

Albert FUENTES

BÂTIMENTS EN ZONE SISMIQUE



Presses de l'école nationale des
Ponts et chaussées

Sommaire

Préface	5
Jean-Armand CALGARO	
Avant-propos	7
Notations	11
Chapitre 1 – Généralités sur les séismes et l’effort sismique	15
Chapitre 2 – Analyse structurale des ossatures de bâtiments	37
Chapitre 3 – Conception et contreventement des bâtiments en maçonnerie ou en béton armé	81
Chapitre 4 – Ouvrages en béton armé	103
Chapitre 5 – Fondations et ouvrages de soutènement	183
Annexe – Exemple d’application des règles PS 69, de nos recommandations et des règles PS 92 avec nos remarques sur les règles PS 92	203
Bibliographie	213
Table des matières	215

Table des matières

Préface	5
Avant-propos	7
Notations	11
Chapitre 1 - Généralités sur les séismes et l'effort sismique	
1.1. Origine des séismes, magnitude, intensité - Recommandations AFPS et Eurocode 8	15
1.2. Définitions et bases des calculs	20
1.3. Principes généraux de conception et de calcul, valables pour tous les ouvrages	23
1.3.1. Le sol	23
1.3.2. La fondation	24
1.3.3. La structure	25
1.3.4. Les matériaux	26
1.3.5. Ductilité	27
1.3.6. Prescriptions fondamentales	27
1.4. Représentation de l'action sismique	27
1.4.1. Le coefficient τ d'amplification topographique	28
1.4.2. Zone d'influence des talus	29
1.4.3. Le coefficient η de correction d'amortissement	29
1.4.4. Le spectre de calcul	31
1.4.5. Accélérogrammes artificiels et accélérogrammes enregistrés	34
1.4.6. L'interaction sol-structure	36
Chapitre 2 - Analyse structurale des ossatures de bâtiments	
2.1. Modélisation des structures	37
2.1.1. Généralités	37
2.1.2. Effet accidentel de torsion	37
2.1.3. Les différents types d'analyse	38
2.2. L'analyse modale simplifiée	38
2.2.1. Présentation générale	38
2.2.2. Période du mode fondamental : formules forfaitaires pour les bâtiments réguliers	43

2.2.3. Formules proposées pour la recherche de la période du mode fondamental	48
2.2.3.1. Masse unique située au sommet d'une console élançée de masse négligeable (par exemple réservoir reposant sur un support constitué par une colonne)	48
2.2.3.2. Prisme de section constante	49
2.2.3.3. Masse concentrée au sommet d'une console élançée de section uniforme et de masse non négligeable	49
2.2.3.4. Troncs de cônes	49
2.2.3.5. Tronc de cône ou de pyramide quelconque	50
2.2.3.6. Calcul de la période du mode fondamental par la formule de Rayleigh	52
2.2.3.7. Les cinq premiers modes d'une colonne de section constante et de masse uniformément répartie	53
2.3. Calcul de la période des modes supérieurs par les formules de Sigalov	54
2.3.1. Refends et portiques pouvant avoir des traverses extrêmement souples	54
2.3.2. Refend muni d'ouvertures	55
2.3.3. Voile plein	56
2.3.4. Portique étagé	57
2.3.5. Ossature composée de refends et portiques	60
2.4. Analyse multimodale selon l'Eurocode 8	68
2.4.1. Généralités	68
2.4.2. Torsion d'axe vertical dans l'analyse multimodale	69
2.4.3. Combinaison des actions sismiques	71
2.5. Éléments non structuraux	72
2.6. Vérifications de sécurité	73
2.7. Stabilité d'ensemble	76
Chapitre 3 - Conception et contreventement des bâtiments en maçonnerie ou en béton armé	
3.1. Ouvrages en maçonnerie de moellons	81
3.1.1. Ouvrages en zone non sismique	81
3.1.2. Ouvrages en zone de faible sismicité	82
3.1.3. Ouvrages en parpaings creux	83
3.2. Conception des bâtiments en béton armé contreventés par voiles ou portiques	85
3.2.1. Les ouvrages en voiles pleins ou percés d'ouvertures en béton faiblement armé	85
3.2.2. Les ossatures autostables en béton armé, sans remplissages selon l'ACI, ou avec remplissages	86

Chapitre 4 - Ouvrages en béton armé

4.1. Comportement du béton fretté	104
4.2. Niveau de ductilité	106
4.2.1. Définitions	106
4.2.2. Comportement de l'acier	108
4.2.3. Comportement du béton	111
4.2.4. Comportement des sections en béton armé	112
4.2.5. Exemple	119
4.3. Équivalence de l'énergie emmagasinée dans une structure élastique et une structure ductile	123
4.4. Les éléments porteurs des structures - Diagrammes des sollicitations et ductilité	127
4.4.1. Voile plein ou mur	127
4.4.2. Redistribution des sollicitations après la formation de rotules dans une poutre continue uniformément chargée	134
4.4.3. Mécanismes de rupture d'un portique étagé	135
4.4.3.1. Les montants	138
4.4.3.2. Les traverses	140
4.4.3.3. Actions horizontales	141
4.4.3.4. Actions verticales et horizontales simultanées	142
4.4.3.5. Exemple de calcul du coefficient de la ductilité Δ_u/Δ_y	144
4.4.3.6. Les nœuds des portiques	157
4.4.3.7. La ductilité des portiques	158
4.4.4. Les murs à files d'ouverture soumis à des actions sismiques	159
4.4.4.1. Mécanisme de rupture possible d'un mur à files d'ouvertures soumis à des forces horizontales	163
4.5. Les zones dangereuses des éléments résistants des structures : voiles - murs pleins ou files d'ouvertures - portiques soumis à des actions alternées horizontales	166
4.6. Dispositions constructives	167
4.6.1. Dimensionnement des sections de béton et disposition des armatures	167
4.6.2. Dispositions constructives dans les voiles de contreventement en béton armé	171
4.6.3. Les poteaux	172
4.6.4. Éléments précontraints	173
4.6.5. Poutres, traverses, linteaux ou pièce quelconque soumise à un effort tranchant	173
4.6.6. Rotation maximale d'une section au droit d'une rotule plastique	176
4.6.7. Les sollicitations résistantes	178

4.7. Les équipements	178
4.8. Coefficient de comportement	179
Chapitre 5 - Fondations et ouvrages de soutènement	
5.1. Comportement des sols vis-à-vis du risque sismique	183
5.1.1. Liquéfaction des sols	183
5.1.2. Les méthodes d'essais	184
5.2. Stabilité des pentes et zone d'influence des talus	185
5.3. Généralités sur la conception des fondations	186
5.4. Semelles - têtes de pieux, puits ou barrettes	189
5.5. Calcul propose par les recommandations de l'AFPS (9,421 et 9,422) pour les fondations profondes	191
5.6. Les vérifications	193
5.7. Les fondations sous murs de maçonnerie	194
5.8. Ouvrages de soutènement	195
Annexe : Exemple d'application des règles PS 69, de nos recommandations et des règles PS 92 avec nos remarques sur les règles PS 92	203
Bibliographie générale	213