

Vulnérabilité sismique des constructions



sous la direction de
Philippe Guéguen

hermes

Lavoisier

Table des matières

Introduction	15
Philippe GUÉGUEN	
Chapitre 1. Vulnérabilité sismique du bâti existant : approches empirique et mécanique pour une application à l'échelle urbaine	27
Sergio LAGOMARSINO et Serena CATTARI	
1.1. Introduction	27
1.2. Niveau de dommage et classification des types de bâtiments	33
1.3. L'approche macrosismique	38
1.4. L'approche mécanique à grande échelle	46
1.4.1. Bâtiments en maçonnerie	49
1.4.2. Bâtiments en béton armé	60
1.5. Mise en œuvre de modèles pour l'analyse de scénarios à l'échelle territoriale	75
1.6. Conclusion	79
1.7. Bibliographie	79
Chapitre 2. Méthodes mécaniques : courbes de fragilité et méthode <i>pushover</i>	85
Caterina NEGULESCU et Pierre GEHL	
2.1. Introduction	85
2.2. Analyse <i>pushover</i>	86
2.2.1. Qu'est-ce que l'analyse <i>pushover</i> ?	86
2.2.2. Comment construire une courbe de capacité ?	87
2.2.3. Points critiques dans la construction de la courbe <i>pushover</i>	93

2.2.4. Hypothèses et développements	93
2.2.5. Evaluation du déplacement cible et du point de performance	96
2.3. Les courbes de fragilité	103
2.3.1. Evaluation déterministe et fonction probabiliste	103
2.3.2. Les méthodes « indirectes » basées sur la courbe de capacité	109
2.3.2.1. Définition du paramètre médian $S_{\#}$	109
2.3.2.2. Définition de l'écart type β_{tot}	110
2.3.3. Les méthodes « directes »	112
2.3.3.1. Analyses mécaniques	112
2.3.3.2. Obtention des paramètres des courbes de fragilité	114
2.3.4. Vers des fonctions de fragilité multi-variables	116
2.4. Conclusion	118
2.5. Bibliographie	118
Chapitre 3. Méthode hybride : évaluation de la vulnérabilité et des pertes sismiques des bâtiments en Grèce	127
Andreas KAPPOS	
3.1. Introduction	127
3.2. Evaluation de la vulnérabilité des bâtiments en béton armé	129
3.2.1. Types de bâtiments analysés	129
3.2.2. Méthode d'analyse inélastique	131
3.2.3. Utilisation de l'analyse dynamique inélastique pour l'estimation des pertes économiques	133
3.2.4. Développement des courbes de poussée progressives (<i>pushover</i>) et des courbes de capacité	135
3.2.5. Calcul des courbes de fragilité	140
3.2.6. Courbes de fragilité en fonction de S_d	146
3.3. Evaluation de la vulnérabilité des bâtiments en maçonnerie non armée	149
3.3.1. Vue d'ensemble de la méthodologie adoptée	149
3.3.2. Méthode purement empirique	149
3.3.3. Analyse non linéaire et courbes de capacité	153
3.3.4. Courbes de fragilité hybrides	157
3.4. Courbes de fragilité en fonction de la région	159
3.5. Réalisation des scénarios sismiques	163
3.6. Conclusion	169
3.7. Remerciements	171
3.8. Bibliographie	171

Chapitre 4. Méthode expérimentale : utilisation des vibrations ambulantes pour réduire l'incertitude des courbes de vulnérabilité

Jonathan MICHEL et Philippe GUEGUEN

4.1. Introduction	175
4.2. Enregistrements et analyses des vibrations dans les structures	176
4.2.1. Historique	176
4.2.2. Stabilité et variation temporelle des vibrations	181
4.2.3. Analyse des enregistrements	184
4.3. Observation des vibrations des bâtiments et codes parasismiques	188
4.3.1. Cas du bâti courant en France métropolitaine	188
4.3.2. Données expérimentales et modèles de vulnérabilité	193
4.4. Modéliser le bâti courant à l'aide des données expérimentales	195
4.4.1. Modèle modal	195
4.4.2. Validation sur des bâtiments de Grenoble	196
4.5. Application à l'étude de la vulnérabilité à grande échelle	199
4.5.1. Courbes de vulnérabilité et incertitudes	199
4.5.2. Application à Grenoble	202
4.6. Limitations et perspectives	207
4.6.1. Non linéarités de comportement	207
4.6.2. Interaction sol-structure	209
4.7. Conclusion	209
4.8. Remerciements	212
4.9. Bibliographie	212

Chapitre 5. Méthodes numériques : stratégie de modélisation simplifiée pour l'évaluation de la vulnérabilité sismique

André DESPREZ, Panagiotis KOTRONIS et Stéphane GRANGE

5.1. Introduction	221
5.2. Etude de cas	223
5.2.1. Présentation de l'ouvrage	223
5.2.2. Discrétisation spatiale	225
5.2.3. Lois de comportement des matériaux	227
5.2.4. Validation du modèle numérique	228
5.2.5. Evaluation de la vulnérabilité sismique (calcul dynamique)	231
5.2.5.1. Choix du chargement dynamique	231
5.2.5.2. Comportement global de la structure	231
5.2.5.3. Comportement local de la structure	231
5.2.5.4. Comportement local de la structure	231
5.2.5.5. Comportement local de la structure	231
5.2.5.6. Comportement local de la structure	231
5.2.5.7. Comportement local de la structure	231
5.2.5.8. Comportement local de la structure	231
5.2.5.9. Comportement local de la structure	231
5.2.5.10. Comportement local de la structure	231
5.2.5.11. Comportement local de la structure	231
5.2.5.12. Comportement local de la structure	231
5.2.5.13. Comportement local de la structure	231
5.2.5.14. Comportement local de la structure	231
5.2.5.15. Comportement local de la structure	231
5.2.5.16. Comportement local de la structure	231
5.2.5.17. Comportement local de la structure	231
5.2.5.18. Comportement local de la structure	231
5.2.5.19. Comportement local de la structure	231
5.2.5.20. Comportement local de la structure	231
5.2.5.21. Comportement local de la structure	231
5.2.5.22. Comportement local de la structure	231
5.2.5.23. Comportement local de la structure	231
5.2.5.24. Comportement local de la structure	231
5.2.5.25. Comportement local de la structure	231
5.2.5.26. Comportement local de la structure	231
5.2.5.27. Comportement local de la structure	231
5.2.5.28. Comportement local de la structure	231
5.2.5.29. Comportement local de la structure	231
5.2.5.30. Comportement local de la structure	231
5.2.5.31. Comportement local de la structure	231
5.2.5.32. Comportement local de la structure	231
5.2.5.33. Comportement local de la structure	231
5.2.5.34. Comportement local de la structure	231
5.2.5.35. Comportement local de la structure	231
5.2.5.36. Comportement local de la structure	231
5.2.5.37. Comportement local de la structure	231
5.2.5.38. Comportement local de la structure	231
5.2.5.39. Comportement local de la structure	231
5.2.5.40. Comportement local de la structure	231
5.2.5.41. Comportement local de la structure	231
5.2.5.42. Comportement local de la structure	231
5.2.5.43. Comportement local de la structure	231
5.2.5.44. Comportement local de la structure	231
5.2.5.45. Comportement local de la structure	231
5.2.5.46. Comportement local de la structure	231
5.2.5.47. Comportement local de la structure	231
5.2.5.48. Comportement local de la structure	231
5.2.5.49. Comportement local de la structure	231
5.2.5.50. Comportement local de la structure	231
5.2.5.51. Comportement local de la structure	231
5.2.5.52. Comportement local de la structure	231
5.2.5.53. Comportement local de la structure	231
5.2.5.54. Comportement local de la structure	231
5.2.5.55. Comportement local de la structure	231
5.2.5.56. Comportement local de la structure	231
5.2.5.57. Comportement local de la structure	231
5.2.5.58. Comportement local de la structure	231
5.2.5.59. Comportement local de la structure	231
5.2.5.60. Comportement local de la structure	231
5.2.5.61. Comportement local de la structure	231
5.2.5.62. Comportement local de la structure	231
5.2.5.63. Comportement local de la structure	231
5.2.5.64. Comportement local de la structure	231
5.2.5.65. Comportement local de la structure	231
5.2.5.66. Comportement local de la structure	231
5.2.5.67. Comportement local de la structure	231
5.2.5.68. Comportement local de la structure	231
5.2.5.69. Comportement local de la structure	231
5.2.5.70. Comportement local de la structure	231
5.2.5.71. Comportement local de la structure	231
5.2.5.72. Comportement local de la structure	231
5.2.5.73. Comportement local de la structure	231
5.2.5.74. Comportement local de la structure	231
5.2.5.75. Comportement local de la structure	231
5.2.5.76. Comportement local de la structure	231
5.2.5.77. Comportement local de la structure	231
5.2.5.78. Comportement local de la structure	231
5.2.5.79. Comportement local de la structure	231
5.2.5.80. Comportement local de la structure	231
5.2.5.81. Comportement local de la structure	231
5.2.5.82. Comportement local de la structure	231
5.2.5.83. Comportement local de la structure	231
5.2.5.84. Comportement local de la structure	231
5.2.5.85. Comportement local de la structure	231
5.2.5.86. Comportement local de la structure	231
5.2.5.87. Comportement local de la structure	231
5.2.5.88. Comportement local de la structure	231
5.2.5.89. Comportement local de la structure	231
5.2.5.90. Comportement local de la structure	231
5.2.5.91. Comportement local de la structure	231
5.2.5.92. Comportement local de la structure	231
5.2.5.93. Comportement local de la structure	231
5.2.5.94. Comportement local de la structure	231
5.2.5.95. Comportement local de la structure	231
5.2.5.96. Comportement local de la structure	231
5.2.5.97. Comportement local de la structure	231
5.2.5.98. Comportement local de la structure	231
5.2.5.99. Comportement local de la structure	231
5.2.5.100. Comportement local de la structure	231

5.2.5.4. Quantification du niveau de dommage	237
5.2.6. Evaluation de la vulnérabilité sismique (<i>pushover</i>)	239
5.2.6.1. Choix du chargement statique	239
5.2.6.2. Comportement global de la structure, analyse statique	241
5.2.6.3. Comportement local de la structure, analyse statique	241
5.2.6.4. Quantification du niveau de dommage	243
5.3. Conclusion	245
5.4. Avertissement	246
5.5. Remerciements	247
5.6. Bibliographie	247
Chapitre 6. Approche basée sur le risque utilisée en Suisse	253
Pierino LESTUZZI	
6.1. Introduction	253
6.2. Le séisme dans les normes suisses de construction SIA	253
6.2.1. Aléa sismique	255
6.2.2. Neufs et existants : approches différentes	258
6.2.3. Existants : approche basée sur le risque	259
6.2.3.1. Risque individuel acceptable	259
6.2.3.2. Facteur de risque	261
6.2.3.3. Probabilité d'occurrence $P(I_{EMS})$	263
6.2.3.4. Probabilité d'endommagement P_{DG}	263
6.2.3.5. Probabilité conditionnelle de trouver la mort P^*	264
6.2.3.6. Courbe du risque individuel en fonction du facteur de conformité	264
6.2.3.7. Coût de sauvetage d'une vie humaine	266
6.2.3.8. Calcul des coûts de sauvetage	267
6.2.3.9. Exemple de calcul des coûts de sauvetage	268
6.2.3.10. Principe de proportionnalité	270
6.2.3.11. Appréciation de la sécurité parasismique	272
6.2.3.12. En résumé	273
6.3. Exemples : bâtiments en maçonnerie	274
6.3.1. Méthode d'analyse et hypothèses	275
6.3.2. Bâtiment isolé de trois étages	276
6.3.3. Bâtiment de barres de sept étages	279
6.4. Bibliographie	285

Chapitre 7. Evaluation préliminaire de la vulnérabilité sismique des ponts existants 289

Dionis DAVI

7.1. Introduction	289
7.2. Retours d'expérience des séismes passés	290
7.2.1. Comportement sismique des ponts et principales causes de défaillance	290
7.2.1.1. Echappement du tablier de ses appuis	291
7.2.1.2. Endommagement des piles	294
7.2.1.3. Endommagement des culées et murs de soutènement	295
7.2.1.4. Endommagement des fondations	296
7.2.1.5. Problèmes liés à l'implantation de l'ouvrage	297
7.2.2. Les approches d'évaluation de vulnérabilité développées à l'étranger	300
7.2.2.1. L'expérience du Japon	300
7.2.2.2. L'expérience de la Californie	305
7.2.2.3. Méthodologie mise en œuvre en Suisse	305
7.3. Méthode SISMOA pour l'évaluation préliminaire de la vulnérabilité sismique des ponts adaptée au contexte français	307
7.3.1. Contexte général	307
7.3.2. Présentation de la méthode et calibration	310
7.3.2.1. Généralités	311
7.3.2.2. Vulnérabilité vis-à-vis du phénomène sismique vibratoire : V_{vib}	311
7.3.2.3. Vulnérabilité vis-à-vis des phénomènes induits	317
7.3.2.4. Validation et calibration de la méthode	318
7.3.3. Calcul des indices de risque et exploitation des résultats	320
7.3.4. Exemples d'applications	323
7.3.4.1. Evaluation globale de la vulnérabilité sismique des autoroutes de la région de Provence	323
7.3.4.2. Vulnérabilité au séisme des ouvrages de desserte de l'agglomération grenobloise	327
7.4. Conclusion	331
7.5. Bibliographie	333
7.6. Crédit photos	334

Acronymes 335

Index 339

RISQUES NATURELS

Le traité Mécanique et Ingénierie des Matériaux répond au besoin de disposer d'un ensemble complet des connaissances et méthodes nécessaires à la maîtrise de ce domaine.

Conçu volontairement dans un esprit d'échange disciplinaire, le traité MIM est l'état de l'art dans les domaines suivants retenus par le comité scientifique :

Géomécanique
Matériaux
Environnement et risques

Chaque ouvrage présente aussi bien les aspects fondamentaux qu'expérimentaux. Une classification des différents articles contenus dans chacun, une bibliographie et un index détaillé orientent le lecteur vers ses points d'intérêt immédiats : celui-ci dispose ainsi d'un guide pour ses réflexions ou pour ses choix.

Les savoirs, théories et méthodes rassemblés dans chaque ouvrage ont été choisis pour leur pertinence dans l'avancée des connaissances ou pour la qualité des résultats obtenus.

Hermès
Science
— publications —

www.editions.lavoisier.fr



9 782746 238145