041 (1184x1638x24b bmp)

الباب الخامس
مترو الأنفاق

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

سبب دراستى لهذا المشروع :

فى أواخر ســـنة ١٩٨١ كنت مشرفا على الصرف المغطى لمساحة ٦٥٠٠٠ فدان بمحافظة سوهاج بالشـركة التى أعمل بها وفى يوم كنت بالقرب من قريتى ابار الملك وابار الوقف بزمام اخميم واللذان يتبعان لمحافظة سوهاج وكان عمق مياه الرشح فى هذه المنطقة ينقص عن مستوى الأرض يتراوح ما بين ٥٠ ، ١٠٠ سـم على أكثر تقـدير وفكرت حينما شرع فى بناء السد العالى هل درس مع هذا المشروع الأضرار الناتجة عن ارتفاع مياه الرشح وعلاجها بالصرف المغطى علما بأنى كنت أعمل تقريبا فى سنة ١٩٦٤ قريبا من هذه المنطقة وكان عمق مياه الرشح لا يقل عن ٤ : ٦ أمتار فهل ما أنجزه السد العالى من مزايا مساوياللاضرار سأترك الاجابة للمتخصصين بدراسة الجدوى ٠ وفى هذا اليوم بالذات قرأت بالصحف عن عمل مترو الانفاق ليربط القاهرة الكبرى وينقسم الى ثلاثة أقسام :

042 (1184x1638x24b bmp)

أولا : الخط الاقليمى :

وينفذ بكامله فى المرحلة الاولى الجارى انشاؤها حاليا وهو الخط الذى ينتج عن ربط خطى سكة حديد حلوان والمرج بنفق أرضى يسير بين محطة السيدة زينب وكوبرى الليمون ليصبح الخطان معا اقليميا واحد بطول ٤٢كم ويبلغ تكاليف هذا الخط ٧٥٠ مليون جنيه وينتهى عام ١٩٨٤ ٠

ثانيا : الخط الحضرى الأول :

ويسير هذا الخط بنفق من منطقة شبرا الخيمة ـ شارع شبرا ـ ميدان رمسيس ـ شارع الجمهورية ـ شارع نجيب الريحانى ـ شارع التحرير ـ ميدان العتبة ـ شارع عبد العزيز ـ شارع البستان ـ ميدان التحرير ـ الدقى ٠

ويبلغ طوله ١٤٫٥ كم وتقع عليه ١٦ محطة ويتكلف ٤٠٠ مليون جنيه ويستغرق تنفيذه ٤ سنوات ٠

ثالثا : الخط الحضرى الثانى :

وينفذ بعد انتهاء المرحلة الثانية ويخترق هذا الخط مدينة الأوقاف ـ شارع ٢٦ يوليو ـ ميدان العتبة ـ شارع الأزهر ـ الدراسة ويبلغ طوله ٨٫٥ كم ويقع عليه عشر محطات ويبلغ تكاليفه ٢٥٠ مليون جنيه وجميعه تحت الأرض ويستغرق تنفيذه أربع سنوات ٠

وهنا تبادر الى ذهنى ان أحدا لا ينكر الانفاق عمل عظيم مثل نفق الشهيد أحمد حمدى ونفق المجارى تحت قاع النيل والذى قطره الداخلى ٣٫٢٠م تحت النيل ـ كوبرى الجامعة وجميع الانفاق التى تم انشاؤها فى العالم بنجاح ولكننا فى القاهرة يختلف الوضع وذلك لاعتقادى بانه لم يكن بالقاهرة خريطة واحدة تجمع جميع المرافق مثل شبكة التغذية وشبكة الصرف وشبكة الكهرباء وشبكة التليفونات والغاز ٠

هذا بخلاف ما يقابلنا من مشاكل الأرض الرخوة ونزح المياه الجوفية هل ستصب فى مياه المجارى التى لا تفى بحاجة القاهرة أو ستنشأ ماسورة لضخ مياه الرشح فيها بالطلمبات الى النيل ، علما بانه سيتم عزل وحقن التربة بمادة البنتونيت أقل من عمق الحفر بمترين ليكون كتلة عازلة يكون معها ومع حوائط النفق صندوق معزول يتم بعدها سحب المياه وعند مثول هذا الكتاب للطبع قطع شوطا 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 دراسةالجدوى لمثلهذه المشاريع وتلافى الاضرار الجانبية كالاضرار الجانبية للسد العالى ٠

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

المرحلة الاولى : دراسة عامة عن الانفاق وتاريخها ونشأتها تحت نهر الميريزى ٠

المرحلة الثانية : دراسة مفصلة عن نفق يصل مدينة بوتيل بمدينة يركبهد بقطر ١٤٫٢٠ م وبطول ٤٫٥٤ كم

المرحلة الثالثة : دراسة عن متروا الانفاق بالقاهرة ٠

المرحلة الرابعة : نفق المرافق تحت قاع النيل بجوار كوبرى الجامعة بقطر ٣٫٢٠م وطوله ٤٧٠م ٠

المرحلة الأولى
دراسة عامة عن الانفاق وتاريخها ونشأتها

ان أول نفق انشأ فىالتاريخ كان فى عصر الملك سمير أميس سنة ٢١٦٠ قبل الميلاد وكان بطول كيلو متر واحد بأبعاد قدرها ٣٫٦٠×٥٠٫٤ م أى ان المصريين القدماء هم أول من اخترع بناء الانفاق ، حيث تم بناء النفق الثانى فى عصر رمسيس الثانى تحت معبد أبو سمبل وذلكسنة 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 الافراد تم بناء أول نفق لخط سكه 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 تفوتنا أهمية الانفاق واستخدامها من الناحيتين العسكرية والمدنية وأخذت الانفاق الأسماء الآتية :

فى انجلترا Uuder Ground

فى أمريكا Sub Way وفى فرنسا Metro

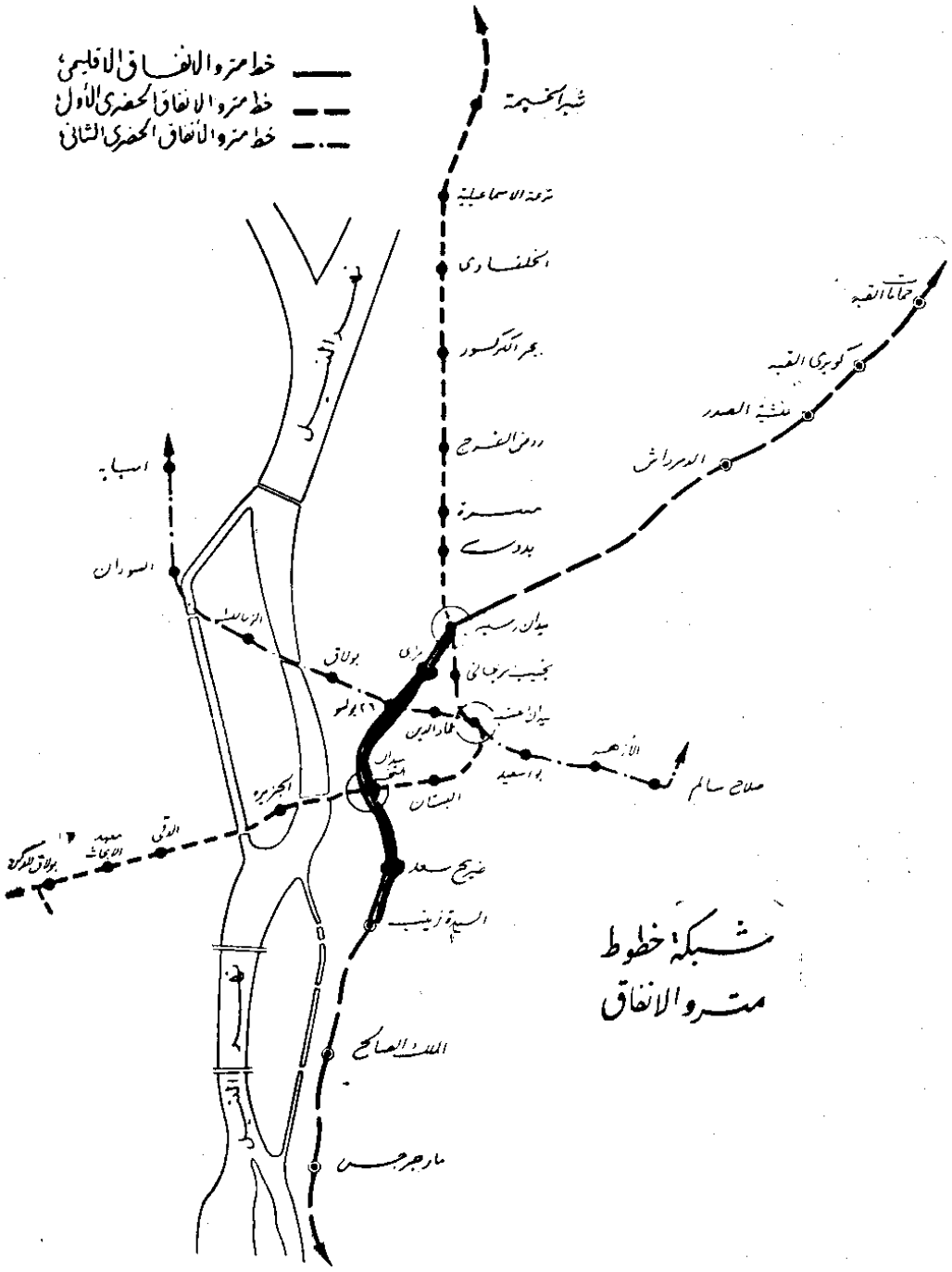
ونتعرض فى هذه الدراسة الى الطرق المختلفة لاقامة المنشآت تحت الأرض والتى تتلخص فى البنود التالية :

(أ) : الدراسات الهندسية :

يجب قبل البدأ 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 الحاملة 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 نسبيا وذلك للوصول الى طبقة سليمة واقتصادية للانشاء ٠

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

043 (1184x1638x24b bmp)



شبكة خطوط مترو الانفاق

044 (1184x1638x24b bmp)

وعند استخدام هذه الطريقة فانه يتم الحفر بالطرق العادية حتى تصل للمنسوب المطلوب ثم يبدأ فى انشاء النفق ثم يتم الردم عليه وهذه الطريقة اقتصادية وسريعة بالنسبة للمقارنة بالطرق الأخرى كما انه بواسطتها يمكن العمل فى طول المنشأ ككل وفى آن واحد الا انه يعيبها انها تعطل حركة المرور على السطح اثناء الانشاء وترتبط بالتخطيط الموجود للشوارع ومكلفة فى تحويل الخدمات مثل خطوط التليفون ، وخطوط القوى والمجارى والمياه والغاز الخ ٠

والطريقة الثانية : هى استخدام طرق المناجم فى الانشاء أى الحفر فى باطن الأرض دون اخلال لسمك التربة الموجودة فوق النفق ودون المساس بالسطح وهذه الطريقة يمكن استعمالها بالنسبة للاعماق الكبيرة أكثر من ١٠ م ويجب ملاحظة ان سرعة تقدم العمل فى انشاء الممرات تحت الأرض ببطىء بهذه الطريقة فلا تتعدى سرعة الانشاء عن ١٠ ــ ٣٠م طولى فى الشهر الواحد وذلك بالنسبة لانفاق المواصلات تحت المدن وفى هذه الطريقة يقسم النفق الى أجزاء يبلغ طول كل منها حوالى كيلو متر أو أكثر ثم تنشأ آبار رأسية فى كل جزء على حدة حتى تصل الى المنسوب المطلوب ثم بعد ذلك يبدأ العمل فى حفر النفق افقيا من كل بئر وفى اتجاهين متضادين أى فى اتجاه البئرين القريبين وهكذا يستمر العمل فى جميع الآبار حتى يتم توصيل الانفاق ببعضها البعض فنحصل فى النهاية على الشكل النهائى للنفق المطلوب والغرض من الآبار Shafts فى انها تحقق زيادة مواجهة العمل كما انها تستخدم كوسيلة لانزال العمال والماكينات والمواد اللازمة للعمل وكذا استخراج ناتج الحفر كما تستخدم بعد انتهاء العمل لأغراض التهوية وذلك فى حالة وجود النفق فى أرض جافة أما اذا كان هذا النفق تحت مجرى مائى مثل نفق الشهيد أحمد حمدى أو النفق الذى يصل بين مدينة ليفربول ولاسى والنفق الذى يصل بين بوتيل وبيركهند فله طريقة أخرى سنشرحها فيما بعد ٠

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 للانفاق التى تخترق الجبال لتصل بين مدينتين فيبدأ العمل من الطرفين دون الحاجة الى انشاء الآبار ٠

وبالنسبة للمنشآت تحت الأرض المستعملة كمصانع أو كمخازن للاغراض العسكرية وكذا ملاجىء الطائرات فيمكن الوصول اليها عن طريق مداخل رأسية Shafts أو مداخل مائلة أومداخل افقية على الا يقل عددها عن اثنتين بأى حال من الأحوال ٠

اختيار حجم وشكل الممر :

حجم الممر وسطح القطاع يتوقف تحديده على الغرض المستعمل من أجله ففى أنفاق المواصلات على سبيل المثال يكون حجم الممر بحيث يسمح بمرور القطارات والعربات المصمم من أجلها ٠

وفى حالة استعمال الأنفاق لأى غرض آخر فيجب أن يناسب المقطع العرضى لوظيفة المنشأ ومقاسات التجهيزات الداخلية وخواص التربة والمعدات المستخدمة وشكل الممر يمكن اختياره على هيئة مربع دائرى منحنى قطع ناقص ، متعدد الاضلاع ، شبه منحرف ، مربع ومستطيل ومن المعروف أن شكل الممر يلعب دورا كبيرا فى تحديد قيمة الضغوط الواقعة عليه والمعروف باسم Rock Pressure ولذلك يجب اختيار الشكل الذى يعطى اقل قيمة للضغوط وبالتالى يمكن الحصول على دعائم اقتصادية وعادة فى الأنفاق الكبيرة يلجأ الى القطاعات الدائرية ٠

(ب) طرق تنفيذ الأنفاق :

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

الانفاق التى مسطح مواجهتها حوالى ١٥ ــ ٢٠ م٢ يتم التنفيذ فى المسطح كله علما بأن العمل ينقسم الى عدة مراحل كما يلى :

(أ) الحفر :

ويتم حفر التربة حسب صلابة وخواص التربة بأحدى الوسائل الآتية :

١ ــ يدويا بالازم والكواريك وتستعمل فى حالة عدم ووجد أى وسائل ميكانيكية أو فى حالة ما تكون الاراضى فى ظروف هيدروجيولوجية صعبة ٠

٢ ــ بواسطة الأدوات والآلات الميكانيكية وذلك بواسطة الشواكيش الكهربائية والتىتعمل بالهواء المضغوط٠

٣ ــ بواسطة معدات الحفر HEADING MACHINE وهى عبارة عن ماكينات تقوم بحفر التربة وتحميلها على وسائل النقل ٠

٤ ــ بواسطة وسائل التخريم والنسف وتنفذ فى حالة الصخور الشديدة الصلابة والمتوسطة وتتوقف تحديد كمية المفرقعات اللازمة للمتر المكعب من الصخور فى النفق على نوع المفرقعات وصلابة الصخور وسطح القطاع ونسبة التشققات الطبيعية الموجودة بهاوتنفذ أعمال التخريم فى توال محدد على هيئة دورة CYCLE وعناصر هذه الدورة هى وضع معدات التخريم ، تخريم الاخرام ، سحب المعدات من المواجهة ، وضع العبوات وتفجير الاخرام ، تهوية الحفر (بهواء نظيف) ، معاينة المواجهة وازالة الأجزاء العالقة من التربة وفى النهاية تحميل التربةالمنسوفة ونقلها من المواجهة ٠

٥ ــ بواسطة الوسائل الهيدروميكانيكية ٠

٦ ــ بواسطة طرق خاصة نلجأ اليها فى بعض الطبقات مثل الاراضى الرملية أو الطبقات الطينية أو الأراضى الصخرية الموجودة بها نسبة كبير ةمن التشققات والمياه الجوفية التى تتدفق مع استمرار العمل بحيث توقفهوتصبح معطلة له وكذلك الطينية والرملية الموجودة تحت منسوب المياه الجوفية وفى هذه الحالة نلجأ الى استعمال احدى الطرق الخاصة الآتية :

(ب) الحقن :

وهو عبارة عن خروم طولها من ١٠ ــ ٢٥م فى وجه الممر وامامه ثم تحقن هذه الخروم بمادة الأسمنت والمياه

045 (1184x1638x24b bmp)

المرحلة الثانية

دراسة مفصلة عن نفق يصل مدينة بوتيل بمدينة بيركهند بقطر ٢٠ر١٤ م وبطول ٥٤ر١٤ كجم

هذا النفق · به حارتى مرور للحركة البطيئة والحركة السريعة فى كلا الاتجاهين ، أى أربع حارات مرور وله مدخلان على كل من جانبى النهر وكذا آبار التشغيل وأبراج التهوية وسنشرح كل خطوة على حدة :

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

ولكنه استعان بالبيانات التى حصل عليها من سجلات نفق السكك الحديد القديم واشارت هذه السجلات ان النفق المقترح سيمر فى حجر رملى وفى مكان ما سيمر فى منطقة كسر حجر او منطقة طينية · وعلى بعد مناسب من الشاطىء اتجاه ليفربول تم حفر بئر التشغيل قطر ٢١ قدم ـ ٣٠ر٦ م وعمق ٢٠٠ قدم ـ ٠٠ر٦٠م مارا بالحجر الرملى ضعيف يسمح برشح الماء من خلاله ، كما يكون مشبعا بالماء فى المناسيب العميقة ، ويكون به فلوق وشروخ يستطيع الماء أن يتفجر من خلالها ·

وحينما 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 التى يدخل بها مما يكون سبب فى زيادة التكاليف فى الانشاء والتشغيل · وقد أتبعت طريقتان للتخلص من هذه المياه ·

ـ الطريقة الأولى المعروفة باسم CEMENTATION وهى حفر ثقوب قطر ٢ بوصة وادخال مونة الأسمنت اللبانى فيها تحت ضغط ليتخلل الفلوق والشروخ أو الشقوق ثم يتصلد مالئا لهذه الفجوات ومعترضا طريق الماء ·

ولو ان هذه الطريقة قد نجحت فى سد الفتحات ولكنها لم تستطع منع رشح الماء خلال الصخر المسامى نفسه · لذا استعملت أيضا :

ـ الطريقة الثانية المعروفة باسم SILLEATIZATION وهى عبارة عن ضغط سليكات الصوديوم وكبريتات الالومنيوم فى الصخر والتى كانت تتحد لتكون مادة جيلاتينية فى مسام الحجر الرملى التى كانت تساعد المونة الأسمنتية بالسريان تحت ضغط أخف ، حيث كانت عملية CEMENTATION تعمل قبل عملية SILLEATIZATION

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 ان الضغط المستعمل فى الأجزاء العليا من بئر التشغيل كان محدودا بحيث لا يحدث اضطرابا فى الصخر والمبانى التى تعلوها ·

الانفاق الاستكشافية :

وبعد حفر بئر التشغيل جنوبى محور النفق الاساسى بقليل،تم حفر نفق قصير يصله بالمحور الاساسى ومن هناك بدىء فى عمل نفقين استكشافين ، أحدهما علوى والآخر سفلى · وكان الأخير يسبق زميله دائما بمقدار ٤٥م · وكانت طبيعة الصخر تستكشف بحفر ثقوب صغيرة سابقة النفق الاستكشافى بحوالى ٣٠م · وكان المهندسون يتوقعون ان النفق الأساسى سيتم دون الخروج عن الحجر الصلب ، فحفرو ثقوبا أعلا من النفق الاستكشافى السفلى ·

وبذلك تمكنو من معرفة مقدار ارتفاع الصخر فوق هذا النفق · فلو وجدوا غطاء صخريا كافيا تقدم النفق الاستكشافى العلوى ، أما اذا لم يجدو صخرا كما يتوقعون غيروا المناسيب وتقدموا بالنفق تبع المناسيب الجديدة · وكانوا يتوقعون فى 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 التى ترسبت ، وكان من الممكن تصليد هذه الطبقة بالأسمنت ، الا انه رؤى عدم المخاطرة ولذا خفضت مناسيب النفق فى تلك الأجزاء مع ضبط الميول لكى تكون مناسبة ·

وتم عمل خط حديدى فى النفق الاستكشافى السفلى ، وعلىأبعاد مناسبة ثم قطع فتحات تصل بين النفقين الاستكشافيين حتى ان الصخر المقطوع من النفق العلوى يمكن ارساله الى عربات على ذلك الخط السفلى · وفى نفس الوقت حفر نفق مبتدئا من أسفل بئر التشغيل ومائلا الى أعلا بقطر ١٠ر٢ م ثم حفرت ثقوب صغيرة بين النفقين الاستكشافى السفلى وهذا الأخير حتى يمكن صرف الماء الى قاع البئر لسحبه للخارج بالطلمبات ، وسمى بنفق الصرف ·

وفى الناحية الأخرى ببيركنهد كان العمل يجرى بنفس الطريقة ، الا أنالماء كان قليلا فلم يحتاج الأمر الى نفق صرف ·

النفق الأساسى :

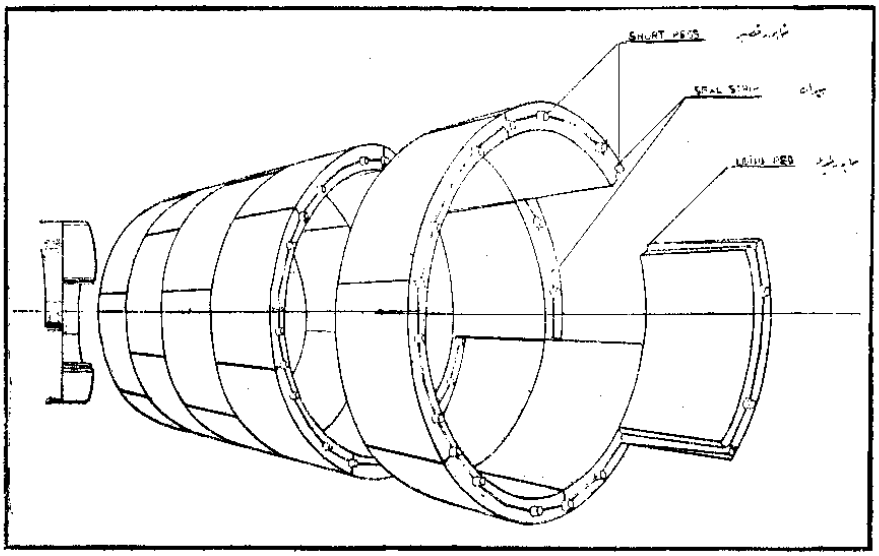
ثم كانت المرحلة التالية وهى فتح النفق الأساسى بقطره الكامل ٨٧ر١٤م الذى تم على خطوتين :

أولا : فتح الجزء العلوى للنفق بالحجم الكامل للنصف العلوى المطلوب وتبطينه بقطاعات حديد زهر سمكها ٥ر٣٢ سم ، وبذلك تصبح هناك نصف حلقة مرتكزة على الصخر ·

046 (1184x1638x24b bmp)

وقد يبدو غريبا ان يبدأ العمل بالنصف العلوى للنفق مثل ذلك كمن يبنى المبنى العلوى أولا وبدون أساس ، أى أى هناك درعا واقيا للعاملين وهى بطانة من الحديد الزهر التى تفصلهم عن النهر ، وان الصخر الناتج من الحفر والقطع كان يزال الى النفق سـفلى ومن هناك ينقل على الخط الحديدى الى الآبار ٠

وأثناء عملية توسيع الجزء العلوى للنفق كانت عملية التبطين تسير على قدم وساق خلف عملية الحفر للحماية المطلوبة ٠ ولما كانت قطاعات الحديد الزهر كبيرة وثقيلة كان من الضرورى استخدام ماكينة خاصـة لتثبيت تلك الدروع حيث تتكون من هيكل يتحرك على عجل يحمل ذراعا قابلا للامتداد والدوران ٠ وبعد اتمام النصف العلوى للنفق ابتدء العمل فى النصف السفلى ٠ وأصبح الخط الحديدى فى نفق السفلى عديم الفائدة لنقل كتل الحجر والاتربة ولذلك انشىء خط حديدى معلق من العقد الدائرى للنصف العلوى٠٠ وفور ازالة الصخر من جزء من النصف السفلى تبد عملية التبطين بحديد الزهر ٠



ولقد استخدمت عملية تبطين الافرع الأرضية للنفق بالحديد الزهر فى الاماكن التى كان يخشى عليها من خطر تسرب الماء الى النفق ، ولكن فى المناسيب العليا من النهر كانت تستعمل طريقة اقل تكلفة وهى التبطين بالخرسانة المسلحة بعقد من الصلب ٠

وحينما خرج النفق من الصخر مقتربا من السطح ،بدأ التبطين بالزهر مرة أخرى لكى يتمكن من حمل الأرض والمبانى أعلاه ٠ ولما شارف النفق سطح الارض استعملت طريقة الدروع ٠

حيث يتكون الدروع من منشأ من الصلب يشبه تقريبا قطعة منفصلة من تبطين النفق غير انها لها حافة أمامية قاطعة ٠ ويدفع الدرع الى الامام بواسطة مطارق هيدروليكية موضوعة بينه وبين التبطين الامامى النهائى ، حيث تحتاج هذه العملية الى ضغط كلى كبير خلف الدرع ليحـــركه قد يصل الى ٢٠٠٠ طن ٠

واذا ما دفع الدرع الى الامام بحفر التربة التى دخلت فيه أدوات الحفر ثم التبطين بحديد الزهر فى الجزء الذى خلا بين الدرع والتبطين السابق حتى لا يسقط السقف على العمال ٠ واذا ما استعمل الدرع فى أرض صـــخرية فتكون الحافة القاطعة ليست بالقدرة التى تمكنها من المرور خلالها ، لذا كان لابد من اجراء عملية القطع أمامهـا ، وتكون فائدة الدرع فى هذه الحالة لحماية العمال ضد خطر سقوط الصخر فى أماكن غير متماسكة ٠

ومما يذكر انه بينما كان الدرع على بعد ٣٫٦٠م من الصخر وبالقرب من شارع رئيسى (ديل) DALE STREET قطع خلال الردم خندقا به مواسير المياه ، فكسرت المواسير وتفجرت المياه وحدث اضطراب خطير ولكن من حسن الحظ كانت المحابس جاهزة بالقرب من مكان الكسر كاحتياط لقطع الماء فى حالة حدوث أى طارىء ٠

047 (1184x1638x24b bmp)

أبراج التهوية :

ثم كانت المرحلة الأخيرة وهى (تهوية النفق) ٠ كان هذا الموضوع مثار جدل وشك ٠ حيث أن عادم احتراق بترول السيارات يحتوى على أول اكسيد الكربون وهو غاز سام ويجب ازالته لضمان عدم تجميع كميات كبيرة منه فى أماكن متفرقة داخل النفق فيسبب اشتعال الحرائق وكان من المعلوم ان هذا الأمر سيتطلب اقامة وحدة كبيرة للتهوية ذات كفاءة عالية ٠

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 ٠ ألقوا بعشرين جالون من البترول على الطريق وأشعلت النار فيه كذلك اضرموا النار فى رزم وأكوام من الدريس الرطب لتكوين سحب من الدخان السميك ٠

وكانت هذه تجربة مهندسين يريدو ان يخطو خطوة عملية أعلى من خبرتهم ، ونتيجة لهذه التجربة ومن قراءة البيانات والتقارير عن التهوية للانفاق الاخرى الأصغر حجما استقر الرأى على انشاء مجموعة تهوية تتكون من ٦ محطات تحتوى علىمراوح دفع الهواء داخل النفق واخرى لسحب الهواء الفاسد والدخان ٠

وبعد اتمام المقياسات الختامية لعمليـــة التهـــوية وعرضها على المســـئولين عن المشروع أبدوا دهشـــتهم ويتساءلون أليس الهواء الذى سيرسلوه الى النفق من ذلك الهواء الذى يرطم الوجوه اذا سرنا على سفح جبل بدون تقابل ٠٠؟ ولكن ليس الأمر كذلك انما اذا سار الهواء فى تياراته بنعومته فلن يفقد شىء من طاقته ، ولكن الأمـر يقتضى بذل طاقة جبارة لدفـــع الهـــواء فى النفق وتغيير اتجاهه كمانريد نحن وكما يقتضى حال التهوية فى النفق لا كما يجب هو ولا كما تقتضى عوامل الطبيعة ٠

تخرج السيارة حوالى قدم مكعب فى الدقيقة من أول اكسيد الكربون وهو غاز سام مميت ٠ 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 ــ ٢٢ر٥٠ مكان من السهل حساب كمية هذا الغاز الناتج من عادم السيارات ٠ ويكون مقدار الهواء اللازم توريده للنفق مساويا لأربعة آلاف ضعف تلك الكمية ٠

معنى ذلك ان هواء النفق لابد ان يتغير كل ساعة ١٥ مرة ٠ وكان وزن الهواء فى هذا الجزء من النفق فقـــط يساوى ١٥٠ طن ٠ وبذلك يكون الهواء اللازم لتهوية هذا الجزء يساوى ٢٢٥٠طن فى الساعة ٠ 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 ٠٠ ولذلك يجب ان يستحضر الهواء من الجو ثم يرسل الى أنفاق وممرات التهوية ، ثم يسمح له بالخروج من فتحات فى مستوى الطريق ، وأخيرا ليخرج خلال فتحات ثم الى الجو مرة أخرى ٠

وحينما تتم هذه العملية نجد ان الهواء قد مر على عدد ليس بالقليل من الاركان الحادة وبذا يفقد كمية كبيرة من الطاقة ٠

لذلك يجب أن يجبر الهواء على دخول النفق والخروج منه بواسطة المراوح فالهواء حر طالما أنه فى جو حر ، ولكنه حينما يدفع الى حيث لا يريد ، ولكن العملية كانت مدروسة وكاملة واثبتت كفاءة ٠ وتم قطع ممرات التهوية من خلال الصخر لتقابل النفق وطبقا للدراسة تطلب الأمر انشاء ٦ مبانى كبيرة للمراوح كل منها يحتوى على ٤ أو ٦ مراوح مختلفة الأحجام والأنواع بعضها لدخول الهواء فى النفق والبعض الاخر لسحبه ولقد صممت أبراج التهوية هـذه بطريقة معمارية بارعة فارتفعت هذه الأبراج الى السماء بنسب جميلة فوق النفق ٠

رفع الكفاءة ومستوى الأداء :

بذلت عناية خاصة لجميع التفاصيل الدقيقة الضرورية وبارتفاع ١ر٨٠ م بوحدات مسطحة PANELS للنفق لرفع كفاءة عمله ٠ غطيت الحوائط الداخلية للنفق من الزجاج الاسود يسهل تنظيفه وغسله وصممت المداخل لتبدو جذابة جميلة وبطريقة وأسلوب سهل يسمحللسيارات للوقوف لدفع رسوم المرور دون ابطاء ووضع بداخل النفق أجهزة استكشاف الدخان بها شعاع ضوئى ساطع علـى عامود فوتو PHOTO CELL موضوع على مسافة بين مصدر الضوء ، وحيث ان الدخان يقلل مرور الضوء ولذا يتغير التيار فى العامود الذى يظهر أثره فى غرفة التنظيم فتحاط بالأمر علما بمجرد حدوثه ٠

كذلك صممت أكشاك صرف التذاكر بمهارة ودقة حيث وضعت ماكينات وزن أوتوماتيكية فى الطريق أمـام الأكشاك تعطى تحذيرا اذا زاد الحمل على العجلة عن ٨ طن دون ان يفطن الى ذلك سائق السيارة ٠ كذلك فى حالة ازدياد ارتفاع السيارة عن المقرر ،فقد وضع مصباح ليسقط شعاع ضوئى عبر الطريق على منسوب المعين ليسقط على عامود فوتو الكهربائى ٠ فاذا ما مرت سيارة بارتفاع كبير فانها تقطع هذا الشعاع الضوئى ويتغير التيار فى العـــامود فيعطى صوت تحذير ووضعت آلات التنبيه ضد الحريق وكذا آلات تنظيم المرور الى غير ذلك من الأجهزة والأدوات للتنظيف والصيانة وعلاج أى خلل طارىء منظور ٠

وبلغت جملة تكاليف النفق وممراته وأبراج التهوية وخلافه ٧ر٦٥ مليون جنيه استرلينى وكان ذلك فى ســـنة ١٩٢٨ وحاليا يتم تنفيذ أنفاق مثل هذا النفق وقد تقدمت المعدات وتكنولوجيا الحفر والصلب وخلافه وبدأت تسهل مثل هذه الأعمال ولكن ايمان من عملو بهذا النفق بعملهـم ساعدهم على نجاحه ٠

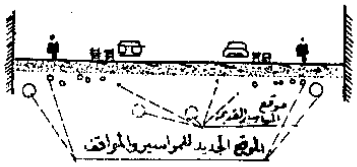
048 (1184x1638x24b bmp)

المرحلة الثالثة

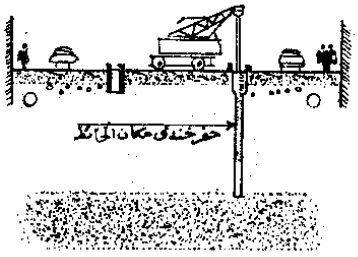
دراسة مترو انفـاق القاهرة ويتلخص فى الخطوات التالية

ذكرت سابقا فى مقدمة دراسة الانفـاق أن مشروع مترو الانفاق بالقاهرة سيتم على ثلاثة مراحل وهى : الخط الاقليمى الأول والخط الحضرى الأول والخط الحضرى الثانى وتتم خطوات التنفيذ كالآتى : مع ملاحظـة أن كل خطوة يليها الرسم الخاص بها ٠

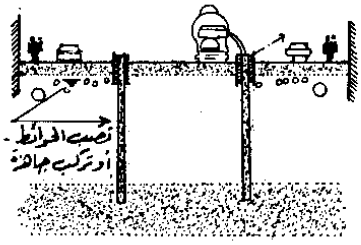
١ ــ يتم ابعاد المرافق من مياه وصرف صحى وغاز وكهرباء وتليفونات من مسار النفق الى جانبى الشارع ويتم فى هذه المرحلة تحديد الجزء الذى سيتم تخصيصه للنفق وتحديد مسار الحوائط الجانبية لصب ميدتين خرسانيتين عند كل خندق تتخذ كدليل لمسار الحائط عند الحفر ٠



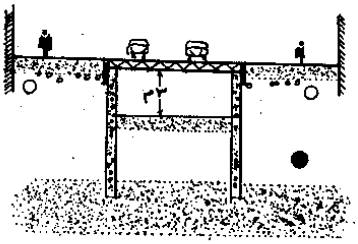
٢ ــ يتم فى هذه المرحلة حفر خنادق مواقع الحـوائط الجانبية ويتم ذلك بمساعدة مسـتحلب البنتونيت لتثبيت جوانب الحفر ومنعه من الانهيار وهذا الخندق يكون بعرض ٦٠ سم الى ٨٠ سم وبعمق يصل الى أكثر من قاع النفق بما لا يقل عن مترين ٠



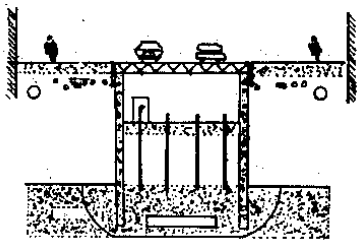
٣ ــ بعد حفر خندقى الجانبين يتم اما تركيب حوائط سابقة الصب أو صب الحوائط الجانبية بالموقع وسوف يتبع فى نفق القاهرة الحوائط السابقة الصب ويتم تركيبهـا وتعليقها من أعلى مستندة الى الميدات الخرسانية السابق صبها فى المرحلة الاولى ٠



٤ ــ يتم بعد ذلك حفر ما يقرب من ٣ متر من سطح الأرض وتركيب كوبرى مؤقت مستندا على الحائطين لفتح حركة المرور بالشارع ويمكن فى حالات أخرى تركيب السقف الاصلى للنفق بدلا من السقف المؤقت اذا سمحت ظروف حركة المرور بذلك ٠

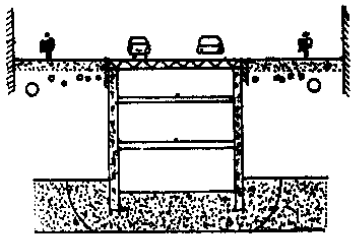


٥ ــ يتم حقن التربة بمواد عازلة أو بنتونيت أو بالطين فى بعض الأحيان بعمق حوالى مترين أسـفل قاع النفق لتكوين كتلة عازلة تكون معها ومع حوائط النفق صـندوق معزول ويتم بعدها سحب المياه الموجودة بالتربة داخل هذا الصندوق وقد اجريت تجارب كثيرة فى مصر وفرنسا على مدى قبول الطبقات الرملية الموجودة فى مسار النفق لمواد الحقن ووجد انه يمكن بالحقن الوصول الى معامل نفاذية ١٠ ــ ٦ أو أقل من ذلك ٠

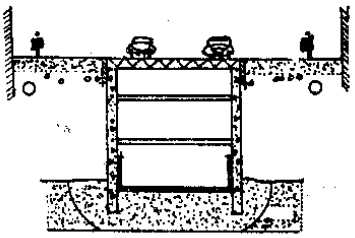


049 (1184x1638x24b bmp)

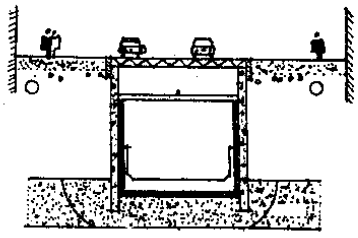
٦ ـ يتم استكمال حفر التربة حتى منسوب أسفل القاع الخرسانى للنفق مع تركيب شكالات عرضية للمحافظة على ثبات الحوائط الجانبية ويتم اخلاء الصندوق تماما من المواد الترابية ٠



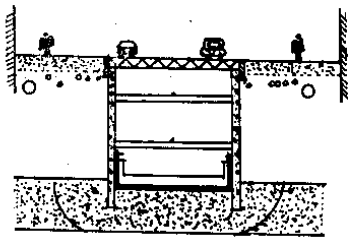
٧ ـ يتم وضع الطبقة العازلة للمياه أسفل خرسانة قاع النفق على سطح الأرضية السابق حفنها أسفل الجوانب اللاصقة للحوائط الجانبية ٠



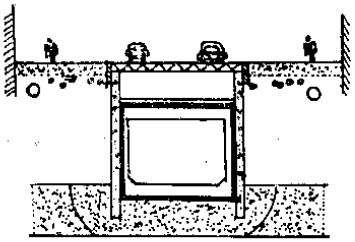
٨ ـ يتم صب خرسانة القاع للنفق من الخرسانة المسلحة وهى أما أن تكون مستمرة أو افقية حسب التصميم المحدد للنفق وستكون فى غالبية مسار نفق القاهرة افقية ٠



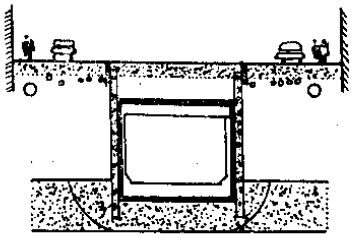
٩ ـ يتم استكمال وضع الطبقة العازلة على الجوانب ورفع الشكالات المعارضة ٠



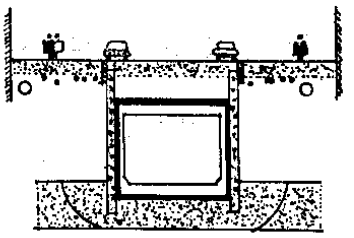
١٠ ـ يتم استكمال صب الجوانب والسقف الخرسانى للنفق ويلاحظ ان الحوائط الراسية تصب فقط بهدف تغطية المادة العازلة وربط القاعدة بالسقف اما الحوائط السابق تركيبها فهى كافية لحمل الضغوط الواقعة عليها من التربة ٠



١١ ـ يتم رفع الكوبرى المؤقت وعزل سقف النفق واعادة الردم ٠



١٢ ـ يتم اعادة رصف الطريق وفتحه للمرور ٠



المرحلة الرابعة

نفق المرافق تحت قاع النيل

كان من الأفضل اقتصاديا ان تنقل مياه مجارى منطقة جنوب القاهرة الى غرب النيل عبر مواسير معلقة بكوبرى الجامعة ولكن رأى اخير يعمل سحارة أو بداله ٠٠ وبناء عليه اعلن فى ٢٤ اغسطس سنة ١٩٦٠ ــ وتمت مناقصة عامة لانشاء سحارة أو بدالة فوق النيل أو بأى طريقة أخرى يراها مقدمو العطاءات محققة للغرض من الناحية الفنية والاقتصادية ٠

وقدرت التكاليف الابتدائية بحوالى ٤٠٠ الف جنيه ، وقد نص فى العطاء أن على مقدمى العطاءات مراعاة الآتى :

١ ــ ان تكون سرعة المياه بالمواسير فى حدود المسموح به لاقصى وادنى تصرف لمنع أى تحر أو ترسيب بها ، مراعيا فى ذلك تذبذب التصرفات فى فصول السنة المختلفة ، واثناء ساعات اليوم ٠ علما ان التصرف المنتظر عند تشغيل السحارة هو ١٣٠ الف متر مكعب فى اليوم ، وان تصرف المستقبل هو ١٦٠ الف م٣ /اليوم ٠

٢ ــ ان يكون فاقد الاحتكاك فى المواسير أقل ما يمكن٠

٣ ــ ان تكون الانفاق مانعة للرشح ، والا تزيد كمية المياه المتسربة زائد تكاثف بخار الماء داخل النفق فى اليوم عن حد بسيط يسمح به ٠

٤ ــ عدم تسرب أى من مياه المجارى الى النيل منعا من أى تلوث ٠

٥ ــ المحافظة على استمرار الملاحة وقت الانشاء وبعدة طوال الـ ٢٤ ساعة يوميا ٠

٦ ــ فى حالة انشاء بداله يجب مراعاة عدم تشويه جمال منظر المنطقة ٠

٧ ــ مدة العطاء ثلاث سنوات من تاريخ اعطاء أمر الشغل ٠

هذا بخلاف اشتراطات فنية أخرى والشروط العامة ٠

وقد تقدم عطاءين ورسى العطاء على شركة هو ختيف (بألمانيا الغربية) بعد ان ادخلت الادارة العامة للمجارى بعض تعديلات هامة على ما تقدمت به الشركة من تصميم أو من طريقة للتنفيذ ٠

تصميم النفق ومشتملاته :

صمم النفق من مواسير من الخرسانة المسلحة مع استعمال أسياخ من الحديد سابقة الاجهاد وقطر النفق الداخلى ٣٫٢٠ متر، وسمك حوائطه ٢٧٫٥ سم ، وقد أخذ فى الاعتبار جميع حالات التحميل حتى وضع المواسير فى الخندق تحت قاع النيل ، كما روعيت جميع الاحتمالات المختلفة عند التشغيل ٠

وتم انشاء مواسير النفق سابقة الصب على الشط بموقع العمل طول كل منها ٥ متر ومسلحة فى الاتجاهين الطولى والدائرى ووضعت الكانات كل ١٥ سم وقد جمع كل ١١ ماسورة افقيا على الشط ، وتم التجميع بربطها بعدد ١٨ كابل داخل كل منها ١٢ سيخ من حديد التسليح سابق الاجهاد ، وشدت الكابلات حتى بلغت قوة الشد ٦٠ طن وباستطالة قدرها ١٥ سم من كل طرفى الماسورة المجمعة ، كما وضعت شبكة من الصلب قرب المحيط الخارجى للمواسير ــ وبهذا يتحقق عدم وجود أى قوى شد للخرسانة فى أى جزء من الماسورة ، وكذا عدم حدوث أى شروخ شعرية مما يضمن مناعة حوائط النفق للرشح ــ ولضمان مقاومة النفق للرفع الراسى على قواعد خرسانية وربط حديد تسليحه بهذه القواعد ٠

ولحماية سطح النفق العلوى من أخطار الملاحة (هلب المراكب) فقد وضع فوق الطبقة الترابية التى تعلو سطح النفق طبقة من الزلط بسمك ٢٫٠٠ متر ، كما هو موضح بالشكل التالى ويمكن بسهولة الكشف على هذه الطبقة واضافة ما قد يلزمها من زلط ٠

وقد وضع بالنفق ماسورتين من الصلب قطر كل ١٫٢٠ متر صممت على أساس الا تزيد سرعة مياه المجارى بداخلها فى حالة أقصى تصرف فى المستقبل ومع استخدام الماسورتين معا عن ١٫٥ متر / الثانية ، ولا تقل فى حالة ادنى تصرف حالى مع استخدام ماسورة واحدة عن١ م٣/ث وفاقد الاحتكاك حوالى المتر ٠

التنفيذ :

التخطيط : أول أعمال التنفيذ هو اختيار الموقع وتحديد المحور ــ وقد روعى فى اختيار الموقع ان يحقق أقصر طول ممكن بين النقطتين المراد توصيلهما وهو محطة الرفع بفم الخليج ٠٠ ومجمع غرب النيل بشارع ثروت بالجيزة ٠ وان يحدد محور النفق فى اضيق عرض للنيل فى الموقع المختار ٠ وقد اختير الموقع المجاور لكوبرى الجامعة مع جهة الجنوب ٠٠ أما نقطة مرور النفق وتحديد محوره ، فقد بذل جهدا كبيرا للوصول الى أقصر مسافة لعرض النيل بهذه المنطقة ٠٠ والسبب فى ذلك يرجع الى التعرج الشديد فى شطى النيل وخداع النظر ٠٠ وأخيرا حدد المحور قبلى كوبرى الجامعة بحوالى ١٥٠ متر اذ ثبت انه أقل عرض اذ يبلغ طوله ٤٧٠ مترا ٠

تصنيع مواسير النفق :

انشئت بلاطة خرسانية بطول ١٥٠ مترا وبعرض ٦ أمتار وموازية للنيل لصب مواسير النفق عليها وتجميعها ٠٠ ومواسير النفق بطول خمسة أمتار وسمك حوائطها ٥ر٢٧ سم ـ وخطوات انشاء الماسورة كالآتى :

● توضع الفورمة الداخلية رأسيا على بلاطة التشغيل المذكورة وهى من الصلب وبقطر خارجى قدره ٢٠ر٣ مترا وبارتفاع ٥ متر كما فى الشكل التالى :

● تثبت أسياخ حديد التسليح حول الفورمة ٠

● يلغف حديد التسليح من الخارج بشبكة سلكية من الصلب لمنع أى شروخ شعرية تنتج من انكماش الخرسانة

● يثبت بطول محيط الماسورة وفى منتصف سمك حائطها عدد ١٨ ماسورة من الحديد المجلفن قطر كل ٦٠مم لوضع حديد التسليح سابق الاجهاد داخلها ٠

● يوضع عدد اربعة ماسورة حديد قطر كل منها ٢ بوصة بمحيط الماسورة لحقن مونة الأسمنت والرمل ٠

● يملأ الفراغ بين الفورمة الداخلية والشبكة السلكية بزلط مقاس ٤ ـ ٨ سم ٠

● تركب الفورمة الخارجية وهى مكونة من جزئين كل بطول نصف محيط الدائرة ، ويحكم قفلها جيدا ٠

● يحقن الزلط بمونة الأسمنت والرمل بطريقة (كولجروت) وتتم كالآتى :

يخلط ٥٠ كجم أسمنت بعشرين كجم من الماء فى درجة حرارة لا تزيد عن ١٠م ، وذلك لتأخير زمن الشك الابتدائى ولذا ٠٠ كانت عملية الحقن تتم فى الساعات المتأخرة من الليل مع وضع ثلج فى الماء أو حول الخلاط ، ثم ينتقل المزيج الى خلاط اخر ذو سرعة كبيرة حيث يضاف اليه ٧٠ كجم من الرمل ، ثم يضغط الخليط بطلمبة لحقن الزلط من أسفل الى أعلى بمعدل ٥ر١ م من الارتفاع فى الساعة ٠

● بعد شك الخرسانة ترفع الفرم ٠

● تترك الماسورة مدة ليتم تصلبها مع ملاحظة تغطيتها بالخيش واستمرار رشها ٠

والى ان يتم تصنيع ١١ ماسورة ، تبدأ عملية تجميعها ثم يبدأ فى صب مجموعة أخرى من المواسير ٠

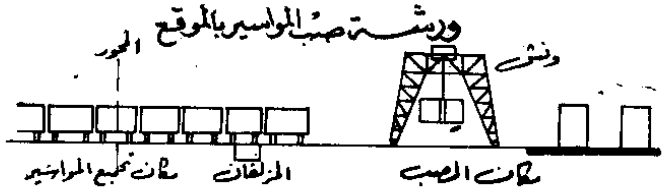
تجميع المواسير :

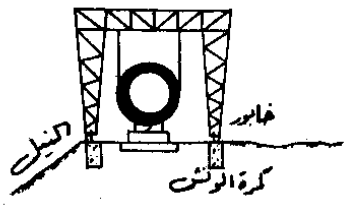
● توضع الاحدى عشر ماسورة المذكورة فى خط مستقيم افقى مع ترك فواصل بين كل حوالى ٢٠ سم مع مراعاة منتهى الدقة ان تكون أطراف مواسير الحديد المخصصة لوضع حديد التسليح سابق الاجهاد متقابلة ثم تلحم أطراف المواسير المذكورة بعضها البعض ٠

● تملأ الفواصل بين المواسير بالخرسانة المسلحة بنفس الطريقة التى صبت بها المواسير ، مع ترك أشاير من الحديد خارجة من بعض الفواصل لربطها بالكراسى الخرسانية التى ستحمل عليها المواسير بقاع الخندق ٠

● يوضع عدد ١٢ سيخ حديد تسليح سابق الاجهاد داخل الثمانى عشر ماسورة المخصصة لها ٠

● تشد كوابل حديد التسليح المذكورة سابقا بواسطة رافعتين هيدروليكتين حتى تبلغ الاستطالة الناتجة من الشد فى كل من الطرفين ١٥ سم ، أى ان مجموع الاستطالة الكلى ٣٠ سم ـ وقوة الشد فى كل كابل تبلغ ٦٠ طن ٠٠ وبذا يكون الشد الكلى لحديد التسليح سابق الاجهاد بالماسورة هو ١٠٨٠ طن ـ بعد ذلك تثبت الكوابل بطرفى الماسورة لتثبيت الشد ثم تحقن (تحت ضغط) مواسير الكابلات بمونة كولجروت ، وبذا يصبح طول الماسورة المجمعة حوالى ٥٧م أى ١١ × ٥ر٠ + ٢٠ر٥ × ١١ ـ قيمة النقص نظير الشد ويساوى ٢٠ سم ٥٥ م فيصبح الناتج ـ ٥٧ر م ٠





052 (1184x1638x24b bmp)

مواسير الصلب داخل النفق :

صنعت ماسورتى المجارى من الصلب بقطر داخلى ٢٠ر١ م وبسمك ١٢ مم لتمرير مياه المجارى بها وتم لحامها بالكهرباء ، وانشىء عليها فتحات كل ١٠٠م بغرض امكان التفتيش داخلها ، ولمنع النحر بالمواسير غطى الجـــزء الأسفل من محيطها الداخلى بطبقة منالخرسانة الصـــلبة الغنية بالاسمنت بسمك ٥ سم ودهن النصف الباقى ، وكذا الاسطح الخارجية بالبيتومين ــ ولحمت عدة مواسير حتى بلغ طول الماسورة المجمعة ٥٢م وبهذا تكون طول الماسورة الملحومة بنقص ٥م عن طول ١١ ماسورة وهو ٥٧م ٠٠ وترتكز المواسير داخل النفق على قواعد خرسانية،وانشىء بين الماسورتين مشاية من الشبك الصلب للمرور ٠

انزال مواسير النفق :

لانزال مواسير النفق استعين بمزلقانين بميل ٤ : ١ ومزود كل منهمابمركبة انزلاقيتحكم فى تحريكها ونش هائل القوة اذ يبلغ وزن الماسورة المجمعة ٦٠٠ طن أى ٢٠ر٣ + ٢٧٥ر × ١٤ر٣ × ٧٠ر٢ × ٥٧ وزن المواسير الحديد وخلافه وتبدأ المرحلة الاولى لانزال المواسير بتحميلها على مركبتى الانزلاق بدلا من سابق تحميلها على الكراسى المؤقتة ثم السماح للمركبتين بالانزلاق حتى يبلغا منتصف ميـــل الانزلاق كما هو موضح بالشكل التالى :

ثم تبدأ المرحلة الثانية التى يتخذ فيها الاجراءات التالية :

ــ يوضع داخل النفق ماسورتى الصلب الســـابق تجميعكل بطول ٥٢م وذلك بعد قفل اطرافها باحكام ، وتحمل على الكراسى الخرسانية التى يتم صبها فى هذه المرحلة ٠

ــ توضع قطعتين من المواسير الصلب بنفس القطر وبطول حوالى ٥م لتوصيل خطى المواسير داخل هذه الوحدة (من ماسورة النفق) والوحدة التى تليهـــا ولا تطبب الوصلتان بطول ٥م ٠

ــ يقفل طرفى ماسورة النفق باحكام شديد بطبتين من الحديد ٠

ــ من كل من الطبات الأربع للماسورتين الصـــلب تخرج ماسورة بقطر نصف بوصة تنفذ كذلك من طبتى ماسورة النفق وتبرز خارجها وتعلوها ٠

ــ تركب شدة خشبية بجسم ماسورة النفق فى الاماكن الخارج منها أشاير حديد التسليح والتى ستثبت مـــع القواعد الخرسانية التى تصب بخندق الحفر لتحميلماسورة النفق عليها ٠

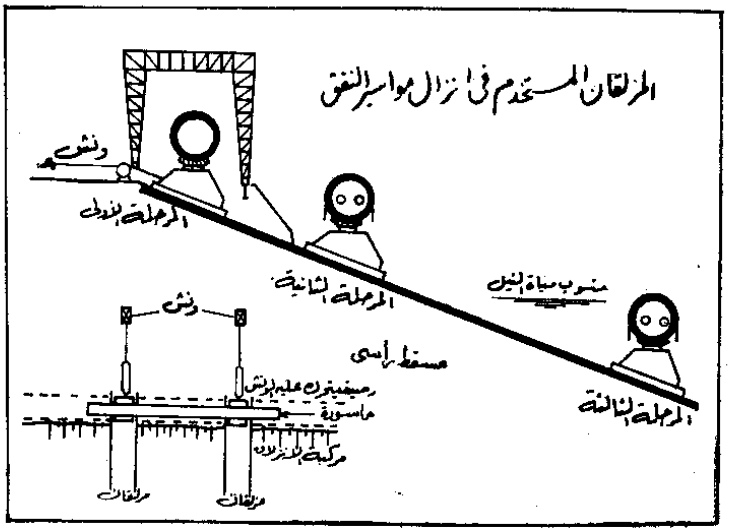
ــ يدهن السطح الخارجى لماسورة النفق بالبيتومين ٠

وقد تم صب مواسير النفق بنجاح ودقة بالغة حتى كان يظن لمن يراها ولو من قرب انها مصنوعة من حـديد الزهر أو الصلب ٠

بعد ذلك ٠٠ تبدأ المرحلة الثالثة ، وهى السماح للمركبتين بالانزلاق حتى تغوصا فى الماء ، وعند ملامسة ماسورة النفق للماء عامت بما فيها من حمل على سطح النيل ، وقد غطست بالماء لحوالى ثلثى قطرها وقد تم قياس بدقة عمق غاطسها ، تركت الماسورة لمدة شـــهر مع مراقبة الغاطس الذى لوحظ عدم زيادته اطلاقا ، مما اثبت عدم سماح حوائط النفق الخرسانية لأى رشح ينفذ منها ٠ وأكد الثقة فيما تم من تصميم وفيما أتبع من طريقة فى صب الخرسانة ٠

حفـــر الخنـــدق :

حفر الخندق لمنسوب ٠٠ر٢م ، أى بعمق قدره ٣٠ر٧م عن منسوب قاع النهر الفعلى بالموقع ، وبعمق قـــدره ٧٥ر٨م عن منسوب قاع النهر التهذيبى أى أن عمق الحفر من مستوى قاع النيل حوالى ٦م فى المتوسط ، وعـرض قاع الخندق ٠٠ر٤م ، وميل جوانبه ٦ : ١ ، وقد تم الحفر بكراكه قوتها ١٧٠ حصان وقطر ماسورة السحب ٢٥ سم وعمقها ١٥م ــ وقطر ماسورة الطرد ٣٠ سم وطولها حوالى ١٠٠م ، وترفع الكراكة ٥٠م ٣/ الساعة من مخلفات الحفر، وقد بدىء الحفر من الشاطىء الغربى ٠



053 (1184x1638x24b bmp)

انزال النفق بالخندق :

عملية تنزيل مواسير النفق تتبع أولا بأول عملية حفر الخندق الذى يبدأ من الشاطىء الغربى متجها الى الشرق ، وموضح بالشكل التالى أولوية انزال المواسير ٠٠ رقم (١) تم انزالها قبل الماسورة رقم (٢) والماسورة رقم (٢) قبل الماسورة رقم (٣) ٠٠٠ وهكذا ٠

وتوضح الماسورة فى المحور بتثبيت طرفيها مع الثوابت الموجودة على شاطىء النيل والمحددة لمحور النفق ، وذلك بواسطة محطة عائمة ٠

ولزيادة ثقل ماسورة النفق لتغطيسها تملأ المواسير الصلب بها رويدا بالماء خلال المواسير ﻫ بوصة السابق ذكرها والتى تعلو سطح النفق وظاهره من الماء ، وفى حالة هبوط الماسورة فجأة ، وفى غير المحور يضغط الماء فيخرج من المواسير الصلب فيخفف بذلك وزنها وتعوم ماسورة النفق ثانية ٠٠٠ وهكذا اذا لزم حتى يتم التحقق من وضع ماسورة النفق فى المحور المحدد لها بدقة ٠

- تصب خرسانة القواعد تحت الماء ٠
- بعد انزال ماسورة النفق التى تليها وصب قواعدها تصب الخرسانة حول رؤوس الماسورتين ٠
- بعد اتمام تركيب جميع مواسير النفق انشأت غرفتى المدخل والمخرج على شاطىء النيل ٠
- تزال بعد ذلك الطبات الموجودة برؤوس مواسير النفق ثم تلحم الرؤوس من الداخل بألواح من الصلب ، وقد روعى امكان تمدد المواسير مع عدم السماح بأى تسرب للمياه خلال وصلات التمدد (رؤوس المواسير) ٠

- توصيل مواسير الصلب داخل النفق (بعد ازالة طباتها) بقطع المواسير السابق وضعها والتى بطول ٥م بمواسير النفق فى المرحلة الثانية ٠
- ينشىء الممشى ٠
- تزود المواسير الصلب بفرش التنظيف ٠
- تثبت طلمبة عند نهاية النفق فى طرفه الغربى ٠

وبذا تم انشاء النفق وأصبح جاهزا للتشغيل وذلك فى ٣١ ديسمبر سنة ١٩٦٣ أى استغرقت مدة التنفيذ سنتين ونصف فقط ولم يصرف خلالها أى من مستحقات الشركة من النقد الاجنبى ٠

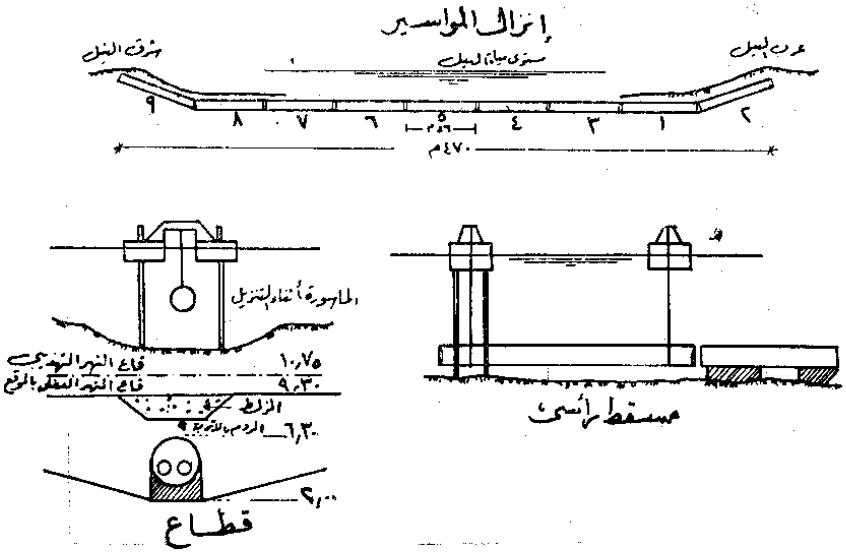
التشغيل :

تستخدم ماسورة واحدة لنقل مياه المجارى بينما تقفل الماسورة الثانية بالبوابة المنشأة عند المدخل ويتبادل التشغيل بين الماسورتين بهذه الطريقة كل أربعة أسابيع تقريبا وتفتح البوابة وتقفل بواسطة أوناش بغرفة المدخل ٠

وعند زيادة التصرف وارتفاع منسوب المياه يمر التصرف الزائد فوق هدار انشىء بين الماسورتين لتشغيل الماسورة الاخرى أوتوماتيكيا ٠

ويمكن قفل التصرف عن احدى الماسورتين أو كليهما ببوابات انشئت عند المدخل والمخرج ٠

وتستخدم الطلمبة المنشأة بنهاية ماسورة النفق لرفع مياه الرشح وتكاثف بخار الماء ولتفريغ المواسير اذا لزم كما سبق بيانه ٠



ومن الفتحات محكمة القفل المنشـــأة على كل من ماسورتين الصلب يمكن التفتيش عليهما من اجزائهمـــا المختلفة ٠

وتنظف المواسير دوريا بفرشة من الصلب قطر ٢٠ر١م تسحب بطول الماسورة بأوناش موضوعه بغرفتى المدخل والمخرج ــ كما ركب على المدخل مصافى تنظيف يدوية لمنع مرور الرواسب السميكة ٠

ويمزج الكلور بالمياه الداخلة الى السحارة بغرض منع الرائحة وفى نفس الوقت منع التعفن ٠

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 حـد محافظه على سلامتها ٠ هذا ٠٠ وقد تم تشغيل السـحارة بنجاح منذ يوليو سنة ١٩٦٥ عند مرور مجارى المائة يوم حتى تاريخه ٠ ولم تحدث أى متاعب فى التشغيل ، كما ان النفق ومواسير الصلب تعمل بغاية من الكفاءة ولم تحتاج الى أى صيانة ، هذا وقد سبق ان تعهدت الشركة الا تزيد كمية المياه فى اليوم بالنفق نتيجة الرشح وتكاثف بخـــار الماء عن متوسط قدره ٥ر٢ م٣ فى اليوم ولتاريخه لم تزد كمية هذه المياه عن بلل بسيط لم يستدعى استخدام طلمبات النزح وأخيرا الخطوات التى سردت باختصار ولكن عظمة هذا العمل فى وقته قبل تقـدم التكنولوجيا كان له أثـــر كبـــير فى نفـــوس العـــاملين وكنت أحد العـــاملين بهذا المشروع وأيضـا عند افتتاحه ليعمـــل سنة ١٩٦٥ حيث كنت أعمل بمشروع مجارى المائة يوم وكان ضمن عملى انشاء محطة رفع على الشاطىء الغربى للنيل لتأخذ مياه المجارى من الماسورتين ويتم رفعها بمحطة الرفع ثم تمـــد مواسير من محطة الرفع حتى بلدة ناهيه الذى تم فيهـا انشاء محطة مجارى التى تقرب من محطة مجارى ميت زنين لانها كانت تعمل بطاقتها كاملة فاضطر الى عمـــل محطة مجارى ناهيه والشىء المهم فى محطة الرفع عـلى الشاطىء الغربى على النيل أنها تبعد عن محور النفق بحوالى عشرون مترا وتم توصيلها بالنفق بعد ذلك لتلافى اهتزازات دق الستائر وتأثيرها على النفق ٠

كيف تم عمل هذه المحطة فى النيل :

تمت فى عشرين يوما وباختصـــار شديد وسأشرح الخطوات التى على أساسها تم انشاء محطة الرفع ٠

حدد ت المساحة المراد انشاء محطة الرفع عليهـــا وكانت حوالى ٣٠×٣٠ م وكلها ستكون فى الماء بجـوار الشاطىء ٠

٢ ــ تم استحضار ماكينة دق عائمة لدق الستائر المعدنية من الأربعة جهات حيث كان يخشى انهيـــار شاطىء النيل الى المنسوب المطلوب ٠

٣ ــ بدء فى نزح المياه بالطلمبات وبدأت تظهر خروم بين الستائر وبعضها علما بأنها معشقة وبدأت عمليـــة لحامها بالكهرباء ٠

٤ ــ استعمل ونشـان لرفـع الطـــين بالجـــرادل أو الكباشات الى خارج البيارة مع استمرار النزح واللحـام بالكهرباء حتى وصل الحفر الى القاع ووضع كسر الحجر الرملى واستغرق هذا العمل عشرة أيام ليلا ونهارا ٠

٥ ــ 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 العمـــل بأكمله فى عشرين يوما ٠