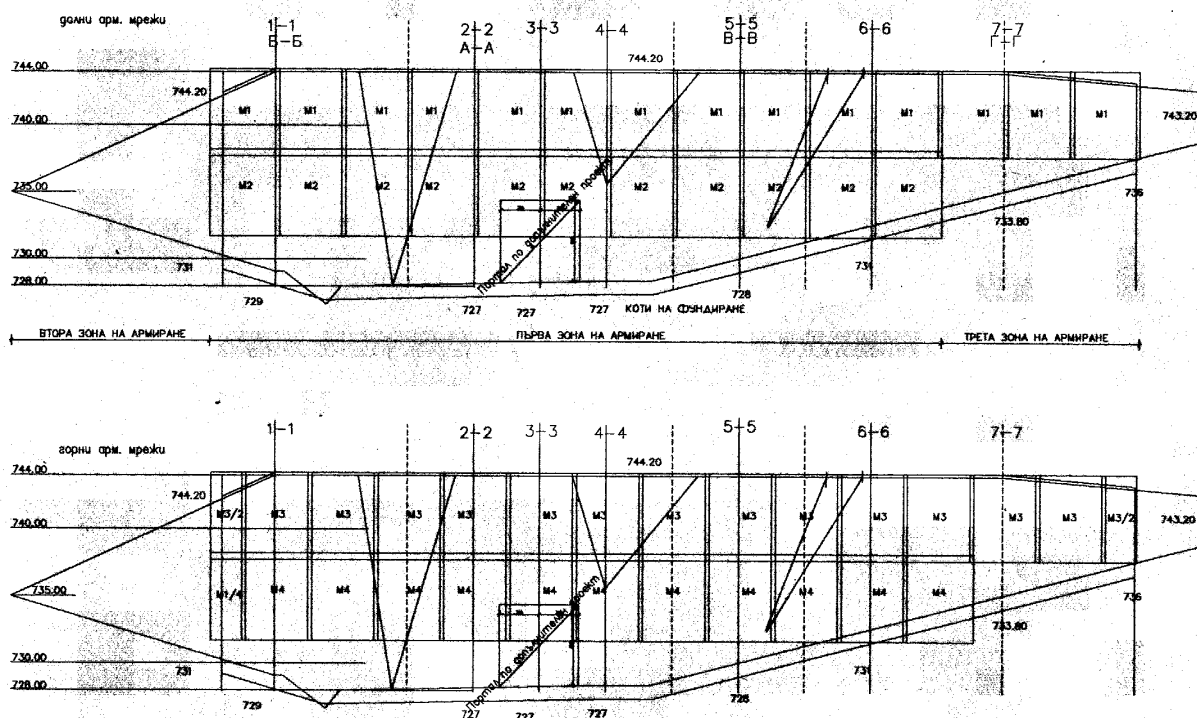
5.2. Конструктивна реализация

Укрепващата стена се изпълнява от армиран шприцбетон. Изпълнението е на стъпала отгоре надолу, с което се избягва високо монтажно скеле.

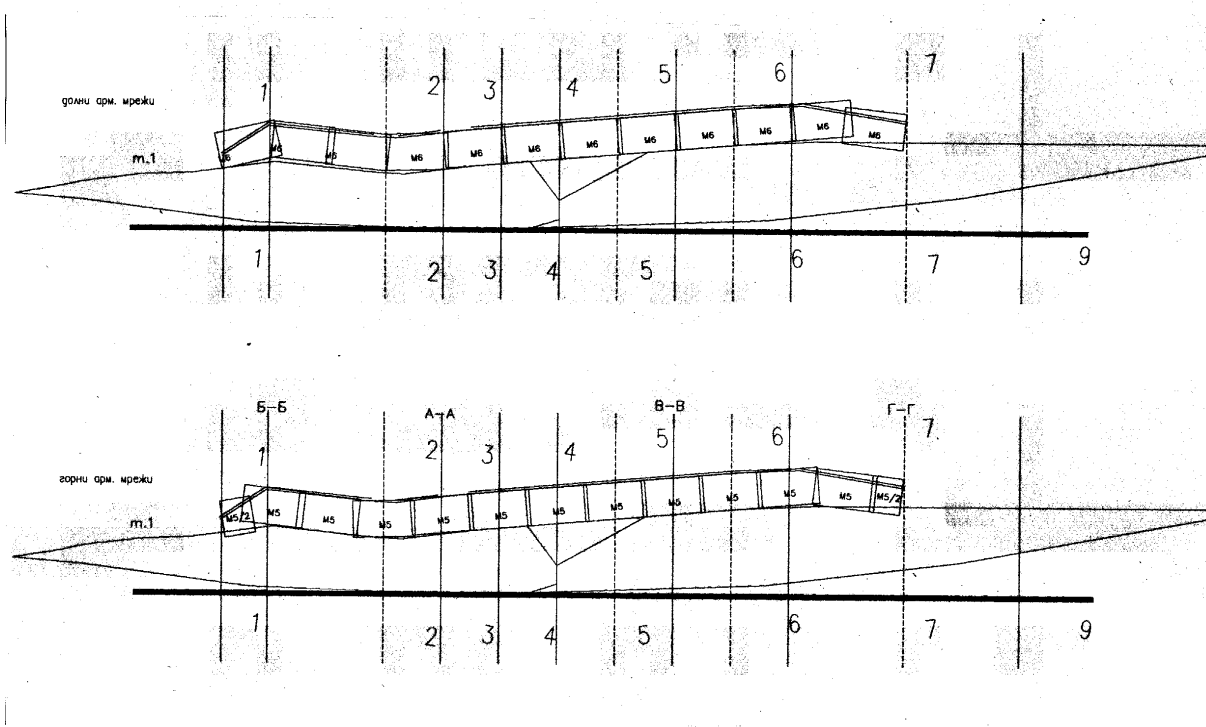
За окачване на конструкцията се предвижда основата на предпазната джоб-стена да изиграе роля на закотвяща завеса. Основата на джоб-стената е филтрационен праг за повърхностните води по ската.

Армирането на шприцбетона става чрез последователно окачване. Мрежите се окачват върху анкери, оразмерени за монтажното тегло на армировката. При необходимост монтажните анкери могат да се удължат и изпълнят като пасивни анкери.

Скосените участъци от стената и образуването на отвора за преминаване на порталното укрепване на входа на наклонената шахта се изпълняват с армировка по мярка от място.

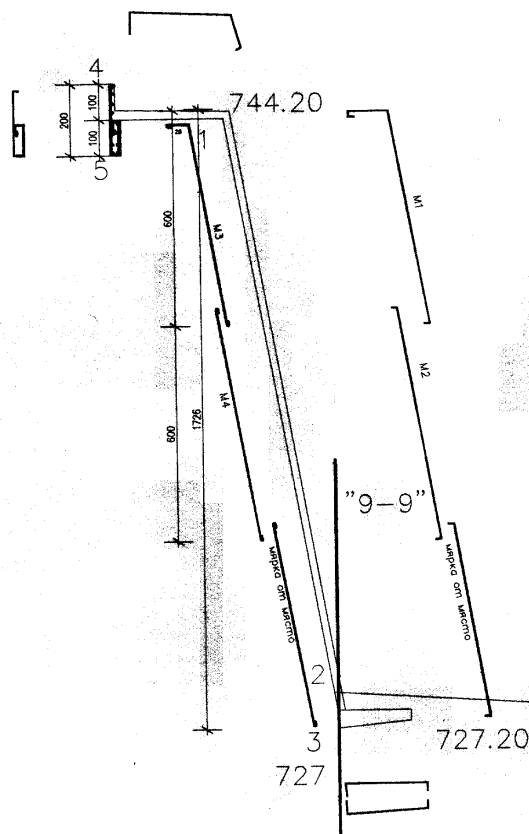


Фиг. 4. Армировъчни мрежи в изглед.



Фиг. 5. Анкери, армировъчни мрежи в план

РАЗРЕЗ А



Фиг. 6. Типов напречен разрез и армиране

6. Технология на укрепителните работи

Технологията включва две основни фази:

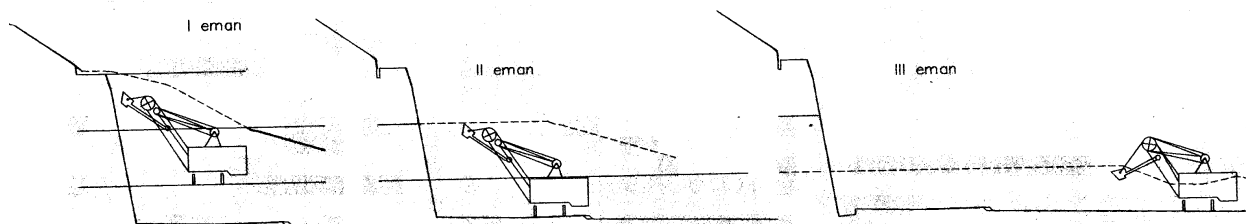
Първо – изкопи на стъпалата по ската и укрепването им на три етапа (фиг.7,8);

Второ – технологичен проект за изпълнение на укрепващата стена от фибробетон по метода на торкретирването.

7. Характеристики на новата възможност за укрепване

Дискутираното укрепване може да бъде категоризирано като надземна модификация на Новия австрийски метод в тунелното строителство (НАМТС) – със и без анкерното усиление. Укрепването може да бъде характеризирано със следните параметри.

- 1). Универсалност на решението за всички категории почви;
- 2). При поетапно полагане на армиран шприцбетон сроковете на изграждане се лимитират основно от времето за изкопни работи на отделните стъпала от терена. За цитираните в т.2 класически методи в актуалната практика към това време на изкопа се прибавя и основния разход на време за изграждане на укрепващата конструкция. По тази причина предлагания метод е без конкуренция при скъсяване на срока за строителство;
- 3). Намалени разходи за материали, труд и енергия в сравнение с класическите подходи;
- 4). Намалена цена ;
- 5). Икономия на помощни скелета;
- 6). Опростена технология на изграждане;
- 7). Постепенното изземване на ската създава условия за повишена сигурност при изграждането и експлоатацията на съоръжението.



Фиг. 7. Схеми на етапите при изграждане на укрепващата конструкция



Фиг. 8. Трети етап от изграждането на ската

8. Заключение

Посочените характеристики на новата възможност са проверени при изграждане на укрепване за срок около два месеца на скат с дължина 69 м и височина 16 м, с наклон 80° ; в червено-кафяви глини, с $C = 0,3\text{MPa}$, $\varphi = 26^\circ$ и $\gamma =$

$0,02\text{ kN/m}^3$, при 40 000 m^3 изкопни работи и 10 000 m^3 насипни работи.

Конструкцията на укрепването има изцяло облицовъчен характер. Потвърдените в проекта предимства на новата възможност за укрепване на високи и подсечени от изкопи скатове при устието на наклонените шахти и тунели са достатъчно основание за по-широко приложение в практиката.

Литература

- Bishop, A.W. 1955. *The use of the slip circle in the stability analysis of slopes*, geotechnique, London, 5 (1).
- Duncan, W. 1992. *State of the art Static stability and Deformation analysis stability and performance of slopes and Embankment* - In Proc. Of Spec. Conf. Sponsored by the geot. Eng. Div. Of the ASCE, Berkly, California, June 29 – July 1, 1992.
- Hoek, E. and Torres, C.C. 2002. Hoek – Brown failure criterion Geol. Env. 62(2) 151-160.