

Vulnérabilité sismique des constructions

Les produits de la recherche un atout pour avancer

Réponse d'une structure à une sollicitation sismique

Les mouvements de la croûte terrestre génèrent des ruptures en son sein ayant pour conséquence la mise en vibration du sol. Après avoir parcouru la distance nécessaire depuis le foyer du séisme, au cours de laquelle il y a eu atténuation et transformation des signaux transmis, ceux-ci génèrent des ondes de surface qui mettent en vibration les constructions se trouvant dans l'environnement proche de l'épicentre (quelques dizaines de km).

Une construction est composée d'une ossature porteuse, la structure, et d'équipements secondaires permettant d'en assurer les fonctions principales (couverture, fermeture, séparations, circulations, matériels techniques divers,...). Ainsi la structure reliée au sol par les fondations doit assurer la stabilité sous l'effet de la gravité (les masses résultant de l'ensemble des équipements sont supportées par la structure), les effets associés au climat (vent, neige, variations de température) et en zone sismique les tremblements de terre.

Selon les grands principes de la mécanique, lorsqu'une structure est sollicitée par une action dynamique, tel l'effet des ondes sismiques, sa réaction fait intervenir :

- La distribution des masses au sein de la structure. De ce point de vue l'effet des masses en hauteur est plus difficile à maîtriser que celui des mêmes masses en partie basse (cf. photo1-a, l'exemple d'un pont ruiné par ce phénomène à Kobé –17/01/95).
- La rigidité locale et globale de la structure, influence imagée dans la fable de La Fontaine « Le chêne et le roseau ».
- La possibilité de dissiper de l'énergie, par frottements et interactions entre différents éléments de la structure ou entre le sol et la structure (des appareils spéciaux peuvent être disposer pour jouer ce rôle)



Photo A : la ruine d'un pont lors du séisme de Kobé par effet de pendule inversé

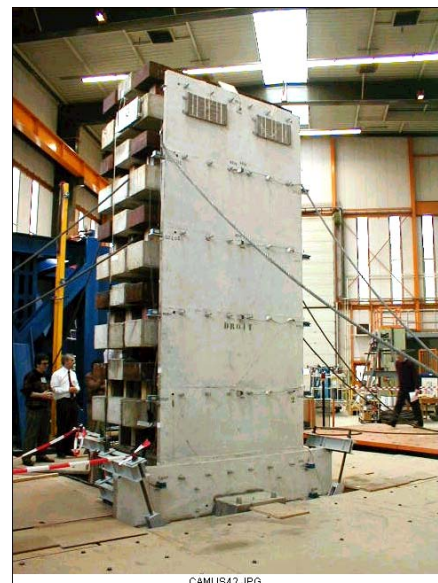


Photo B : un essai de structure à mur en béton sur la table sismique Azalée du CEA Saclay

Un certain nombre de règles doivent présider à la conception des structures parasismiques :

- Conditionner des zones fusibles. Les matériaux ne pouvant résister sans dommage aux sollicitations importantes auxquels ils sont soumis, la disposition de zones susceptibles de s'assouplir sans compromettre la stabilité d'ensemble s'avère très efficace pour éviter une ruine incontrôlée.
- Assurer le respect des volumes. Dans un bâtiment par exemple, une ruine de poteaux peu générer l'écrasement de tout un étage dont on imagine les conséquences pour les personnes et les biens qui s'y trouvent.
- Dans le cas de constructions de type industriel, contenir les phénomènes potentiellement dangereux (échappement de fluides, de gaz, de rayonnements,...).

Les apports récents de la recherche en matière d'analyse de vulnérabilité

Les structures n'ont pas toutes été conçues parasismiques, hors des zones sismiques c'est inutile, et au sein des zones sismiques la conjonction de l'état des connaissances sur le sujet au moment de la conception, de l'imposition plus ou moins avérée des règles parasismiques (selon le type et la date de construction) en sont les principales raisons. En France des avancées notables ont été réalisées notamment associées au développement des programmes nucléaires et autres grands projets (récemment les ouvrages TGV sud-est) et à la contribution d'experts et scientifiques dans le cadre de l'AFPS (Association Française de génie ParaSismique) ou de programmes de recherche nationaux ou européens.

Ainsi la majorité du parc des constructions n'a pas été construit en utilisant les règles parasismiques, ce qui ne veut pas dire que ces constructions ne sont pas en mesure de résister aux séismes. L'analyse de leur vulnérabilité est un souci très actuel, elle permet d'estimer un niveau de résistance et peut conduire à des décisions relatives à leur confortement pour faire face à des niveaux de sécurité supérieurs.

Dans ce sens citons l'exemple de travaux dont j'ai assuré la responsabilité scientifique, conduits ces dernières années vis à vis de la vulnérabilité de structures à murs porteurs en béton, très répandues en France. La photo 1-b montre un essai d'une maquette échelle 1/3 réalisé sur la table sismique du CEA à Saclay.

Ce matériel tout à fait exceptionnel (le plus performant en Europe) permet d'imprégner à une structure un véritable séisme et d'en analyser les effets. En parallèle sont conduites des simulations numériques de très haut niveau (intégrant tous les aspects cités plus haut) capables de décrire les phénomènes de ruine locaux et globaux. Ci-joint (figure 1) le résultat de la prévision de ruine qui s'est avérée très réaliste (fissuration du béton et rupture locale des armatures).

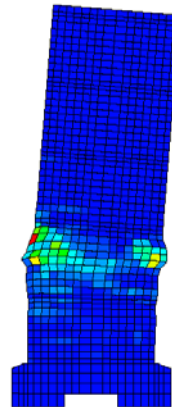


figure 1

De ces travaux il résulte que les structures à murs en béton apparaissent de bonne qualité parasismique, à la condition que les dispositions constructives, notamment dans l'association des murs et des planchers, dans la régularité de la structure et dans la disposition de murs dans deux directions orthogonales (contreventement), soient bien respectées.

Ces résultats permettent de faire avancer la réglementation parasismique nationale et européenne et les outils numériques mis au point deviennent disponibles pour réaliser des analyses sur d'autres types de structures. C'est ainsi que des travaux sont en cours ou en projet sur des installations telles l'ILL à Grenoble, des barrages en France et en Suisse ou des monuments historiques en Italie.

Mais tout ne se règle pas aussi simplement, l'estimation de la vulnérabilité à grande échelle (celle d'un quartier, d'une ville, d'une région) nécessite la mise au point de stratégie dont les développements

sont en cours. L'Italie a bien avancé sur ce sujet, mais la France n'est pas en reste, un groupe « vulnérabilité du bâti existant » a été constitué à cet effet sous l'égide de l'Association Française de génie ParaSismique. Par ailleurs il faut citer la mise en place à Grenoble d'une plate-forme de recherche associant plusieurs laboratoires de L'INPG de l'UJF, le Cemagref et le LCPC, sur le thème « Risques Naturels et Vulnérabilité des Ouvrages » (RNVO) au sein de laquelle le risque sismique a sa place.

Les années qui viennent devraient donc permettre d'avancer vers de nouvelles propositions pour prendre en compte ce problème qui n'est pas mineur au sein de celui plus général de la prévention des risques.