

Injection solide

DIGUE DE LA CONDAMINE MONACO



Consolidation des sols d'assise sous le caisson culée

Dans le cadre de l'opération d'extension du Port de la Condamine de Monaco, SOLETANCHE SAM a réalisé la consolidation des terrains d'assise sous le caisson culée.

Le traitement effectué par injections solides a pour but d'améliorer la capacité portante et de limiter les tassements à long terme du terrain sous l'effet des charges statiques et dynamiques apportées par l'ouvrage. Ce traitement consiste en une incorporation dans le sol sous pression élevée d'un mortier pompable et de consistance ferme.

Après purge des terrains vasards et mise en œuvre d'un ballast 40/180, le caisson culée a été positionné et posé sur les remblais à la cote -30 NGM, offrant une plate-forme de travail à la cote +1 NGM.

Géologie du site

La stratigraphie est la suivante :

- Remblais vibro-compactés (ballast) de -30 à -40 NGM environ.
- Argiles sableuses molles (zones non purgées) et tufs calcaires modérément durs de -40 à -45 NGM.
- Alternance de sables calcaires et limons argileux de -45 à -60 NGM.



Vue générale du chantier

MAÎTRE D'OUVRAGE :	ETAT DE MONACO - SERVICE DES TRAVAUX PUBLICS
MAÎTRE D'ŒUVRE :	DORIS ENGINEERING/SIMECSOL
BUREAU DE CONTRÔLE :	VERITAS
ENTREPRISE GÉNÉRALE :	SOLETANCHE SAM
DURÉE DES TRAVAUX :	JUILLET À OCTOBRE 2001

QUANTITÉS PRINCIPALES :

- Surface traitée : 3 200 m²
- Volume de terrain traité : 80 700 m³
- Nombre de forages : 328
- Linéaire foré : 7 260 ml
- Volume de mortier incorporé : 1 250 m³

Définition du traitement

Le traitement a concerné une surface de 80 x 40 m et une épaisseur de terrain de 25 à 30 m sous le caisson culée.

Après réalisation d'une reconnaissance préalable des terrains (sondages carottés et destructifs, pressiomètres), le traitement a consisté en l'exécution des forages selon un maillage de 3,40 x 3,40 m en primaires/secondaires et de 2,40 x 2,40 m pour les tertiaires dans la zone non purgée.

Le mortier utilisé était composé d'un sable concassé de filler calcaire 0/2,5, 200 kg de cendres volantes de Gardanne, de 100 kg ciment prise mer. Il était du type prêt à l'emploi, livré sur le chantier par camions toupie, avec un affaissement de 8 à 10 cm. Avant incorporation, le mortier était maintenu en agitation



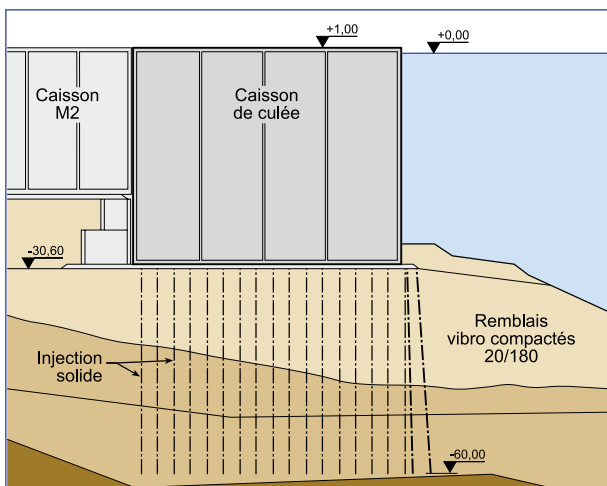
Un volume de 1 250 m³ de mortier a été incorporé donnant un taux d'incorporation global de 1,55 % dont :

- 1,40 % dans les remblais,
- 5,90 % dans les terrains non purgés,
- 1,10 % dans les terrains naturels inférieurs.

- injection du mortier à travers le tubage en remontant par passes de 1 m avec enregistrement des données et pilotage depuis la foreuse.

Les contrôles en cours de traitement ont consisté en un suivi de tassomètres scellés dans le terrain, un suivi topographique du caisson culée et un contrôle des caractéristiques rhéologiques mécaniques du mortier.

Les contrôles après traitement effectués par des sondages pressiométriques, des essais cross holes et des essais pénétromètres statiques ont permis de mettre en évidence l'amélioration apportée par le traitement avec augmentation des modules pressiométriques moyens des terrains traités.



Coupe type

dans une trémie. La résistance du mortier à 28 jours était de 7 MPa.

L'injection a été réalisée en remontant par tranches de 1 m, avec des volumes d'arrêt de 200 à 500 l. par tranches et des pressions de 3 à 5 MPa, paramètres variables suivant la nature des couches à traiter.

Ces critères de volume et de pression ont d'ailleurs été régulièrement recalés en cours d'exécution des travaux, en fonction des taux d'incorporation et des pressions finales.

Le traitement a été réalisé sur 328 forages représentant 7 260 mètres dont 181 forages primaires, 102 secondaires et 45 tertiaires.

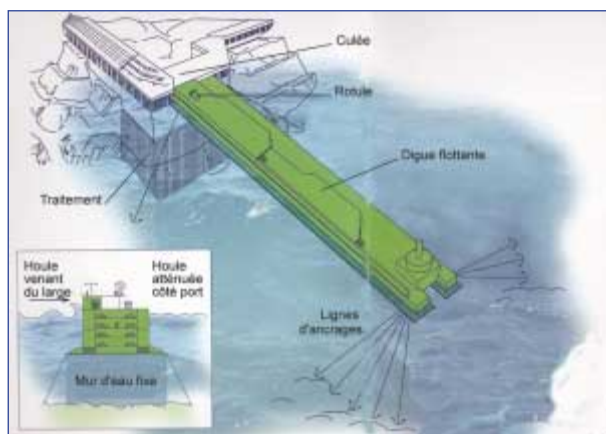
Exécution des travaux

Les travaux ont été effectués de début juillet à mi-octobre 2001, mobilisant un effectif moyen de 30 personnes en poste de 6h à 22h et des moyens importants en matériel : une grue de manutention avec flèche 40 m, 5 foreuses hydrauliques DCH 114 et 218, 4 pompes d'injection type KOS 1053, 3 trémies de stockage mortier.

Le phasage des travaux a été le suivant :

- destruction du bouchon en béton du radier du caisson culée au marteau fond de trou,

- perforation en roto percussion en tubes/tiges avec enregistrement des paramètres de forage,
- extraction des tiges,



Culée d'ancrage de la digue flottante