Tunnels

- Every day contractors construct tunnels as its providing us with solution to many problems we faced such as traffic problems , passing water under ground surface and so.

- Tunnel Projects ask for well prepared and trained personnel in a great range of technologies:

1. Geotechnics and soil engineering
2. Equipment and control methods
3. Planning and scheduling
4. Concrete technology
5. Monitoring, instrumentation and site control
6. Environment impact, logistics

Why more tunnels are being built

- **Cost**

احيانا يكون انشاء نفق هو الحل الاقل تكلفة من انشاء طريق بسبب وجود مباني تحتاج لازالة و دفع تعويضات مقابل ذلك و غيره من مشكلات

تكلفة انشاء الانفاق تقريبا تقل كل عام 4 % عن العام السابق

- **Safety**

احتمالية حدوث الحوادث في الانفاق اقل كثيرا من حدوثها علي الطرق و يرجع ذلك لامكانية فصل النقل الثقيل عن المركبات الاخري و ايضا سهولة التحكم و الرقابة علي المركبات المارة

- **Environment**

انشاء نفق هو فرصة حقيقية لاعادة تشكيل الشوارع و الطرق بشكل جمالي و جذاب بعيدا عن الازدحام و الضوضاء و التلوث الناتج عن المرور و صعوبة حركة المشاه

فعمل نفق يوفر حلا لكل ذلك و يمكن معالجة الهواء الملوث قبل خروجه من النفق

- **Construction**

هناك تقدم سريع جدا في تكنولوجيا تشييد الانفاق من حيث المتفجرات و معدات الحفر و تدعيم الحفر و غيره

اصبح من السهل عمل الانفاق بالشكل الهندسي المطلوب و توفير كافة الخدمات داخل النفق

An example to see the different between Boston *Downtown* , USA ….before & after

- Before construct the tunnel

After

The downside of tunnels:

- higher building cost and difficulties of cost control during construction
- “cut and cover” tunnels can be disruptive during construction
- good standards of daily operations required
- ongoing operational costs
- underground junctions difficult and potentially expensive
- siting of portals and ventilation shafts needs to be carefully selected

Know about tunnel in brief outline

- Organizations working in the same place in tunnels :

1. Transport
2. Traffic management & Control
3. Security and Fire incidents management
4. Maintenance of the facilities

Communications are requested in the following fields:

* Construction systems
* Materials incorporated in underground projects
* Construction monitoring technologies
* Engineering issues and engineering liability.
* Long term construction sites management
* Environment impact

* Logistics and site factories
* Relationship with all stakeholders.
* Ventilation, fire detection and prevention systems
* Traffic control and monitoring.
* Facilities maintenance and operation.
* Project performance monitoring and assessment
* Hazards management and legal issues

كيف يتم اخيتار طريقة تشييد النفق ؟

unique case هناك عدة طرق لتنفيذ الانفاق و ايضا يعتبر كل نفق حالة فريدة لا تكرر

لذلك نجد ان هناك عدة عوامل تتحكم في اختيارنا لطريقة تنفيذ النفق بل و قد نختار اكثر من طريقة لتنفيذ النفق حيث يتم تقسيمه الي اجزاء , و هذه العوامل يمكن ان تتلخص في الاتي :

- الظروف الجيولوجية و الهيدرولجية للموقع
- الخصائص الهندسية للنفق (الطول , العرض , ...)
- الامكانيات المتوفرة لدي الشركة المنفذة (المعدات المتوفرة لديها و الخبرات السابقة و غيره)
- الخصائص المرورية للمنطقة فوق النفق (هل ستتسبب الطريقة في منع حركة المرور ام لا , و هل يوجد بدائل لذلك ام لا و ....)

الخطوات الاساسية لعمل الانفاق ؟؟

بالرغم من وجود عدة طرق للتنفيذ لكن الهدف واحد , و لذلك هنالك عدة خطوة دائما يمر بها او ببعضها اي نفق , و هي :

(1) Drilling

الحفر و يتم باستخدام المعدة المناسبة لنوع التربة و ايضا التي تلائم الطريقة المستخدمة لتنفيذ النفق

(2) Grouting

الجروت هو مادة ذات تشغيلية عالية و عالية المقاومة و انكماشها صغير جدا

(3) Excavation
عملية الحفر الرئيسية

(4) Supporting
تدعيم الحفر بنظام مناسب

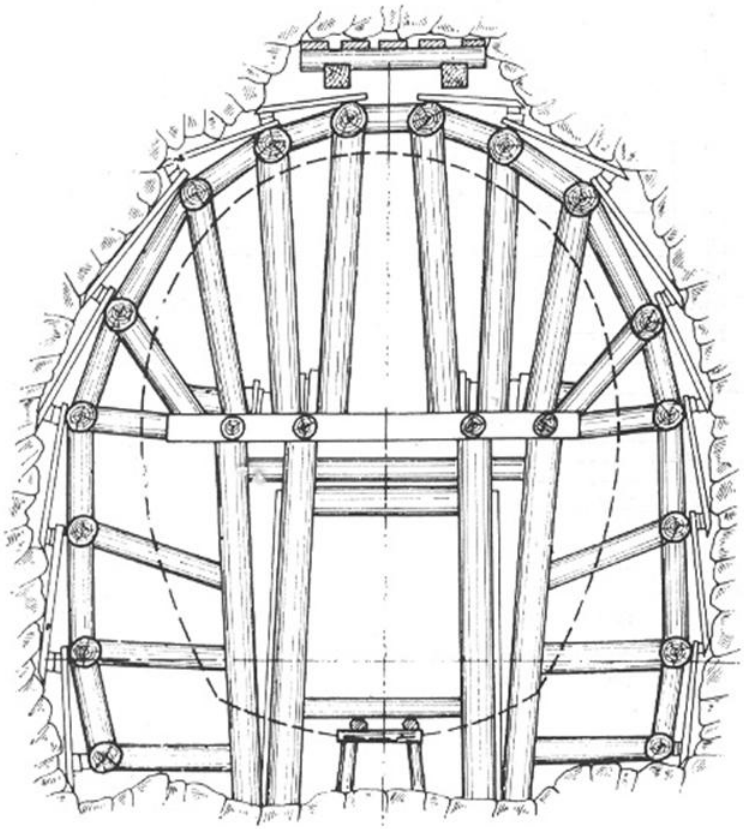
(5) Transportation of muck

(6) Lining or coating/sealing
(7) Draining
(8) Ventilation

طرق تنفيذ الانفاق ؟

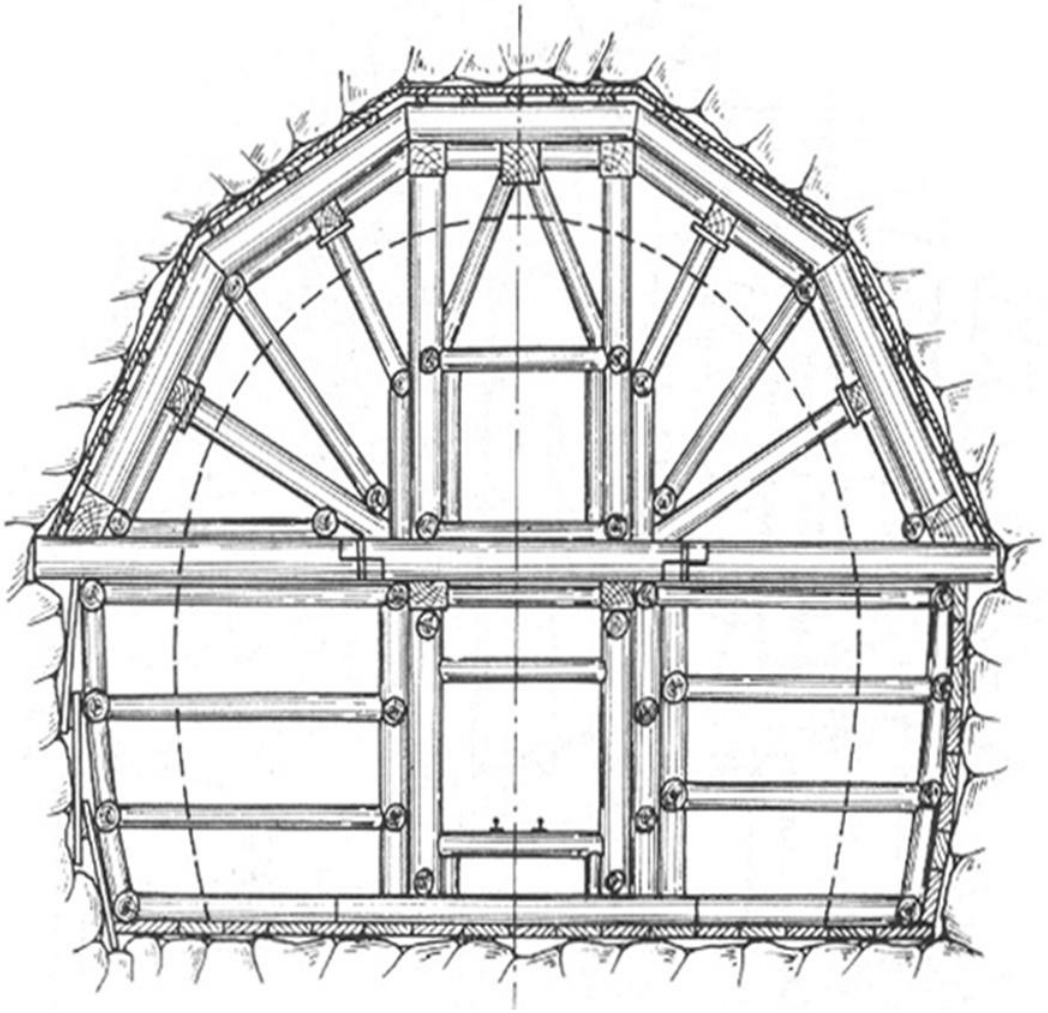
عرف العالم تشييد الانفاق من قديم الزمان و كانت تنفذ الانفاق بطرق تختلف عن الان , و هذا الاختلاف او بمعني اصح التطور يرجع الي التطور المستمر الذي يحدث في التشييد و البناء

طرق تنفيذ الانفاق قديما



The English method

The Austrian (cross-bar) method



- *The German method*

- *The Belgian system* (underpinning or flying arch method)

NOTE : Now this methods are not being used because of its obstacles during construction process

And the modern methods are :

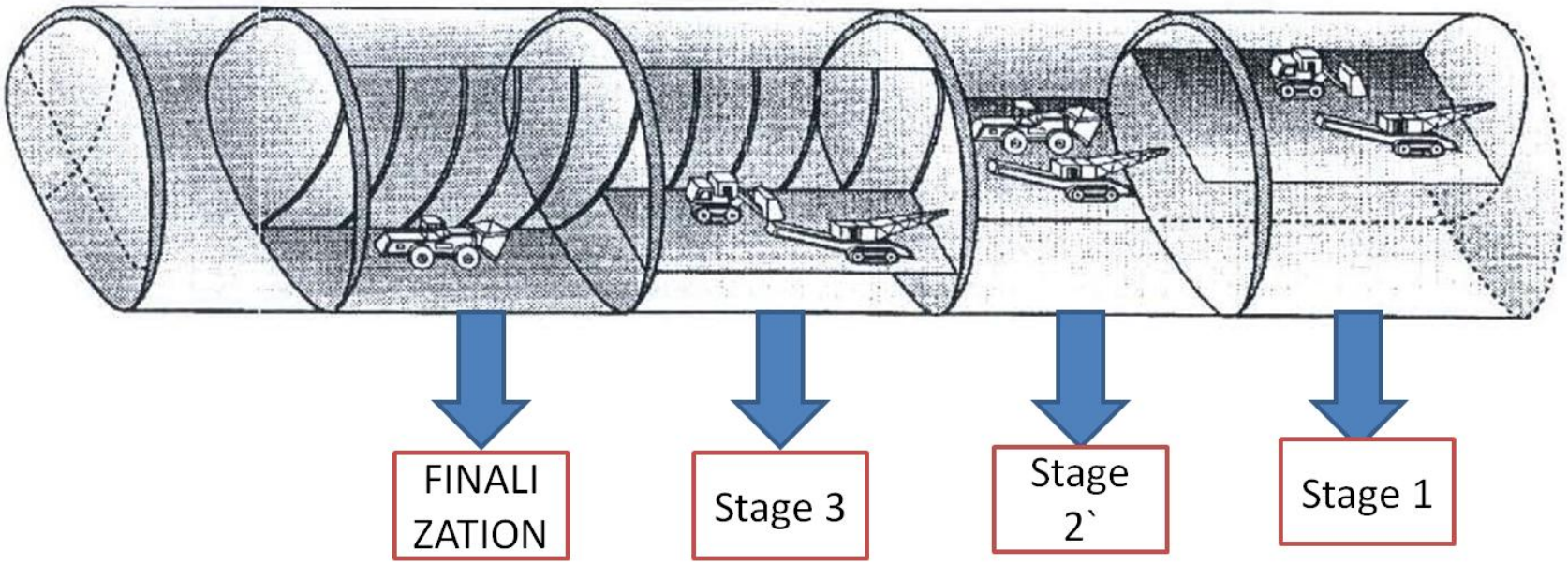
- ✓ Cut and Cover System.
- ✓ Pipe Jacking System (Micro Tunneling).
- ✓ Shield Tunneling (TBM).
- ✓ New Austrian Tunneling Method (NATM).
- ✓ Immersed-Tube Tunneling System.

Forming tunnel is similar to form a bore pile, but in a horizontal manner and in most cases in a much larger diameter .

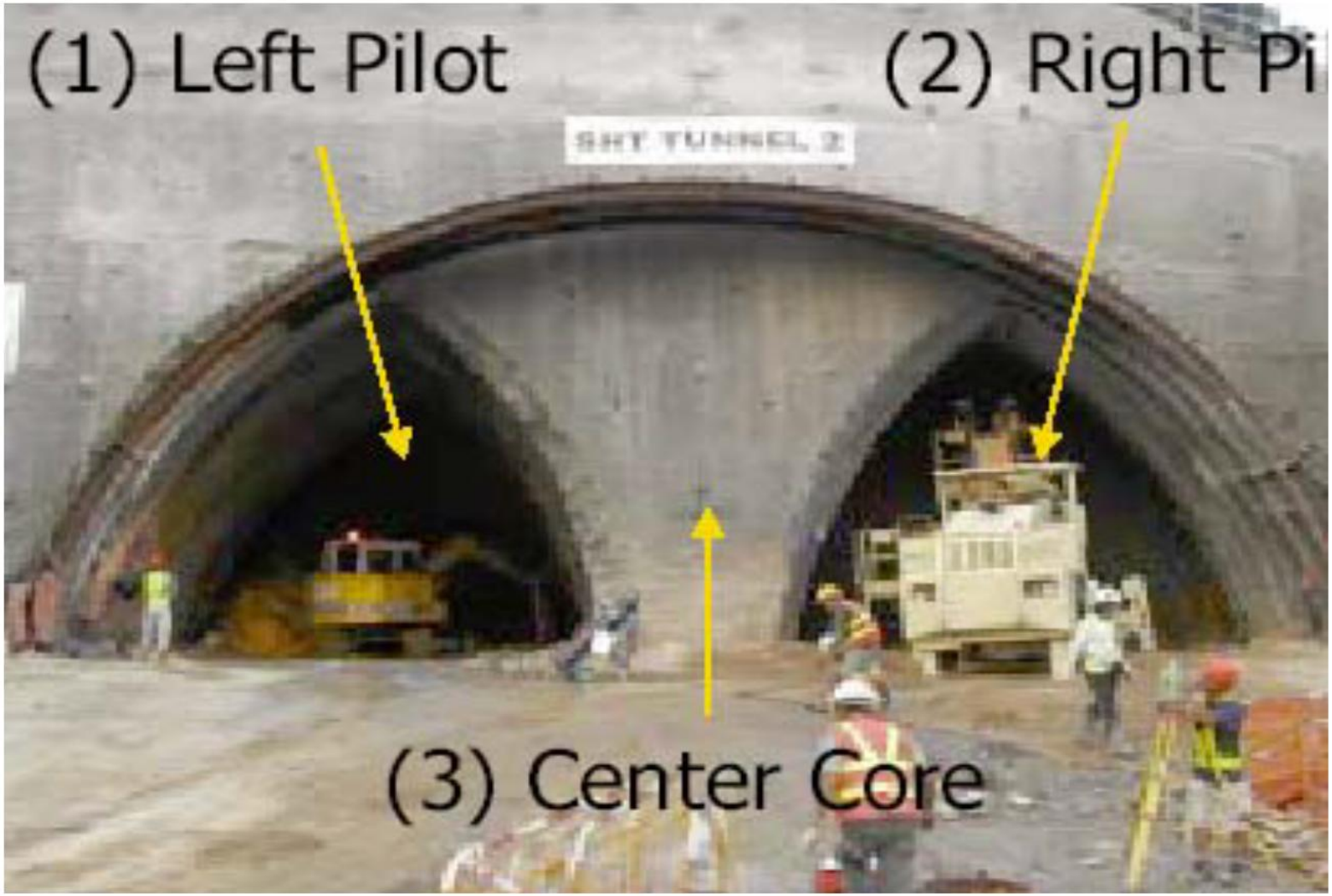
Remember how to find a bore pile?
Three basic consideration:

- how to cut the soil/rock
- how to remove the spoil
- how to protect the bore hole from collapsing

Construction of tunnel using the New Austrian Tunnel Method (NATM) for soft ground



نلاحظ تقسيم النفق الي اجزاء و ذلك لسهولة عملية الحفر و التدعيم بعد ذلك , و قد تتم عملية التقسيم هذه بطرق او باشكال اخري , و هذا اسلوب اخر لعملية تقسيم قطاع النفق

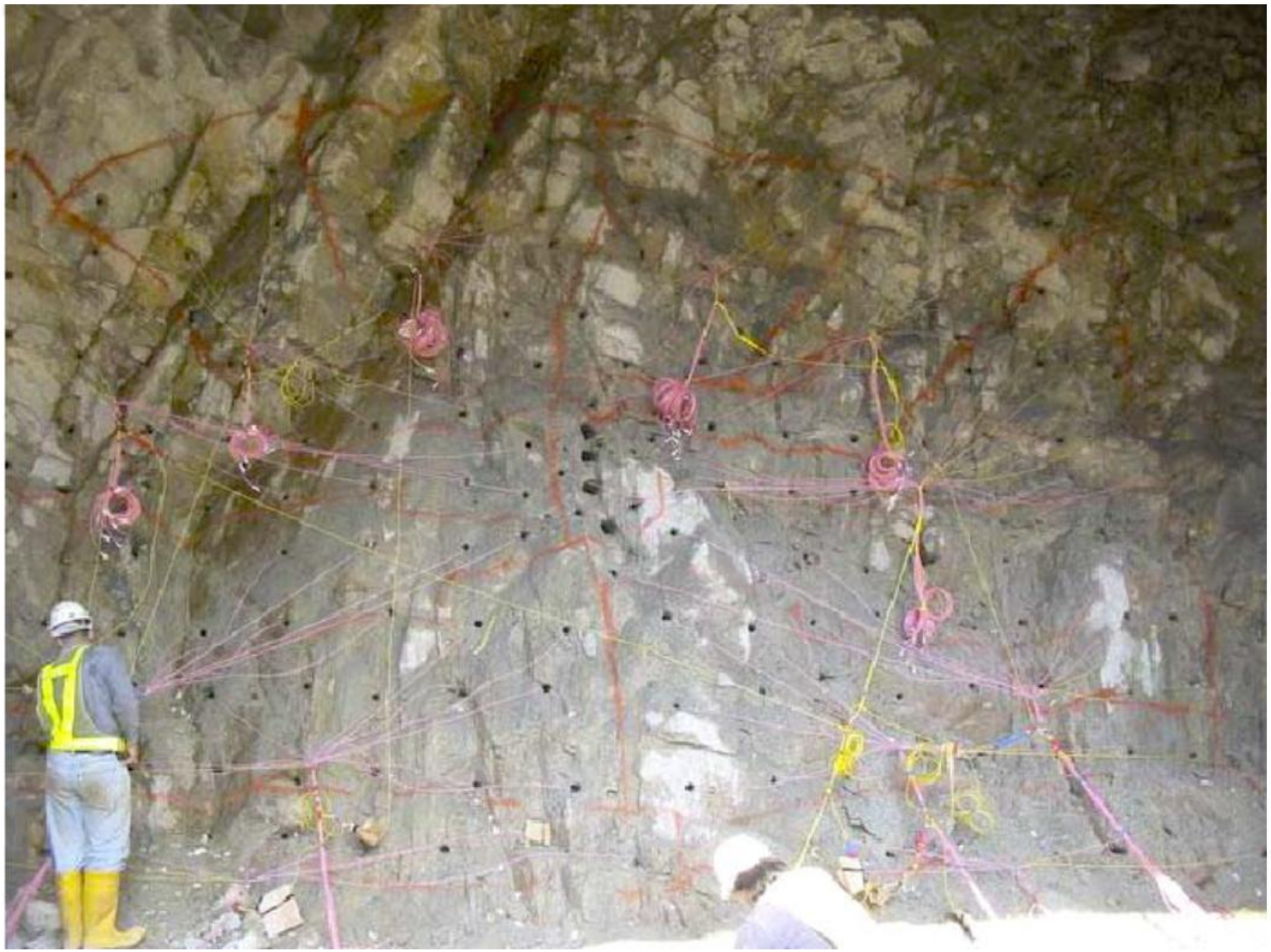


(4) Bottom Bench

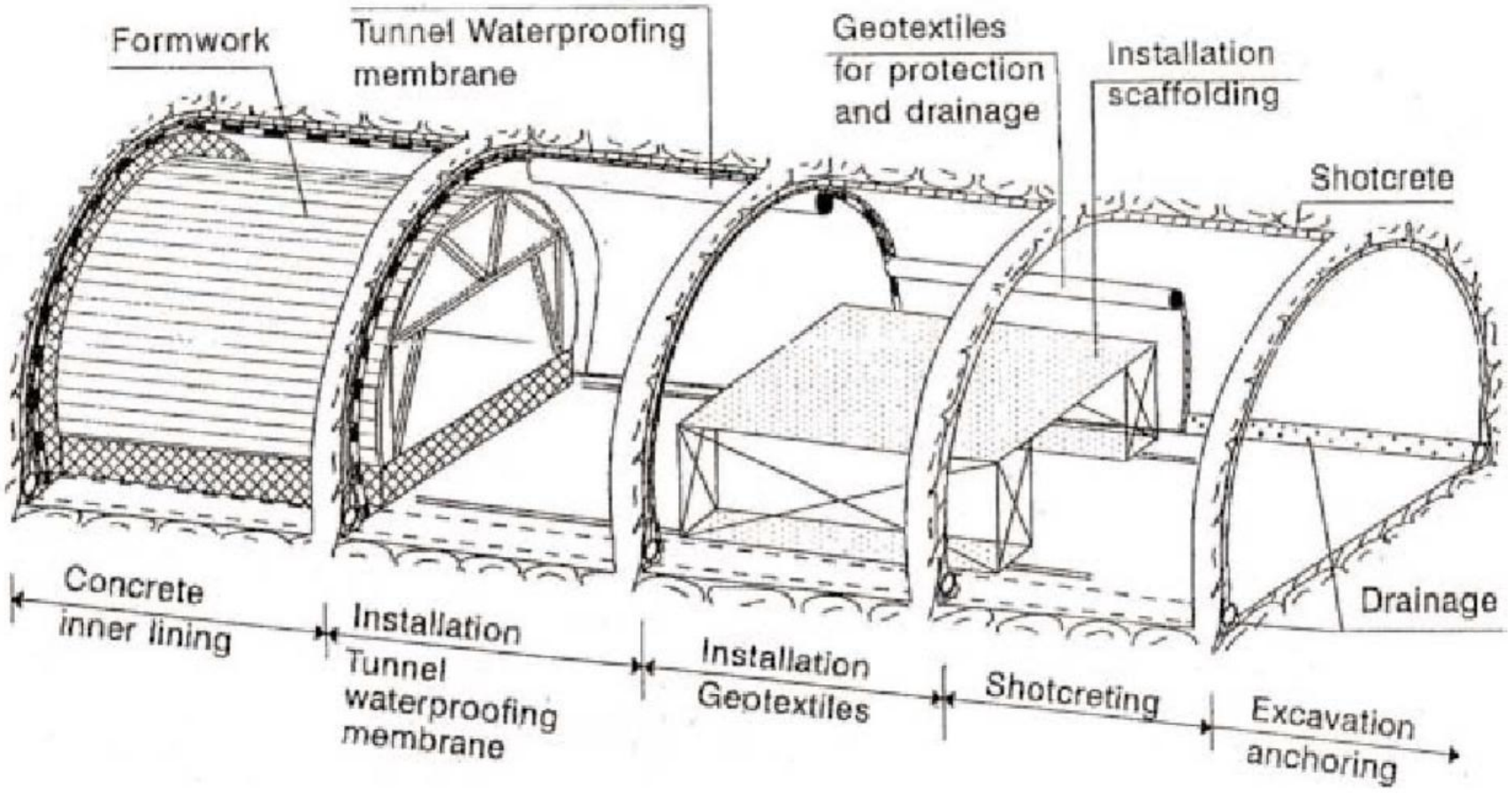
Machine use for the drilling of the blast hole

known as Jumbo tunneling machine

هذه الالة تقوم بحفر النفق عن طريق وضع متفجرات بطريقة معينة ثم تقوم بتفجيرها و يتم التحكم في الالة الكترونيا



Construction sequence for tunnel waterproofing and permanent lining



After the tunnel formed by drill and blast process, the newly formed tunnel surface is to be lined with an in-situ concrete lining to stabilize the exposed soil or rock faces. The photo shows the gantry-type formwork used to form the in-situ concrete lining.

Tunnel Construction using Tunnel Boring Machine (TBM)

فكرة هذه الطريقة : وجود الة تقوم بالحفر و يكون شكل الحفر دائري

الحفر مع تحتوي مقدمة الالة علي رؤس حادة جدا قادرة علي التعامل و التربة القوية مثل الاحجار , و هذه المقدمة مزودة بأداة تقوم بنقل التربة التي تم حفرها الي الخارج

يتم عمل طريق لتسير عليه هذه الالة و يضا العربة الناقلة للتربة الناتجة من الحفر

يتم تدعيم القطاع الذي تم (مد انابيب التهوية و التبطين لسند التربة و ...) حفره و تجهيزه

و قد نحتاج الي الة اضافية مساعدة مثل

Jumbo machine

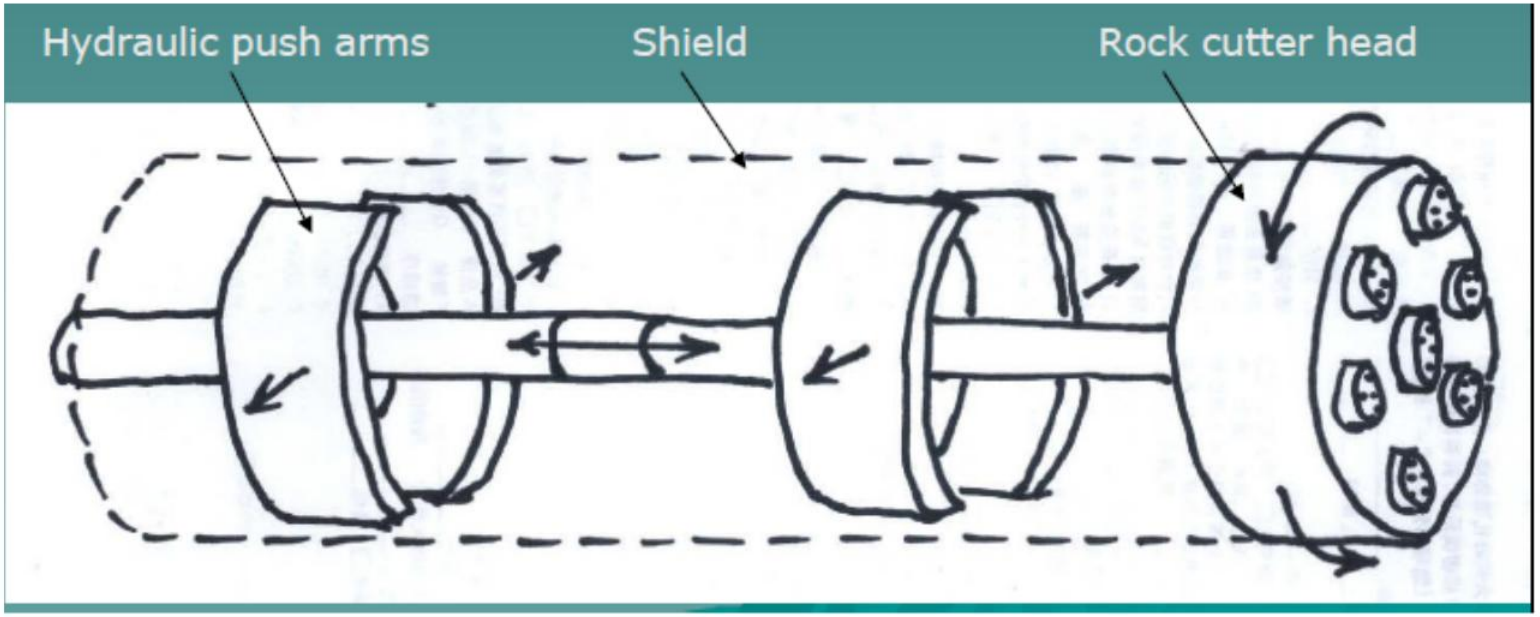
Aphoto of tunnel boring machine

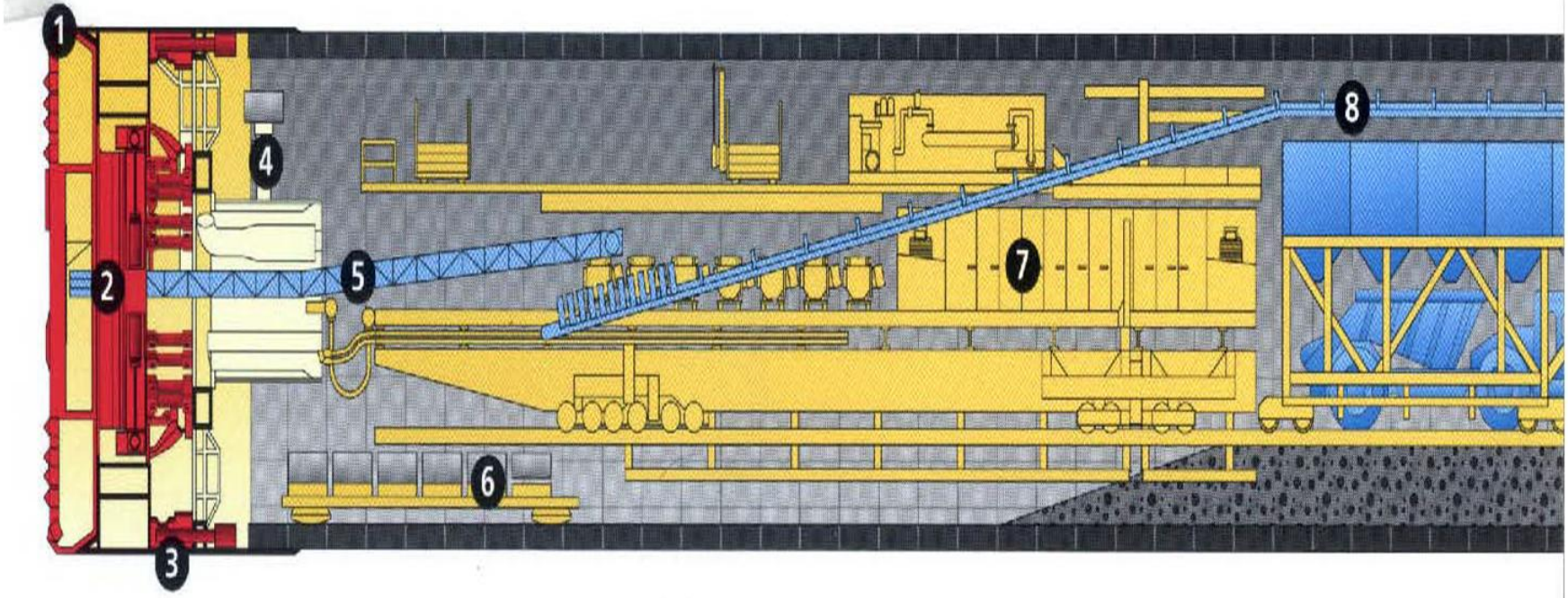
و يجب ان نعلم ان هناك عدة انواع من هذه الالة , فهي كمثلها من الالات يحدث لها تطوير باستمرار و لها عدة انواع لتتناسبب مع المهام الختلفة

و للتعرف اكثر علي الـ

T.B.M=Tuneel boring machine

Note this figure very well to do





1 *Rock cutter head*
2 *Drive unit*
3 *Push cylinder*
4 *Erector*
5 *Conveyor I*
6 *Segment handler*
7 *Electrical switch gear*
8 *Conveyor II*

و من الممكن استخدام مقدمة الالة فقط (فقد تضطرنا الظروف في الموقع لذلك و يتم ذلك عن طريق مقدمة الالة بالاضافة الي شدة طائرة **formwork gantry**

لاحظ الصور الاتية لفهم هذا الاسلوب

اولا : الشدة المتحركة (الطائرة)

نلاحظ وجود هيكل استيل مرتفع , يمثل الشدة الطائرة و يقوم بحمل مقدمة الالة كما سنري
تتحرك الشدة باستمرار اعتمادا علي معدل الحفر للمعدة

نلاحظ في هذه الصورة وجود مقدمة الالة و قد تم تعليقها و حملها بواسطة الشدة الطائرة , و نلاحظ ايضا وجود عناصر استيل بالعرض و ذلك بغرض التدعيم و ايضا الالواح الخشبية

في الشكل السابق لاحظنا بساطة الالة الي حد ما و هذا مناسب لعملها هنا (قطر8.7 متر) _ كما ذكرنا سابقا _ و لكن الصورة التالية توضح مقدمة مستخدمة لاعمال اكبر

سؤال : ما هذه الانبوبة او الماسورة الموجودة في الشكل ؟؟؟

Tunnel Construction using Cut-and-Cover Method

تعد هذه الطريقة جيدة جدا للانفاق الغير عميقة و للتربة اللينة

تتم هذه الطريقة عن طريق الحفر ثم تدعيم جوانب الحفر بواسطة sheet piles walls

تدعم بواسطة

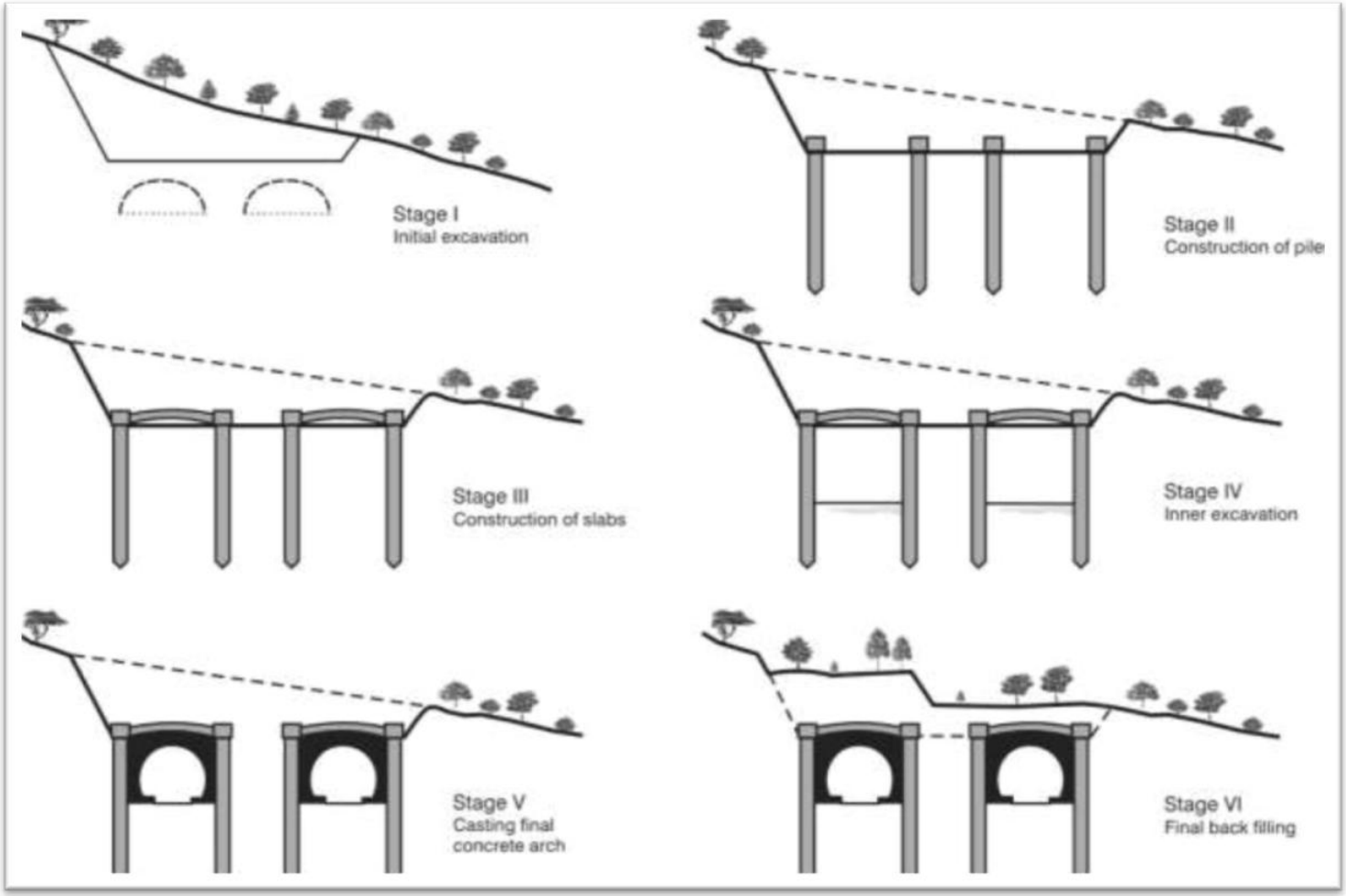
steel struts OR soldiers pile supported using ground anchors

و اي من ذلك يسمي

cut-of system

Diaphragm wall supported with steel struts

Construction Stages for “cover and cut” method



Cut & cover Vs cover & cut

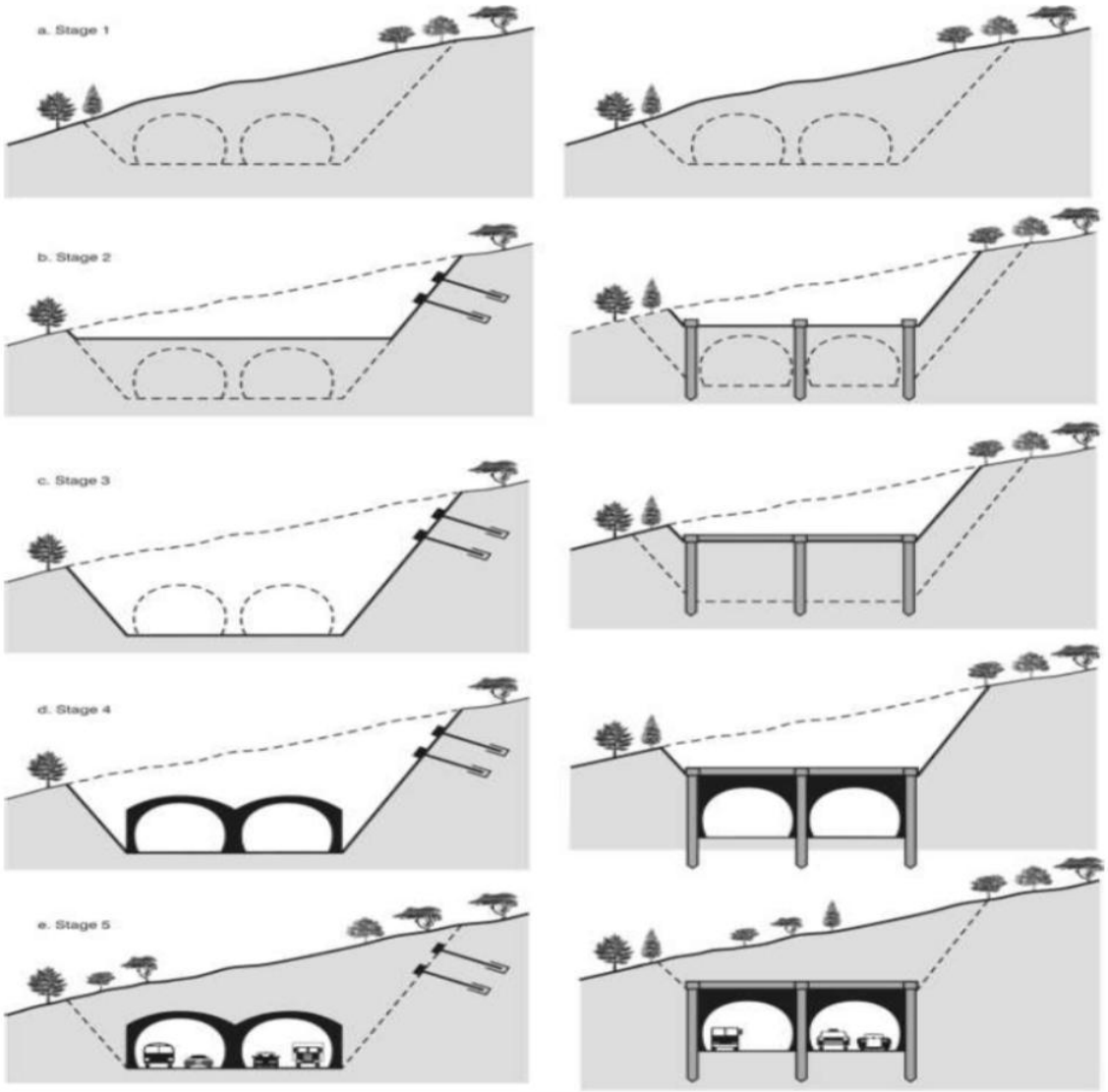


Figure 7: Stages of Construction for the "C&C Techniques (cut and cover on left, cover and cut on right)

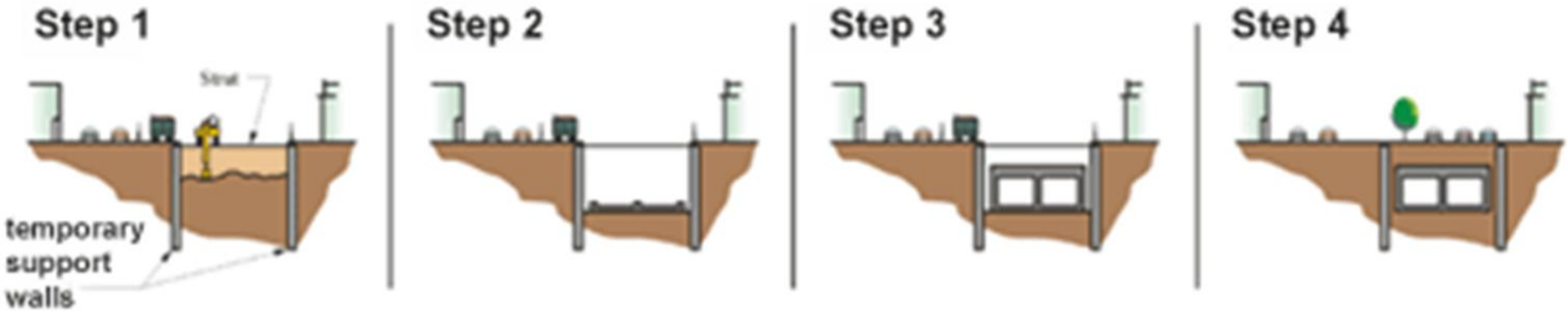
Hint

The main difference betweets these methods is the excavation and thus soil supporting system

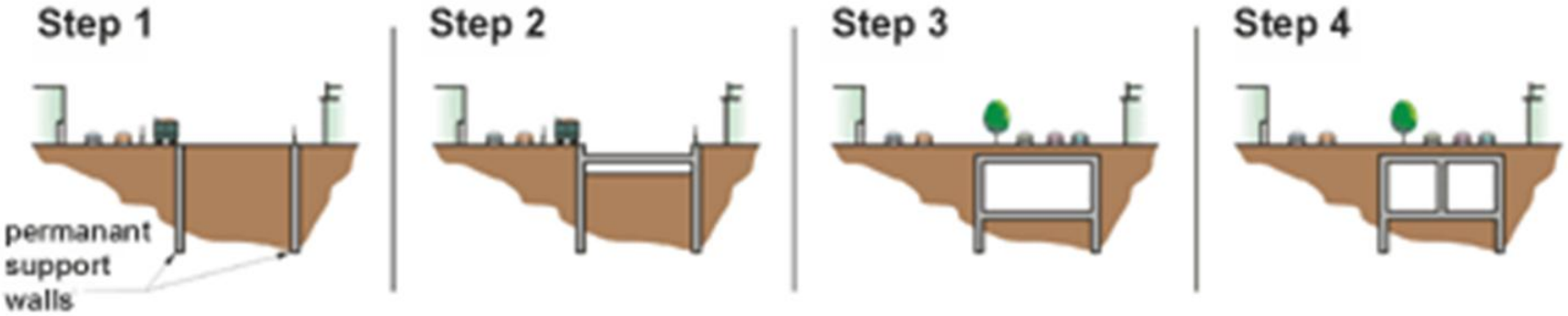
So,

There are two methods of excavation related to each c&c method

The first is called Bottom-Up Construction



And the second is called Top-Down construction



Conditions Favorable to Bottom-Up Construction:

No right-of way restrictions
No requirement to limit sidewall deflections
No requirement for permanent restoration of surface

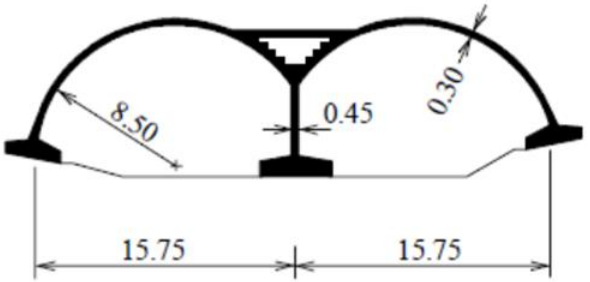
Conditions Favorable to Top-Down Construction

Limited width of right-of-way
Sidewall deflections must be limited to protect adjacent features
Surface must be restored to permanent usable condition as soon as possible

How to choose asuitable C&C .....

Conditions	Cut & cover	Cover & cut
Tunnel length / cutting	L < 300 m	L < 150 m
Depth of grade line	H < 50 m	H < 15 m
Environment	Fairly sesitive area	Sensitive area
Geology	Gravel , soils, soft rock	Loose sand ((any unstable soil))

8. Boxley Tunnel, which passes through an area of ancient woodland that had to be conserved.



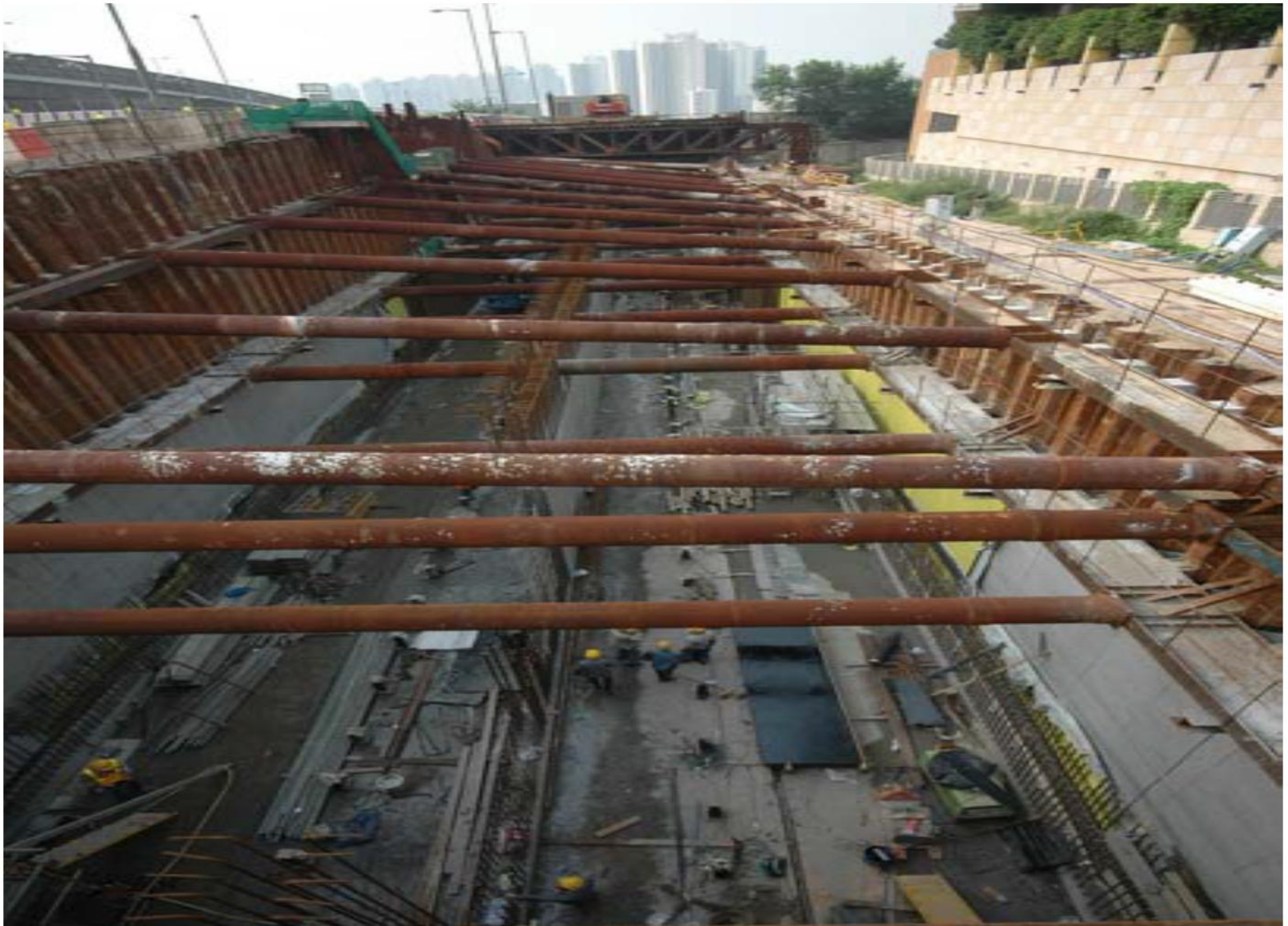
Excavation support systems

- مما سبق لاحظنا ضرورة وجود نظام ساند لتدعيم التربة حتي لاتنهار و ذلك لتوفير مساحة امنة للعمل و ايضا لعدم عمل اي تاثير سلبي علي المنشات المجاورة نتيجة انهيار التربة او انخفاض منسوب المياه الجوفيه فقد يؤدي ذلك الي اضرار كبيرة

و قد يكون المنشأ الساند يعتبر كجزء من النظام الانشائي للنفق و بذلك يطلق عليه permenant

اما لو كان بغرض سند الحفر فقط يطلق عليه temporary

To see more clearly sheet pile
its peform asupport to soil and groung water proof

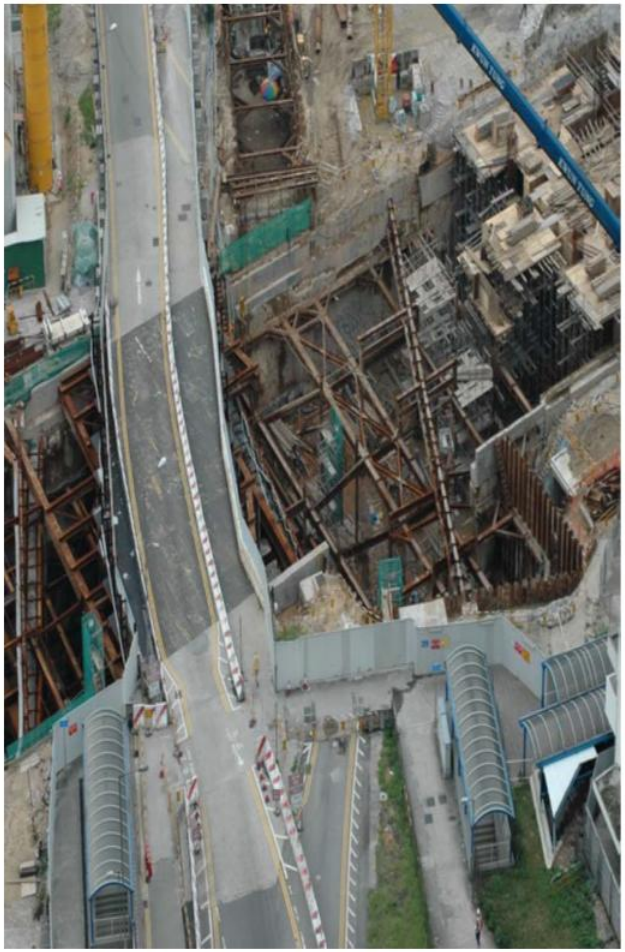


soldier pile wall supported by anchors

Cut-and-cover tunnel constructed in difficult environment

Tunnel excavation and construction - crossing under an existing highway bridge with limited headroom and congested working environment

crossing under busy surface roadway



Tunnel Construction using Immersed Tubes

يتضح من الاسم ان تكون تحت الماء

فكرة الطريقة : يتم تقسيم النفق

الي اجزاء , ثم يتم تصنيع هذه

الاجزاء بالقرب من مكان النفق

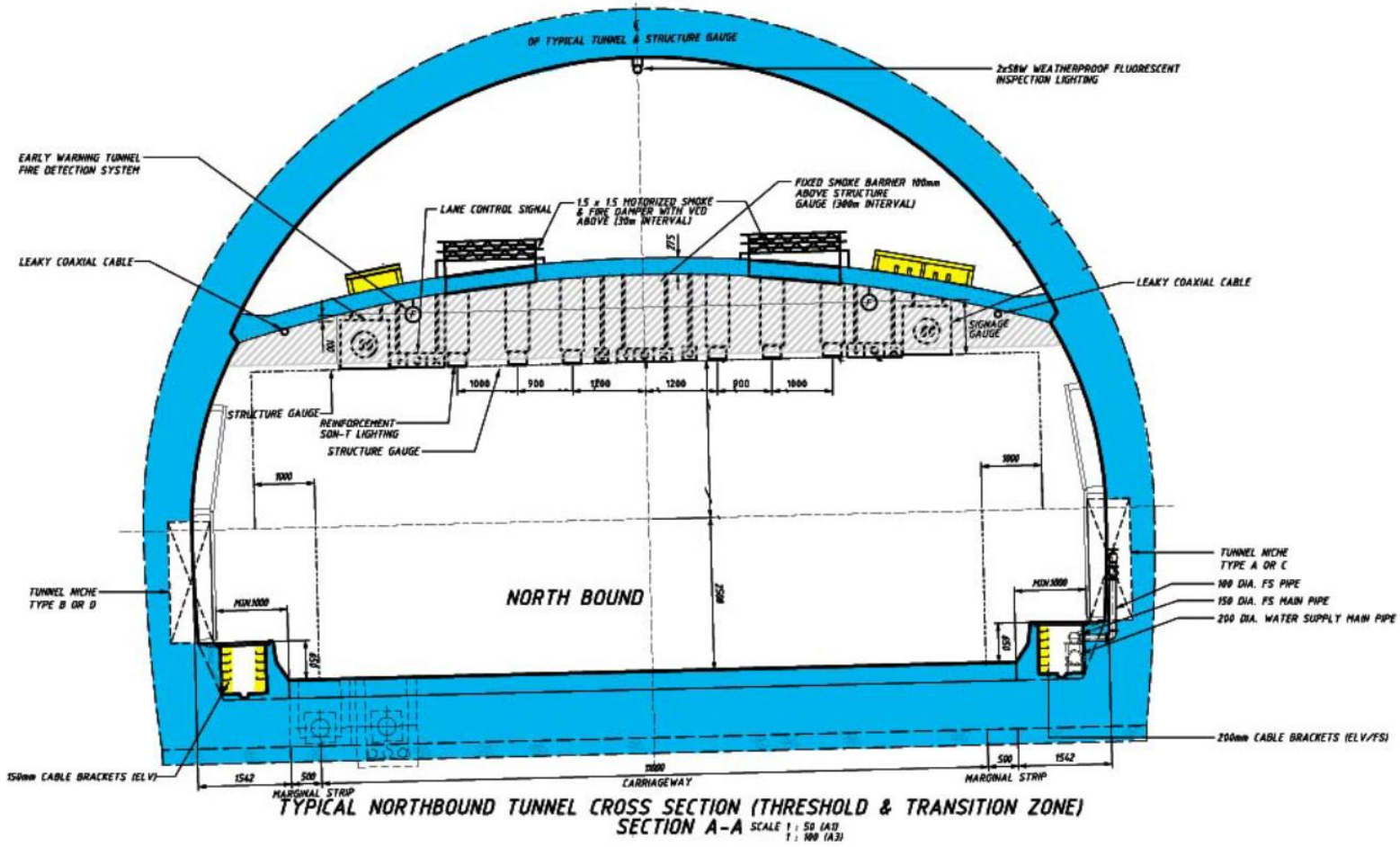
كلما امكن ذلك في مكان معد

للتصنيع , نقل هذه الاجزاء بعد تصنيعها عن طريقة جعلها تطفو علي سطح الماء ثم سحبها الي المكان المستهدف ثم نجعلها تغوص حتي نصل الي المكان الذي سيتم وضعها فيه

و هي طريقة بسيطة لكن مثلها مثل اي منشا معد مسبقا في مكان للتصنيع لابد من مراعاة الخصائص الهندسية للتقسيمات و الاهتمام بذلك جدا , بالاضافة الي عمل احتياطات و تدابير نقل هذه التقسيمات الي المكان المطلوب

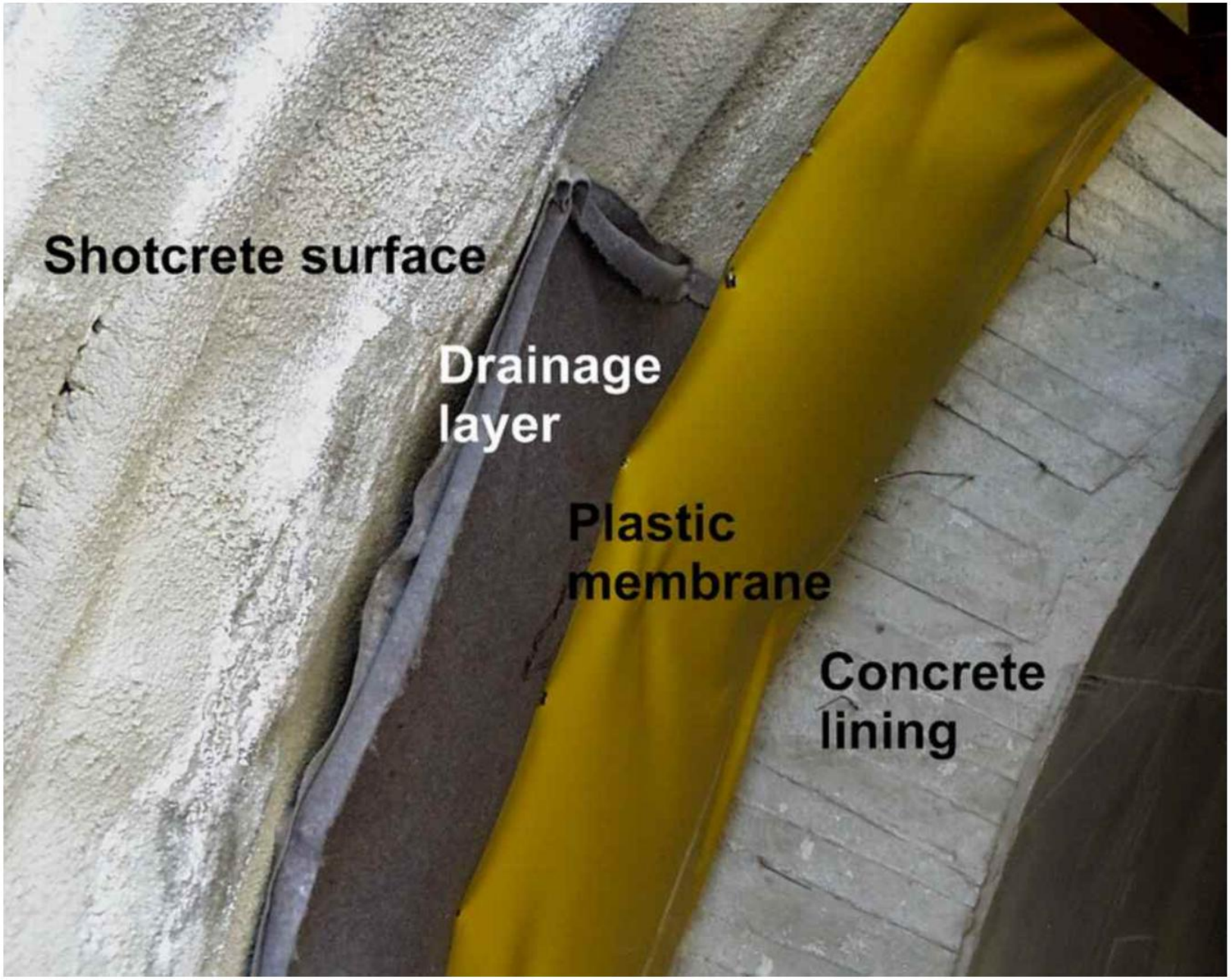
و ما يميزها هي سرعة التنفيذ و ايضا الجودة العالية حيث من السهولة التحكم في التصنيع و جودته

Cross section of atunnel shows all its component



Finishing tunnel process

tunnel interior andservices installation


Shotcrete surface
Drainage layer
Plastic membrane
Concrete lining

Installation of the tunnel wall panel

Laying of rail track in railway tunnel

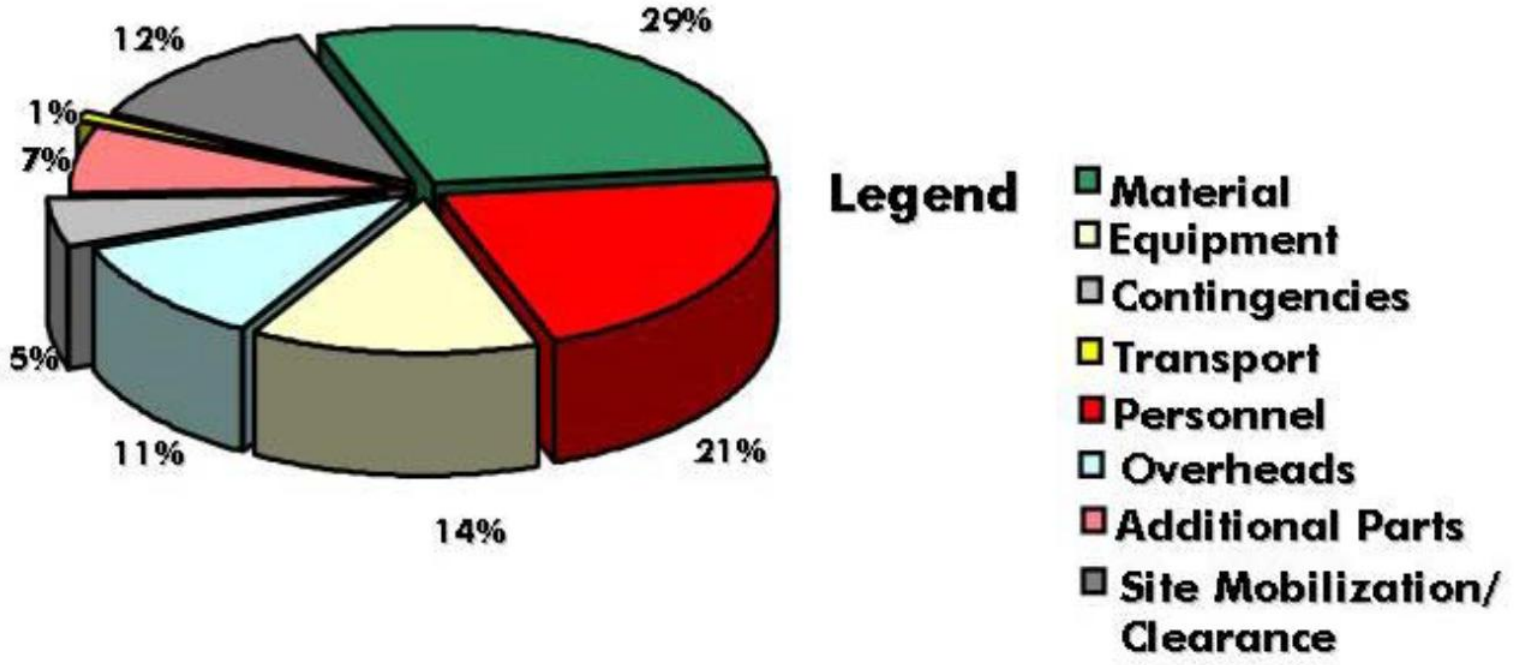
COST

تعد تكلفة المشروع من اهم العناصر التي يجب مراعاتها جيدا قبل بدء المشروع و بعد بدء المشروع

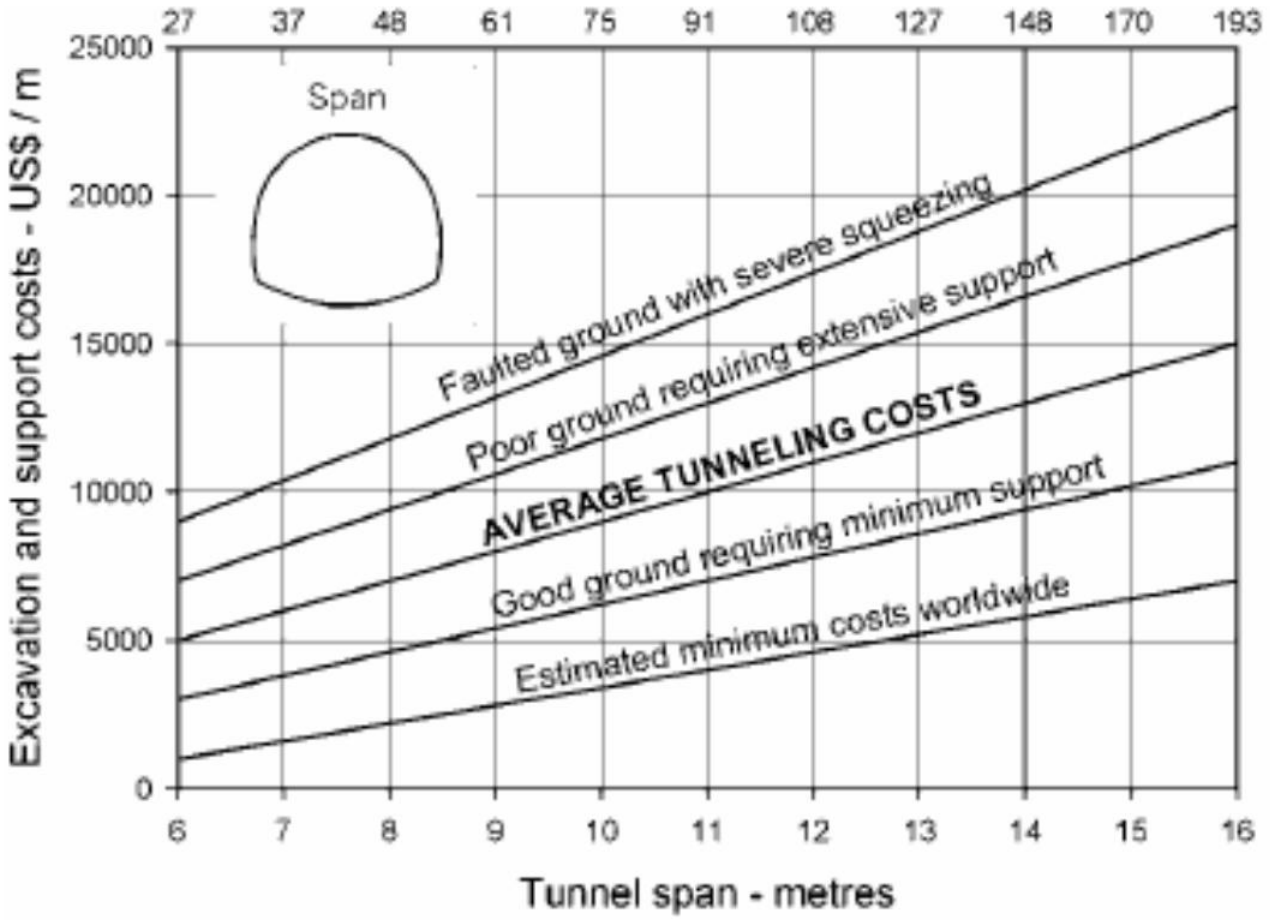
قبل بدء المشروع و ذلك عند تقدير سعر المشروع لاخذ قرار بالتقدم الي المشروع من عدمه , يجب علي مسعر الكميات انا يراعي المخاطر التي قد تحدث اثناء مراحل التنفيذ المختلفة و تزيد من التكلفة و ذلك حتي نضمن ان يكون مشروع مربح و ايضا ضمان القدرة علي تمويله و التعامل مع المخاطر و المفاجات التي قد تحدث في مشروع كبير بحجم الانفاق

اما خلال المشروع فلابد من المراقبة الجيدة لعمليات التنفيذ لضمان عدم خروج المشروع عن الميزانية المحددة له او بجودة اقل من المطلوب و في الزمن المحدد

Actual example for Cost Distribution



Span and cost



safety

في اي مشروع لابد من توفير عنصر الامن و السلامه للافراد و للموقع بصفه عامة

و خاصة في المشروعات الكبري مثل الانفاق لابد من الاهتمام بذلك جيدا , لانه من الاشياء التي تؤثر مباشرة علي نجاح المشروع من عدمه , علي سبيل المثال و ليس الحصر عدم توفير السلامه و الامان في الموقع قد تؤدي الي تأخر المشروع عن الوقت المحدد له و ايضا قد تؤدي لحدوث كوراث في المشروع او اخطأء تزيد من تكلفته و علي الجانب الاخر مخاطر علي الجانب البشري

و بسبب كل ذلك لابد من الاهتمام بـ Safetyطوال مراحل المشروع لضمان تحقيق مشروع ناجح بأقل مخاطر و في حدود التكلفة و الوقت المستهدفين و بالجودة المطلوبة

كيف نضمن تحقيق السلامة في الموقع ؟

لضمان توفر عوامل الامان و السلامة في الموقع لابد علي مدير المشروع ان يقوم بتعيين شخص مسئول عن ذلك

يسمي بـ

SHO = Safety and Health Officer

و لابد قبل القيام باي نشاط اثناء عملية التنفيذ يحتمل وجود عدم بدء هذا مخاطر به النشاط الا باذن منه
بالاضافة لكونه المسؤل الاول و الاخير عن تحقيق كافة عوامل الامان و السلامة في الموقع

و علي سبيل المثال و ليس الحصر , هذه بعد التعليمات التي تخص تشييد الانفاق :

- **عدم السماح لاي عامل بممارسة عمله الا اذا حقق كل معايير السلامه التي تم وضعها مسبقا بواسطة sho**

- **لكل طاقم عمل عدده 25 فرد او اكثر لابد ان يتوفر لهم دائما علي الاقل فريق مكون من 5 افراد مدربين جيدا علي الاسعافات نتيجة الاختناق او اي مخاطر اخري قد تحدث للافراد**
  و في حالة ان عدد الافراد اقل من 25 يكتفي بفريق واحد و لكن لايقل ايضا عن 5 افراد

- **اي شخص يحمل معدات طبية لابد من التاكد انه قادر علي استخدام هذه المعدات دون اخطاء**

- **في الاجزاء من النفق التي بها مشاكل في التنس بسبب ضغط الهواء لابد ان يتوفر بها اجهزة تنفس صناعية للافراد و لابد من تدريب الافراد جيدا علي استخدامها**

- في الاماكن التي قد يتعرض بها احد الافراد للسقوط او التزحلق لابد ان يتوفر لكل فرد منهم احبال و خطاطيف لكي يستخدمها اذا ما تعرض لذلك ,و لابد من التاكد ان هذه الاحبال و الخطاطيف تحقق عوامل الامان لكي تقوم بدورها دون اي تقصير

- شدة الاضاءة في اي من اماكن العمل لا تقل عن 100 lux
- لابد من توفر مولد كهرباء للقيام بالاضاءة في حالة تعطل مصدر التيار

- لابد من التاكد باستمرار من سلامة النظام الساند للتربة
- حالة وجود النفق علي عمق كبير لابد من توفير رافعة للعمال
- لابد من التاكد من وجود مسافة لا تقل عن 50 سم بين الشاحنة و اي معدة او اي شيء في النفق
- لضمان سلامة المشاة او العاملين في النفق لابد من عمل رصيف مناسب و يتم عمل تجاويف علي مسافات مناسبة

- **لابد من توفر اجهزة مقاومة للحريق و خاصة في الاماكن الخطرة و توفير مياه لمقاومة الحريق في اماكن سهلة الوصول اليها و بصفة دائمة و بضغط مناسب**

- **في حالة وجود خزانات غازات او زيت او غيره لابد ان تكون في اماكن مناسبة لها حيث تكون بعيدة عن الانفجارات او التركيبات الكهربية او اي مخاطر اخري**
- **يمنع تماما تخزين اي مواد بترولية مثل البنزين او الكيروسين في النفق او حتي تستخدم الا بموافقة و اخذ تصريح بذلك من SHO**
- **لابد من تهوية النفق كله ميكانيكا بصفة دائمة , السرعة الخطية لتدفق الهواء الجيد في النفق لا تقل عن 5.7 متر3/دقيقة , و لابد أن لا تقل نسبة الاكسجين عن 20 % من حجم الهواء**
- .....

و هناك العديد من الاحتياطات و الامور التي يجب مراعاتها لم يتم ذكرها للاختصار

*اولا:-

*Definition:-

-A tunnel is an underground passageway, completely enclosed except for openings for egress, commonly at each end.
A tunnel may be for foot or vehicular road traffic, for rail traffic, or for a canal. Some tunnels are aqueducts to supply water for consumption or for hydroelectric stations or are sewers. Other uses include routing power or

engwagih

ثانيا:-
انظمة التشييد المختلفه للانفاق.

Construction Systems.

(a) Cut and Cover System.

(b) Pipe Jacking System (Micro Tunneling).

(c) Shield Tunneling (TBM).

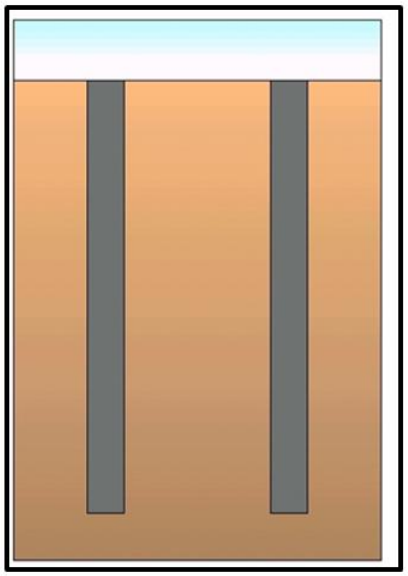
(d) New Austrian Tunneling Method (NATM).

(e) Immersed-Tube Tunneling System.

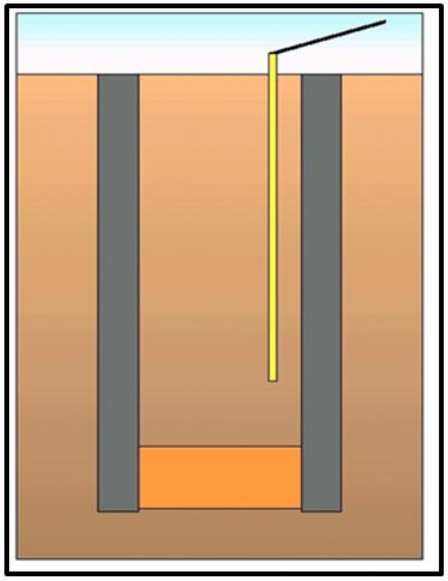
engwagih

(a) Cut and Cover System

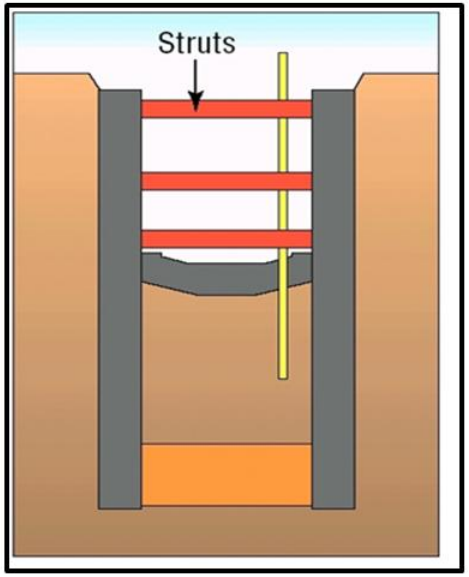
Stage(1)
Diaphragm Walling



Stage(2)
Plug injection
Pump testing



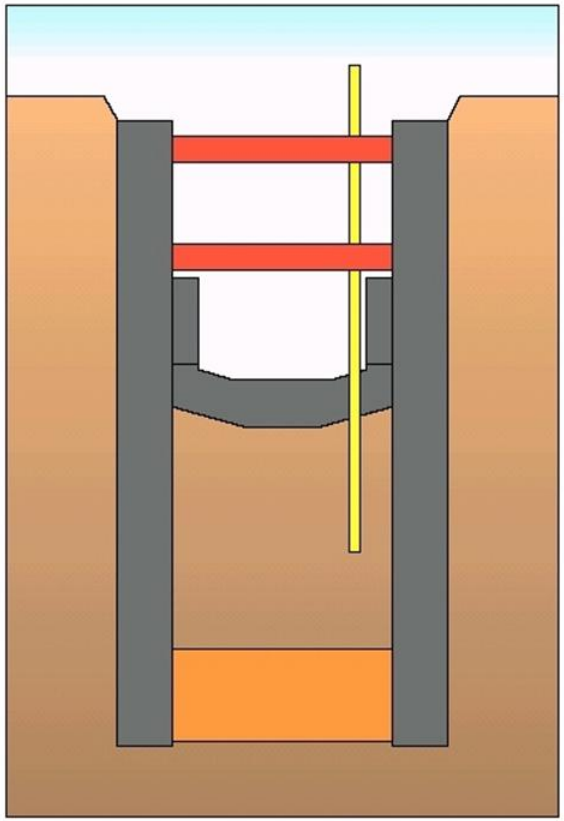
Stage(3)
Excavation/Strutting
Water proofing
Base slab



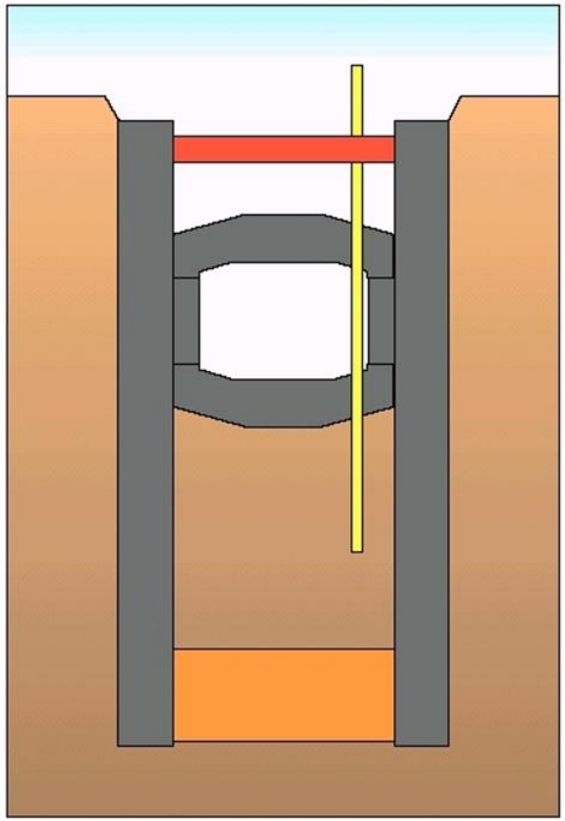
تابع

engwagih

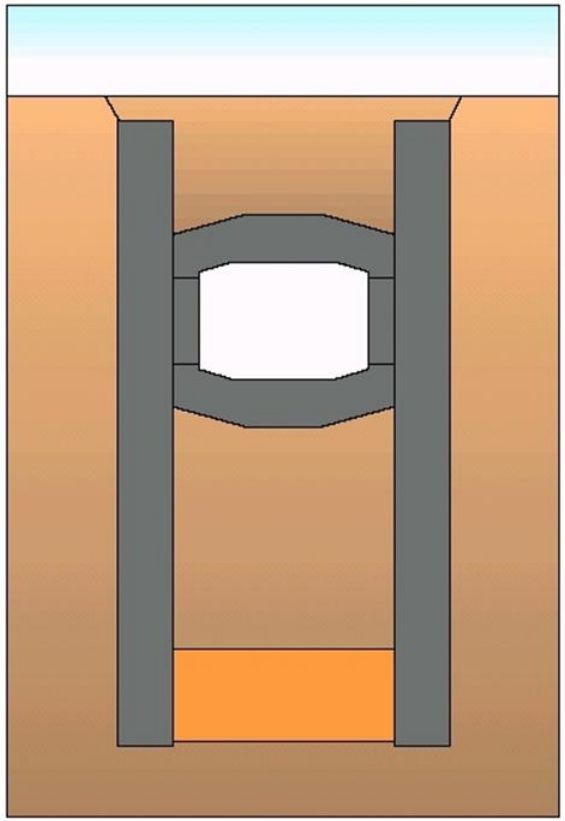
(a) Cut and Cover System



Stage 4
Strut removal
Waterproofing
Walls



Stage 5
Strut removal
Waterproofing
Roof



Stage 6
Waterproofing
Backfill
Strut removal

engwagih

Advantages:

- ✓ Economy for shallow depths (4 - 10 m) and for shorter applications.
- ✓ Un-sophisticated labor and equipment required.
- ✓ Adaptability to different conditions.
- ✓ Simple structural & geotechnical analyses required.
- ✓ Safe environment (ventilation and fire hazard).

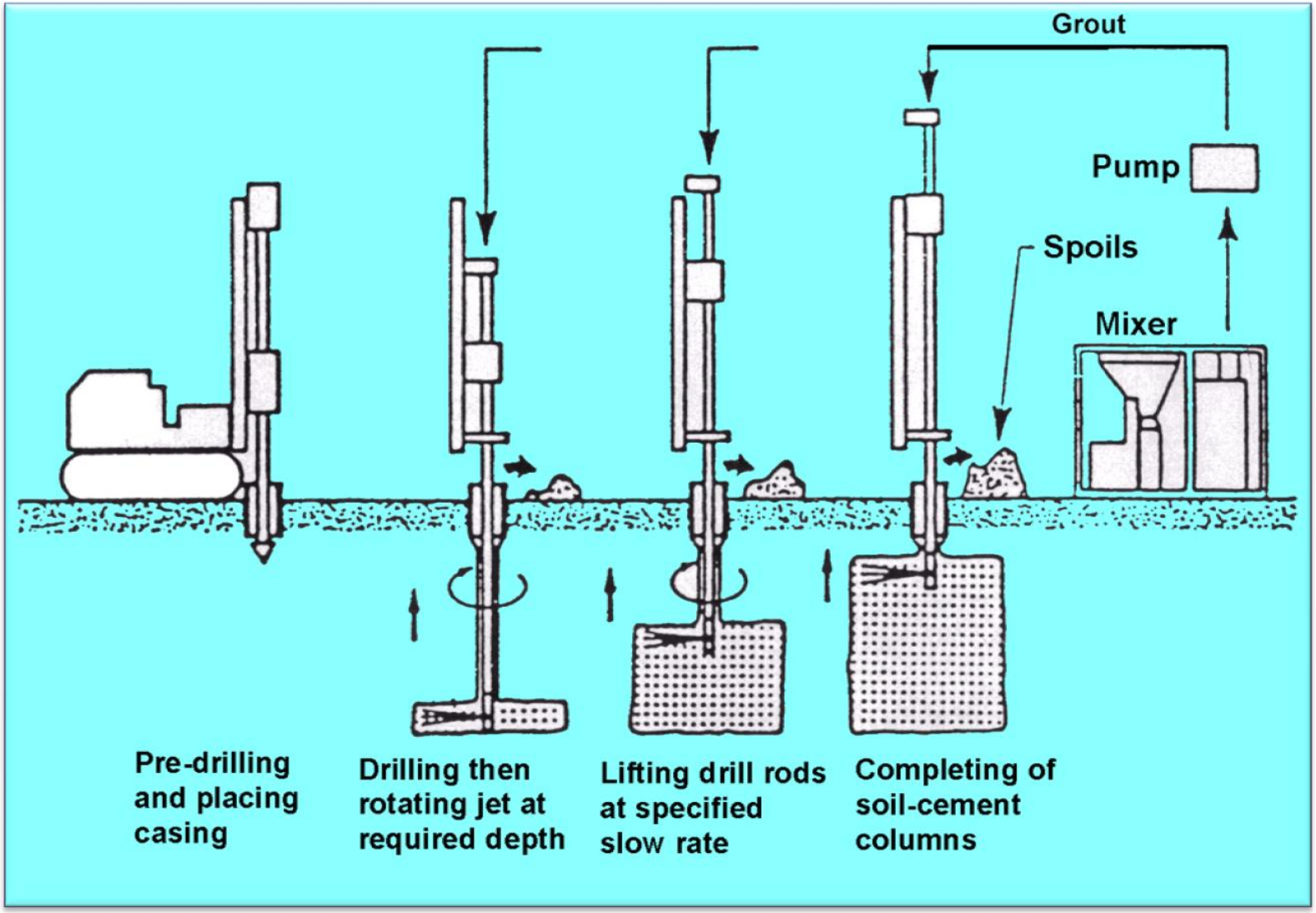
Disadvantages:

- ✓ Possible disturbances to existing facilities.
- ✓ Practical limitations of depth.
- ✓ Unsuitability under buildings or water.

engwagih

Soil Grouting Techniques

تقنية حشو التربه

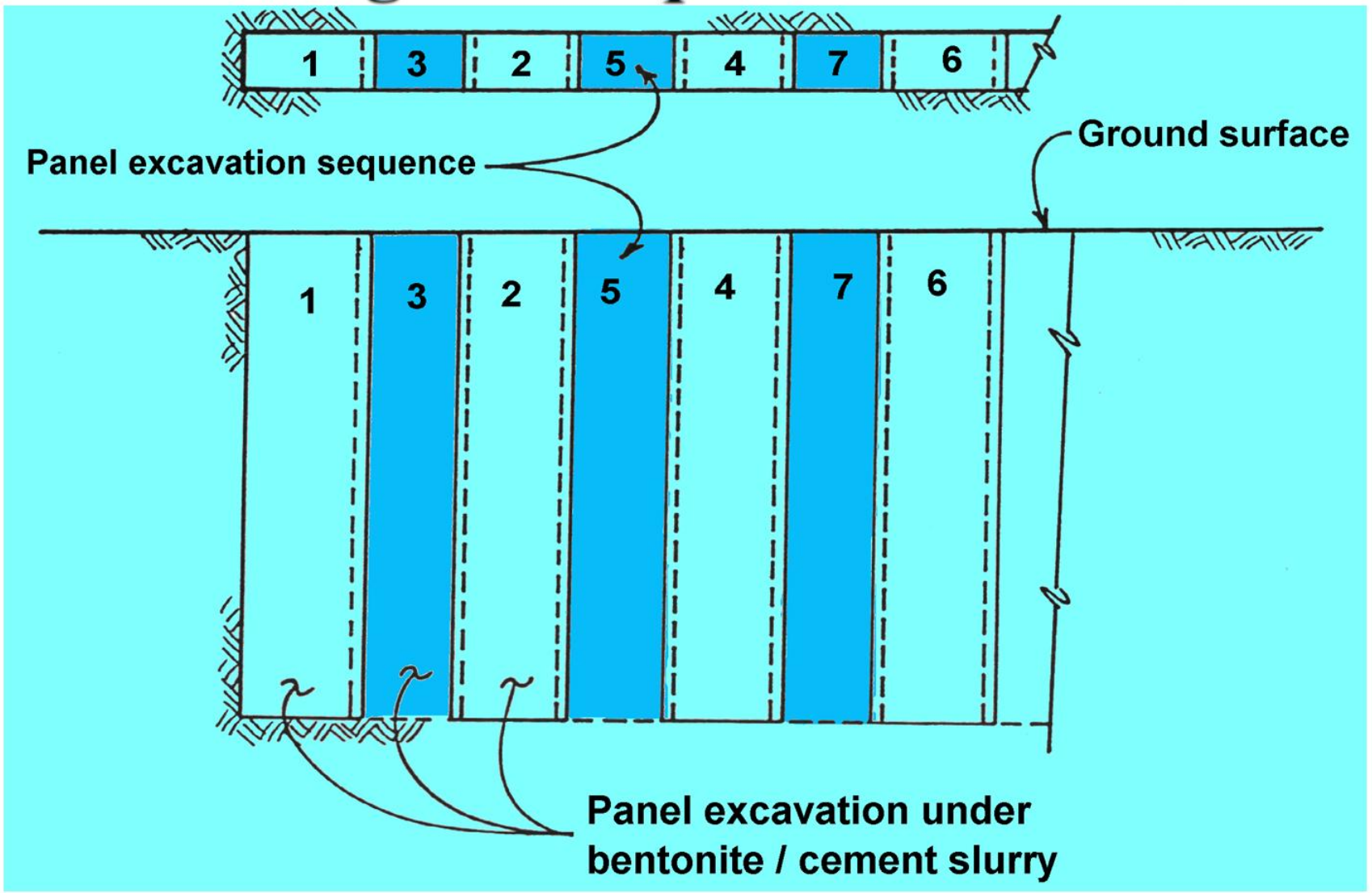


Jet Grouting: Soil Replacement Process

engwagih

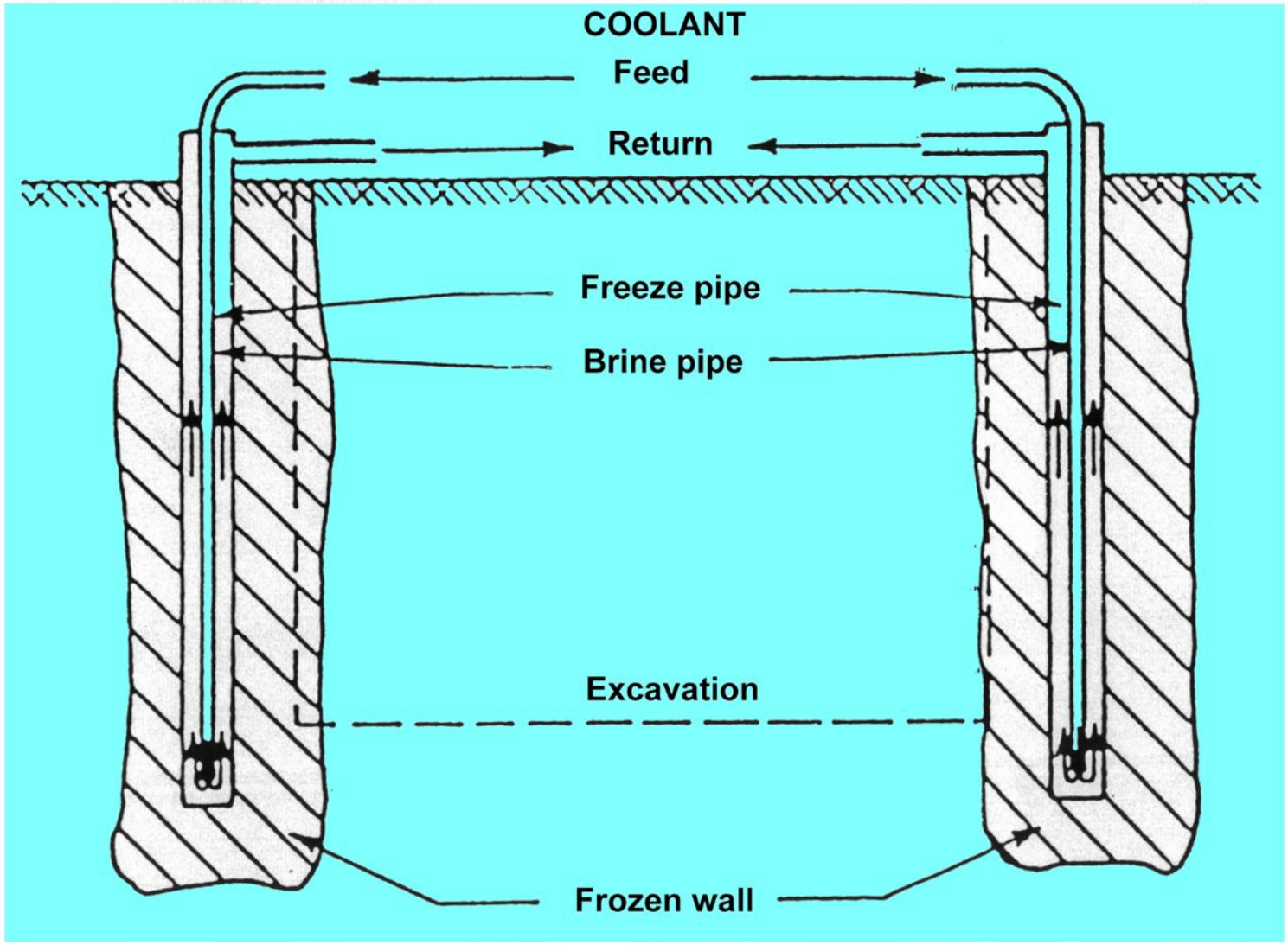
Soil Grouting Techniques حشو التربه

Slurry Wall Concept فكرة حائط الطين



engwagih

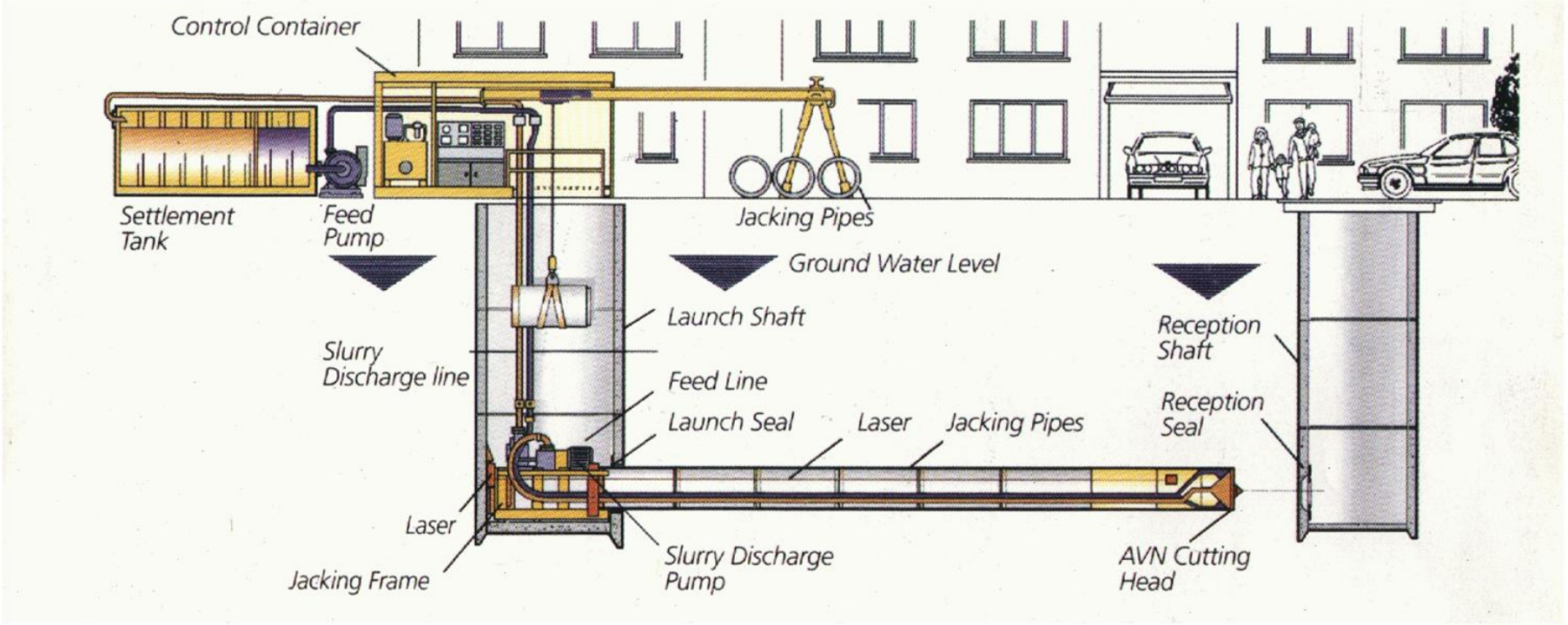
Soil Grouting Techniques



Ground Freezing Concept

engwagih

(b) Pipe Jacking System (Micro Tunneling)



Schematic Representation

engwagih

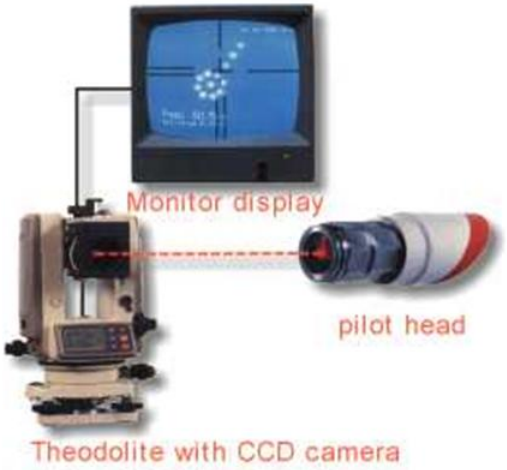
Preparation of Driving Shaft

video1

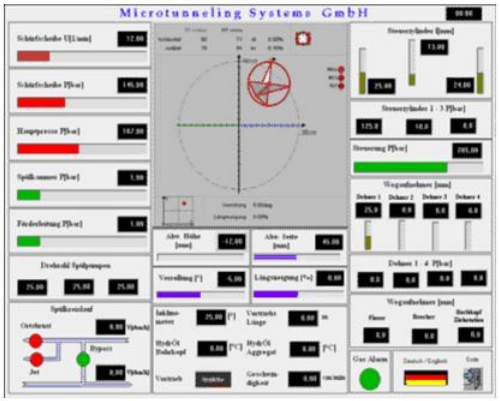
video2

Jacking Pipes Using Hydraulic Jacks

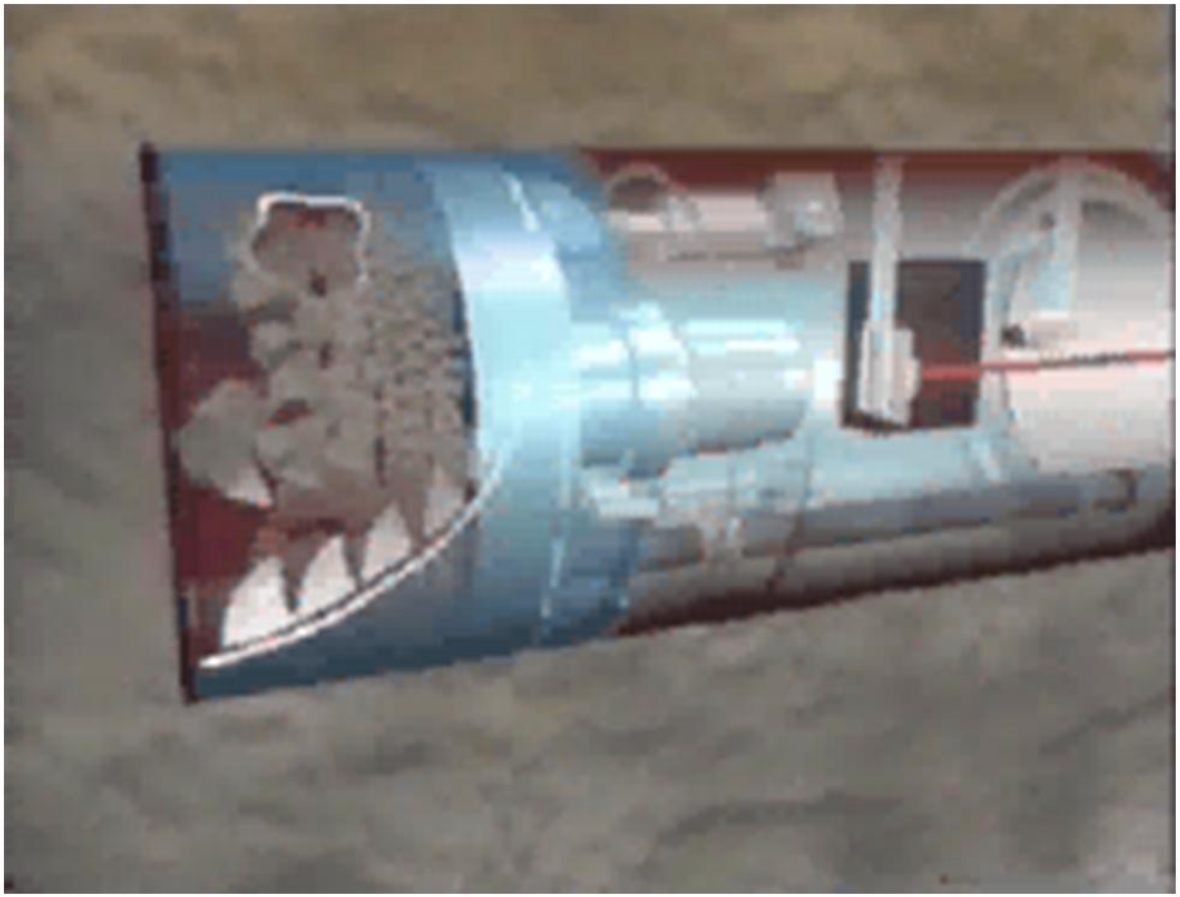
Guidance and Positioning Using Laser-Guided Steering System



Laser Guide & Control Monitor



Screen Capture



video3

MTBM Break Through

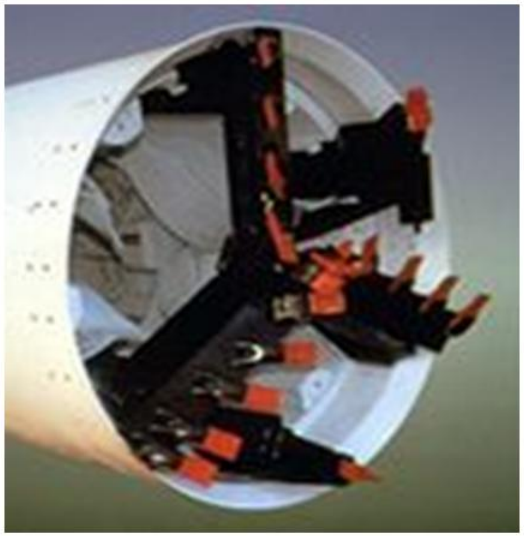
video4

video5

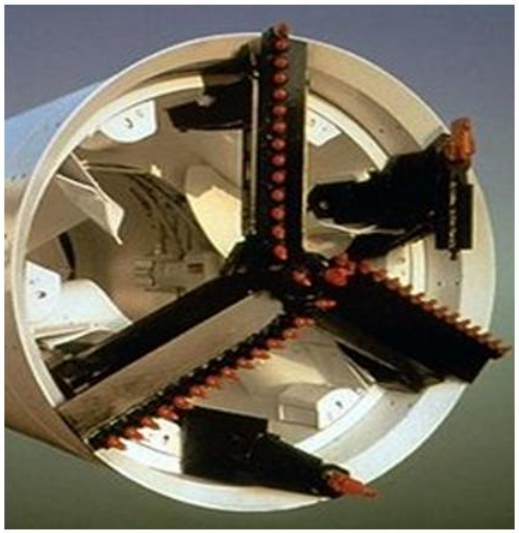
Extraction of MTBM

MTBM - Shields of Different Sizes

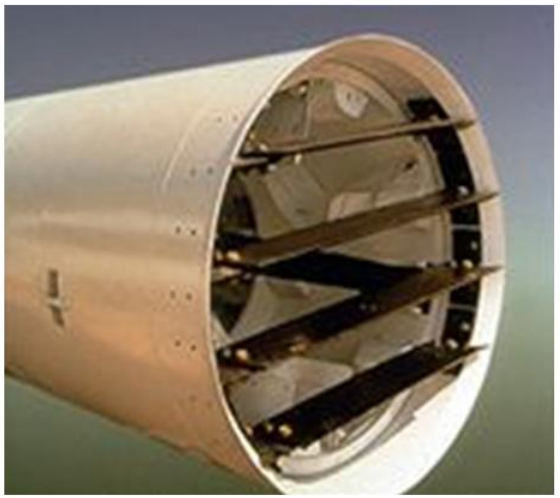
MTBM - Different Shapes of Cutting Heads



Dirt cutter head (clay and silty sand)



Carbide cutter head (soft to medium hard rock)



Sand shelves

engwagih

Pipe Jacking System (Micro Tunneling)

Advantages:

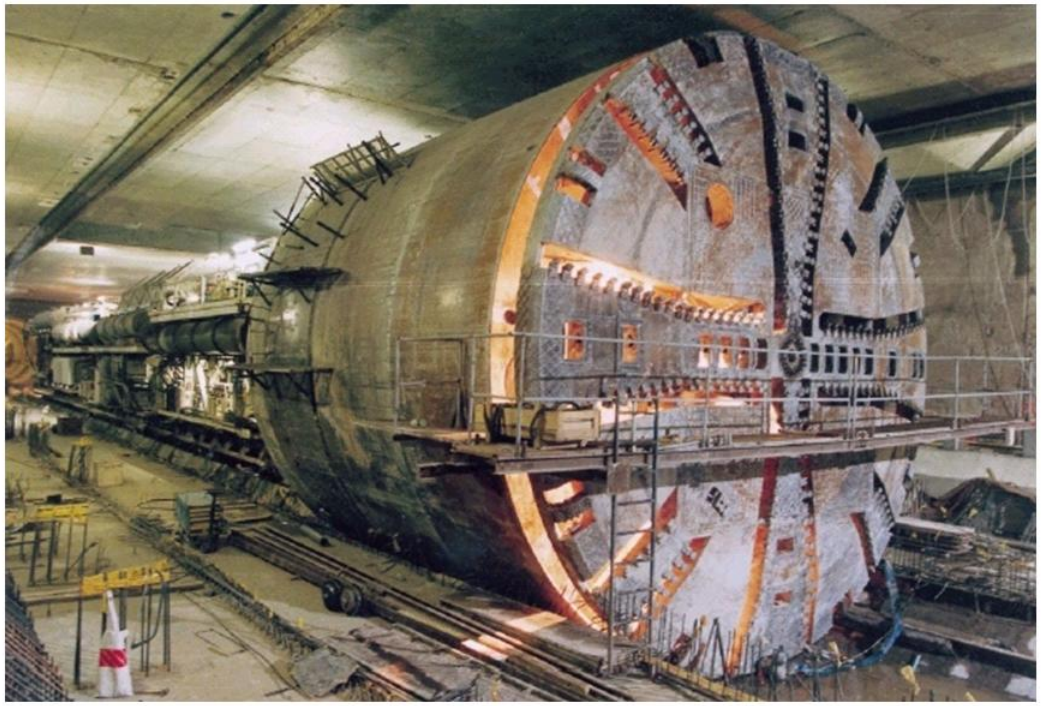
- Suitability for almost all types of soil.
- Large depths with unlimited lengths of drive.
- High levels of accuracy and safety.
- Wide choice of pipe and joint materials.
- High construction rates.
- Reduced manpower requirements.
- Reduced environmental disturbance.

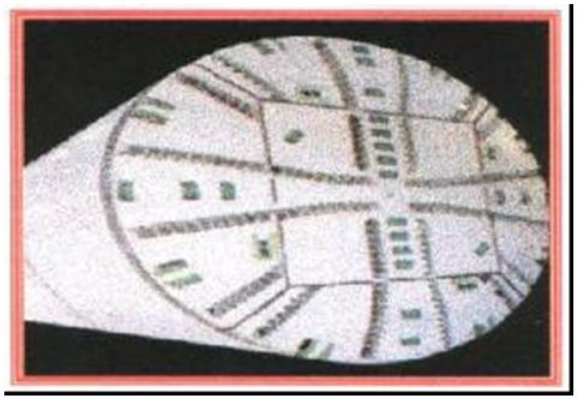
Disadvantages:

- Sophisticated equipment and highly skilled labor.
- Inability to make rapid changes in line or level.
- Very expensive corrective actions, if required.

engwagih

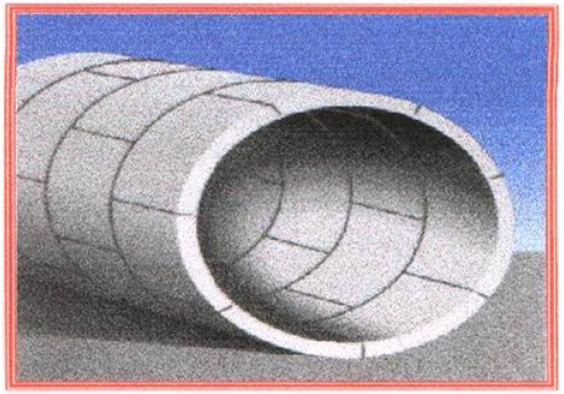
(c) Shield Tunneling (TBM)





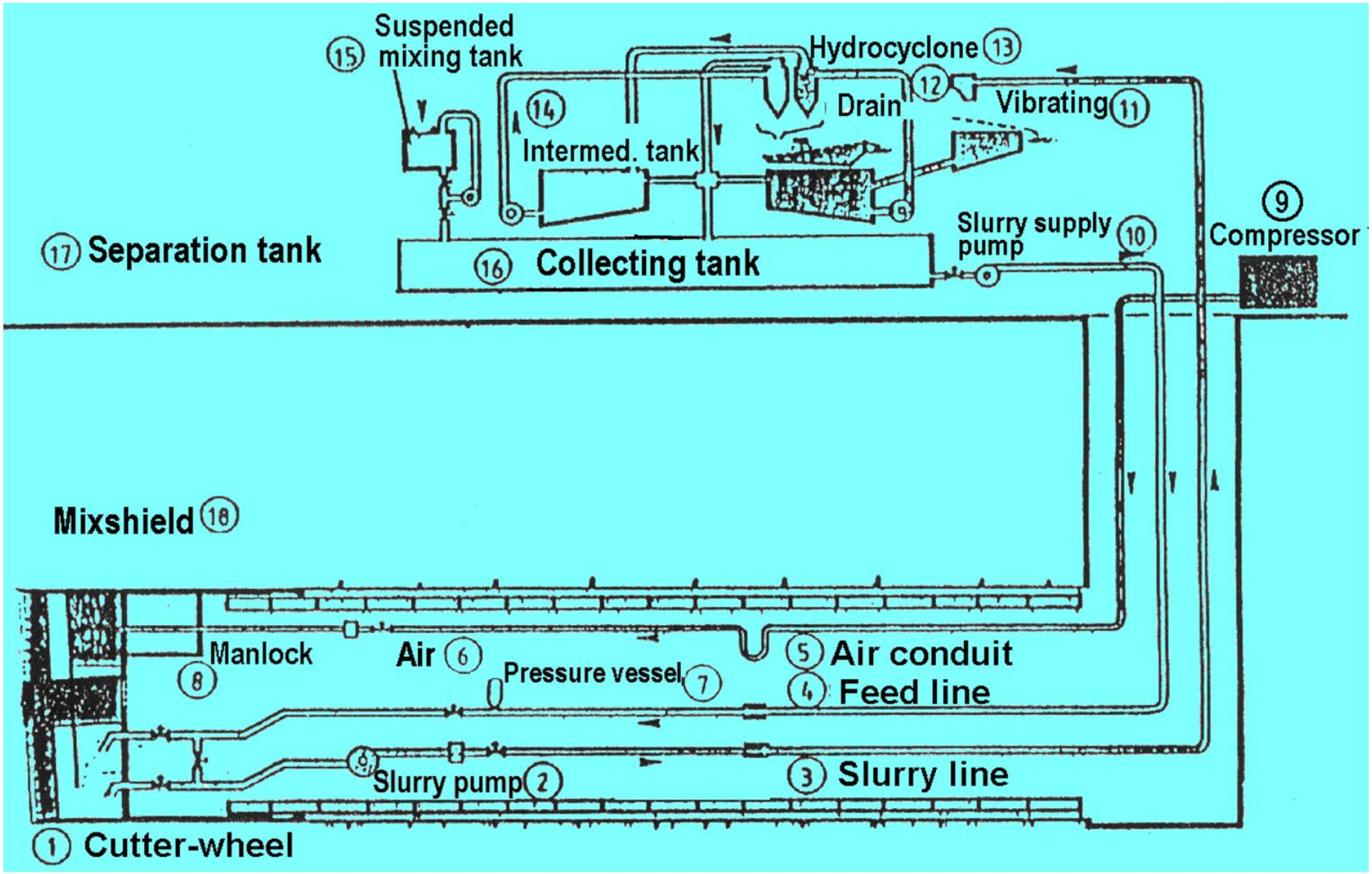
Cutter Head

Tunnel Tube



engwagih

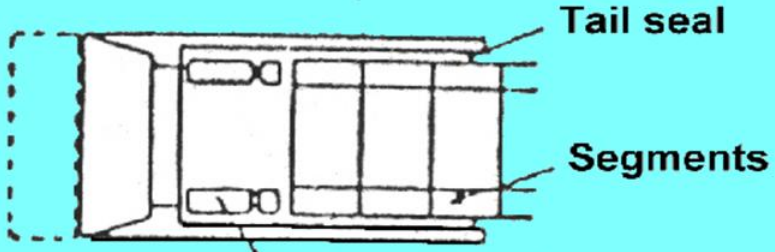
Support Fluid Circulation System



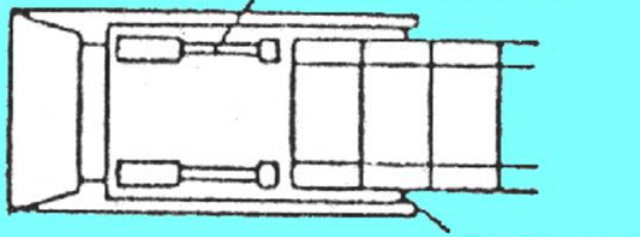
engwagih

*Construction Sequence

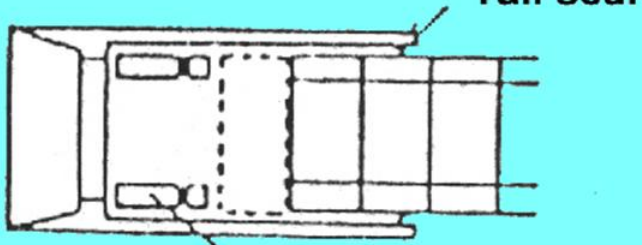
1. Excavation



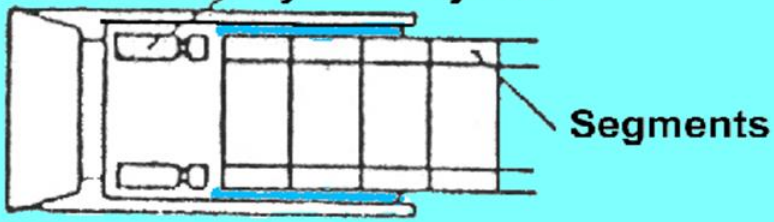
2. Advance of shield



3. Erection of segments



4. Grouting for tail void



engwagih

Shield Tunneling (TBM)

Advantages:

- Suitability for almost all types of soil.
- Suitability for wide tunnels (highway, railway, etc.).
- Large depths (> 10 m), with unlimited lengths of drive.
- Reducing environmental disturbance and utilities diversions.

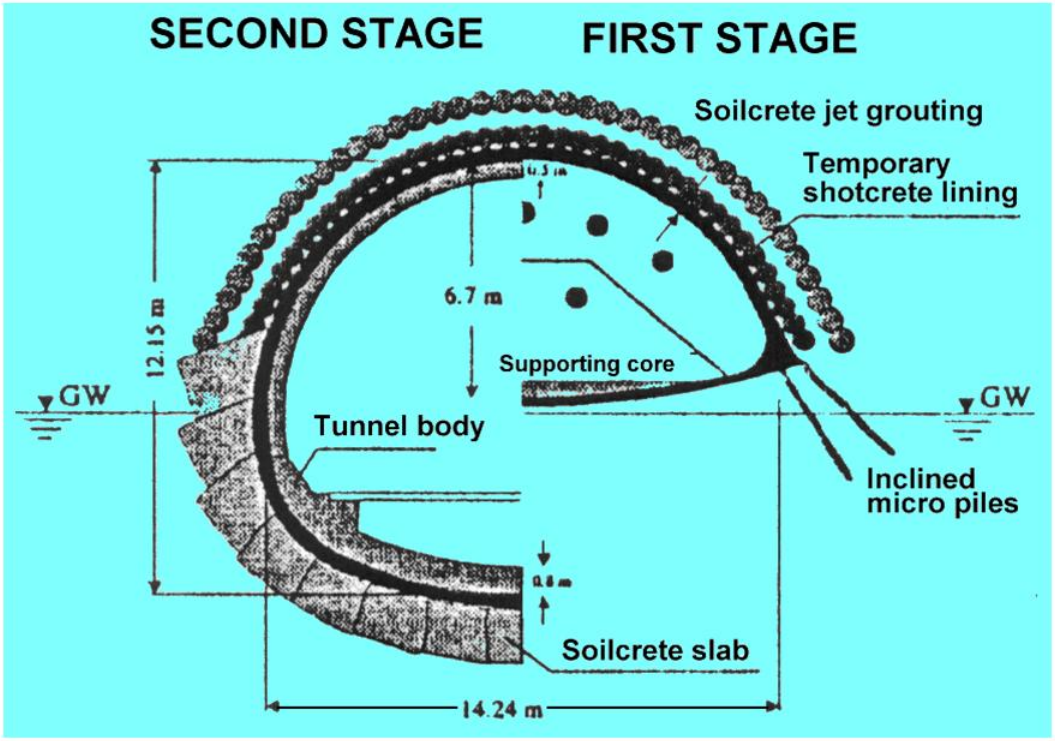
Disadvantages:

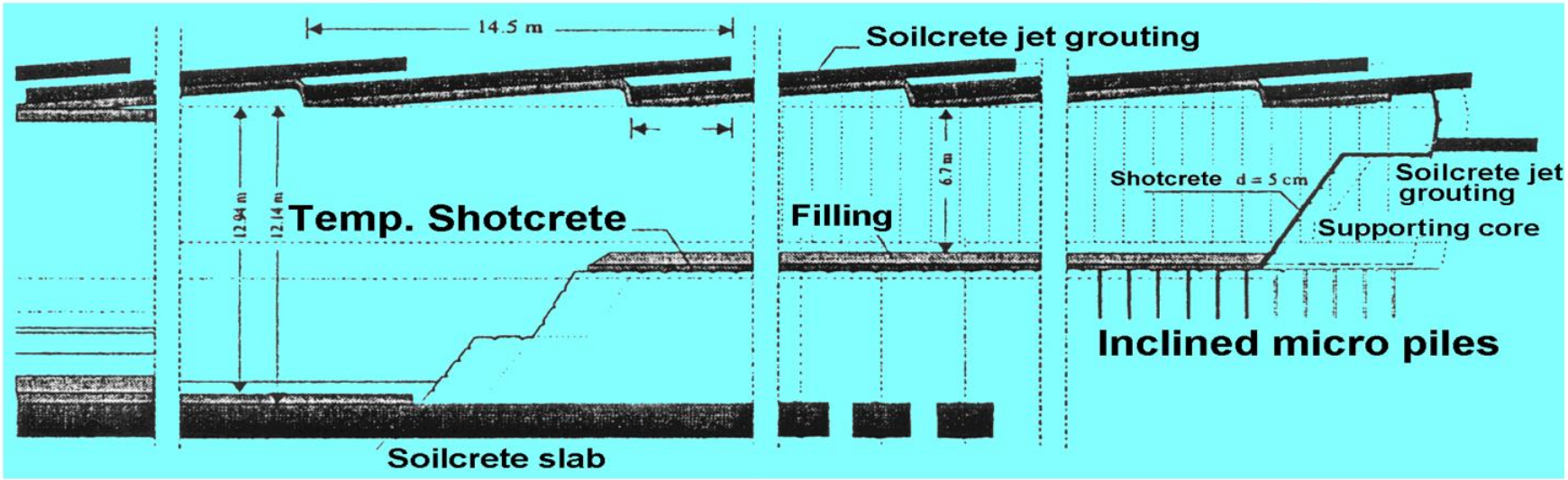
- Sophisticated equipment and highly skilled labor.
- Inability to make rapid changes in line or level.
- Very expensive corrective actions, if required.
- Difficult structural and geotechnical analyses reqd.

engwagih

(d) NATM

Construction Sequence





engwagih

NATM

Advantages:

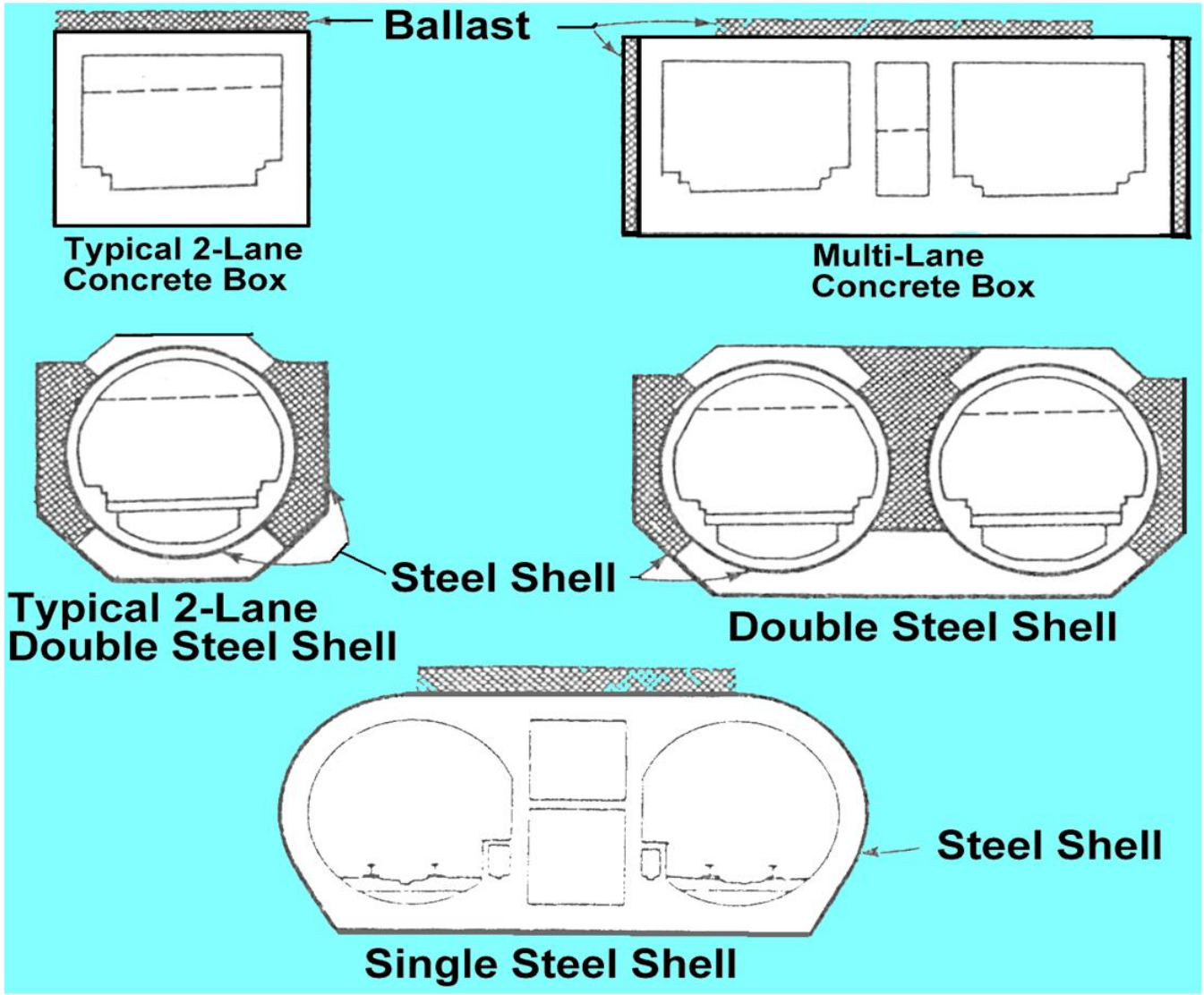
- Best alternative for non-circular roadway tunnels.
- Suitability for almost all stable to strong ground types, including rock.
- Suitability for a variety of soil conditions.
- Small thickness of tunnel lining, reducing the amount of excavation.
- Economy and speed of construction.

Disadvantages:

- Highly skilled workers and expert engineers.
- Safety measures for shotcrete application.
- Ground water freezing and/or soil strengthening (in case of water-bearing cohesionless soil).

engwagih

(e) Immersed-Tube Tunneling System



engwagih

(e) Immersed-Tube Tunneling System

Construction Sequence:

1. Dredging the trench in river or sea bottom.
2. Prefabrication of tunnel sections, and sealing ends with bulkheads.
3. Floating the sections to the tunnel trench.
4. Lowering the sections to seabed.
5. Joining the sections together underwater.
6. Removing the temporary bulkheads.
7. Backfilling the trench.

engwagih

Immersed-Tube Tunneling System

Advantages:

- Economy (most economical alternative for any type of underwater tunnel crossing).
- High construction rates (particularly for steel tube tunnels).
- Wide variety of different conditions.

Disadvantages:

- Casting basin (for concrete box tunnels).
- Highly skilled and experienced workers.
- Safety measures for underwater construction.

engwagih

DEVELOPMENTS & FUTURE TRENDS IN TUNNEL CONSTRUCTION

Conventional Tunneling:

Areas	Developments
Blast Tunneling	• Drilling techniques. • Blasting technology. • Re-use of excavated material.
Tunneling in Loose Sand	• Injection. • High-pressure injection. • Soil freezing.
Shotcrete Safety Measures	• Special shotcretes without accelerators that reduce concrete solidity.
General Equipment Developments	• Advances in diesel motor technology (less pollutants in exhausted gases).
Handling of Groundwater	• Two-layer plastic sealing tracks (double water-pressure resistance).
Final Lining in Concrete	• Measures for protecting inner concrete linings (to prevent tears).

engwagih

DEVELOPMENTS & FUTURE TRENDS IN TUNNEL CONSTRUCTION

Pipe Jacking (Micro Tunneling):

- Computerized laser guidance to reduce pipeline misalignment.
- Pipe jacking at great depths below the ground, and in unstable ground conditions.
- Pipe jacking over a very long distance.
- Lubrication to reduce jacking forces, enabling larger diameter pipes and longer tunneling lengths.
- Possibility of pushing pipes along a curved line.

engwagih

DEVELOPMENTS & FUTURE TRENDS IN TUNNEL CONSTRUCTION

Shield Tunneling (TBM):

- **Design changes for TBMs to reduce damages to lining segments (due to impact of rear shield jacks):**
  - Rollers attached to the segments that slide on rails attached to the sidewalls (enabling ideal load distribution, and reducing the wheel loads which impact on the newly placed ring).

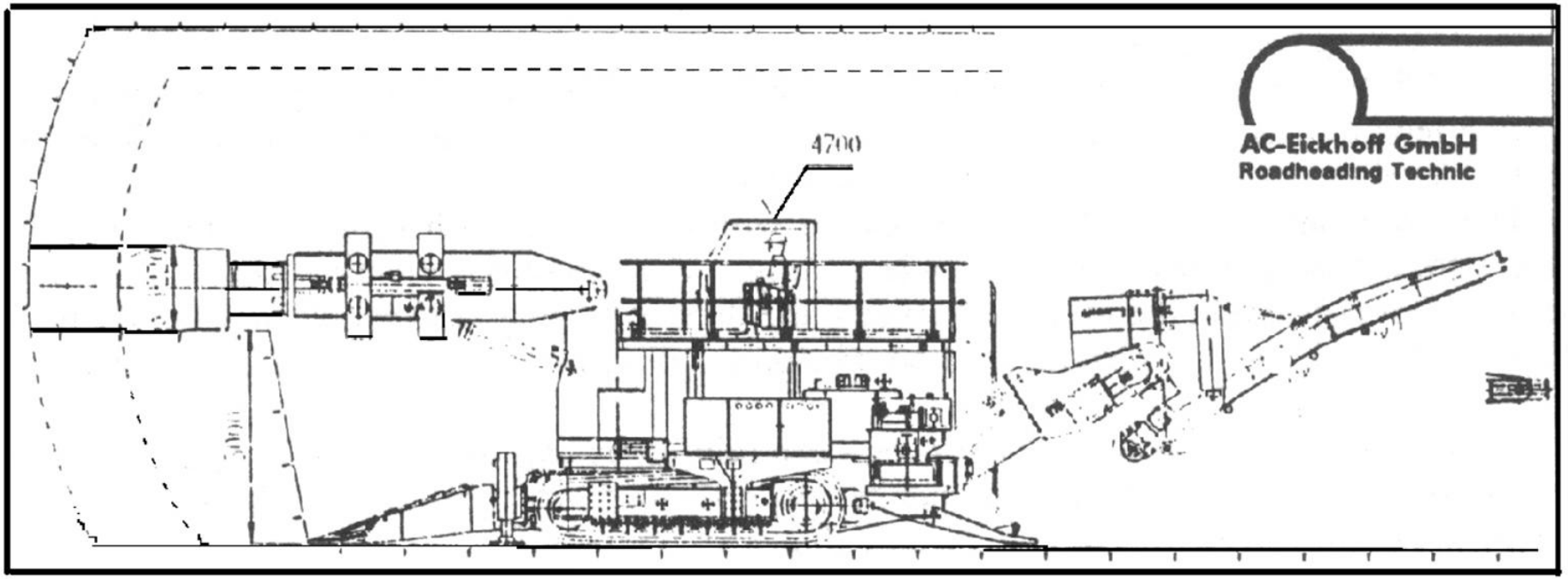
- **Convertible shield machine:**
  - Working in soft rock as a shielded TBM, and
  - Working in soft ground as a compressed air shield.

engwagih

DEVELOPMENTS & FUTURE TRENDS IN TUNNEL CONSTRUCTION

New Austrian Tunneling Method (NATM):

- **Heavy-duty Roadheader for constructing traffic tunnels through the rock.**



engwagih

3. TUNNEL CONSTRUCTION IN EGYPT

مشروعات الانفاق الرئيسيه فى مصر:-

System	Major Applications	Length (m)	Width (or diam.) (m)
Cut and Cover (Diaphragm Walls)	• Metro Line 1 (Running Tunnel). • Metro Line 1 (Stations). • Metro Line 2 (Stations). • Al-Galaa Tunnel. • Al-Thawra Tunnel. • Al-Oroba Tunnel.	4,700* 144** 1740* 600 385 760	9.00 27.00 Variable 15.80 15.50 11.00
Pipe Jacking (Micro Tunneling)	• Greater Cairo Wastewater Tunnels. • Pedestrian Tunnels.	Variable Variable	Variable Variable
Shield Tunneling (TBM)	• Metro Line 2 (Running Tunnel). • Ahmed Hamdi Tunnel.	9,390 1,640	9.50 11.80
NATM	Has Not Been Applied		
Immersed-Tube Tunneling	Has Not Been Applied		

engwagih