

مؤرخه
رابعه اشعار

14

4th Year Civil-Public works

Foundation Design

14.
(14)

Tunnels

الانفاق Tunnels

"Construction and analysis"

* النفق : هو فراغ داقل التربة على عمق معين بهدف
استخدامه في عمليات النقل أو الصرف الصحي.

* Applications of tunnels :-

- 1- Transportation (underground metro) مترو الانفاق
- 2- Intersections of roads تقاطع طرق مزدحم
- 3- Intersections of Canals قنوات المياه
- 4- Sewage الصرف الصحي
- 5- Mining التعدين

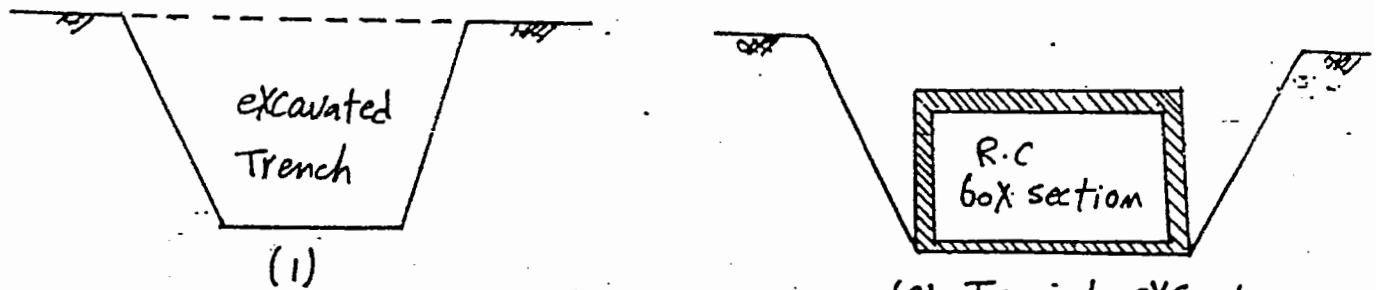
* Classification of tunnels according to:-
"Method of Construction"

[1] Cut and Cover tunnel:-

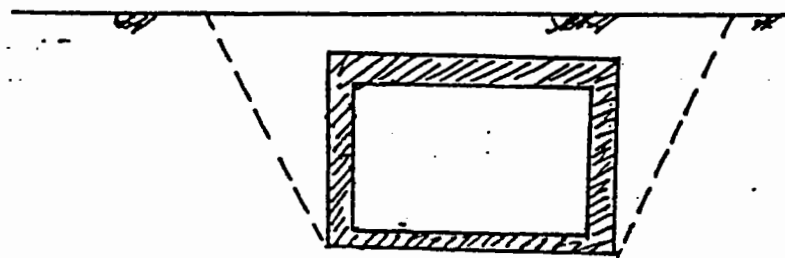
* حيث يتم الحفر وتنفيذ النفق ثم بعد ذلك يتم الردم

(a) using sloped excavation:-

الحفر في منطقة مفتوحة مع عمل ميل جانبيه لتلاشي إفتقار التربة



(2) Tunnel excavation
"Construction"



(3) Re Filling
الردم

* المميزات :- (1) سهولة وسرعة التنفيذ

(2) التكلفة قليلة

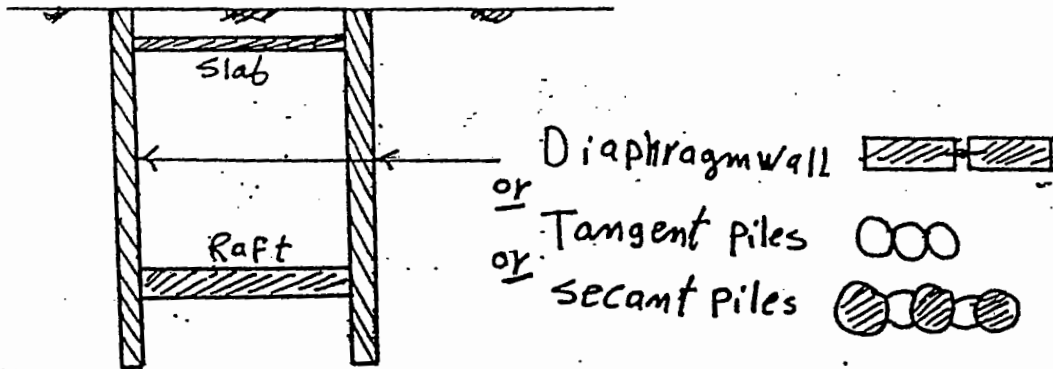
* المعيوب :- (1) لا يصلح لهذا النوع في حال وجود مياه جوفية

(2) ~ ~ ~ الانفاق ذات العمق

الكبير [لا تزيد عن 10 m]

(3) يحتاج مساحة واسعة لإمكان عمل الميول الجانبية
وبالتالي يصعب استخدامه في الطرق المروية

(B) using deep excavation supporting Walls :-



* المميزات :- (1) يصلح في حال وجود G.W.T
(2) لا يتطلب مساحة كبيرة من المنطقة

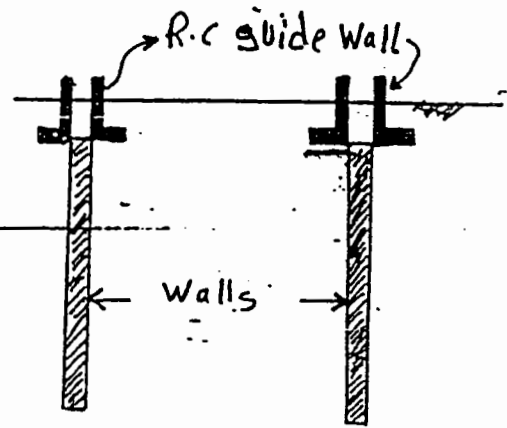
* المعيوب :-

(1) مختلف

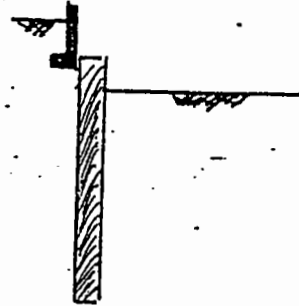
(2) يأخذ وقت طويل في التنفيذ

** Steps of Construction :-

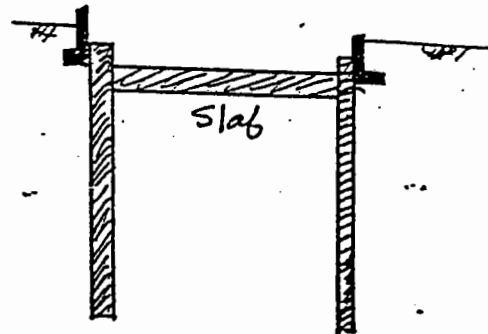
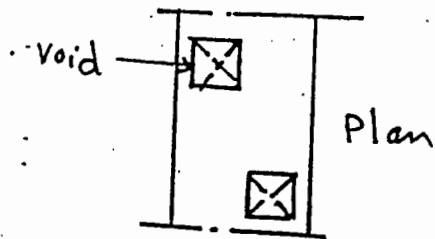
1. Construction of Walls



2 - excavation to level of slab

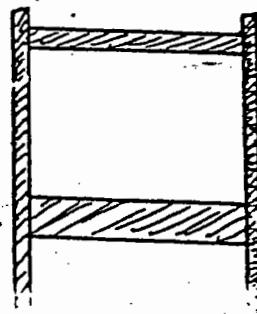


3 - Construction of Slab with Voids



هذه الفراغات تترك فيها ماكينات
صغيرة لتتابع الحفر داخل القدر
ثم يتم صبها

4- excavation to level of Raft & Construction of Raft

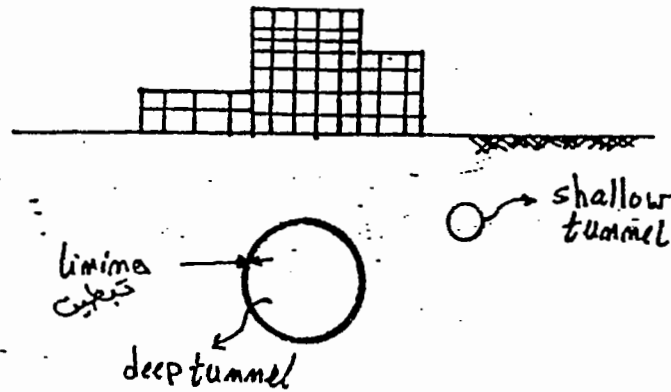


[2] Shielded Tunnels :-

" الأنفاق القشرية المحمية "

It is a bored hole through under ground and supported by some kind of lining. The boring process is performed using Tunnel Boring Machine. [T.B.M]

* الأنفاق المحمية عبارة عن فتحة تنفذ في باطن الأرض بالحفر باستخدام مائدة خاصة لذلك كما يتم تدعيم النفق باستخدام التثبيت حول حجم النفق لضمان عدم انهيار التربة أو تحريكها بمقدار كبير داخل حجم النفق.

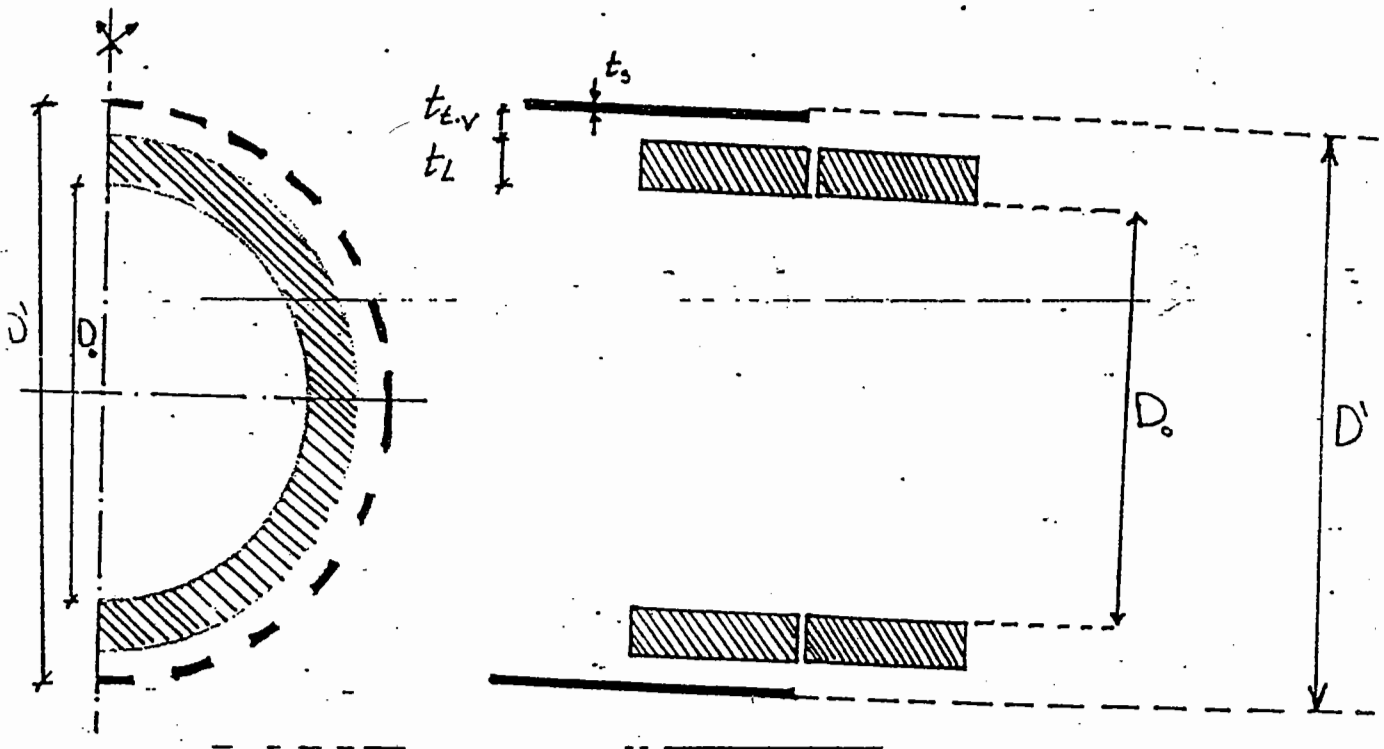


* Tunnel Projects in Egypt:-

- (1) Greater Cairo Metro.
- (2) Rehabilitation of Ahmed Hamdy Tunnel.
- (3) El-Salam Siphon.
- (4) Al-Azhar Twin Road Tunnels.

مما سبق يجب ملاحظة أن ماكينة الحفر تقوم بالحفر بقطر أكبر من القطر المطلوب للنقود بمقدار كلي ما يلي :-

- (1) سمك مادة التثبيت المطلوب Liming thickmen
- (2) سمك الفراغ في مؤخرة الماكينة فوه التثبيت tail void thick.
- (3) سمك لقشرة المحيط بالماكينة Shield thick.



where :- $D' = D_o + 2[t_l + t_{t.v} + t_s]$

D' = boring thickness by T.B.M

D_o = required thickness For tunnel

t_l = liming thickmen

$t_{t.v}$ = tail void thickmen

t_s = Shield thickmen.

Over Cutting

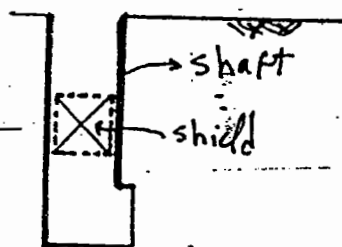
* The Process of Shielded Tunneling :-

* Stages of Construction of a shielded tunnel :-

(1) Excavation of Vertical Shaft :-

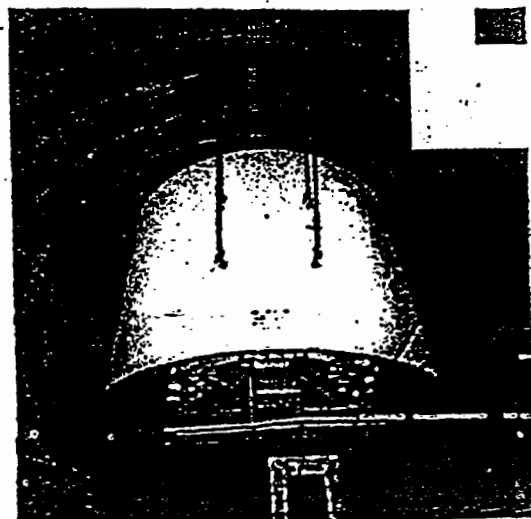
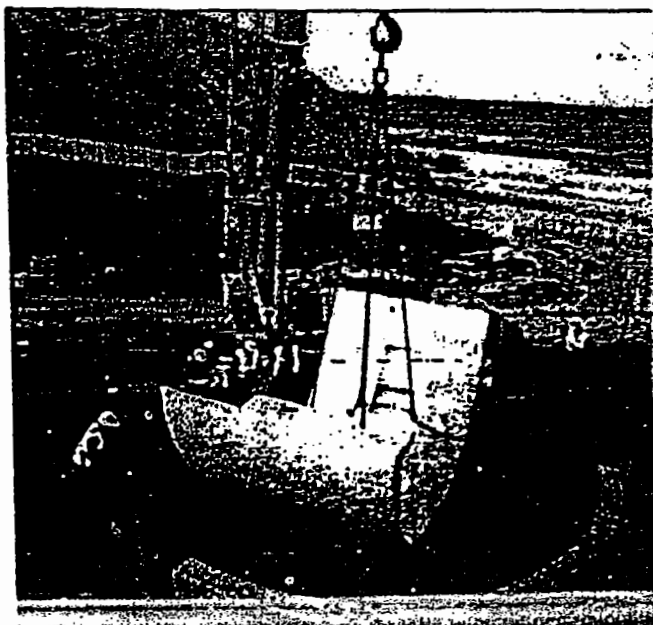


في هذه المرحلة يتم حفر بئر حتى الوصول
المطلوب للتقود كما وذلك للمكان
تنزيل ما كينة الحفر من هذا البئر
لنا قد مسارها في حفر التقود بعد
ذلك.



(2) Setup of Shield :-

في هذه المرحلة يتم إخراج جسم ما كينة الحفر ومن ثم إعدادها لبداية الحفر



3) Surveying :-

حيث يتم عمل مسح شامل للمنطقة والقرية التي سوف يتم تنفيذ التقية فيها
و تدعيم ماكينة الحفر بكل المعلومات المطلوبة حول الممار الذي سوف
نملكه أثناء الحفر.

4) Excavation :-

حيث تبدأ الماكينة في الحفر.

5) Primary liming :-

تبدأ الماكينة في وضع التبطين الرئيسي

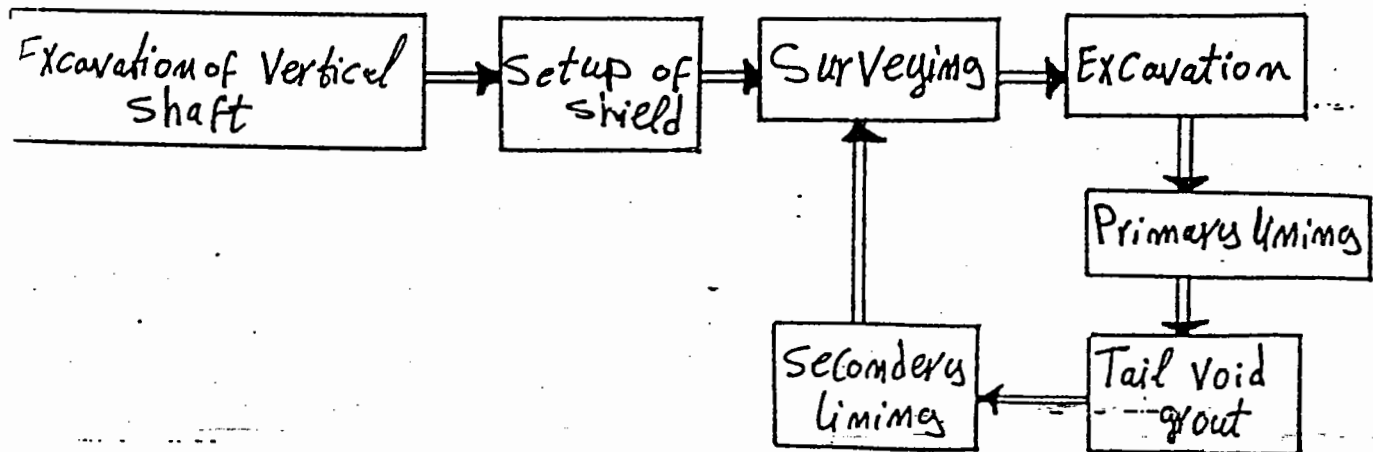
6) Tail Void grouting :-

يتم حقن الفراغ الموجود في مؤخرة الماكينة

7) Secondary liming :-

تبدأ الماكينة في تنفيذ التبطين الثانوي

8) Reperformance of Steps (3 → 7)



* Classification of Tunneling according to ground Conditions:-

* تختلف مفاهيم وأساليب تصميم الأنفاق تبعاً لعدة متغيرات من أهمها طبيعة الأرض التي سوف يتم تنفيذ النفق فيها ، ويشمل ذلك مايلي:

(1) Hard ground Tunneling :- "الأنفاق في الأرض القوية"

* Hard ground → Rocks and Stiff soils (stiff clay or silt)

* ويتطلب تنفيذ الأنفاق في هذه النوعية ماكينات خاصة كما قد لا يكون هناك حاجة لتنفيذ التبطین حيث تلتزم الأرض قوية بما يكفي ليتكوى حركاتها داخل جسم النفق صغيرة جداً

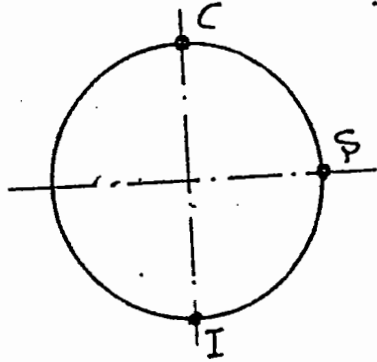
(2) Soft ground Tunneling :- "الأنفاق في الأرض الضعيفة"

* Soft ground → soft clay and loose sand

* وهذا النوع بالطبع يحتاج لوجود التبطین نظراً للضعف التربة

[وهذا النوع هو الذي سوف نركز عليه في دراستنا]

** Distribution of Vertical and horizontal stresses on tunnel body :-



الهدف :-
التعرف على شكل توزيع
الإجهادات الرأسية (σ_v)

والأفقية (σ_h)
على فتحة النفق عند
النقاط المعينة وهي :-

"C" \Rightarrow crown = Top of Tunnel

"S" \Rightarrow Spring line = Sides of tunnel

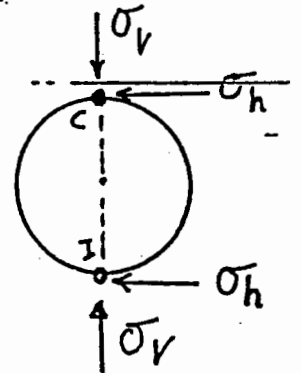
"I" \Rightarrow invert = bottom of tunnel

مع ملاحظة الآتي :-

(1) For Crown and Invert Points :-

" σ_v " is called radial stress

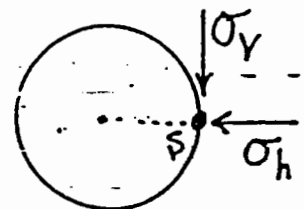
" σ_h " is called tangential stress



(2) For Spring Point :-

" σ_v " is called tangential stress

" σ_h " is called radial stress

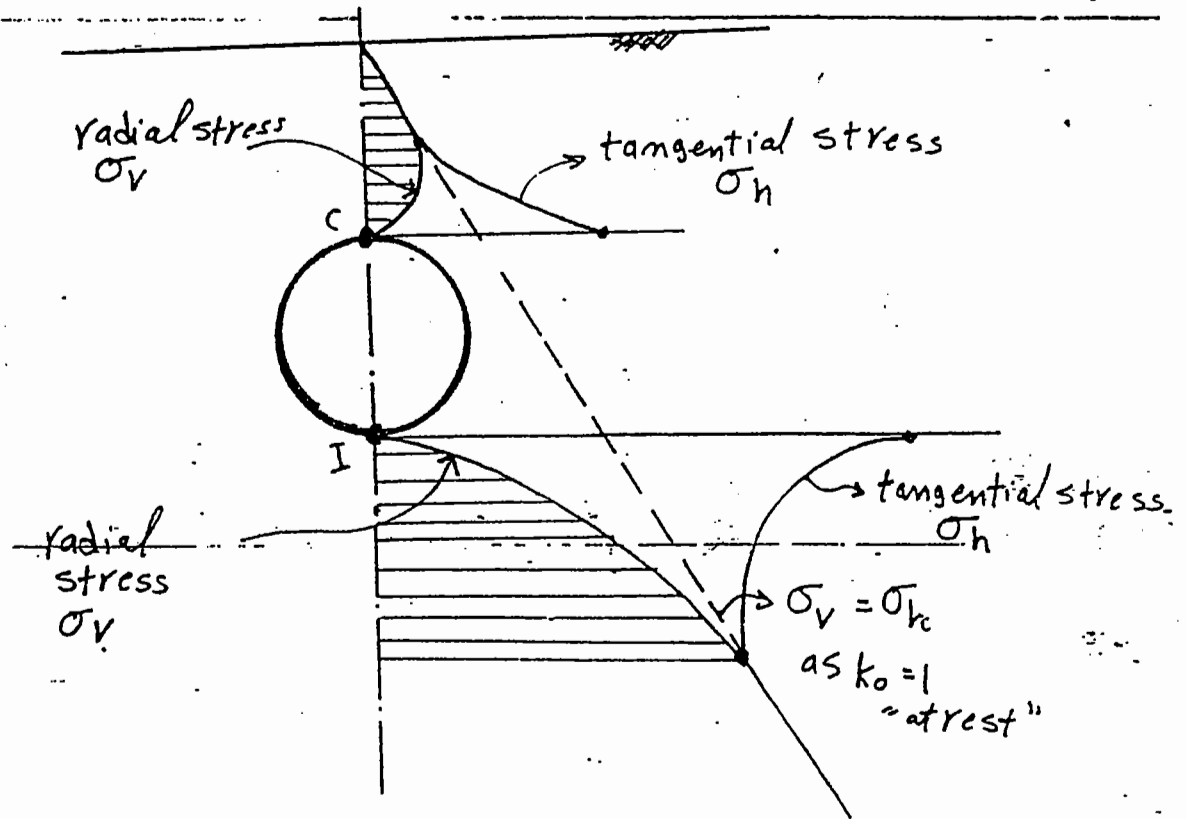


[A] Im case of just after boring "before lining"

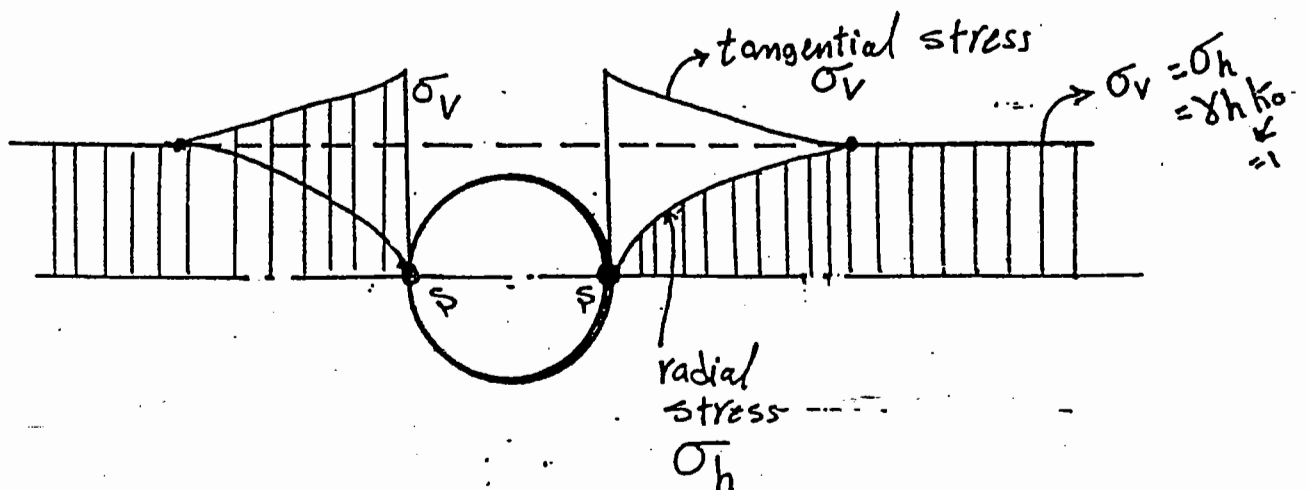
عند النقطة :-

(1- For Crown and invert :-

1 radial stress σ_r يساوي صفر
2 Tangent stress σ_t يذية لتحقيق الاتزان



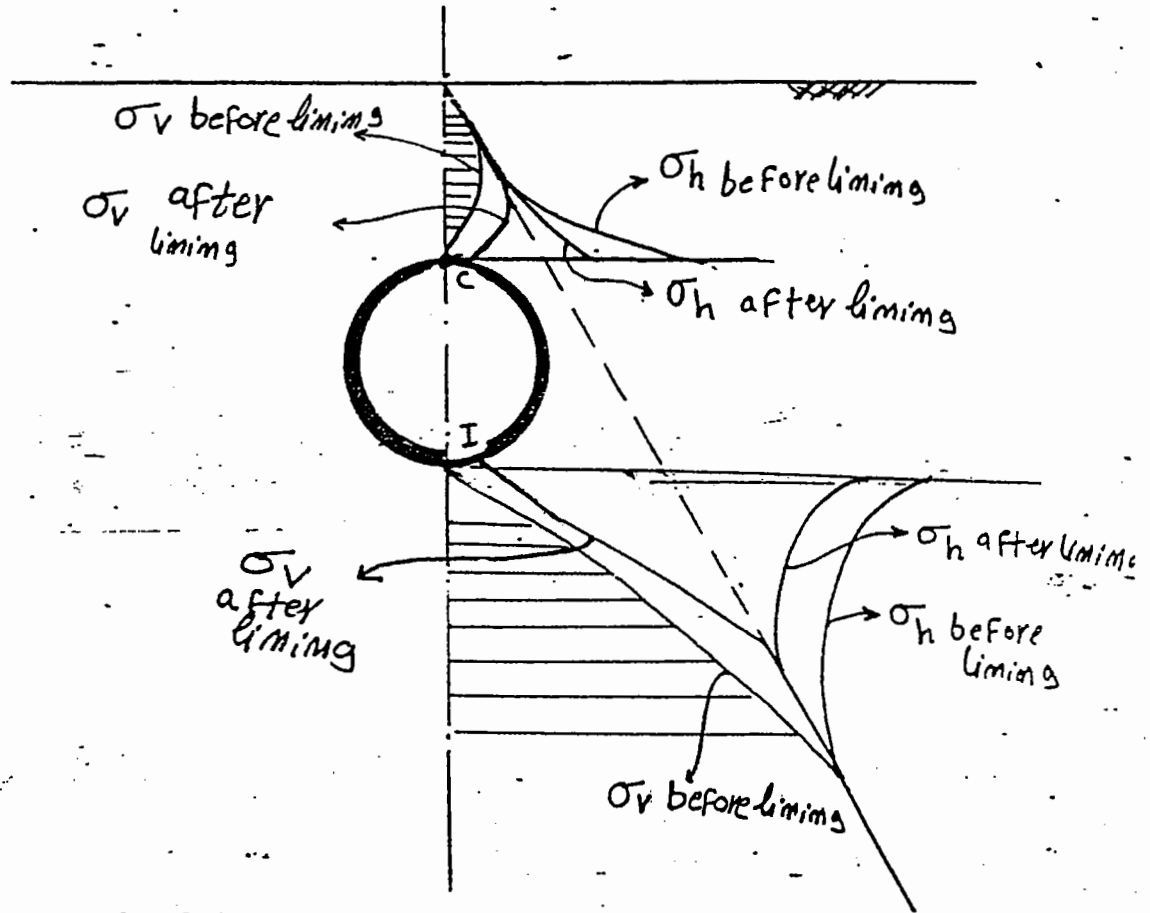
(2- For spring line :-



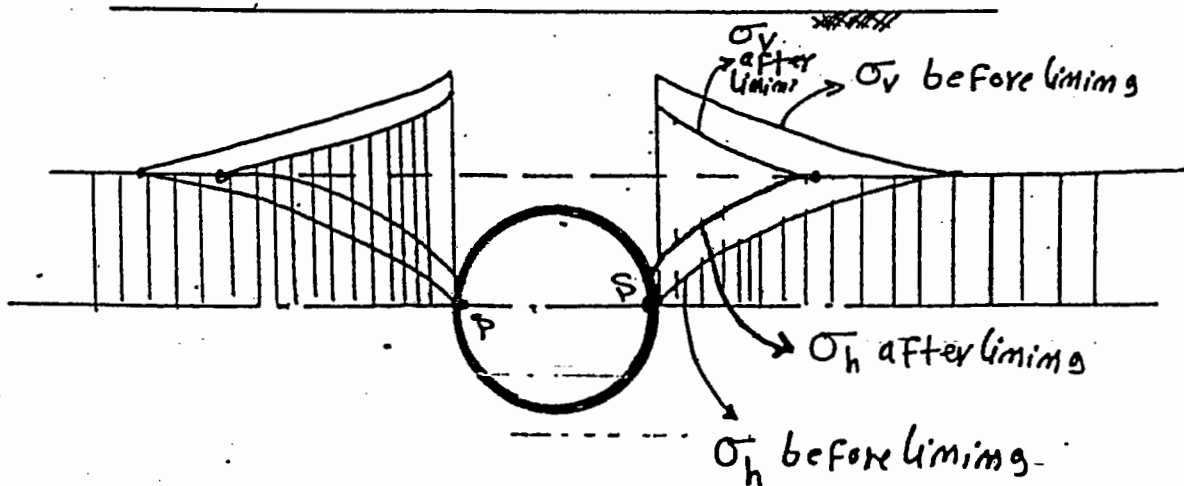
[B] In case after lining :-

بعد وضع البطون: عند أي نقطة تزيد radial str بقوة رد فعل التربة
بينما تقل قوة ال Tangent str لتتحدد نفس الإجهادات الكلية
عن حالة قبل التبطين

(1- For Crown and invert :-



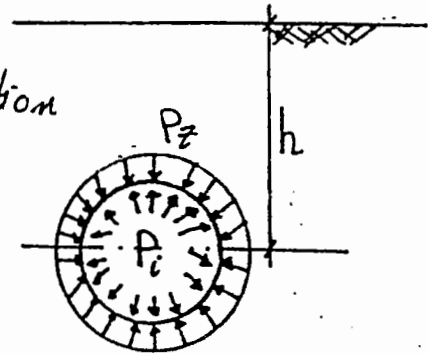
(2- For Spring line :-



* Ground Reaction Curve [GRC] and Support Reaction Curve [SRC]...

* في لحظة حفي التفو وقبل وضع التبطين يكون متوسط الإجهادات
المؤثرة على جسم التفو [قبل حدوث أي تشوه ground loss] :

$$* P_z = \frac{\gamma h}{2} (1 + K_0) \Rightarrow \text{at zero deformation}$$



✓✓ * In Case of Cohesive soil [soft ground] undrained condition:-

C-soil [$C = C_u$ و $\phi = 0$]

$$\therefore K_0 = 1 - \sin \phi = 1$$

$$\therefore \boxed{P_z = \gamma h} \quad \text{average pressure at tunnel C.L.}$$

ومن الطبيعة أنه طالما لم يحدث أي حركة للتربة داخل التفو فإنه ذلك
يدل على أنه جسم التفو يقاوم الإجهادات الخارجية (P_z) بإجهاد
داخلي جاوره (P_z) وهو P_r or (P_i) radial pressure

$$\therefore \text{at zero deformation } \boxed{P_i = P_z = \gamma h}$$

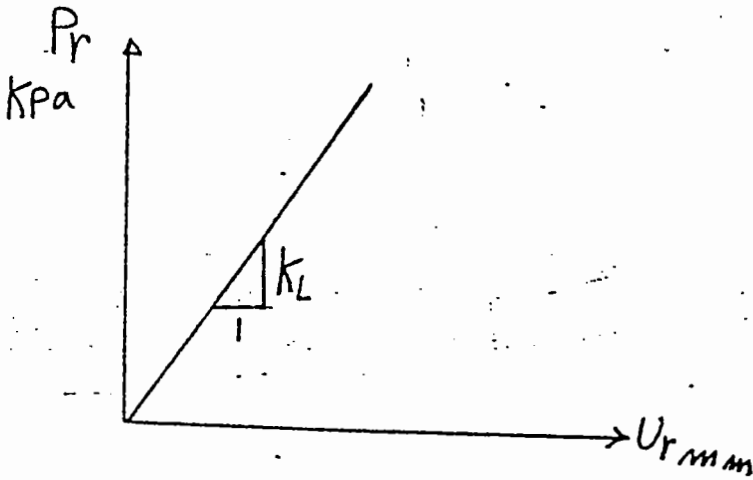
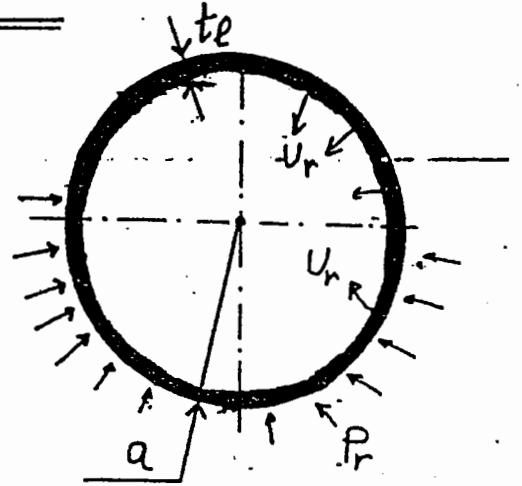
* مع بداية حدوث (ground loss) تحدث حركة في جسم التفو للداف
وفي اتجاه مركز التفو لذلك تسمى

Radial ground displacement (U_r).

** Support Reaction Curve SRC :-

"Limiting Stiffness Curve"

* هو علاقة بين الضغط الخارجى على
التبطين حول النفق و بين مقدار
الحركة الدافلية
* من البديهي أنها علاقة طردية



• وهى عبارة عن علاقة خط مستقيم يمثل جساءة التبطين
"Limiting Stiffness"

وهو فـك دو ميل بمقدار
 $k_L : 1$
HJ vL

where :-

$$k_L = \frac{4 * E_L * t_L}{a^2} = \text{Limiting Stiffness}$$

$\text{KN/m}^2 / \text{mm}$

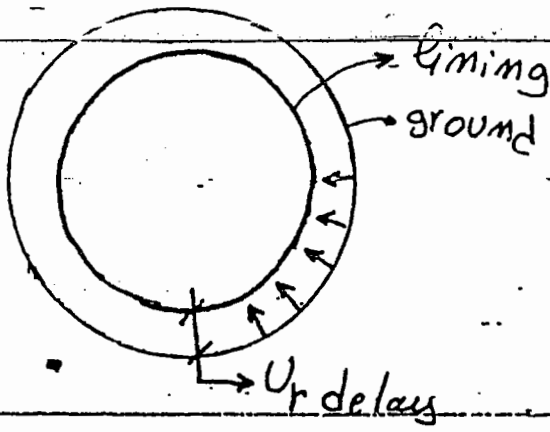
where :- • E_L = Young's Modulus of

Limiting Material (KN/m^2)

• t_L = Limiting thickness (mm)

• a = Radius of Tunnel (mm)

جلى بالـ
من الوحدات



** ومع ملاحظة :-

أن التبطين يبدأ في العمل
عندما يتعرض لضغط خارجي
من التربة

ولكن يحدث ذلك عندما

تكون التربة تحركت مسافة

حتى تلمس التبطين لهذه المسافة $[U_r]$ تسمى الـ delay

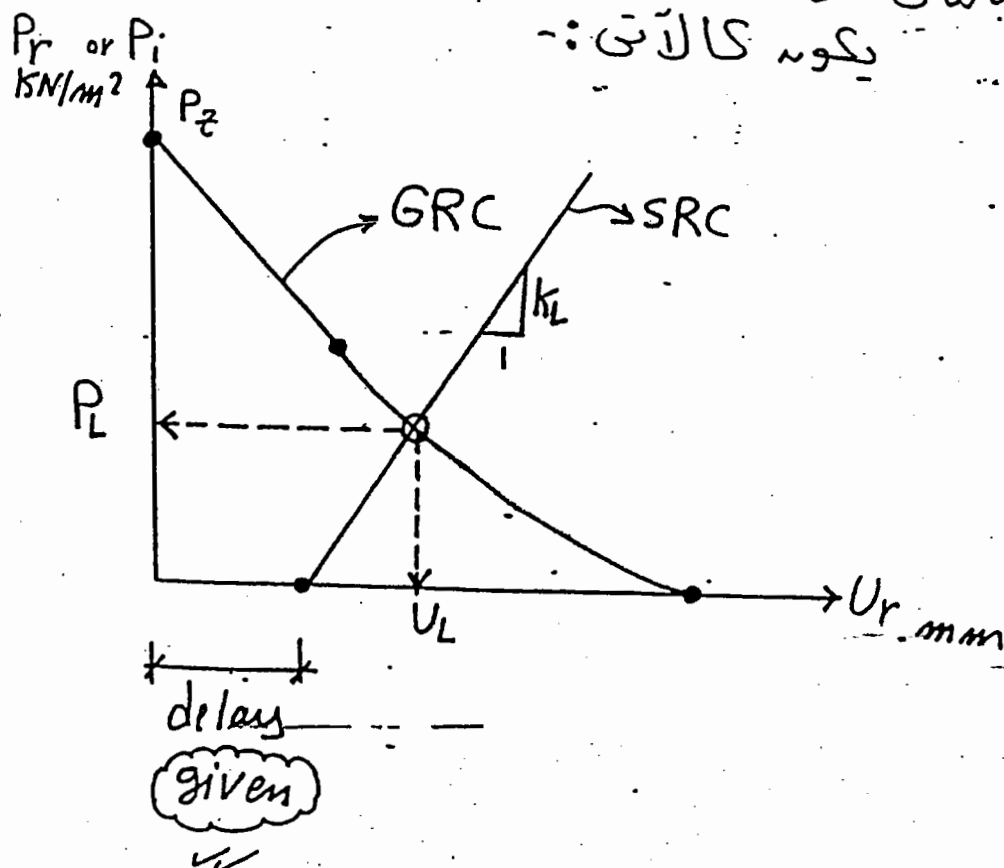
• $delay = \text{Radial displacement of ground before the lining is Activated}$

dueto:- 1- Void of shield thickness

2- Plastic tail grout

3- Plastic action of lining

.... وبالتالي مع توقع الـ SRC أو GRC
يكون كالآتي :-



ومن الممتحن السابق نطلع ما يلي :-

1- P_L = actual limiting pressure .. KN/m^2
هو الضغط الفعلي الذي سوف يتحمله
التبطين من التربة حوله ويستخدم في
تصميم قطاع التبطين

2- U_L = actual radial deformation after limiting

تذكر أن :-

$[P_L]$ هو القيمة التي نعتمد عليها من اد SRC و GRC
وهو الذي نستخدمه في حسابات الهبوط نتيجة التفتت

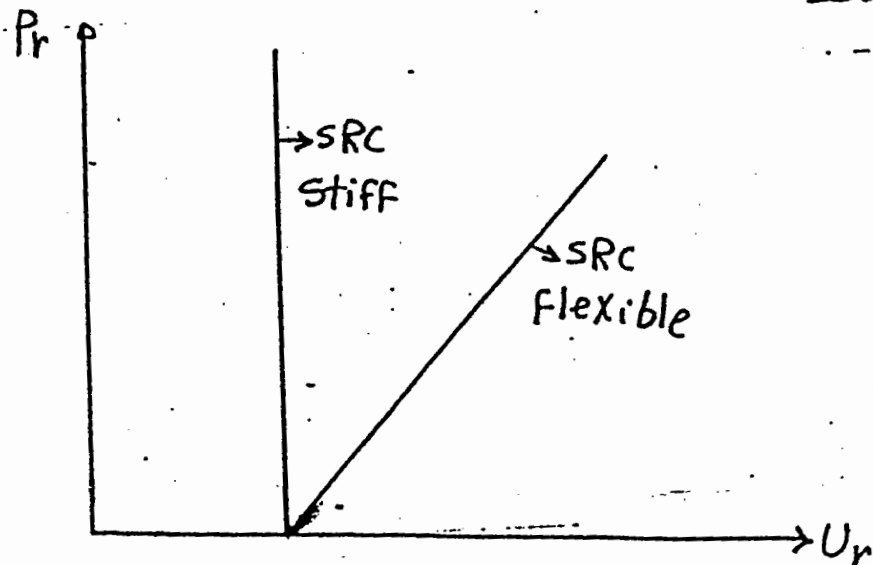
$$OF = \frac{P_z - P_i}{C_u}$$

$$P_i = 0.25 \rightarrow 0.3 P_z$$

$$\text{or } P_i = P_L \checkmark$$

ملحوظة هامة :-

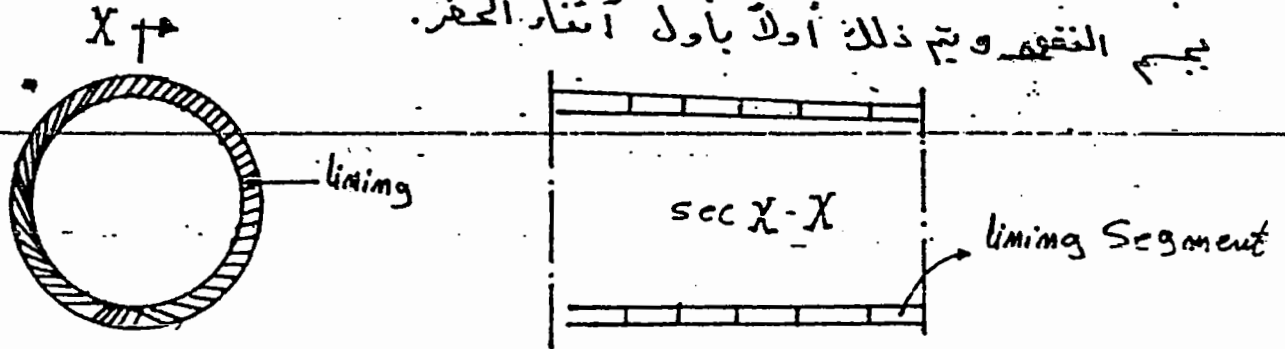
يمكن من خلال شكل اد SRC الحكم على مدى جساءة التبطين



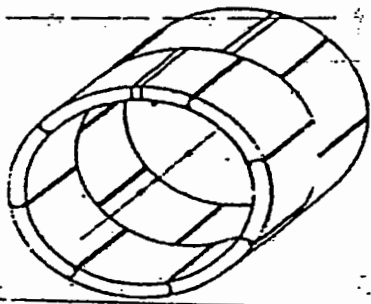
** Tunnel Lining :- تبطين, لانفاه

* مادة التبطين :-

غالباً تكون حلقات من الخرسانة المسلحة تخرج من جسم ماكينة الحفر لتلتصق بجسم النفق ويتم ذلك أولاً بأول أثناء الحفر.



* يمكن أن يتم تربيط حلقات التبطين مع بعضها البعض باستخدام [Bolts] ولقى مثله المسامير الصلب
* كما يمكن انه فترك بدونه تربيط.



Segmental Lining



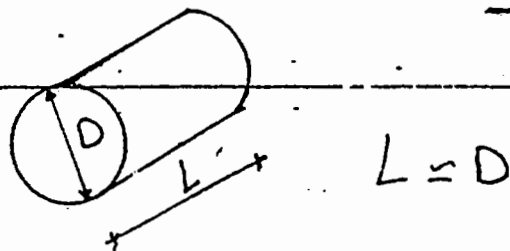
Lining Segment

** Functions of Lining :- وظائف التبطين

- 1- مقاومة ضغوط التربة المتكونة حول جسم الحفر
- 2- مقاومة أو تقليل حركة التربة حول النفق إلى داخل جسم النفق
- 3- منع تسرب المياه الجوفية [إن وجدت] إلى داخل النفق
- 4- يستخدم كركيزة لماكينة الحفر لتندفع في الحفر.

* Shielded Tunnel Boring Machine (TBM).

ماكينة حفر الآتقانه عبارة عني جسم اسطوانه ذو قطر (D) غالباً يساوي
الطول (L)



وتتكون من ثلاثة أجزاء رئيسية :

(1) Face

ويحتوي على السنون القاطعة
التي تقوم بالحفر

(2) Body

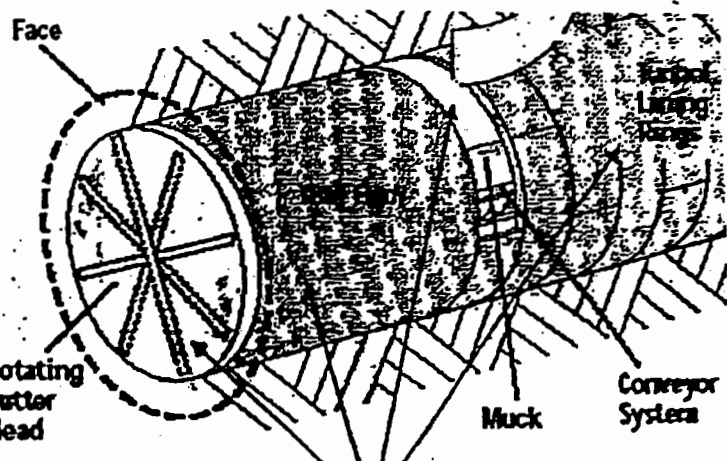
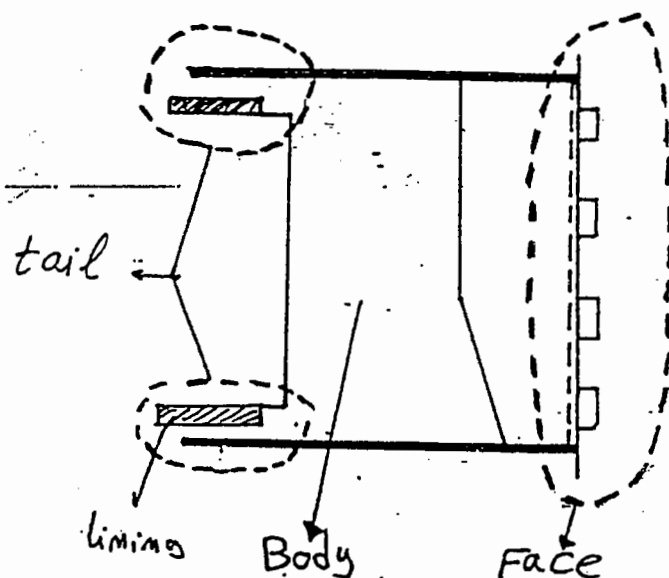
ويحتوي على تجهيزات تقوم بـ:
١- سحب مخلفات الحفر من أمام
المكبنة

٢- إعداد التثبيت

٣- تجهيز مادة حقه ملأ
الفراغ خلف الماكينة الذي

يكون فوق مكان التثبيت

[tail grab
or
tail void

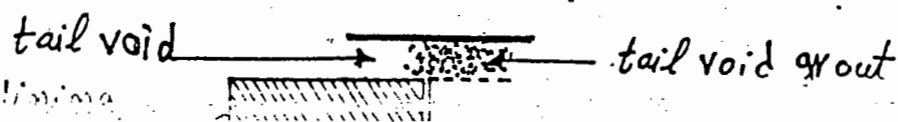


(3) Tail

ويكون في مؤخرة الماكينة ويكون عبارة عن

فراغ بين جسم الماكينة وبين مكان وضع التثبيت وذلك لضمان

ثبوت التثبيت في مكانه حيث يتم حقه لهذا الفراغ بعد ذلك بمادة صالحة



** ملحوظة

Deflection في حالة الحفرة داخل النفق بعد صب ال raft
لتحافظ الساند قبل صب ال raft

Temporary Strut لذلك يقفل بنظام "Pipe"

