

Fonçage d'une galerie technique à proximité de l'IJzerlaan à Anvers

Driving an utility tunnel near IJzerlaan in Antwerp



Bart VANHOUT, tunnelling manager, SMET Group
Bart VANHOUT, directeur Tunnelling, Smet Group

Micro-tunneling à l'aide de tuyaux de fonçage en béton armé avec âme en tôle de diamètre 3500 x 4100 mm comme alternative avantageuse à la construction d'un tunnel de 255 mètres de longueur avec des voussoirs en béton.

Micro-tunnelling using 3,500 x 4,100 mm diameter reinforced concrete drilling pipes with a sheetmetal core as an advantageous alternative to the construction of a 255 metre long tunnel using concrete segments.

Introduction

Accroissement de la capacité de transport de la navigation intérieure

Dans le cadre des limitations de transport par route, des alternatives sont recherchées pour délester le réseau routier déjà surchargé. Une des solutions envisagées consiste à augmenter la capacité du réseau des voies navigables en Belgique en accroissant notamment le tonnage de la navigation intérieure sur le canal Albert entre Anvers et Liège.

Augmentation du gabarit de navigation en remplaçant ou supprimant les ponts trop bas

Depuis sa création, le canal Albert, qui relie les bassins de l'Escaut et de la Meuse, est une des voies navigables artificielles les plus importantes de Belgique. Une grande

Introduction

Increase in the transport capacity of inland shipping

Within the framework of limits to road transport, alternatives are being sought to relieve the congestion on the already overcrowded road network. One of the envisaged solutions in Belgium is to increase the capacity of the waterway network by, in particular, developing the inland shipping tonnage on the Albert canal between Antwerp and Liège.

Increase the navigation clearance by replacing or removing the lower bridges

Since its construction, the Albert canal linking the Escaut and Meuse basins has been one of the largest artificial waterways in Belgium. A large proportion of the freight traffic leaving the port of Antwerp and heading towards the Ruhr

partie du trafic de marchandises quittant le port d'Anvers vers la Ruhr passe par ce canal. Afin d'augmenter le nombre de containers superposés lors du chargement des bateaux, de nombreux ponts qui enjambent le canal ont dû être systématiquement rehaussés. Une part importante de ce travail a été réalisée durant ces dernières années mais un des rares goulets d'étranglement persistant est le pont de l'IJzerlaan sur le canal à Anvers. Durant ces dernières années, la faible hauteur de ce pont et la réduction de la largeur du canal au droit de celui-ci ont constitué à maintes reprises un problème et des bateaux avec des chargements trop élevés ont souvent subi des dégâts.

1. Le projet

Démolition du pont de l'IJzerlaan et construction d'une galerie technique

Puisqu'à proximité du pont de l'IJzerlaan il existait suffisamment d'alternatives permettant la traversée du canal Albert par le trafic routier, il fut décidé de démolir le pont, de le remplacer par un autre permettant le passage des piétons et des cyclistes et de construire une nouvelle galerie technique d'au moins 3500 mm de diamètre intérieur afin de reprendre les nombreux câbles et canalisations qui se trouvaient jusqu'alors sous ce pont. Pour garantir la stabilité de l'ouvrage, le diamètre extérieur choisi fut de 4100 mm. Les tuyaux correspondant à un diamètre aussi important sont en général constitués de voussoirs en béton mis en place immédiatement derrière le tunnelier recensé où ils sont assemblés afin de former des anneaux sur lesquels le tunnelier s'appuie pour effectuer le creusement de la galerie.

La galerie de l'IJzerlaan se trouve à 28 m de profondeur et à environ 25 m sous la nappe phréatique. Afin de garantir une étanchéité parfaite pendant de nombreuses années, le maître d'ouvrage a choisi des tuyaux préfabriqués à âme en tôle d'acier.

Les avantages de la technique du fonçage

La construction d'un tunnel avec des voussoirs implique une logistique lourde et un puits de départ important

uses this canal. To increase the number of containers stacked during the loading of the boats, a large number of bridges reaching over the canal had to be raised. A considerable proportion of this work has been carried out over the last few years. However, one of the rare remaining bottlenecks is represented by the IJzerlaan Bridge that crosses the canal in Antwerp. Over the last few year, the low clearance of this bridge and the narrowing of the canal next to it have over and over again been a problem, and boats with loads stacked too high have often been damaged.

1. The project

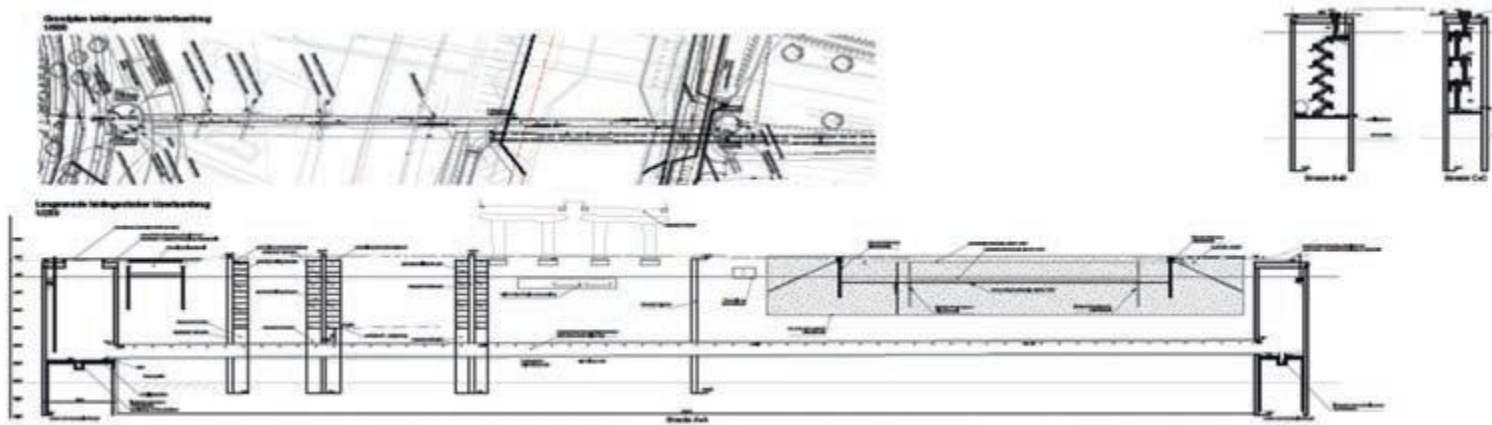
Demolition of the IJzerlaan Bridge and construction of a utility tunnel

Because there were a sufficient number of alternatives for road traffic crossing the Albert canal near the IJzerlaan Bridge, the decision was taken to demolish the existing bridge and replace it by another bridge able to take pedestrian and bicycle traffic. These works were to be accompanied by the construction of a new utility tunnel with an interior diameter of at least 3,500 mm able to contain the large number of cables and pipes that until now had been positioned under the existing bridge. To ensure the stability of the structure, it was decided that the tunnel should have an external diameter of 4,100 mm. Pipes corresponding to such a large diameter are generally formed by concrete segments positioned immediately behind the tunnel boring machine where they are assembled to form rings able to support for the tunnel boring machine as it excavates the gallery.

The IJzerlaan utility tunnel is at a depth of 28 m and located approximately 25 m below the groundwater table. To ensure perfect waterproofing over a large number of years, the client chose to use prefabricated pipes with a steel sheet core.

Advantage of the driving technique

The construction of a tunnel with segments entails considerable logistics and a large launching shaft when compared with the same works carried out using the micro-tunnelling driving technique. These constraints result in considerable





Tête de tunnelier. TBM head

comparativement à la même réalisation effectuée avec la technique de fonçage par micro-tunneling. Ces contraintes engendrent des coûts importants qui ne plaident pas en faveur de la technique d'un tunnel construit avec des voussoirs. Lorsque la longueur de l'ouvrage à réaliser est relativement faible comme c'est le cas pour la galerie de l'IJzerlaan, ces coûts deviennent particulièrement défavorables en comparaison avec la technique du fonçage.

Un autre argument favorable à la technique du micro-tunneling est le délai de réalisation très sensiblement réduit. Le forage des 255 mètres de la galerie de l'IJzerlaan n'a duré qu'environ 6 semaines. Le temps nécessaire à l'installation de divers accessoires à l'intérieur du tunnel pendant la réalisation des 50 à 100 premiers mètres d'un tunnel construit avec des voussoirs est en effet très pénalisant pour cette méthode d'exécution contrairement à celle du fonçage qui ne requiert pas ce délai d'installation supplémentaire.

Une grande première

Un fonçage d'un tel diamètre avec la technique du micro-tunneling et des tuyaux avec âme en tôle d'acier n'avait jamais été réalisé en Belgique. La mise en place

costs that do not favour the construction of a tunnel using segments. When the length of the construction is relatively short, as it is the case for the IJzerlaan utility tunnel, these costs become particularly unfavourable when compared with the driving technique.

Another argument in favour of the micro-tunnelling technique is the considerably reduced amount of time required for the works. The drilling of the 255 meter of IJzerlaan utility tunnel took approximately six weeks. The time needed for the installation of the various accessories inside the tunnel for the construction of the first 50 to 100 meter of a tunnel using segments is in fact particularly penalising for this works method when compared with driving which does not require this additional installation period.

An innovative solution

Driving out such a large diameter using the micro-tunnelling technique and with pipes having steel sheet cores had never been done before in Belgium. The installation of pipes having an external diameter of over 4 m implies specific problems that need to be carefully examined prior to the works being carried out. The provision of driving pipes of such a size and weight (approximately 30 tonnes per ele-

de tuyaux de diamètre extérieur de plus de 4 m implique des problèmes spécifiques qui doivent être soigneusement examinés préalablement à l'exécution de l'ouvrage. Les amenées de tuyaux de fonçage d'une telle grandeur et d'un poids d'environ 30 tonnes par pièce (d'une longueur de 1 m) ne sont pas évidentes. Elles nécessitent l'organisation de transports spéciaux.

Un micro-tunnelier nommé Margriet

Le micro-tunnelier qui a effectué le fonçage pèse 100 tonnes. Il a été baptisé "Margriet", nom qui signifie "perle", "fille de la mer" ou "enfant de la lumière". C'est le maître d'ouvrage qui a choisi le nom de ce tunnelier lequel a permis la réalisation de la galerie d'IJzerlaan sous le canal Albert à Anvers, une ville possédant un des plus importants ports mondiaux.

Âme en tôle d'acier

Un fonçage effectué avec des tuyaux à âme en tôle d'acier est parfaitement étanche. Le concept est basé sur un tuyau en acier recouvert à l'intérieur et à l'extérieur d'une épaisse couche de béton. Lors du fonçage les tuyaux de 1 m s'articulent entre eux grâce aux joints qui assurent l'étanchéité entre les différents éléments. Cette flexibilité pendant la construction de la galerie permet des modifications de trajectoire de la tête de forage et même, dans une certaine mesure, la réalisation de fonçage en courbe. Lorsque le fonçage est achevé, les âmes en tôle d'acier de chaque élément de tuyau sont soudées les unes aux autres au droit des joints à l'aide de bandes en acier. On obtient de cette manière une liaison qui garantit l'étanchéité de l'ensemble.

Argile gonflante

Préalablement à la réalisation de la galerie technique de l'IJzerlaan, une fouille de reconnaissance a permis de mettre en évidence la présence d'une couche d'argile de Boom sous le tunnel à réaliser. Les échantillons qui furent prélevés permirent d'étudier le caractère gonflant de cet horizon et de déterminer les mesures spécifiques à appliquer afin que la construction ultérieure de la liaison routière Oosterweel situé juste au-dessus la galerie technique de l'IJzerlaan n'influence pas la pérennité du tunnel. En effet, la détente de l'argile de Boom qui apparaîtra inmanquablement pendant le terrassement de cette future construction routière provoquera un certain déplacement vertical de la partie de la galerie située sous la future excavation. Sans les mesures particulières qui furent adoptées, ce mouvement aurait risqué d'endommager la galerie technique (voir schéma).

Argile de Boom / Boom clay

ment $l = 1$ m) is not easy and requires the organisation of special modes of transport.

A micro-tunneller named Margriet

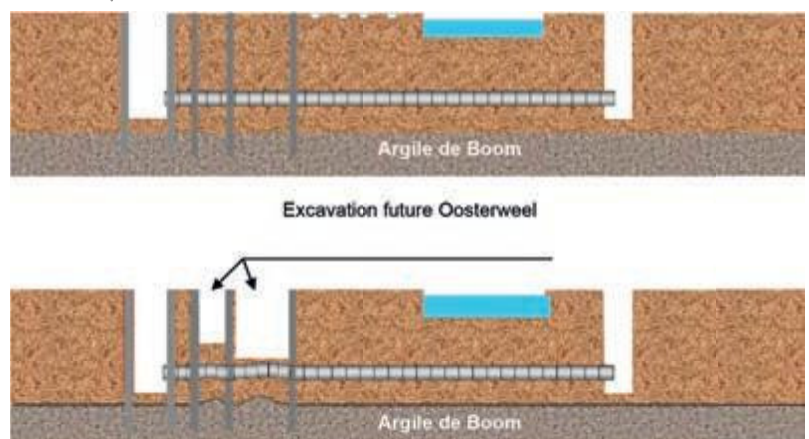
The micro tunnel boring machine that carried out the driving weighs 100 tonnes. It is called "Margriet", a word that means « pearl », « daughter of the sea » or « child of light ». It was the client that chose the name of this tunnel boring machine which made it possible to excavate the IJzerlaan utility tunnel under the Albert canal in Antwerp, a city with one of the largest harbor in the world.

A steel sheet core

Driving carried out using steel sheet core pipes ensures a complete waterproofing. The concept is based on a steel pipe that is lined both inside and outside by a thick layer of concrete. During the drilling, the pipes are interconnected using joints that ensure the waterproofing between the various elements $l = 1$ m. This flexibility during the construction of the utility tunnel permits modifications to the driving head trajectory and even, to a certain degree, the possibility of curved drilling. Once the driving is completed, the steel sheet cores of each pipe element are welded to one another next to the joints using steel belts. This method provides a link that guarantees the waterproofing of the entire construction.

Swelling clay

Prior to the construction of the IJzerlaan utility tunnel, a survey excavation revealed the presence of a Boom clay layer under the tunnel to be constructed. The samples taken allowed the swelling nature of this horizon to be studied and to determine the specific measures to be taken to ensure that the subsequent construction of the Oosterweel road link just above the IJzerlaan utility tunnel would not influence the long working life of the tunnel. In fact, the expansion of the Boom clay, which would inevitably reveal itself during the earthworks required for this future road construction, would result in a degree of vertical displacement of the part of the utility tunnel located under the future excavation. Without the particular measures that were adopted, this movement would have risked damaging the utility tunnel (see sketch).



Joint flexible avec une âme en tôle d'acier soudée

Afin de pallier le déplacement vertical provoqué par la détente de l'argile gonflante (sous la forme d'une courbe de Gauss), il était essentiel que le train des tuyaux formant la galerie conserve une certaine flexibilité après la réalisation des soudures. Pour ce faire, un joint spécifique de liaison soudée, flexible et étanche a été développé. Pour éviter toute corrosion au droit de la liaison soudée, celle-ci a été réalisée en acier inoxydable. Le concept des joints entre les tuyaux de fonçage avec âme en tôle d'acier a ainsi été amélioré non seulement par l'utilisation d'un triple système d'étanchéité mais aussi par la mise en place des éléments permettant la réalisation d'injections supplémentaires lors d'une phase ultérieure.

2. Conclusions

L'exécution réussie et rapide de ce projet démontre clairement que le fonçage de tuyaux préfabriqués d'un diamètre exceptionnel par la technique de micro-tunneling est une alternative techniquement et économiquement rentable en comparaison avec la technique des voussoirs habituellement utilisée pour ce type de diamètre.

Il est indéniable que le fonçage offre de nombreux avantages tels que :

- La possibilité d'une exécution bien plus rapide pour des longueurs jusqu'à 1500 m.
- Un puits de départ qui peut être nettement plus petit.
- La réduction des problèmes logistiques liés à l'amenée des éléments constituant le tunnel.
- Une importante réduction du temps nécessaire à la production des éléments préfabriqués.
- Un risque faible de tassements différentiels en surface, pour autant que le contrôle des injections de bentonite soit fait avec le plus grand sérieux et qu'une injection de comblement du vide annulaire soit réalisée immédiatement après l'achèvement du fonçage.

L'étude des aspects particuliers de la galerie de l'IJzerlaan et la conception de celle-ci ont permis d'étendre le concept de la technique du fonçage à des tuyaux en béton armé avec âme en tôle d'acier de diamètre 3500 x 4100 mm et à la mise au point d'une solution permettant de transformer une liaison rigide au droit des joints des tuyaux avec âmes en tôle d'acier en une liaison flexible en permanence et insensible à la corrosion.



Le micro-tunnelier et l'équipe après l'achèvement du fonçage.
The micro-tunneller team on completion of drilling.

Flexible joints with a welded steel sheet core

To compensate the vertical movement caused by the expansion of the swelling clay (in the form of a Gauss curve), it was essential that the string of pipes forming the utility tunnel retain a certain flexibility on completion of the welds. To this end, a specific welded linking joint, both flexible and waterproof, was developed. To avoid any corrosion around the welded link, this element was made from stainless steel. The concept of joints between the drilling pipes with a steel sheet core was thus improved both by the use of a triple waterproofing system and by the installation of elements that would potentially permit additional grouting during a subsequent phase.

2. Conclusions

The successful and rapid carrying out of this project clearly demonstrates that the drilling of prefabricated tubes of an exceptional diameter and made possible through the use of the micro-tunnelling technique is an alternative that is both technically and economically profitable when compared with the arch technique generally used for this type of diameter.

It is undeniable that driving offers a number of advantages that include:

- The possibility of works that are far faster for lengths of up to 1,500 m.
- A launching shaft that can be much smaller.
- A reduction in the logistical problems resulting from the provision of the elements forming the tunnel.
- A considerable reduction in the time needed to produce the prefabricated elements.
- A low risk of differential settlement on surface level on condition that the monitoring of bentonite injections is carried out conscientiously and that grouting to fill the annular space be carried out immediately on completion of the driving.

The study of the particular aspects concerning the IJzerlaan utility tunnel and the design of the latter made it possible to extend the driving technique to include reinforced concrete

pipes with steel sheet cores having a diameter of 3,500 x 4,100 mm, as well as the development of a solution permitting a rigid link around joints of pipes with steel sheet cores to be transformed into a flexible link with a long service life and that is insensitive to corrosion.