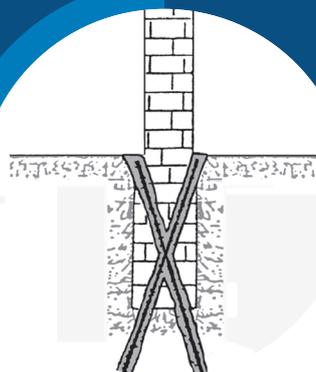


Renforcement de fondation d'ouvrage par micropieux

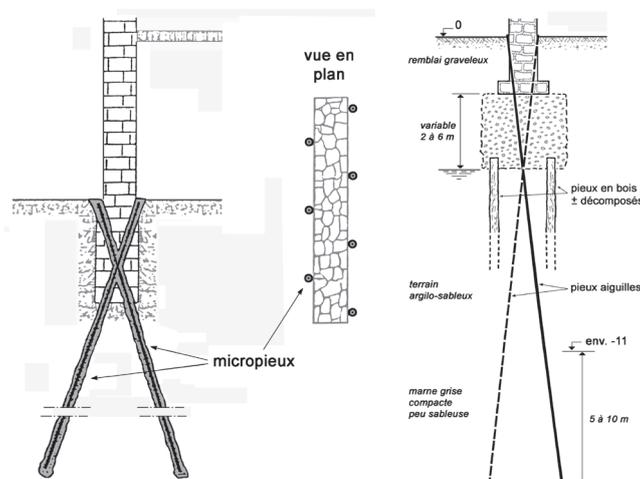


Présentation

Les fondations des structures existantes, quelle que soit leur nature, peuvent s'avérer insuffisantes, soit par suite d'une modification des caractéristiques du sol d'assise, soit par suite d'une modification des conditions d'exploitation entraînant une augmentation des charges à porter.

Lorsque les techniques classiques de reprise en sous-œuvre ne peuvent être utilisées (présence d'une nappe phréatique, mauvaise tenue des terrains, bon sol à forte profondeur, risques de décompression des fondations existantes...), la mise en œuvre de pieux ou micropieux doit être envisagée.

Le principe des pieux ou micropieux est de reprendre les charges pour les transmettre à des couches compactes et profondes susceptibles de les supporter dans des conditions satisfaisantes de stabilité et de tassement.



Renforcement de fondation d'ouvrage par micropieux

Le micropieu, objet de la présente Recos, présente l'avantage de pouvoir être réalisé avec du matériel de dimensions réduites compatible avec les difficultés d'accès rencontrées lors de confortement d'ouvrages anciens. Il convient d'appeler micropieu un élément porteur foré d'un diamètre inférieur

ou égal à 250 mm avec une mise en œuvre « forcée » de mortier ou coulis.

Le procédé présente aussi l'avantage de sa faible section droite qui minimise les désordres dans la structure traversée (rupture d'aciers), de même qu'au sein du massif de sol.

Recommandations

Modes opératoires

➔ Les travaux préparatoires consistent en :

- la recherche de la position exacte des fondations de l'ouvrage existant et de leur configuration,
- la définition des efforts globaux à reprendre,
- un constat de l'état de l'ouvrage, de l'état et de la position des mitoyens éventuels, de la situation des couches porteuses, etc.

Une étude de sol complète est indispensable à ce stade, elle permettra de déterminer la nature des sols de fondation ; il en découlera la technique de forage, la longueur prévisionnelle des micropieux et le mode de scellement.

La note de calcul, établie à partir de l'étude de sol et d'éventuels essais préalables, permettra de définir provisoirement un dimensionnement des micropieux. Ces indications seront confirmées par des essais de conformités effectués sur site avec les mêmes moyens de forage et mêmes méthodes d'injection que pour la phase travaux. Le dimensionnement définitif pourra alors être réalisé.

La capacité portante des micropieux dépend des armatures transmettant les efforts de l'ouvrage vers le sol, du scellement avec le sol de fondation ainsi que de la qualité de la liaison micropieux ouvrage (scellement ou appui par une longrine coulée en tête).

Les armatures métalliques sont constituées de barres HA ou de tubes métalliques rabotés par filetages ou

manchons (les micropieux travaillent principalement en compression mais peuvent dans certains cas reprendre des efforts de traction - la liaison des différentes pièces constituant le micropieu doivent en tenir compte).

La performance des scellements des micropieux dans un terrain donné est essentiellement liée à la méthode d'injection qui est classée en 4 grandes catégories :

- **Type I** : le micropieu type I est un pieu foré qui peut ne pas être armé, rempli de mortier. Il n'est plus utilisé en France.
- **Type II** : le micropieu type II est un pieu foré scellé au coulis de ciment par gravité au moyen d'un tube plongeur.
- **Type III** : le micropieu type III est un pieu foré scellé au coulis de ciment à l'aide d'un système d'injection (tube à manchettes). L'injection du coulis de ciment est faite en tête à une pression égale ou supérieure à 1 Mpa : c'est le système IGU (Injection Global et Unitaire).
- **Type IV** : le micropieu type IV est un pieu foré scellé au coulis de ciment à l'aide d'un système d'injection (tube à manchettes). L'injection du coulis de ciment est faite, à chaque niveau de manchettes, avec un obturateur simple ou double à une pression égale ou supérieure à 1 Mpa. L'injection est faite par passes, de manière répétitive. On appelle cela l'injection IRS (Injection Répétitive et Sélective).

Recommandations

Les micropieux traversant des couches de très mauvaises caractéristiques mécaniques doivent être justifiés au flambement.

Il est rare que les nouveaux éléments porteurs se raccordent facilement à la structure existante, qui peut se présenter sous forme de semelles, de longrines ou de fondations massives... Dans de nombreux cas, il y a lieu de démolir partiellement et ensuite de renforcer et d'élargir la partie de l'ouvrage (semelle) sur laquelle se raccorderont les têtes des micropieux.

Points importants

Le choix du mode de forage doit faire l'objet d'une attention particulière pour limiter le possible traumatisme dont la fondation existante et, plus généralement, la structure pourraient souffrir. Ainsi, un carottage des parties à traverser, préalablement à la réalisation des nouveaux micropieux, peut s'avérer nécessaire.

Tout travail de reprise en sous-œuvre d'une fondation affaiblit momentanément les sols de fondation, que ce soit à la suite de forages dans les sols, d'incorporation de coulis de ciment, de terrassements locaux...

Normes

Fascicule 68 du CCTG, pour l'exécution et le fascicule 62 titre V pour le calcul, tous deux de 1993 et destinés aux ouvrages de génie civil, ainsi que le D.T.U 13 de 1992 pour le bâtiment.

Avec des micropieux scellés dans la maçonnerie, le transfert des efforts s'effectue par cisaillement. Il y a mobilisation de l'adhérence entre les armatures et le mortier d'injection et il y a cisaillement entre le mortier et la maçonnerie. La longueur de scellement est en général déterminée par l'adhérence armature/mortier (de l'ordre de quelques centaines de kPa).

Il y a lieu de s'assurer que la maçonnerie est apte à reprendre ces efforts de cisaillement ou d'envisager, si besoin est, son corsetage.

En conséquence, les cadences d'exécution de ces travaux doivent être examinées avec précision et selon une procédure détaillée analysant les conséquences de chacune des opérations.

Lors de l'injection il faut veiller à ce que les pressions ne produisent pas de soulèvement de la superstructure.

Il est nécessaire de mettre en œuvre des dispositions complémentaires pour protéger la nouvelle structure de l'action directe de l'eau en cas d'affouillement et garantir la pérennité des micropieux.

**NF EN 14199 Septembre 2015.
Eurocode**

Proposition de plan de contrôle

Phases	Points de contrôle	Moyens de contrôle
Préparation	Recherche de l'état des fondations actuelles	<ul style="list-style-type: none"> - Recherche plans d'origine - Reconnaissance géotechnique - Étude de sol sondage carotté avec prélèvement d'échantillons - niveau piézométrique et circulations souterraines
Préparation	Recherche, études et caractérisation des terrains de fondation	Étude de sol - caractéristiques pressiométriques - essais en laboratoire
Préparation	Définition des efforts à reprendre	Note de calcul de l'ouvrage, calcul des descentes de charges
Préparation	Contrôle des coefficients de scellement des sols de fondation	Essai de convenance
Travaux	Contrôle des longueurs réalisées et des couches de sols rencontrées	Enregistrement de paramètres de forage
Travaux	Contrôle de l'injection - Quantité de coulis - Pression	<ul style="list-style-type: none"> - Enregistrement des paramètres d'injection - Contrôle résistance à la compression sur coulis
Travaux	Contrôle de l'injection - Qualité coulis	Labo sur chantier - Contrôle densité viscosité décantation < 3 %
Travaux	Contrôle de l'injection - Résistance coulis	Écrasement en labo éprouvettes coulis mini 25 Mpa/28j
Travaux	Contrôle de la qualité des scellements et des capacités portantes des micropieux	Essai de contrôle
Travaux	Contrôle de la position et des inclinaisons des micropieux	Relevé géomètre ou suivi machine GPS et inclinomètre
Travaux	Comptes rendus d'exécution des micropieux	Fiche d'exécution des micropieux
Contrôle	Essais de Contrôle	Le nombre d'essais et le mode opératoire de ces essais sont définis dans les DTU pour le bâtiment et le fascicule 62 titre 5 ainsi que dans les EUROCODES