



## ZEEBRUGGE BELGIUM

### MV-PALEN

#### TREKPALEN VOOR KAAI-MUREN

De kaaimuren 'Wielingendok' en 'Albert II dok' te Zeebrugge, beide van het 'Deense type', werden op innovatieve wijze verankerd door gebruik te maken van geïnjecteerde H-palen (Fig. 1).

De voorzijde van de kade bestaat uit een combiwand met buispalen  $\varnothing$  1620 mm en AZ 26 tussenplanken. 5 rijen drukpalen en 2 rijen trekpalen aan de achterzijde ondersteunen het werkplatform. Gezien de zeer hoge horizontale belasting ten gevolge van grond-druk, waterdruk, kraanlasten en bolderkrachten werd gekozen voor geïnjecteerde H-profielen van het type MV (Müller Verpresspfahl). Voor het Wielingendok bijvoorbeeld, bedraagt de vereiste trekkracht ongeveer 5000 kN/paal.

De geïnjecteerde palen bestaan uit een stalen HP-profiel met een verbrede voet. Tijdens het heien wordt hierdoor in de grond een ruimte creëerd die gelijktijdig met grout wordt opgevuld. Zo wordt de schachtwrijving tijdens het heien aanzienlijk verminderd. Na verharding zorgt de grout voor een goede aanhechting tussen de verdrongen grond en het stalen profiel, waardoor hoge wrijvingsseenheden kunnen bereikt worden.

### PIEUX MV

#### PIEUX D'ANCRAGE POUR MURS DE QUAÏ

Le choix de pieux H injectés comme système d'ancrage a donné lieu à une solution innovante pour l'exécution des murs de quai de type danois 'Wielingendok' et 'Albert-II dok' à Zeebrugge (Fig.1).

Une paroi combinée tubes  $\varnothing$ 1620 mm et palplanches intermédiaires AZ 26 constitue la partie avant du quai. La plate-forme repose sur 5 rangées de pieux de compression et sur 2 rangées de pieux d'ancrage à l'arrière. Des pieux injectés du type MV (pieu Müller) modifié ont été choisis afin de compenser les efforts horizontaux élevés provenant de la poussée des terres, de la pression hydrostatique, des grues et des bollards. Pour le Wielingendok p.ex. la charge exigée est de 5000 kN/pieu.

Les pieux injectés sont composés d'une section HP avec un élargissement à la base. Lors de l'installation des pieux, le vide créé par le passage de l'élargissement dans le sol est progressivement rempli de mortier. Ainsi, le frottement latéral est réduit de façon substantielle lors du battage. Après prise, le mortier constitue la liaison entre le pieu et le sol et permet de mobiliser des frottements unitaires élevés.

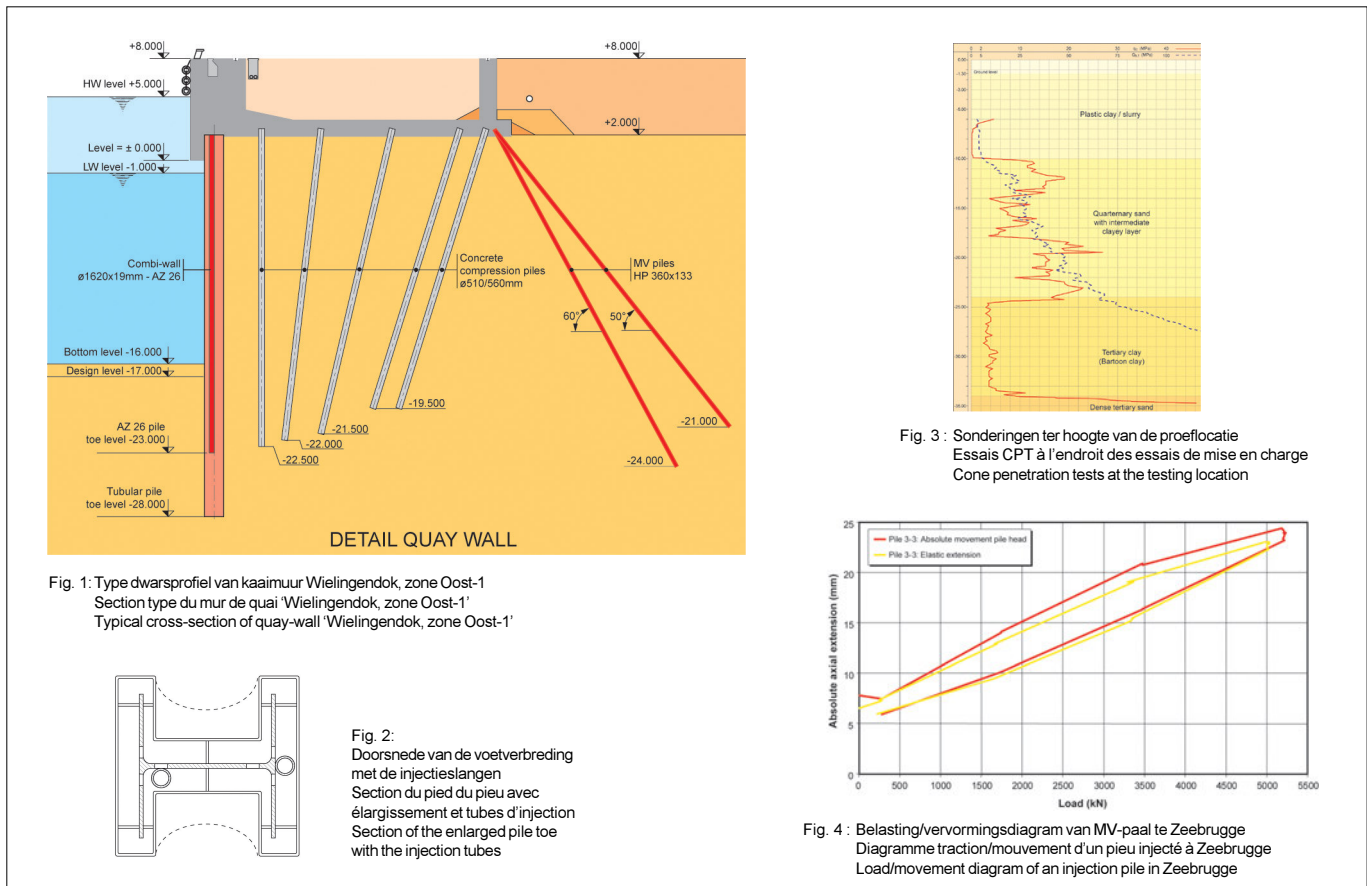
### MV-PILES

#### ANCHOR PILES FOR QUAY-WALLS

An innovative design of the anchoring system for the 'Danish type' quay-walls 'Wielingendok' and 'Albert-II dok' in Zeebrugge has been achieved by the use of injected H-piles (Fig. 1).

The front of the quays consists of a combi-wall with  $\varnothing$ 1620 mm tubes and AZ 26 intermediary sheet piles. 5 rows of compression piles and 2 rows of anchor elements at the rear support the working platform. Due to the very high horizontal forces resulting from soil pressure, water pressure, crane loads and bollard-forces, modified MV type (Müller Verpresspfahl) injected H-piles were chosen. For the Wielingendok for instance, the required tensile force is about 5000 kN/pile.

The chosen injection piles consist of a steel HP-section with an enlarged lower end for displacing the soil. During installation, the void created by the passage of the enlarged toe in the ground is progressively filled with grout. In this way, the shaft friction is greatly reduced during the installation process. After hardening, the grout provides a good connection between the displaced soil and the steel element and enables the mobilisation of high unit friction.



Injectieslangen zijn bevestigd langs de paal en monden uit in de voetverbreiding die bestaat uit een H-vormige stalen doos (Fig. 2). Het groutmengsel wordt vanaf de start geïnjecteerd met een druk van ongeveer 10 bar.

Om de individuele werking van de trekpalen te bevorderen werd gekozen voor 2 verschillende hellingen: 50° en 60° met de horizontale. Het heien gebeurde met een IHC-Hydrohammer S 70.

De HP-profielen 360x133 in staalkwaliteit HISTAR 460 werden 30 m in de grond geheid. Deze profielen hebben een maximale treksterkte (bij vloiegrens) van 7751 kN. Gezien het grote belang voor het project werden 3 trekproeven uitgevoerd met 7 belastings- en ontlastingscycli. Het vereiste draagvermogen van 5000 kN werd bereikt zonder enige bezwijking van grond of paal. Het grensdragvermogen van de palen ligt dus hoger dan vereist (Fig. 4).

De werken in Zeebrugge illustreren een aantal belangrijke voordelen van MV-palen in vergelijking met andere ankersystemen:

- het mobiliseren van zeer hoge treksterktes;
- grote stijfheid van het verankeringsstelsel;
- mogelijkheid om onder steile hellingen te heien.

Opdrachtgever Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, LIN, AWZ, afdeling Waterwegen Kust & Maatschappij der Brugse Zeevaartinrichtingen  
 Studiebureau Studiesyndicaat Wefima N.V., Constructor N.V. & BCEC.  
 Hoofdaannemer Van Laere N.V. (Zwijndrecht)  
 Hei-firma Fundex N.V. (Zeebrugge)  
 Controlebureau SECO

Des tubes d'injection sont fixés le long du pieu pour finir dans l'élargissement en forme de H (Fig. 2). Dès le début de l'installation des pieux, le mortier est injecté sous une pression d'environ 10 bars.

L'action individuelle des pieux d'ancrage a été optimisée par le choix de 2 angles d'inclinaison différents: 50° et 60° par rapport à l'horizontale. Le battage a été réalisé à l'aide d'un marteau IHC-Hydrohammer S 70. Des profilés HP 360x133 en nuance HISTAR 460 ont été installés sur une profondeur de 30 m. A la limite élastique, la charge maximale en tension de ces sections est de 7751 kN. Au vu de l'importance du projet, 3 essais statiques ont été exécutés sur base de 7 cycles de chargement et déchargement. La charge ultime de 5000 kN a été réalisée sans qu'il y ait eu rupture du pieu ou du sol; la capacité effective des pieux est donc supérieure à cette valeur (Fig. 4).

Les travaux réalisés à Zeebrugge ont permis de mettre en évidence les avantages des pieux injectés par rapport à d'autres systèmes d'ancrage:

- mobilisation d'efforts très élevés en traction;
- haute rigidité du système d'ancrage ;
- possibilité d'installation sous des inclinaisons importantes.

Maitre de l'ouvrage Ministère de la Communauté Flamande, LIN, AWZ, section Waterwegen Kust & Maatsch. der Brugse Zeevaartinrichtingen  
 Bureau d'études Studiesyndicaat Wefima N.V., Constructor N.V. & BCEC.  
 Entreprise générale Van Laere N.V. (Zwijndrecht)  
 Entreprise de battage Fundex N.V. (Zeebrugge)  
 Bureau de contrôle SECO

Injection tubes are fixed along the pile and end in the toe enlargement consisting of an H-shaped steel box (Fig. 2). Grout is injected from the start of installation at pumping pressures of approximately 10 bar.

The individual action of the anchor piles was optimised by choosing two different inclination angles: 50° and 60° against the horizontal. The driving was performed with an IHC-Hydrohammer S 70.

The chosen sections HP 360x133 in steel grade HISTAR 460 were driven 30 m into the soil. The maximum tensile force of these piles at yield point is 7751 kN.

In view of the importance of the project, 3 tensile tests were performed each in 7 loading and unloading cycles. The maximum design load of 5000 kN was achieved without any pile or soil failure, proving the effective ultimate pile capacity to be higher than required (Fig. 4).

The Zeebrugge projects demonstrated some of the outstanding advantages of injection piles in comparison with other anchoring systems:

- mobilisation of very high tensile loads;
- high rigidity of the anchoring system;
- possibility of driving under steep inclinations.

Client Ministry of the Flemish Community, LIN, AWZ, section Waterwegen Kust & Maatschappij der Brugse Zeevaartinrichtingen  
 Engineer Studiesyndicaat Wefima N.V., Constructor N.V. & BCEC.  
 Main contractor Van Laere N.V. (Zwijndrecht)  
 Piling contractor Fundex N.V. (Zeebrugge)  
 Control office SECO