

# مترو الأنفاق

## الباب الخامس

### الانفاق والمنشآت تحت الأرض عن ما ظهر عنه حديثا وظلم للحضارة المصرية القديمة

سبب دراستي لهذا المشروع :

في أواخر سنة ١٩٨١ كنت مشرفا على الصرف المغطى لمساحة ٦٥٠٠٠ فدان بمحافظة سوهاج بالشراكة التي أعمل بها وفي يوم كنت بالقرب من قريتي أبار الملك وإبار الوقف بزمام اخميم والبدان يتبعان محافظة سوهاج وكان عمق مياه الرشح في هذه المنطقة ينقص عن مستوى الأرض يتراوح ما بين ٥٠ ، ١٠٠ سم على أكثر تقدير وفكرت حينما شرع في بناء السد العالي هل درس مع هذا المشروع الأضرار الناتجة عن ارتفاع مياه الرشح وعلاجها بالصرف المغطى علما بأنني كنت أعمل تقريبا في سنة ١٩٦٤ قريبا من هذه المنطقة وكان عمق مياه الرشح لا يقل عن ٤ : ٦ أمتار فهل ما أنجزه السد العالي من مزايا مساويا للأضرار سأترك الاجابة للمتخصصين بدراسة الجدوى .  
وفي هذا اليوم بالذات قرأت بالصحف عن عمل مترو الانفاق ليربط القاهرة الكبرى وينقسم الى ثلاثة أقسام :

## مترو الانفاق

## أولاً : الخط الإقليمي :

**المرحلة الثانية :** دراسة مفصلة عن نفق يصل مدينة بوتيل بمدينة يركيهيد بقطر ١٤ر٢٠ م وبطول ٤ر٥٤ كم

**المرحلة الثالثة :** دراسة عن متروا الانفاق بالقاهرة .

**المرحلة الرابعة :** نفق المرافق تحت قاع النيل بجوار كوبرى الجامعة بقطر ٢ر٢٠م وطوله ٤٧٠م .

وينفذ بكامله في المرحلة الاولى الجارى انشاؤها حالياً وهو الخط الذى ينتج عن ربط خطى سكة حديد حسلوان والمرج بنفق أرضى يسير بين محطة السيدة زينب وكوبرى الليمون ليصبح الخطان معا إقليميا واحد بطول ٤٢كم ويبلغ تكاليف هذا الخط ٧٥٠ مليون جنيهه وينتهى عام ١٩٨٤ .

### المرحلة الأولى دراسة عامة عن الانفاق وتاريخها ونشأتها

ان أول نفق انشأ فى التاريخ كان فى عصر الملك سميراميس سنة ٢١٦٠ قبل الميلاد وكان بطول كيلو متر واحد بأبعاد قدرها ٣٦٠ × ٤٥٠ م أى ان المصريين القدماء هم أول من اخترع بناء الانفاق ، حيث تم بناء النفق الثانى فى عصر رمسيس الثانى تحت معبد أبو سمبل وذلك سنة ١٢٥٠ قبل الميلاد ثم فى سنة ٧٠٠ قبل الميلاد تم انشاء أول مجرى مائى تحت الأرض فى القدس بطول ٢٠٠م بقطاع ٧٠ × ٧٠ سم ثم بعد تطور وسائل النقل فى العالم واكتشاف السكك الحديدية كوسيلة لنقل الأفراد تم بناء أول نفق لخط سكة حديد يصل بين ليفربول ومانشستر عام ١٨٢٩ ، وهكذا بدأ مترو الانفاق فى الانتشار داخل معظم مدن العالم الكبرى منذ سنة ١٨٩٠ وحتى يومنا هذا وقد لا تفتننا أهمية الانفاق واستخدامها من الناحيتين العسكرية والمدنية وأخذت الانفاق الأسماء الآتية :

فى انجلترا Uuder Ground  
فى أمريكا Sub Way وفى فرنسا Metro  
وتعرض فى هذه الدراسة الى الطرق المختلفة لاقامة المنشآت تحت الأرض والتي تتلخص فى البنود التالية :

( ١ ) : الدراسات الهندسية :

يجب قبل البدء فى تنفيذ المشروعات الانشائية تحت الأرض عمل التخطيط الهندسى اللازم لها وبحث المطالب التى يجب أن يحققها المنشأ وهذه تؤثر على شكل قطاع النفق ويتم بحث الظروف الجيولوجية للمنطقة وذلك لتحديد سمك طبقات الأرض المختلفة ويتم ذلك بعمل دراسة جيولوجية سطحية وتحت السطح كما تتم عمل دراسة هيدرولوجية لتحديد منسوب المياه السطحية ، سطح المياه الارتوازية ، مقاييس مناسيب المياه والطبقات الصامدة للمياه كما تتم دراسة لطبوغرافية المنطقة وكل هذه الدراسات توصلنا الى تحديد أنسب محور وكذا أنسب طبقة لانشاء النفق بها وفى بعض الأحيان تصل انفاق المواصلات تحت المدن الى أعماق كبيرة نسبياً وذلك للوصول الى طبقة سليمة واقتصادية للانشاء .

ففى موسكو مثلاً تصل فيها أعماق انفاق المواصلات الى حوالى ١٠٠م تحت سطح الأرض وعند الانتهاء من تحديد منسوب المنشأة يجب البدء فى دراسة طرق التنفيذ والتي تنقسم الى طريقتين : فى الانفاق القريبة من سطح الأرض والتي يصل عمقها الى حوالى ١٠م من السطح يمكن اتباع طريقة الحفر والتغطية Cut and cover

## ثانياً : الخط الحضرى الأول :

ويسير هذا الخط بنفق من منطقة شبرا الخيمة - شارع شبرا - ميدان رمسيس - شارع الجمهورية - شارع نجيب الريحاني - شارع التحرير - ميدان العتبة - شارع عبد العزيز - شارع البستان - ميدان التحرير - الدقى .  
ويبلغ طوله ١٤ر٥ كم وتقع عليه ١٦ محطة ويتكلف ٤٠٠ مليون جنيه ويستغرق تنفيذه ٤ سنوات .

## ثالثاً : الخط الحضرى الثانى :

وينفذ بعد انتهاء المرحلة الثانية ويحترق هذا الخط مدينة الأوقاف - شارع ٢٦ يوليو - ميدان العتبة - شارع الأزهر - الدراسة ويبلغ طوله ٨ر٥ كم ويقع عليه عشر محطات ويبلغ تكاليفه ٢٥٠ مليون جنيه وجميعه تحت الأرض ويستغرق تنفيذه أربع سنوات .

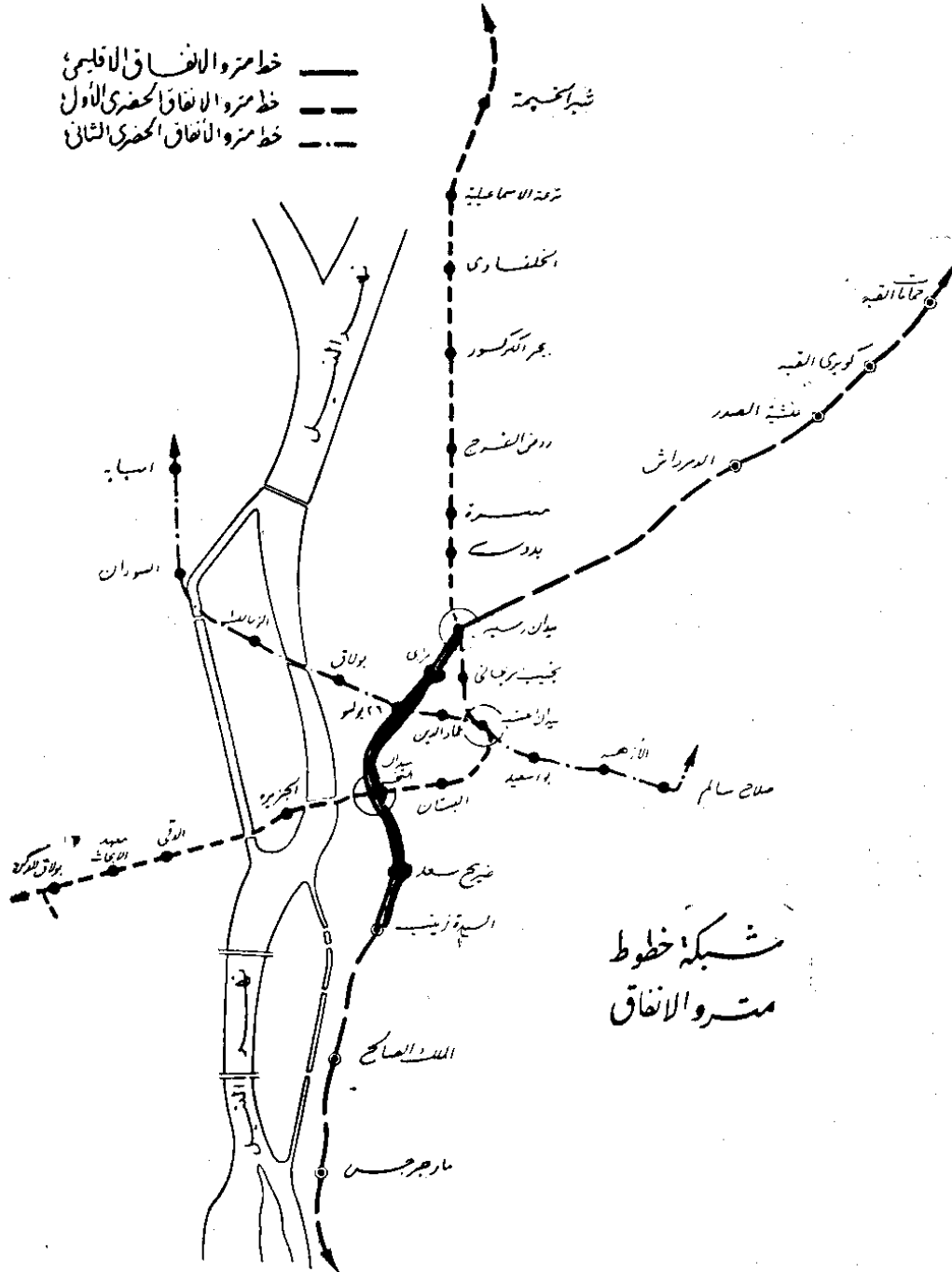
وهنا تبادر الى ذهنى ان أحداً لا ينكر الانفاق عمل عظيم مثل نفق الشهيد أحمد حمدي ونفق المجرى تحت قاع النيل والذى قطره الداخلى ٢ر٢٠م تحت النيل .  
كوبرى الجامعة وجميع الانفاق التى تم انشاؤها فى العالم بنجاح ولكننا فى القاهرة يختلف الوضع وذلك لاعتقادي بأنه لم يكن بالقاهرة خريطة واحدة تجمع جميع المرافق مثل شبكة التغذية وشبكة الصرف وشبكة الكهرباء وشبكة التليفونات والغاز .

هذا بخلاف ما يقابلنا من مشاكل الأرض الرخوة ونزح المياه الجوفية هل ستصعب فى مياه المجرى التى لا تفى بحاجة القاهرة أو ستنشأ ماسورة لضخ مياه الرشح فيها بالطلمبات الى النيل ، علماً بأنه سيتم عزل وحقق التربة بمادة البنتونيت أقل من عمق الحفر بمتريين ليكون كتلة عازلة يكون معها ومع حوائط النفق صندوق معزول يتم بعدها سحب المياه وعندئذٍ مثل هذا الكتاب للطبع قطع شوطاً حوالى الـ ١٠٪ من تنفيذ هذا العمل وبدأت تظهر المشاكل الكثيرة وبدأت الهيئة المنفذة تعمل على حل المشاكل من مرافق عامة وتحويلات للمرور وخلافه وندعوا لهم بالتوفيق بإذن الله ، وسأترك هذا لمن أقدر منى على دراسة الجدوى لمثل هذه المشاريع وتلافى الأضرار الجانبية كالأضرار الجانبية للسد العالى .

وهناك سبب آخر : وهو لماذا لم يكن هذا الباب ضمن المرافق العامة وكانت هذه ثغرة رأيت من واجبي أضافة هذه الدراسة وقسمتها الى أربعة مراحل :

**المرحلة الأولى :** دراسة عامة عن الانفاق وتاريخها ونشأتها تحت نهر الميريزى .

مترو الانفاق



## مترو الأنفاق

يمكن اختياره على هيئة مربع دائري منحني قطع ناقص ، متعدد الاضلاع ، شبه منحرف ، مربع ومستطيل ومن المعروف ان شكل المر يلعب دورا كبيرا في تحديد قيمة الضغوط الواقعة عليه والمعروف باسم Rock Pressure ولذلك يجب اختيار الشكل الذي يعطى اقل قيمة للضغوط وبالتالي يمكن الحصول على دعائم اقتصادية وعادة في الأنفاق الكبيرة يلجأ الى القطاعات الدائرية .

## (ب) طرق تنفيذ الأنفاق :

تعتمد طريقة التنفيذ على مساحة مقطع النفق ذاته ويمكن تقسيمها الى ما يلي :

الأنفاق التي مسطح مواجهتها حوالي ١٥ - ٢٠ م يتم التنفيذ في المسطح كله علما بأن العمل ينقسم الى عدة مراحل كما يلي :

## (أ) الحفر :

ويتم حفر التربة حسب صلابة وذواص التربة بأحدى الوسائل الآتية :

١ - يدويا بالازم والكوارك وتستعمل في حالة عدم وجود اي وسائل ميكانيكية أو في حالة ما تكون الاراضى في ظروف هيدروجيولوجية صعبة .

٢ - بواسطة الأدوات والآلات الميكانيكية وذلك بواسطة الشواكيش الكهربائية والتي تعمل بالهواء المضغوط .

٣ - بواسطة معدات الحفر HEADING MACHINE وهي عبارة عن ماكينات تقوم بحفر التربة وتحميلها على وسائل النقل .

٤ - بواسطة وسائل التخريم والنسف وتنفذ في حالة الصخور الشديدة الصلابة والمتوسطة وتتوقف تحديد كمية المفرقات اللازمة للمقر المكعب من الصخور في النفق على نوع المفرقات وصلابة الصخور وسطح القطاع ونسبة التشققات الطبيعية الموجودة بها وتنفذ أعمال التخريم في توال محدد على هيئة دورة CYCLE وعناصر هذه الدورة هي وضع معدات التخريم ، تخريم الاخرام ، سحب المعدات من المواجهة ، وضع العبوات وتفجير الاخرام ، تهوية الحفر ( بهواء نظيف ) ، معاينة المواجهة وأزالة الأجزاء العالقة من التربة وفي النهاية تحميل التربة المنسوفة ونقلها من المواجهة .

٥ - بواسطة الوسائل الهيدروميكانيكية .

٦ - بواسطة طرق خاصة تلجأ اليها في بعض الطبقات مثل الاراضى الرملية أو الطبقات الطينية أو الاراضى الصخرية الموجودة بها نسبة كبير ةمن التشققات والمياه الجوفية التي تتدفق مع استمرار العمل بحيث توقفه وتصبح معطلة له وكذلك الطينية والرملية الموجودة تحت منسوب المياه الجوفية وفي هذه الحالة تلجأ الى استعمال احدى الطرق الخاصة الآتية :

## (ب) الحقن :

وهو عبارة عن خرطوم طولها من ١٠ - ٢٥ م في وجه المر وامامه ثم تحقق هذه الخرطوم بمادة الاسمنت والمياه

وعند استخدام هذه الطريقة فانه يتم الحفر بالطرق العادية حتى تصل للمنسوب المطلوب ثم يبدأ في انشاء النفق ثم يتم الردم عليه وهذه الطريقة اقتصادية وسريعة بالنسبة للمقارنة بالطرق الأخرى كما انه بواسطتها يمكن العمل في طول المنشأ ككل وفي آن واحد الا انه يعيبها انها تعطل حركة المرور على السطح اثناء الانشاء وترتبط بالتخطيط الموجود للشوارع ومكلفة في تحويل الخدمات مثل خطوط التليفون ، وخطوط القوي والمجارى والمياه والغاز الخ .

**والطريقة الثانية :** هي استخدام طرق المناجم في الانشاء أي الحفر في باطن الأرض دون اخلال لسلك التربة الموجودة فوق النفق ودون المساس بالسطح وهذه الطريقة يمكن استعمالها بالنسبة للاعماق الكبيرة أكثر من ١٠ م ويجب ملاحظة ان سرعة تقدم العمل في انشاء الممرات تحت الأرض بطيء بهذه الطريقة فلا تتعدى سرعة الانشاء عن ١٠ - ٢٠ م طولى في الشهر الواحد وذلك بالنسبة لأنفاق المواصلات تحت المدن وفي هذه الطريقة يقسم النفق الى أجزاء يبلغ طول كل منها حوالي كيلو متر أو أكثر ثم تنشأ آبار رأسية في كل جزء على حدة حتى تصل الى المنسوب المطلوب ثم بعد ذلك يبدأ العمل في حفر النفق افقيا من كل بئر وفي اتجاهين متضادين أي في اتجاه البئرين القريبين وهكذا يستمر العمل في جميع الآبار حتى يتم توصيل الأنفاق ببعضها البعض فنحصل في النهاية على الشكل النهائي للنفق المطلوب والغرض من الآبار Shafts في انها تحقق زيادة مواجهة العمل كما انها تستخدم كوسيلة لانتزاع العمال والماكينات والمواد اللازمة للعمل وكذا استخراج ناتج الحفر كما تستخدم بعد انتهاء العمل لأغراض التهوية وذلك في حالة وجود النفق في أرض جافة أما اذا كان هذا النفق تحت مجرى مائي مثل نفق الشهيد أحمد حمدي أو النفق الذي يصل بين مدينة ليفربول ولاسي والنفق الذي يصل بين بوتيل وبيركهند فله طريقة أخرى سنشرحها فيما بعد .

أما بالنسبة اذا كان طول النفق صغيرا أو على عمق كبير من السطح بحيث أن تكاليف الآبار ستكون مرتفعة بالنسبة لتكاليف الانشاء كما هو الحال بالنسبة للأنفاق التي تخترق الجبال لتصل بين مدينتين فيبدأ العمل من الطرفين دون الحاجة الى انشاء الآبار .

وبالنسبة للمنشآت تحت الأرض المستعملة كمصانع أو كمخازن للاغراض العسكرية وكذا ملاجئ الطائرات فيمكن الوصول اليها عن طريق مداخل رأسية Shafts أو مداخل مائلة أو مداخل افقية على الا يقل عددها عن اثنتين بأي حال من الأحوال .

## اختيار حجم وشكل الممر :

حجم الممر وسطح القطاع يتوقف تحديده على الغرض المستعمل من أجله ففي أنفاق المواصلات على سبيل المثال يكون حجم الممر بحيث يسمح بمرور القطارات والعربات المصم من أجلها .

وفي حالة استعمال الأنفاق لأي غرض آخر فيجب أن يناسب المقطع العرضي لوظيفة المنشأ ومقاسات التجهيزات الداخلية وذواص التربة والمعدات المستخدمة وشكل الممر

وباستعمال هذه الطريقة المزدوجة انخفض الماء الى مقدار العشر مما كان عليه أولا .

على ان هذه العملية أوقفت حينما ظهر عدم ضرورتها . . ويجب أن يلاحظ أن الضغط المستعمل في الأجزاء العليا من بئر التشغيل كان محدودا بحيث لا يحدث اضطرابا في الصخر والبياني التي تعلوها .

#### الإنفاق الاستكشافية :

وبعد حفر بئر التشغيل جنوبى محور النفق الاساسى بقليل، تم حفر نفق قصير يوصله بالمحور الاساسى ومن هناك بديء في عمل نفقين استكشافيين ، أحدهما علوى والآخر سفلى . وكان الأخير يسبق زميله دائما بمقدار ٤٥ م . وكانت طبيعة الصخر تستكشف بحفر ثقوب صغيرة سابقة النفق الاستكشافي بحوالى ٣٠ م . وكان المهندسون يتوقعون ان النفق الاساسى سيتم دون الخروج عن الحجر الصلب ، فحفرو ثقبيا أعلا من النفق الاستكشافي السفلى .

وبذلك تمكنوا من معرفة مقدار ارتفاع الصخر فوق هذا النفق . فلو وجدوا غطاء صخريا كافيا تقدم النفق الاستكشافي العلوى ، أما اذا لم يجدوا صخرا كما يتوقعون غيروا المناسيب وتقدموا بالنفق تبع المناسيب الجديدة . وكانوا يتوقعون في بعض الأجزاء غطاء دقيقا بين النفق والنهر فكان لابد من أخذ الحيطة للتأكد من هذا الغطاء .

ولقد وجد ان بين القاع الطامى للنهر وبين الصخر طبقة من الرمل والزلط التي ترسبت ، وكان من الممكن تصليد هذه الطبقة بالأسمنت ، الا انه رؤى عدم المخاطرة ولذا خفضت مناسيب النفق في تلك الأجزاء مع ضبط الليول لكي تكون مناسبة .

وتم عمل خط حديدي في النفق الاستكشافي السفلى ، وعلى أبعاد مناسبة ثم قطع فتحات تصل بين النفقين الاستكشافيين حتى أن الصخر المقطوع من النفق العلوى يمكن ارساله الى عربات على ذلك الخط السفلى . وفي نفس الوقت حفر نفق مبدئيا من أسفل بئر التشغيل ومائلا الى أعلا بقطر ٢٠ ر ٢٠ م ثم حفرت ثقوب صغيرة بين النفقين الاستكشافي السفلى وهذا الأخير حتى يمكن صرف الماء الى قاع البئر لسحبه للخارج بالمطلمبات ، وسمى بِنْفَقِ الصْرَفِ .

وفي الناحية الأخرى ببيركنهد كان العمل يجرى بنفس الطريقة ، الا أن الماء كان قليلا فلم يحتاج الأمر الى نفق صرف .

#### النفق الاساسى :

ثم كانت المرحلة التالية وهى فتح النفق الاساسى بقطره الكامل ١٤ر٨٧م الذى تم على خطوتين :

أولا : فتح الجزء العلوى للنفق بالحجم الكامل للنصف العلوى المطلوب وتبطينه بقطاعات حديد زهر سمكها ٢٢ر٥ سم ، وبذلك تصبح هناك نصف حلقة مرتكزة على الصخر .

### المرحلة الثانية

#### دراسة مفصلة عن نفق يصل مدينة بوتيل

بمدينة بيركنهد بقطر ١٤ر٢٠ م وبطول

١٤ر٥٤ كجم

هذا النفق . به حارتى مرور للحركة البيئية والحركة السريعة في كلا الاتجاهين ، أى أربع حارات مرور وله مداخلان على كل من جانبي النهر وكذا آبار التشغيل وأبراج التهوية وسنشرح كل خطوة على حدة :

لم يستطع المهندس ان يحصل على بيانات صحيحة عن طبيعة الأرض التي سيخترقها النفق بواسطة التثقيب تحت الماء BORING UNDER WATER أما الجزء تحت الأرض فكان من السهل عمله بالتثقيب وأخذ عينات لاختبارها .

ولكنه استعان بالبيانات التي حصل عليها من سجلات نفق السلك الحديد القديم وشارت هذه السجلات ان النفق المقترح سيمر في حجر رملى وفي مكان ما سيمر في منطقة كسرحجر او منطقة طينية . وعلى بعد مناسب من الشاطئ اتجاه ليفربول تم حفر بئر التشغيل قطر ٢١ قدم - ٦ر٣٠ م وعمق ٢٠٠ قدم - ٦ر٠٠٠ م مارا بالحجر الرملى ضعيف يسمح برشح الماء من خلاله ، كما يكون مشبعاً بالماء في المناسيب العميقة ، ويكون به فلولق وشروخ يستطيع الماء أن يتفجر من خلالها .

وحيثما يحفر من خلالها بئر تحت منسوب الماء الجوفى فان جوانبه تكون رطبة وتتدفق من الشقوق ينابيع صغيرة من الماء ، وأحيانا يتفجر الماء تفجيرا من خلالها .

هذا الماء يجب أن يسحب خارج البئر بنفس السرعة التي يدخل بها مما يكون سبب في زيادة التكاليف في الانتشاء والتشغيل . وقد أتبعنا طريقتان للتخلص من هذه المياه .

الطريقة الأولى المعروفة باسم CEMENTATION وهى حفر ثقوب قطر ٢ بوصة وادخال مونة الأسمنت اللباني فيها تحت ضغط ليتخلل الفلولق والشروخ أو الشقوق ثم يتصلد مائلا لهذه الفجوات ومعترضا طريق الماء .

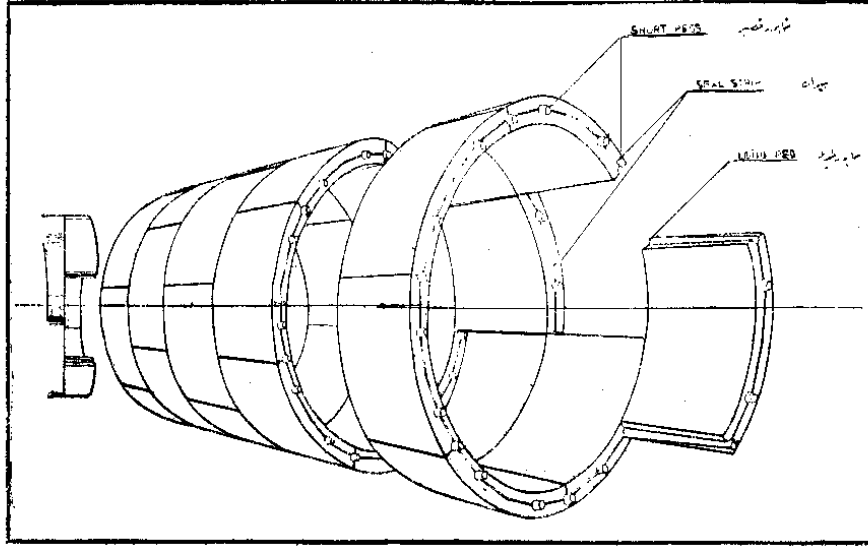
ولو أن هذه الطريقة قد نجحت في سد الفتحات ولكنها لم تستطع منع رشح الماء خلال الصخر المسامى نفسه . لذا استعملت أيضا :

الطريقة الثانية المعروفة باسم SILLEATIZATION وهى عبارة عن ضغط سليكات الصوديوم وكبريتات الألومنيوم في الصخر والتي كانت تتحد لتكون مادة جيلاتينية في مسام الحجر الرملى التي كانت تساعد المونة الأسمنتية بالسريان تحت ضغط أخف ، حيث كانت عملية CEMENTATION تعمل قبل عملية SILLEATIZATION

## مترو الإنفاق

وقد يبدو غريباً أن يبدأ العمل بالنصف العلوي للنفق مثل ذلك كمن يبني المبنى العلوي أولاً وبدون أساس ، أى  
أى هناك درعا واقياً للعاملين وهي بطانة من الحديد الزهر التي تفصلهم عن النهر ، وأن الصخر الناتج من الحفر  
والقطع كان يزال إلى النفق سفلى ومن هناك ينقل على الخط الحديدي إلى الآبار .

وأثناء عملية توسيع الجزء العلوي للنفق كانت عملية التثبيت تسير على قدم وساق خلف عملية الحفر للحماية  
المطلوبة . ولما كانت قطاعات الحديد الزهر كبيرة وثقيلة كان من الضروري استخدام ماكينة خاصة لتثبيت تلك  
الدروع حيث تتكون من هيكل يتحرك على عجل يحمل ذراعاً قابلاً للامتداد والدوران . وبعد أتمام النصف العلوي للنفق  
ابتدأ العمل في النصف السفلي . وأصبح الخط الحديدي في نفق السفلى عديم الفائدة لنقل كتل الحجر والأتربة ولذلك  
أنشئ خط حديدي معلق من العقد الدائري للنصف العلوي . وفور إزالة الصخر من جزء من النصف السفلي تبد  
عملية التثبيت بحديد الزهر .



ولقد استخدمت عملية تثبيت الأفرع الأرضية للنفق بالحديد الزهر في الأماكن التي كان يخشى عليها من خطر  
تسرب الماء إلى النفق ، ولكن في المناسيب العليا من النهر كانت تستعمل طريقة أقل تكلفة وهي التثبيت بالخرسانة  
المسلحة بعقد من الصلب .

وحيثما خرج النفق من الصخر مقرباً من السطح ، بدأ التثبيت بالزهر مرة أخرى لكي يتمكن من حمل الأرض  
والمباني أعلاه . ولما شارف النفق سطح الأرض استعملت طريقة الدروع .

حيث يتكون الدروع من منشأ من الصلب يشبه تقريباً قطعة منفصلة من تثبيت النفق غير أنها لها حافة أمامية  
قاطعة . ويدفع الدرع إلى الأمام بواسطة مطارق هيدروليكية موضوعة بينه وبين التثبيت الأمامي النهائي ، حيث تحتاج  
هذه العملية إلى ضغط كلى كبير خلف الدرع ليحركه قد يصل إلى ٢٠٠٠ طن .

وإذا ما دفع الدرع إلى الأمام بحفر التربة التي دخلت فيه أدوات الحفر ثم التثبيت بحديد الزهر في الجزء  
الذي خلا بين الدرع والتثبيت السابق حتى لا يسقط السقف على العمال . وإذا ما استعمل الدرع في أرض صخرية  
فتكون الحافة القاطعة ليست بالقدر التي تمكنها من المرور خلالها ، لذا كان لابد من إجراء عملية القطع أمامها ،  
وتكون فائدة الدرع في هذه الحالة لحماية العمال ضد خطر سقوط الصخر في أماكن غير متماسكة .

ومما يذكر أنه بينما كان الدرع على بعد ٢٠٠٠ من الصخر وبالقرب من شارع رئيسي ( ديل ) DALE  
STREET قطع خلال الردم خندقاً به مواسير المياه ، فكسرت المواسير وتفجرت المياه وحدث اضطراب  
خطير ولكن من حسن الحظ كانت المحابس جاهزة بالقرب من مكان الكسر كاحتياط لقطع الماء في حالة حدوث أى  
طارىء .

## مترو الإنفاق

## أبراج التهوية :

أنفاق وممرات التهوية ، ثم يسمح له بالخروج من فتحات في مستوى الطريق ، وأخيرا ليخرج خلال فتحات ثم الى الجو مرة أخرى .

وحيثما تتم هذه العملية نجد ان الهواء قد مر على عدد ليس بالقليل من الاركان الحادة وبذا يفقد كمية كبيرة من الطاقة .

لذلك يجب أن يجبر الهواء على دخول النفق والخروج منه بواسطة المراوح فالحواء حر طالما أنه في جو حر ، ولكنه حينما يدفع الى حيث لا يريد ، ولكن العملية كانت مدروسة وكاملة وأثبتت كفاءة . وتم قطع ممرات التهوية من خلال الصخر لتقابل النفق وطبقا للدراسة تطلب الأمر انشاء ٦ مباني كبيرة للمراوح كل منها يحتوى على ٤ أو ٦ مراوح مختلفة الأحجام والأنواع بعضها لدخول الهواء في النفق والبعض الآخر لسحبه ولقد صممت أبراج التهوية هذه بطريقة معمارية بارعة فارتفعت هذه الأبراج الى السماء بنسب جميلة فوق النفق .

## رفع الكفاءة ومستوى الأداء :

بذلت عناية خاصة لجميع التفاصيل الدقيقة الضرورية وبارتفاع ٨٠م بوحدة مسطحة PANELS للنفق لرفع كفاءة عمله . غطيت الحوائط الداخلية للنفق من الزجاج الاسود يسهل تنظيفه وغسله وصممت الدخال لتبدو جذابة جميلة وبطريقة وأسلوب سهل يسمح للسيارات للوقوف لدفع رسوم المرور دون ابطاء ووضع بداخل النفق أجهزة استكشاف الدخان بها شعاع ضوئى ساطع على عامود فوتو PHOTO CELL موضوع على مسافة بين مصدر الضوء ، وحيث ان الدخان يقلل مرور الضوء ولذا يتغير التيار في العامود الذى يظهر أثره في غرفة التنظيم فتحاط بالأمر علما بمجرد حدوثه .

كذلك صممت أكشاك صرف التذاكر بمهارة ودقة حيث وضعت ماكينات وزن أوتوماتيكية في الطريق أمام الأكشاك تعطى تحذيرا اذا زاد الحمل على العجلة عن ٨ طن دون ان يفتن الى ذلك سائق السيارة . كذلك في حالة ازدياد ارتفاع السيارة عن المقرر ، فقد وضع مصباح ليسقط شعاع ضوئى عبر الطريق على منسوب المعين ليسقط على عامود فوتو كهربي . فاذا ما مرت سيارة بارتفاع كبير فانها تقطع هذا الشعاع الضوئى ويتغير التيار في العامود فيعطى صوت تحذير ووضعت آلات التنبيه ضد الحريق وكذا آلات تنظيم المرور الى غير ذلك من الأجهزة والأدوات للتنظيف والصيانة وعلاج أى خلل طارئ منظور .

وبلغت جملة تكاليف النفق وممراته وأبراج التهوية وخلافه ٧٦٥ مليون جنيه استرلينى وكان ذلك في سنة ١٩٢٨ وحاليا يتم تنفيذ أنفاق مثل هذا النفق وقد تقدمت المعدات وتكنولوجيا الحفر والصلب وخلافه وبدأت تسهل مثل هذه الأعمال ولكن إيمان من عمل بهذا النفق بعملهم ساعدهم على نجاحه .

ثم كانت المرحلة الأخيرة وهى ( تهوية النفق ) . كان هذا الموضوع مثار جدل وشك . حيث ان عدم احتراق بترول السيارات يحتوى على أول أكسيد الكربون وهو غاز سام ويجب ازالته لضمان عدم تجميع كميات كبيرة منه في أماكن متفرقة داخل النفق فيسبب اشتعال الحرائق وكان من المعلوم ان هذا الأمر سيتطلب إقامة وحدة كبيرة للتهوية ذات كفاءة عالية .

وأجريت عدة حسابات دقيقة ولكن الهيئات المسئولة لم توافق على تلك الفروض التى وضعت وطلبت ضرورة اجراء بعض التجارب العملية على الطبيعة ، وبعد اتمام جزء مناسب من النفق عملت هذه التجارب . ألقوا بعشرين جالون من البترول على الطريق وأشعلت النار فيه كذلك اضرموا النار في رزم وأكوام من الدريس الرطب لتكوين سحب من الدخان السميك .

وكانت هذه تجربة مهندسين يريدو ان يخطو خطوة عملية أعلى من خبرتهم ، ونتيجة لهذه التجربة ومن قراءة البيانات والتقارير عن التهوية للأنفاق الأخرى الأصغر حجما استقر الرأى على انشاء مجموعة تهوية تتكون من ٦ محطات تحتوى على مراوح دفع الهواء داخل النفق وأخرى لسحب الهواء الفاسد والدخان .

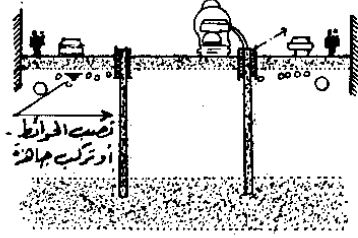
وبعد اتمام المقياسات الختامية لعملية التهوية وعرضها على المسئولين عن المشروع أبدوا دهشتهم ويتساءلون أليس الهواء الذى سيرسلوه الى النفق من ذلك الهواء الذى يرطم الوجه اذا سرنا على سفح جبل بدون تقابل ٩٠٠ ولكن ليس الأمر كذلك انما اذا سار الهواء في تياراته بنعمته فلن يفقد شيء من طاقته ، ولكن الأمر يقتضى بذل طاقة جبارة لدفع الهواء في النفق وتغيير اتجاهه كما نريد نحن وكما يقتضى حال التهوية في النفق لا كما يجب هو ولا كما تقتضى عوامل الطبيعة .

تخرج السيارة حوالى قدم مكعب في الدقيقة من أول أكسيد الكربون وهو غاز سام مميت . ولسلامة مستعملى النفق يجب أن لا تزيد نسبة هذا الغاز عن ١ : ٤٠٠٠ ولما كان النفق مصمما لاستعمال أربع حارات مرور لسيارات تبعد عن بعضها - ٢٢ر٥٠ م كان من السهل حساب كمية هذا الغاز الناتج من عدم السيارات . ويكون مقدار الهواء اللازم توريده للنفق مساويا لأربعة آلاف ضعف تلك الكمية .

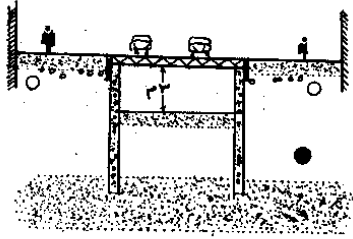
معنى ذلك ان هواء النفق لابد أن يتغير كل ساعة ١٥ مرة . وكان وزن الهواء في هذا الجزء من النفق فقط يساوى ١٥٠ طن . وبذلك يكون الهواء اللازم لتهوية هذا الجزء يساوى ٢٢٥٠ طن في الساعة . بل وأكثر من ذلك ان هذه الكمية من الهواء لابد من توزيعها جيدا على طول النفق حتى لا تتكون أجزاء تكثر فيها نسبة أول أكسيد الكربون وأخرى تقل فيها هذه النسبة عن النسبة التصميمية . ولذلك يجب أن يستحضر الهواء من الجو ثم يرسل الى

## مترو الانفاق

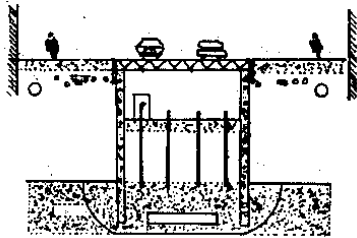
٣ - بعد حفر خندقى الجانبين يتم اما تركيب حوائط سابقة الصب او صب الحوائط الجانبية بالموقع وسوف يتبع في نفق القاهرة الحوائط السابقة الصب ويتم تركيبها وتعليقها من أعلى مستندة الى الميدات الخرسانية السابق صبها في المرحلة الاولى .



٤ - يتم بعد ذلك حفر ما يقرب من ٣ متر من سطح الأرض وتركيب كوبرى مؤقت مستندا على الحائطين لفتح حركة المرور بالشارع ويمكن في حالات اخرى تركيب السقف الاصلى للنفق بدلا من السقف المؤقت اذا سمحت ظروف حركة المرور بذلك .



٥ - يتم حقن التربة بمواد عازلة او بنتونيت او بالطين في بعض الأحيان بعمق حوالي مترين أسفل قاع النفق لتكوين كتلة عازلة تكون معها ومع حوائط النفق صندوق معزول ويتم بعدها سحب المياه الموجودة داخل هذا الصندوق وقد أجريت تجارب كثيرة في مصر وفرنسا على مدى قبول الطبقات الرملية الموجودة في مسار النفق لمواد الحقن ووجد انه يمكن بالحقن الوصول الى معامل نفاذية ١٠ - ١٠٠ أو أقل من ذلك .

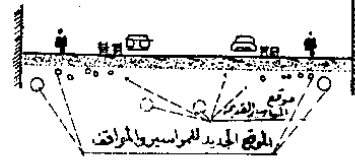


## المرحلة الثالثة

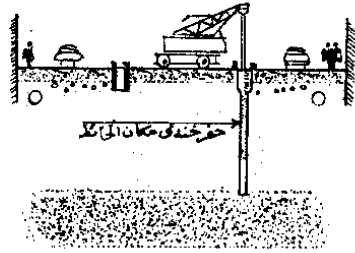
دراسة مترو انفاق القاهرة  
ويتلخص في الخطوات التالية

نكرت سابقا في مقدمة دراسة الانفاق ان مشروع مترو الانفاق بالقاهرة سيتم على ثلاثة مراحل وهي : الخط الاقليمي الاول والخط الحضري الاول والخط الحضري الثانى وتتم خطوات التنفيذ كالاتى : مع ملاحظة أن كل خطوة يليها الرسم الخاص بها .

١ - يتم ابعاد المرافق من مياه وصرف صحى وغاز وكهرباء وتليفونات من مسار النفق الى جانبي الشارع ويتم في هذه المرحلة تحديد الجزء الذى سيتم تخصيصه للنفق وتحديد مسار الحوائط الجانبية لصب ميدتين خرسانيتين عند كل خندق تتخذ كدليل لمسار الحائط عند الحفر .



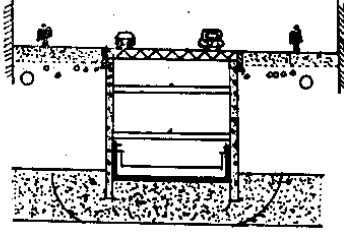
٢ - يتم في هذه المرحلة حفر خنادق مواقع الحوائط الجانبية ويتم ذلك بمساعدة مستحلب البنتونيت لتثبيت جوانب الحفر ومنعه من الانهيار وهذا الخندق يكون بعرض ٦٠ سم الى ٨٠ سم ويعمق يصل الى أكثر من قاع النفق بما لا يقل عن مترين .



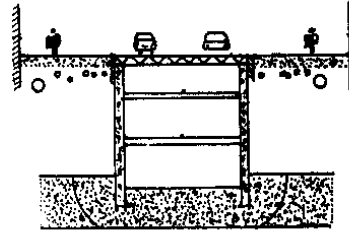


## مترو الانفاق

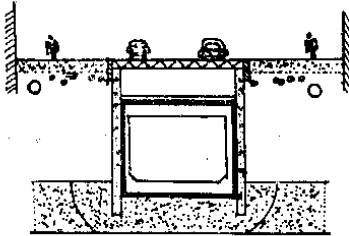
٩ - يتم استكمال وضع الطبقة العازلة على الجوانب ورفع الشكالات المعارضة .



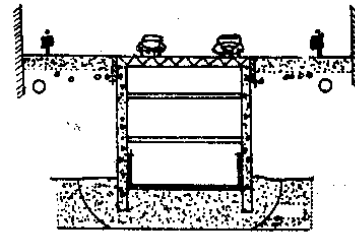
٦ - يتم استكمال حفر التربة حتى منسوب أسفل القاع الخرساني للنفق مع تركيب شكالات عرضية للمحافظة على ثبات الحوائط الجانبية ويتم اخلاء الصندوق تماما من المواد الترابية .



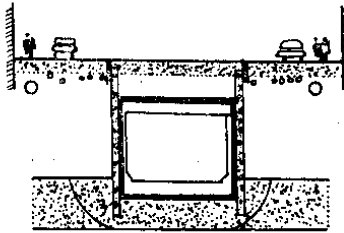
١٠ - يتم استكمال صب الجوانب والسقف الخرساني للنفق ويلاحظ أن الحوائط الرأسية تصب فقط بهدف تغطية المادة العازلة وربط القاعدة بالسقف أما الحوائط السابق تركيبها فهي كافية لحمل الضغوط الواقعة عليها من التربة .



٧ - يتم وضع الطبقة العازلة للمياه أسفل خرسانة قاع النفق على سطح الأرضية السابق حفرها أسفل الجوانب اللاصقة للحوائط الجانبية .

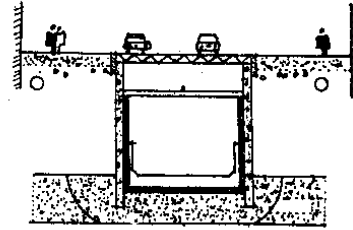
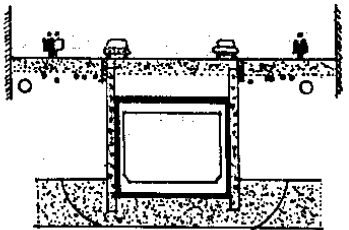


١١ - يتم رفع الكوبرى المؤقت وعزل سقف النفق وإعادة الردم .



٨ - يتم صب خرسانة القاع للنفق من الخرسانة المسلحة وهي إما أن تكون مستمرة أو أفقية حسب التصميم المحدد للنفق وستكون في غالبية مسار نفق القاهرة افقية .

١٢ - يتم إعادة رصف الطريق وفتحه للمرور .



مترو الانفاق

## تصميم النفق ومشمطاته :

صمم النفق من مواسير من الخرسانة المسلحة مع استعمال أسياخ من الحديد سابقة الإجهاد وقطر النفق الداخلى ٢٢٠ متر، وسك حوائطه ٢٧٥ سم ، وقد أخذ في الاعتبار جميع حالات التحميل حتى وضع المواسير في الخندق تحت قاع النيل ، كما زوعيت جميع الاحتمالات المختلفة عند التشغيل .

وتم انشاء مواسير النفق سابقة الصب على الشط بموقع العمل طول كل منها ٥ متر ومساحة في الاتجاهين الطولى والدائرى ووضعت الكانات كل ١٥ سم وقد جمع كل ١١ ماسورة أفقياً على الشط ، وتم التجميع بربطها بعدد ١٨ كابل داخل كل منها ١٢ سنيخ من حديد التسليح سابق الاجهاد ، وضدت الكابلات حتى بلغت قوة الشد ٦٠ طن وباستطالة قدرها ١٥ سم من كل طرف الماسورة المجمع ، كما وضعت شبكة من الصلب قرب المحيط الخارجى للمواسير - وبهذا يتحقق عدم وجود أى قوة تشد للخرسانة في أى جزء من الماسورة ، وكذا عدم حدوث أى شروخ شعيرية مما يضمن مناعة حوائط النفق للرشح - ولضمان مقاومة النفق للرفع الراسى على قواعد خرسانية وربط حديد تسليحه بهذه القواعد .

ولحماية سطح النفق العلوى من أخطار الملاحه ( هلب المراكب ) فقد وضع فوق الطبقة الترابية التى تملأ سطح النفق طبقة من الزلط بسلك ٢٠٠ متر ، كما هو موضح بالشكل التالى ويمكن بسهولة الكشف على هذه الطبقة وإضافة ما قد يلزمها من زلط .

وقد وضع بالنفق ماسورتين من الصلب قطر كل ١٢٠ متر صممت على أساس الا تزيد سرعة مياه الجارى بداخلها في حالة أقصى تصرف فى المستقبل ومع استخدام الماسورتين معا عن ١٥ متر / الثانية ، ولا تقل في حالة أدنى تصرف حالى مع استخدام ماسورة واحدة عن ١ م<sup>٣</sup>/ث وفاقده الاحتكاك حوالى المتر .

## التنفيذ :

التخطيط : أول أعمال التنفيذ هو اختيار الموقع وتحديد المحور - وقد روعى في اختيار الموقع ان يحقق أقصر طول ممكن بين النقطتين المراد توصيلهما وهو محطة الرفع بقم الخليج . ومجمع غرب النيل بشارع ثروت بالجيزة . وان يحدد محور النفق في اضيق عرض للنيل في الموقع المختار . وقد اختير الموقع الجاور لكوبرى الجامعة مع جهة الجنوب . أما نقطة مرور النفق وتحديد محوره ، فقد بذل جهداً كبيراً للوصول الى أقصر مسافة لعرض النيل بهذه المنطقة . والسبب في ذلك يرجع الى التعرج الشديد في شطى النيل وخداع النظر . وأخيراً حدد المحور قبلى كوبرى الجامعة بحوالى ١٥٠ متر أن ثبت انه أقل عرض إذ يبلغ طوله ٤٧٠ متراً .

## المرحلة الرابعة

## نفق المرافق تحت قاع النيل

كان من الأفضل اقتصادياً ان تنقل مياه مجارى منطقة جنوب القاهرة الى غرب النيل عبر مواسير معلقة بكوبرى الجامعة ولكن رأى اخير يعمل سحارة أو بداله . وبناء عليه اعلن في ٢٤ اغسطس سنة ١٩٦٠ - وتم مناقصة عامة لانشاء سحارة أو بدالة فوق النيل أو بأى طريقة أخرى يراها مقدمو العطاءات محققة للغرض من الناحية الفنية والاقتصادية .

وقدرت التكاليف الابتدائية بحوالى ٤٠٠ ألف جنيه ، وقد نص في العطاء ان على مقدمى العطاءات مراعاة الآتى :

١ - ان تكون سرعة المياه بالمواسير في حدود المسموح به لاقصى وأدنى تصرف لمنع أى تخر أو ترسيب بها ، مزاعياً في ذلك تذبذب التصريفات في فصول السنة المختلفة ، وانشاء ساعات اليوم . علماً ان للتصرف المنتظر عند تشغيل السحارة هو ١٢٠ ألف متر مكعب في اليوم ، وان تصرف المستقبل هو ١٦٠ ألف م<sup>٣</sup>/ اليوم .

٢ - ان يكون فاقد الاحتكاك في المواسير أقل ما يمكن .  
٣ - ان تكون الاتفاق مانعة للرشح ، والا تزيد كمية المياه المتسربة زائد تكاثف بخار الماء داخل النفق في اليوم عن حد بسيط يسمح به .

٤ - عدم تسرب أى من مياه المجارى الى النيل منعاً من أى تلوث .

٥ - المحافظة على استمرار الملاحه وقت الانشاء وبعده طوال الـ ٢٤ ساعة يومياً .

٦ - في حالة انشاء بداله يجب مراعاة عدم تشويه جمال منظر المنطقة .

٧ - مدة العطاء ثلاث سنوات من تاريخ اعطاء أمر الشغل .

هذا بخلاف اشتراطات فنية أخرى والشروط العامة .

وقد تقدم عطاءين ورسي العطاء على شركة هو ختيف ( بالمانيا الغربية ) بعد ان أدخلت الإدارة العامة للمجارى بعض تعديلات هامة على ما تقدمت به الشركة من تصميم أو من طريقة للتنفيذ .

## مترو الانفاق

## تصنيع مواسير النفق :

الزلط من أسفل الى أعلى بمعدل ١٥ م من الارتفاع في الساعة .

- بعد شك الخرسانة ترفع الغرم .
- تترك الماسورة مدة ليتم تصلبها مع ملاحظة تغطيتها بالخيش واستمرار رشها .
- والى ان يتم تصنيع ١١ ماسورة ، تبدأ عملية تجميعها ثم يبدأ في صب مجموعة أخرى من المواسير .

## تجميع المواسير :

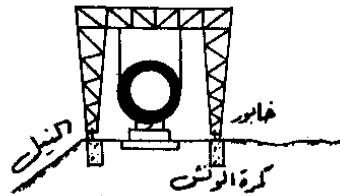
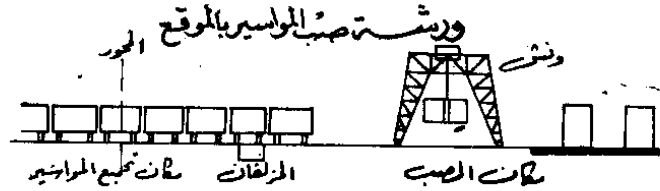
- توضع الاحدى عشر ماسورة المذكورة في خط مستقيم أفقى مع ترك فواصل بين كل حوالى ٢٠ سم مع مزاعة منتهى الدقة ان تكون أطراف مواسير الحديد المخصصة لوضع حديد التسليح سابق الاجهاد متقابلة ثم تلحم أطراف المواسير المذكورة بعضها البعض .
- تملأ الفواصل بين المواسير بالخرسانة المسلحة بنفس الطريقة التى صبت بها المواسير ، مع ترك أشاير من الحديد خارجة من بعض الفواصل ليربطها بالكراسى الخرسانية التى ستحمل عليها المواسير بقاع الخندق .
- يوضع عدد ١٢ سيخ حديد تسليح سابق الاجهاد داخل الثمانى عشر ماسورة المخصصة لها .
- تشد كوابل حديد التسليح المذكورة سابقا بواسطة رافعتين هيدرولكتين حتى تبلغ الاستطالة الناتجة من الشد في كل من الطرفين ١٥ سم ، أى ان مجموع الاستطالة الكلى ٣٠ سم - وقوة الشد في كل كابل تبلغ ٦٠ طن . وبذا يكون الشد الكلى لحديد التسليح سابق الاجهاد بالماسورة هو ١٠٨٠ طن - بعد ذلك تثبت الكوابل بطرفى الماسورة لتثبيت الشد ثم تحقن ( تحت ضغط ) مواسير الكابلات بمونة كولجروت ، وبذا يصبح طول الماسورة المجمة حوالى ٥٧ م أى  $11 \times 50 + 20 \times 11$  - قيمة النقص نظير الشد ويساوى ٢٠ سم ٥٥ م فيصبح الناتج ٥٧ م .

انشئت بلاطة خرسانية بطول ١٥٠ مترا ويعرض ٦ أمتار وموازية للليل لصب مواسير النفق عليها وتجميعها بمواسير النفق بطول خمسة أمتار وسمك حوائطها ٢٧ سم - وخطوات انشاء الماسورة كالاتى :

• توضع الفورمة الداخلية رأسيا على بلاطة التشغيل المذكورة وهى من الصلب وبقطر خارجى قدره ٢٠ مترا وبارتفاع ٥ متر كما في الشكل التالى :

- تثبت أسياخ حديد التسليح حول الفورمة .
- يلغف حديد التسليح من الخارج بشبكة سلكية من الصلب لمنع أى شروخ شعرية تنتج من انكماش الخرسانة .
- يثبت بطول محيط الماسورة وفي منتصف سمك حائطها عدد ١٨ ماسورة من الحديد المجلفن قطر كل ٦٠ مم لوضع حديد التسليح سابق الاجهاد داخلها .
- يوضع عدد أربعة ماسورة حديد قطر كل منها ٢ بوصة بمحيط الماسورة لحقن مونة الأسمنت والرمل .
- يملأ الفراغ بين الفورمة الداخلية والشبكة السلكية بزلط مقاس ٤ - ٨ سم .
- تركيب الفورمة الخارجية وهى مكونة من جزئين كل بطول نصف محيط الدائرة ، ويحكم قفلها جيدا .
- يحقن الزلط بمونة الأسمنت والرمل بطريقة ( كولجروت ) وتتم كالاتى :

يخلط ٥٠ كجم أسمنت بعشرين كجم من الماء في درجة حرارة لا تزيد عن ١٠ م ، وذلك لتأخير زمن الشك الابتدائى ولذا ١٠ كانت عملية الحقن تتم في الساعات المتأخرة من الليل مع وضع تلج في الماء أو حول الخلاط ، ثم ينتقل المزيج الى خلاط آخر ذو سرعة كبيرة حيث يضاف اليه ٧٠ كجم من الرمل ، ثم يضغط الخليط بظلمة لحقن



## مترو الانفاق

– من كل من الطبقات الأربع للماسورتين الصلب  
تخرج ماسورة بقطر نصف بوصة تنفذ كذلك من طبقتي  
ماسورة النفق وتبرز خارجها وتعلوها .  
– تركيب شدة خشبية بجسم ماسورة النفق في الاماكن  
الخارج منها أشاير حديد التسليح والتي ستثبت مسع  
القواعد الخرسانية التي تصب بخندق الحفر لتحميل ماسورة  
النفق عليها .  
– يدهن السطح الخارجى لماسورة النفق بالبيتومين .  
وقد تم صب مواسير النفق بنجاح ودقة بالغة حتى  
كان يظن لمن يراها ولو من قرب انها مصنوعة من حديد  
الزهر أو الصلب .  
بعد ذلك . . تبدأ المرحلة الثالثة ، وهي السماح  
للمركبتين بالانزلاق حتى تغوصا في الماء ، وعند ملاسمة  
ماسورة النفق للماء عامت بما فيها من حمل على سطح  
النيل ، وقد غطست بالماء لحوالى ثلثي قطرها وقد تم  
قياس بدقة عمق غاطسها ، تركت الماسورة لمدة شهر  
مع مراقبة الغاطس الذى لوحظ عدم زيادته اطلاقا ، مما  
اثبت عدم سماح حوائط النفق الخرسانية لأى رشع ينفذ  
منها . وأكد الثقة فيما تم من تصميم وفيما أتبع من طريقة  
في صب الخرسانة .

## حفر الخندق :

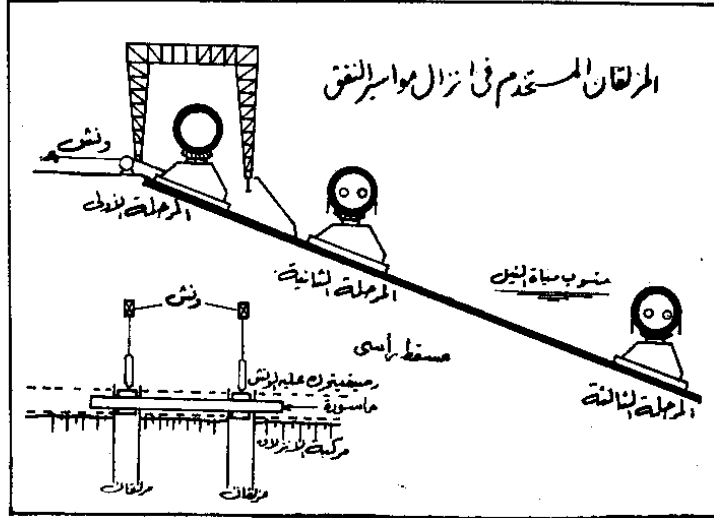
حفر الخندق لمنسوب ٢٠٠ م ، أى بعمق قدره ٢٠٠ م  
عن منسوب قاع النهر الفعلى بالموقع ، وبعمق قسدره  
٨٧٥ م عن منسوب قاع النهر التهذيبي أى ان عمق الحفر  
من مستوى قاع النيل حوالى ٦ م في المتوسط ، وعرض  
قاع الخندق ٤٠٠ م ، وميل جوانبه ٦ : ١ ، وقد تم الحفر  
بكراكه قوتها ١٧٠ حصان وقطر ماسورة السحب ٢٥ سم  
وعمقها ١٥ م – وقطر ماسورة الطرد ٢٠ سم وطولها حوالى  
١٠٠ م ، وترفع الكراكة ٥٠ م ٢/٣ الساعة من مخلقات الحفر،  
وقد بدىء الحفر من الشاطئ الغربى .

## مواسير الصلب داخل النفق :

صنعت ماسورتى المجارى من الصلب بقطر داخلى  
٢٠ م ويسمك ١٢ سم لتمرير مياه المجارى بها وتم لحامها  
بالكهرباء ، وانشئ عليها فتحات كل ١٠٠ م بغرض اماكن  
التفتيش داخلها ، ولنع النحر بالمواسير غطى الجزء  
الاسفل من محيطها الداخلى بطبقة من الخرسانة الصلبة  
الغنية بالاسمنت بسك ٥ سم ودهن النصف الباقى ، وكذا  
الاسطح الخارجى بالبيتومين – ولحمت عدة مواسير حتى  
بلغ طول الماسورة المجمعة ٥٢ م وبهذا تكون طول الماسورة  
الملحومة بنقص ٥ م عن طول ١١ ماسورة وهو ٥٧ م .  
وترتكز المواسير داخل النفق على قواعد خرسانية، وانشئء  
بين الماسورتين مشاية من الشبك الصلب للمرور .  
انزال مواسير النفق :

لانزال مواسير النفق استعين بمزلقاتين بميل ٤ : ١  
ومزود كل منهما بمركبة انزلاق يتحكم في تحريكها ونش هائل  
القوة ان يبلغ وزن الماسورة المجمعة ٦٠٠ طن أى ٢٢٠ +  
٢٧٥ × ٢٧٤ × ٢٧٠ × ٥٧ وزن المواسير الحديد وخلاقه  
وتبدأ المرحلة الاولى لانزال المواسير بتحميلها على مركبتى  
الانزلاق بدلا من سابق تحميلها على الكراسى المؤقتة ثم  
السماح للمركبتين بالانزلاق حتى يبلغا منتصف ميل  
الانزلاق كما هو موضح بالشكل التالى :  
ثم تبدأ المرحلة الثانية التى يتخذ فيها الاجراءات  
التالية :

– يوضع داخل النفق ماسورتى الصلب السابق  
تجميع كل بطول ٥٢ م وذلك بعد قفل اطرافها باحكام ، وتحمل  
على الكراسى الخرسانية التى يتم صبها في هذه المرحلة .  
– توضع قطعتين من المواسير الصلب بنفس القطر  
ويطول حوالى ٥ م لتوصيل خطى المواسير داخل هذه الوحدة  
( من ماسورة النفق ) والوحدة التى تليها ولا تطيب  
الوصلتان بطول ٥ م .  
– يقلل طرف ماسورة النفق باحكام شديد بطبقتين  
من الحديد .



## مترو الانفاق

## انزال النفق بالخندق :

● توصيل مواسير الصلب داخل النفق ( بعد ازالة طبقاتها ) بقطع المواسير السابق وضعها والتي بطول ٥م بمواسير النفق في المرحلة الثانية .

- ينشئ المشى .
- تزود المواسير الصلب بفرش التنظيف .
- تثبت طللمبة عند نهاية النفق في طرفه الغربى .

وبدا تم انشاء النفق واصبح جاهزا للتشغيل وذلك في ٢١ ديسمبر سنة ١٩٦٢ أى استغرقت مدة التنفيذ سنتين ونصف فقط ولم يصرف خلالها أى من مستحقات الشركة من النقد الاجنبى .

## التشغيل :

تستخدم ماسورة واحدة لنقل مياه المجارى بينما تنقل الماسورة الثانية بالبوابة المنشأة عند المدخل ويتبادل التشغيل بين الماسورتين بهذه الطريقة كل أربعة أسابيع تقريبا وتفتح البوابة وتقل بواسطة اوناش بفرقة المدخل .

وعند زيادة التصرف وارتفاع منسوب المياه يمر التصرف الزائد فوق هدار انشئ بين الماسورتين لتشغيل الماسورة الاخرى اوتوماتيكيا .

ويمكن قفل التصرف عن احدى الماسورتين او كليهما ببوابات انشئت عند المدخل والمخرج .

وتستخدم الطلمبة المنشأة بنهاية ماسورة النفق لرفع مياه الرشغ وتكاثف بخار الماء وتفريغ المواسير اذا لزم كما سبق بيانه .

عملية تنزيل مواسير النفق تتبع أولا بأول عملية حفر الخندق الذى يبدأ من الشاطيء الغربى متجها الى الشرق ، وموضع بالشكل التالى اولوية انزال المواسير رقم (١) تم انزالها قبل الماسورة رقم (٢) والماسورة رقم (٢) قبل الماسورة رقم (٣) وهكذا .

وتوضح الماسورة في المحور بتثبيت طرفيها مع الثوابت الموجودة على شاطيء النيل والمحددة لمحور النفق ، وذلك بواسطة محطة عائمة .

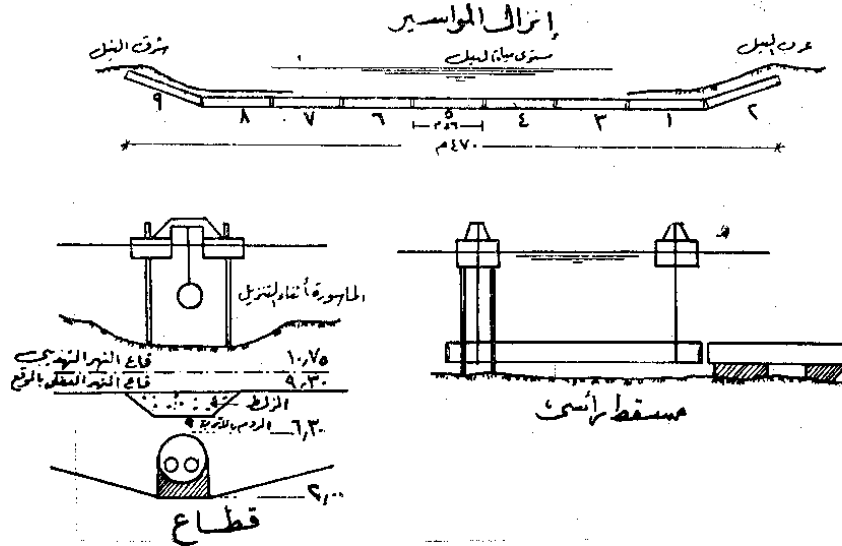
ولزيادة ثقل ماسورة النفق لتغطيسها تملأ المواسير الصلب بها رويدا بالماء خلال المواسير في بوصة السابق ذكرها والتي تعلقو سطح النفق وظاهره من الماء ، وفي حالة هبوط الماسورة فجأة ، وفي غير المحور يضغط الماء فيخرج من المواسير الصلب فيخفف بذلك وزنها وتعمم ماسورة النفق ثانية . . . وهكذا اذا لزم حتى يتم التحقق من وضع ماسورة النفق في المحور المحدد لها بدقة .

- تصب خرسانة القواعد تحت الماء .

● بعد انزال ماسورة النفق التى تليها وصب قواعدها تصب الخرسانة حول رؤوس الماسورتين .

● بعد اتمام تركيب جميع مواسير النفق انشأت غرفتى المدخل والمخرج على شاطيء النيل .

● تزال بعد ذلك الطبقات الموجودة برؤوس مواسير النفق ثم تلحم الرؤوس من الداخل بالواح من الصلب ، وقد روعى امكان تمدد المواسير مع عدم السماح باى تسرب للمياه خلال وصلات التمدد ( رؤوس المواسير ) .



## مترو الإنفاق

محطة مجارى ناهيه والشىء المهم فى محطة الرفع على الشاطيء الغربى على النيل أنها تبعد عن محور النفق بحوالى عشرون مترا وتم توصيلها بالنفق بعد ذلك لتلافى امتزازات دق الستائر وتأثيرها على النفق .

## كيف تم عمل هذه المحطة فى النيل :

تمت فى عشرين يوما وباختصار شديد وسأشرح الخطوات التى على أساسها تم انشاء محطة الرفع .

حدد المساحة المراد انشاء محطة الرفع عليها وكانت حوالى 30×30 م وكلها ستكون فى الماء بجوار الشاطيء .

٢ - تم استحضار ماكينة دق عائمة لدق الستائر المعدنية من الأربعة جهات حيث كان يخشى انهيار شاطيء النيل الى المنسوب المطلوب .

٢ - بدء فى نزع المياه بالظلمبات وبدأت تظهر خرطوم بين الستائر وبعضها علما بأنها معشقة وبدأت عملية لحامها بالكهرباء .

٤ - استعمل ونشان لرفع الطين بالجرادل أو الكباشات الى خارج البيارة مع استمرار النزع واللحام بالكهرباء حتى وصل الحفر الى القاع ووضع كسر الحجر الرملى واستغرق هذا العمل عشرة أيام ليلا ونهاراً .

٥ - باقى خطوات بناء البيارة من حوائط وأرض وخلافه تمت مثل ما شرح فى بند محطات الرفع صفحة ٤٦٢ علما بأن هذه البيارة دائرية ولكن البيارة السابق شرحها مربعة وسيقام انشائها فوق الدبش الأحمر وتم هذا العمل بأكمله فى عشرين يوما .

ومن الفتحات محكمة القفل المنشأة على كل من ماسورتين الصلب يمكن التفطيش عليهما من أجزائهما المختلفة .

وتنظف المواسير دورياً بفرشة من الصلب قطر ٢٠م تسحب بطول الماسورة بأوناش موضوعة بغرفتى المدخل والمخرج - كما ركب على المدخل مصافى تنظيف يدوية لمنع مرور الرواسب السميكة .

ويمنع الكلور بالمياه الداخلة الى السحارة بغرض منع الرائحة وفى نفس الوقت منع التعفن .

وزيادة فى وقاية مواسير الصلب داخل النفق من الرواسب وما تسببه من نحر أو تآكل انشئت أحواض تصفية رملية قبل مدخل السحارة لمنع الترسيب بها لأقصى حد محافظه على سلامتها . هذا وقد تم تشغيل السحارة بنجاح منذ يوليو سنة ١٩٦٥ عند مرور مجارى المائة يوم حتى تاريخه . ولم تحدث أى متاعب فى التشغيل ، كما أن النفق ومواسير الصلب تعمل بغاية من الكفاءة ولم تحتاج الى أى صيانة ، هذا وقد سبق أن تعهدت الشركة الا تزيد كمية المياه فى اليوم بالنفق نتيجة الرشع وتكاثف بخار الماء عن متوسط قدره ٢٥ م<sup>٣</sup> فى اليوم ولتاريخه لم تزد كمية هذه المياه عن بلل بسيط لم يستدعى استخدام ظلمبات النزع وأخيراً الخطوات التى سردت باختصار ولكن عظمة هذا العمل فى وقته قبل تقدم التكنولوجيا كان له اثر كبير فى نفوس العاملين وكنت أحسن العاملين بهذا المشروع وأيضا عند افتتاحه ليعمل سنة ١٩٦٥ حيث كنت أعمل بمشروع مجارى المائة يوم وكان ضمن عملى انشاء محطة رفع على الشاطيء الغربى للنيل لتأخذ مياه المجارى من الماسورتين ويتم رفعها بمحطة الرفع ثم تمتد مواسير من محطة الرفع حتى بلدة ناهيه الذى تم فيها انشاء محطة مجارى التى تقرب من محطة مجارى ميت زنين لانها كانت تعمل بطاقتها كاملة فاضطر الى عمل