Jean-Pierre MAGNAN
Ingénieur des Ponts et Chaussées
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

THÉORIE et PRATIQUE des DRAINS VERTICAUX

BIBLIOTECA

Technique et Documentation - Lavoisier
11, rue Lavoisier - 75008 PARIS

Table des matières

AVANT PROPOS 1

INTRODUCTION GÉNÉRALE 3

Chapitre préliminaire

HISTORIQUE DE L'UTILISATION DES DRAINS VERTICAUX EN GÉNIE CIVIL 4

1. Les années de l'expansion. 4

2. Les années de la réflexion (1955-1975) 6
Réflexions sur l'efficacité et l'exécution des drains de sable verticaux. Les études expérimentales en vraie grandeur. Les méthodes de calcul.

3. Histoire des drains de carton (des origines à 1975). . . . 17

4. Histoire récente (depuis 1976) 19

5. Conclusion 20

TITRE I
TECHNIQUES D'EXECUTION DES DRAINS VERTICAUX 21

Chapitre I.1

EXÉCUTION DES DRAINS DE SABLE 23

1.1. Introduction 23

1.2. Généralités. 23

1.3. Méthode du tube fermé battu. 27
a) Tube fermé battu à pointe perdue. 27
b) Tube fermé battu à pointe récupérable 27
c) Tube fermé battu avec un mandrin intérieur. 29
d) Tube fermé battu avec bouchon de graviers 32
e) Problèmes technologiques divers 32

1.4. Méthode du tube ouvert battu 35

1.5. Méthode du tube ouvert vibrofoncé. 35

1.6. Méthode du tube lancé. 39
a) Tube à injection périphérique 39
b) Tube à injection centrale 40
c) Méthode hollandaise 41

1.7. Forage à la tarière 41
a) Tarière continue à âme pleine 43
b) Tarière creuse continue 43

1.8. Forage rotatif avec lançage 44

1.9. Forage par vibrolançage 44

1.10. Choix du matériau drainant 48
a) Conditions de filtre 49
b) Quelques critères pratiques de choix des matériaux drainants 51

Chapitre I.2

DRAINS PRÉFABRIQUÉS 53

2.1. Introduction 53

2.2. Drains de carton 53
a) Description 54
b) Mise en place 54

2.3. Drains à âme plastique (géodrains) 56
a) Description 57
b) Mise en place 58

2.4. Drains en géotextile non tissé 58
a) Description 58
b) Mise en place 59

2.5. Drains de sable préfabriqués 59
a) Description 60
b) Mise en place 60

2.6. Drains de corde 60

2.7. Autres drains apparus récemment sur le marché 61

Chapitre I.3

QUELQUES DONNÉES ÉCONOMIQUES 64

3.1. Généralités 64

3.2. Rendements des différentes méthodes d'installation des drains 64

3.3. Eléments du coût d'un chantier de drains verticaux 65

3.4. Comparaison des coûts sur quelques chantiers 70
a) Drains de sable/Drains de carton - Japon (Mizuno-Gumi Co Ltd, 1966) 70
b) Drains de sable/Drains de carton - Narbonne, France (LRPC Toulouse, 1967) 71
c) Drains de sable forés à la tarière creuse/Drains de sable lancés/Géodrains - France (LRPC de Bordeaux, 1976) 71
d) Drains de sable exécutés par vibrofonçage d'un tube fermé - France (LRPC de Bordeaux, 1976) 72
e) Drains de sable - Plusieurs modes d'exécution - France (LRPC de Bordeaux 1972) 73
f) Drains de sable - Plusieurs modes d'exécution - France (LRPC de Rouen, 1975) 73

g) Drains de sable forés par vibrolançage d'une aiguille vibrante-France (LRPC de Rouen, 1976) 74

TITRE II
EFFICACITE DES DRAINS VERTICAUX 75

Introduction. 77

Chapitre II.1
ETAT DES CONNAISSANCES 78

1.1. Introduction. 78
1.2. L'état des connaissances de Johnson (1970). 79
1.3. L'état des connaissances de Bjerrum (1972). 80
1.4. L'état des connaissances de Pilot (1977). 81
1.5. L'état des connaissances de Broms (1979). 82
1.6. L'état des connaissances de Schlosser (1979). 83

Chapitre II.2
SITES EXPÉRIMENTAUX 85

2.1. Introduction. 85
2.2. Inventaire des sites expérimentaux "comparatifs" 85
2.3. Exemples de sites expérimentaux 103
2.3.1 Le site expérimental de Skå -Edeby (Suède). 103
2.3.2 Le chantier d'essai de Blaye (France) 107
2.4. Instrumentation des remblais d'essai. 113

Chapitre II.3
MÉTHODES D'ANALYSE DES OBSERVATIONS SUR OUVRAGES RÉELS 118

3.1. Introduction. 118
3.2. Méthodes d'analyse citées dans la littérature 118
3.3. Détermination du coefficient de consolidation. 119
Méthode de Gould. 122
Méthode d'Escario et Uriel. 122
Méthode de Scott. 125
Méthode de Matsuo 128
Méthode de Long et Carey. 129
Méthode d'Ellstein. 130
Méthode dérivée des travaux d'Asaoka. 131
Comparaison des méthodes disponibles. 133
3.4. Détermination du tassement final. 134
Méthode hyperbolique de Tan 134
Méthode d'Aldrich et Johnson. 135
Comparaison des méthodes disponibles. 135

3.5. Méthodologie pour l'analyse des données expérimentales. . 135

Chapitre II.4

PRINCIPAUX FACTEURS DE L'EFFICACITÉ DES DRAINS 139

4.1. Introduction. 139

4.2. Paramètres du comportement des drains idéaux 139

4.3. Facteurs de l'efficacité des drains en place. 148

4.3.1 Drains de sable 149

4.3.2 Drains préfabriqués 157

Chapitre II.5

CONCLUSION DES ÉTUDES EXPÉRIMENTALES 160

5.1. Introduction. 160

5.2. Efficacité des différents types de drains de sable. . . . 160

5.3. Diamètre équivalent des drains non cylindriques 165

5.4. Conseils pour le dimensionnement des réseaux des drains verticaux 176

5.5. Conseils pour le contrôle en place de l'efficacité des drains. 178

TITRE III
METHODES DE CALCUL 181

Introduction. 183

Chapitre III.1

HYPOTHÈSES ET MODÈLES DE CALCUL 184

1.1. Description qualitative de la consolidation autour des drains. 184

1.2. Comportements élémentaires. 187

a) Loi d'écoulement de l'eau dans le sol. 187

b) Déformabilité du squelette du sol. 188

c) Compressibilité du liquide interstitiel. 188

d) Perturbations au voisinage du drain. 189

e) Conditions aux limites 189

Chapitre III.2

PRINCIPALES THÉORIES DE LA CONSOLIDATION RADIALE . . . 191

2.1. Généralités 191

2.2. Calcul dans l'hypothèse des déformations libres 193

a) Théorie de base de Terzaghi-Rendulic 193

b) Théories développées ultérieurement. 200

2.3. Calcul dans l'hypothèse des déformations uniformes . . . 209

a) Introduction 209

b) Théorie élémentaire de Barron (et/ou Kjellman) 209
c) Théories développées ultérieurement 213

2.4. Consolidation tridimensionnelle (radiale + verticale) . . . 221
a) Théorèmes de Carillo 221
b) Effet des pertes de charge dans le drain 223

Chapitre III.3

MÉTHODES NUMÉRIQUES 228

3.1. Généralités 228

3.2. Méthode des différences finies 228

3.3. Méthode des éléments finis 231

3.4. Solutions numériques des problèmes de consolidation radiale 231
a) Berry et Wilkinson (1969) 231
b) Šuklje et Simončič (1972), Šuklje et Kovačič (1979) . . 232
c) Yoshikuni et Nakanodo (1975) 232
d) Chaput et Thomann (1975) 232
e) Moser (1977) 232

Chapitre III.4

RÉSULTATS D'UTILISATION PRATIQUE 233

4.1. Généralités 233

4.2. Comparaison des "déformations libres" et des "déformations uniformes" 233

4.3. Abaques 234
a) Abaques descriptifs 235
b) Abaques de dimensionnement 253
c) Abaques à points alignés 261

TITRE IV
DIMENSIONNEMENT PRATIQUE DES RESEAUX DE DRAINS 271

Introduction 273

Chapitre IV.1

PRINCIPAUX FACTEURS DU COMPORTEMENT DES DRAINS 274

1.1. Généralités 274

1.2. Facteurs géologiques et géotechniques 274

1.3. Facteurs liés aux drains 275

Chapitre IV.2

DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES DU CALCUL 277

2.1. Généralités 277

2.2. Paramètres géotechniques 278

2.3. Paramètres liés aux drains. 279

Chapitre IV.3

DÉROULEMENT DU CALCUL 281

3.1. Généralités 281

3.2. Calcul des réseaux de drains idéaux 281

3.3. Prise en compte du type de drain et de son mode d'installation 284

a) Réseau de drains idéaux de 30 cm de diamètre 287

b) Réseau de drains plats préfabriqués. 287

Chapitre IV.4

DISPOSITIFS DE CONTRÔLE 289

4.1. Principes généraux. 289

4.2. Matériels de mesure 290

BIBLIOGRAPHIE 293