



Cours pratique de mécanique des sols

2 Calcul des ouvrages

Jean Costet/Guy Sanglerat

troisième édition

Dunod



SOMMAIRE DU TOME I

Introduc	TION	XVII
CHAPITRE	I. — Caractéristiques physiques des sols	1
1.1	Généralités	1
1.2	Description et mesure des propriétés physiques des sols	2
1.3	Compactage	6
1.4	Procédés spéciaux de compactage	12
1.5	Structure des sols	21
1.6	Propriétés des fines particules	28
1.7	Identification et classification des sols	41
CHAPITRE	II. — L'eau dans le sol	48
2.1	Loi de Darcy	48
2.2	Hydraulique souterraine	61
2.3	Contraintes effectives	75
2.4	Capillarité	82
2.5	Effet du gel dans le sol	86
CHAPITRI	: III. — Calculs pratiques des tassements. Compressibilité et théorie de la	95
	consolidation	93
3.1	Calcul des tassements	95
3.2	Calcul des contraintes effectives au sein du massif	99
3.3	Coefficient de raideur	110
3.4	Compressibilité	115
3.5	Consolidation	131
3.6	Tassements différentiels et tassements admissibles	148
3.7	Cas particulier des argiles gonflantes	151
CHAPITRI	IV. — Plasticité et résistance au cisaillement	163
4.1	Eléments de plasticité	163
4.2	Essais de cisaillement	189
4.3	Résultats expérimentaux pour les milieux pulvérulents	212
4.4	Résultats expérimentaux pour les milieux cohérents	219
4.5	Signification et rôle des essais	229
CHAPITR	V. — Équilibre plastique	236
5.1	Tenseur des contraintes	236
5.2	Equilibre de Rankine	243
5.3	Equilibre de Boussinesq	251
5.4	Milieux non pesants	264
5.5	Etats correspondants	269
INDEX		279

TABLE DES MATIÈRES DU TOME II

21011081	aprile Bei		- ^
Notation	ns et Syr	mboles	XIII
Note co	ncernant	les unités employées	XVI
Chapitr	e VI. — 1	Murs de soutènement	1
6.1	Coin d	e glissement et poussée	1
	6.1.1	Coin de Coulomb	1
	6.1.2	Influence du déplacement de l'écran et de sa rugosité	2
	6.1.3	Utilisation de la théorie de l'équilibre plastique	3
	6.1.4	Coefficient de poussée des terres au repos	4
	6.1.5	Coefficients de sécurité	6
6.2	1500-5000	e sur les murs de soutènement gravitaires	7
0.2	6.2.1	Utilisation du schéma de Boussinesq	7
	6.2.2	Méthodo de Coulomb	
	6.2.3	Méthode de Coulomb	10 14
	6.2.4	Détermination graphique de la poussée. Construction de Culmann.	15
	6.2.5	Poussée supplémentaire due aux surcharges Massifs stratifiés et murs à redans	19
	6.2.6	Influence de la forme du terre-plein	353
	6.2.7	Pauseée d'un massif est écuet	22
	30763.	Poussée d'un massif cohérent	24
6.3		té des murs poids	30
	6.3.1	Rotation ou renversement du mur	30
	6.3.2	Glissement du mur	31
	6.3.3	Résistance du sol de fondation	33
	6.3.4	Stabilité interne du mur	35
6.4	Murs o	de soutènement en béton armé	35
	6.4.1	Principe du calcul des murs en béton armé	35
	6.4.2	Calcul de la poussée dans le cas général	38
	6.4.3	Calcul du voile et de la semelle	40
6.5	Autres	types de soutènement	41
	6.5.1	Murs « Da Costa Nuñes »	41
	6.5.2	Murs en éléments préfabriqués	42
	6.5.3	La terre armée	44
	6.5.4	Cloutage	50
Dil	4	e	53
Pro	oblèmes		53
CHAPITR	e VII. —	Rideaux de palplanches	56
7.1	Palplai	nches et butée	56
	7.1.1	Généralités	56
	7.1.2	Poussée et butée	58
	7.1.3	Expériences de Tschebotarioff à Princeton	59
7.2	2 Calcul	classique des rideaux de palplanches	60
	7.2.1	Rideaux sans ancrage. Contre-butée	60
	7.2.2	Rideaux ancrés encastrés en pied	63
			-

TABLE DES MATIÈRES

		7.2.3 7.2.4	Rideaux ancrés simplement butés en pied	65 67 68
		7.2.5	les méthodes de calcul des rideaux ancrés	72
	7.3		Critique des méthodes classiques	72
		7.3.1	Méthode de Tschebotarioff	73
		7.3.3	Méthode de Rowe	75
		7.3.4	Méthode de Brinch-Hansen	83
	7.4	Condit	ion de renard	84
		7.4.1	Effets hydrodynamiques, renard	84
		7.4.2	Calcul pratique de la condition de renard	86
		7.4.3	Comparaison avec les méthodes de Caquot et de Coüard	90
	7.5	Blindag	ge des fouilles	91
		7.5.1	Remarques générales	91
		7.5.2	Méthode empirique de calcul rapide des blindages	93
	7.6		ment des fonds de fouille	95
	Bibli	ographic	3	10
	Prob	lèmes		10
CHA	APITRE		- Parois moulées	104
	8.1	Utilisa	tion des parois moulées	104
		8.1.1	Généralités	104
		8.1.2	Exécution du forage de la paroi moulée	107
		8.1.3	Bétonnage	114
		8.1.4	Contrôle de la boue	116
		8.1.6	Parois particulières	11
	8.2		ropie de la boue à la bentonite	120
	0.4	8.2.1	Rhéologie	120
		8.2.2	Boue à la bentonite	122
	8.3		té d'une tranchée remplie de boue à la bentonite	12:
	0.3	8.3.1	Particularités du problème, coin de Nash et Jones	123
		8.3.2	Utilisation de l'équilibre limite de poussée	125
		8.3.3	Effet de voûte, théorie de Schneebeli	127
		8.3.4	Coin de Kowalewski	131
	8.4	Pathol	ogie des parois moulées	14
	Bibli	ographi	B	142
				143
HA	PITRE	IX. —	Fondations superficielles	144
	9.1	Semelle	es et radiers	144
		9.1.1	Généralités. Fondations superficielles et fondations profondes	144
		9.1.2	Projets de fondations	146
		9.1.3	Rupture et capacité portante	149
		9.1.4	Effets des tassements absolus ou différentiels	151
	9.2	Facteu	rs de capacité portante	153
		9.2.1	Théorie de la capacité portante	153
		9.2.2	Etude des trois facteurs N_v , N_g et N_c	159

TABLE DES MATIÈRES

9.3 Calcul des fondations superficielles	
9.3.1 Semelles isolées et radiers	171
9.3.2 Charges excentrées ou inclinées	173
9.3.3 Charges excentrées et inclinées	179
9.3.4 Fondations sur talus	185
9.3.5 Fondations à base oblique	189
9.3.6 Cas général	
	191
9.4 Répartition des contraintes sous les fondations	194
9.4.1 Pression de contact	194 197
9.5 Projets de fondations	
9.5.1 Contraintes admissibles	202
9.5.2 Recommandations particulières	202
	200
Bibliographie	210
Problème	211
CHAPITRE X. — Fondations profondes	213
10.1 Pieux et puits	213
10.1.1 Généralités	213
10.1.2 Pieux préfabriqués en béton armé	216
10.1.3 Pieux exécutés in situ	
10.1.4 Classification et méthodes de calcul des pieux	217
10.2 Formules de battage	218
10.2.1 Généralités	218
10.2.2 Formule de Crandall	220
10.3 Essais de chargement de pieux en place	222
10.4 Détermination statique de la charge portante	224
10.4.1 Formules classiques	224
10.4.2 Vérifications expérimentales des formules statiques	229
10.4.3 Utilisation des formules statiques	233
10.4.4 Frottement latéral négatif	234
10.5 Pénétromètre et fondations profondes	237
10.6 Groupes de pieux	243
10.7 Efforts horizontaux	247
10.7.1 Pieu isolé	247
10.7.2 Groupes de pieux	254
10.7.3 Formule de Tschebotarioff	257
10.8 Colonnes ballastées	258
Bibliographie	263
Problème	264
CHAPITRE XI. — Talus et digues	265
11.1 Glissements de terrain	200
11.1.1 Description des glissements	265
11.1.2 Stabilité à long terme des talus d'argile	265 272
11.1.3 Définitions du coefficient de sécurité	277
	-11

TABLE DES MATIÈRES

	11.2	Calcul	de la stabilité des talus	28.
		11.2.1 11.2.2 11.2.3	Méthode globale	285 292 299
			ce des écoulements d'eau sur la stabilité des talus	312
	11.3		Ecoulements linéaires	31.
		11.3.1 11.3.2	Ecoulement à deux dimensions	319
	11.4	Rembla	ais, digues et barrages	324
		11.4.1	Grands barrages	324
		11.4.2	Remblais et digues	33
		11.4.3	Stabilité de l'assise des remblais et des barrages	334
	Bib	liographic	3	33
				33
	2000			
Сн	APITRE	XII. —	Reconnaissance des sols	33
	12.1	Feenie	in situ	33
	14.1	12.1.1		
		12.1.1	Programme des essais Forages	33
		12.1.2	Prospection électrique	34
		12.1.4	Sismique réfraction.	34
		12.1.5	Sondages destructifs avec enregistrement de paramètres de forage	35
		12.1.6	Essais de chargement	35:
		12.1.7	Essais dynamiques	35
	12.2	Scisson	nètre, rhéotest, pressiomètre	35
	12.2	12.2.1	Scissomètre	35
		12.2.2	Rhéotest	360
		12.2.3	Pressiomètre	36
	12.3	Essais o	le battage	37
		12.3.1	Essai de pénétration normalisé (Standard Penetration Test)	37
		12.3.2	Pénétromètres dynamiques	37
	12.4	Pénétro	omètre statique	38
	12.1	12.4.1	Appareillage	38
		12.4.2	Interprétation des diagrammes de pénétration	386
		12.4.3	Pénétromètre statique-dynamique	38
		12.4.4	Utilisation combinée du scissomètre et du pénétromètre	39
		12.4.5	Pénétromètre électrique quasi-statique	39
	12 5	Patholo	ogie des fondations	394
	12.0	12.5.1	Tour de Pise et tours de Bologne	394
		12.5.2	Accidents survenus à des silos	399
		12.5.3	Accidents de murs de soutènement	40
		12.5.4	Désordres graves survenus à des bâtiments	40
		12.5.5	Tassements de Mexico	41
	D:L			41
	BID	nograpnie	•	
	Prol	olèmes		41
			géotextiles, par J. P. Giroud.	
	Inde	x	*	44

BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

I. TRAITÉS GÉNÉRAUX.

- Brinch Hansen J. et Lundgren. Hauptprobleme der Bodenmechanik. Springer Verlag. Berlin, 1960.
- CAQUOT A. et KÉRISEL J. Traité de mécanique des sols (4º édition). Gauthier Villars. Paris, 1966.
- FILLIAT G. La pratique des sols et fondations. Editions du Moniteur. Paris, 1981.
- Lambe W. T. and Whitman R. Soil Mechanics. John Wiley, London, New-York, 1968.
- LEONARDS G. A. Les fondations (traduit et adapté par un groupe d'ingénieurs des laboratoires des ponts et chaussées). Dunod, 1968.
- NAVDOCKS. Design Manual. Nav docks DM 7, Washington, D. C., 1967.
- NEWMARK N. M. and ROSENBLUETH E. Fundamentals of Earthquake Engineering. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J. London, 1971 640 pages.
- OBERT L. and DUVALL W. I. Rock mechanics and the design of structures in Rock. John Wiley, London, New-York, 1967.
- PECK R. B., HANSON W. E. and THORNBURN T. H. Foundations Engineering. John Wiley, New-York, 1974 514 pages.
- STAGG K. G. and ZIENKIEWICZ O. C. Rock Mechanics in Engineering Practice. John Wiley, London, New-York, Sydney, Toronto, 1969 442 pages.
- TAYLOR D. W. Fundamentals of Soil Mechanics. John Wiley. New-York, 1956 700 pages.
- TSCHEBOTARIOFF G. Soil Mechanics, Foundations and Earth Retaining Structures. McGraw Hill. New-York, 1973 642 pages.
- YONG, R. N. and WARKENTIN, B. P., Soil Properties and Behavior, Geotechnical Engineering 5, Elsevier Scientific Publishing Company, New York, 1975.
- ZIENKIEWICZ O. C., LEWIS R. W. and STAGG K. G. Numerical Methods in offshore Engineering. John Wiley, New-York, 1978 582 pages.
- ZIENKIEWICZ O. C. The Finite Element Method (Third Edition). Mc Graw Hill, New-York, 1977 787 pages.

BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

XI

II. MANUELS DE LABORATOIRE.

- Department of the Army (1980), Laboratory Soils Testing, Engineer Manual, EM 1110-2-1906, Headquarters Department of the Army, Office of the Chief of Engineers.
- LAMBE T. W. Soil testing for engineers (M.I.T.). John Wiley. New-York, 1951.

III. COMPTES RENDUS DES CONGRÈS INTERNATIONAUX.

- Proceeding of the first international conference on soil mechanics and foundations engineering. Cambridge, juin 1936, Harvard University Cambridge, Mass.
- Proceedings of the second international conference on soil mechanics and foundation engineering. Rotterdam, juin 1948. Imprimé par G. Keesmaat, Haarlem.
- Comptes rendus du troisième congrès international de mécanique des sols et des travaux de fondations. Zurich, août 1953. Imprimé par Berichthaus Zurich.
- Proceedings of the fourth conference on soil mechanics and foundation engineering. Londres, août 1957. Butterworths scientific publications.
- Comptes rendus du 5^e congrès international de mécanique des sols et des travaux de fondations. Paris, juill. 1961. Dunod.
- Comptes rendus du 6º congrès international de mécanique des sols et des travaux de fondations. Montréal, sept. 1965. University of Toronto press.
- Comptes rendus du 7^e congrès international de mécanique des sols et des travaux de fondations. Mexico, août 1969.
- Comptes rendus du 8^e congrès international de mécanique des sols et des travaux de fondations. Moscou, août 1973.
- Comptes rendus du 9e congrès international de mécanique des sols et des travaux de fondations. Tokyo, juillet 1979.
- Comptes rendus du 10^e congrès international de mécanique des sols et des travaux de fondations. Stockholm, juin 1981. Balkema-Rotterdam.
- Comptes rendus du 11^e congrès international de mécanique des sols et des travaux de fondations. San Francisco, août 1985.
- Comptes rendus des congrès régionaux de mécanique des sols (Europe, Afrique Asie et Amérique) en particulier, San Juan de Porto-Rico 1971, Bangkok 1971, Madrid 1972, Vienne 1976, Brighton 1979, Dublin 1987.

IV. REVUES.

- Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics. Paris. Géotechnique, the international journal of soils mechanics publié par the Institution of civil engineers. Londres.
- Journal of the geotechnical engineering division. Proceedings of the american society of civil engineers. (ASCE) New York.

Proceedings of the institution of civil engineers. Londres.

Revue française de Géotechnique. Paris.

Revue Canadienne de Géotechnique Ground engineering Londres, L.G.M. mededelingen-Delft, Hollande.

Revue Canadienne de Géotechnique Ground engineering Londres, L.G.M. mededelingen-Delft, Hollande.

V. DIVERS.

- KÉRISEL J. Historique de la mécanique des sols en France jusqu'au XX^e siècle Annales des ponts et chaussées, juill.-août 1958.
- Lexique technique en anglais, français, allemand, suédois, portugais et espagnol de termes employés en mécanique des sols (3e édition) publié par la société internationale de mécanique des sols et des travaux de fondations. Zurich, 1968.
- Verdeyen J. Quelques notes sur l'histoire de la mécanique des sols. Presses universitaires de Bruxelles. Bruxelles, 1959.
- VISSER A. D. Dictionnaire Elsevier de mécanique des sols en quatre langues (anglais, américain, français, hollandais et allemand). Dunod. Paris, 1965.

Une bibliographie particulière est donnée à la fin de chaque chapitre.