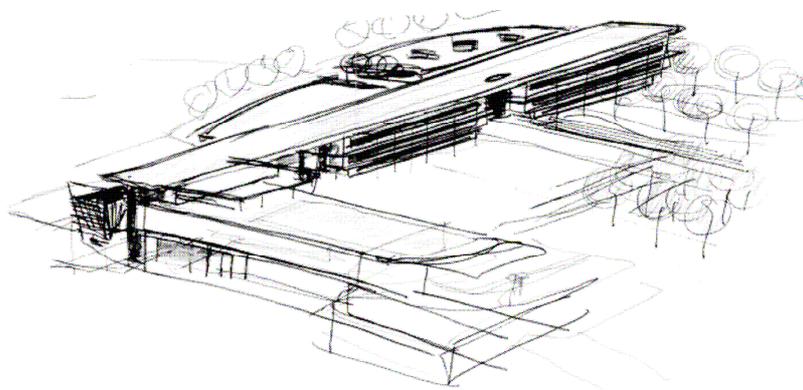


Document de synthèse du Projet de Fin d'Etudes

Collège du Piémont HEILIGENSTEIN-BARR



Du calcul sismique à la rédaction d'un Guide Méthodologique d'Utilisation du logiciel CBS Pro

Auteur : Damien JEHL

Elève ingénieur INSA Strasbourg, spécialité Génie Civil, option construction

Tuteur entreprise : Alain KANNENGIESER

Ingénieur ENSAIS, Président SBE Ingénierie

Tuteur INSA Strasbourg : Jean-Michel HOTTIER

Professeur agrégé de Génie Civil

Entreprise : SBE Ingénierie

8, rue des Prés
67540 Ostwald

Date de soutenance : 01 Octobre 2007

Résumé

SBE Ingénierie, qui est un Bureau d'Etudes Techniques, s'est récemment doté du logiciel de calcul sismique CBS Pro. Cependant ce logiciel n'est pas encore utilisé de façon optimale au sein de son Département Structure.

L'objectif du Projet de Fin d'Etudes (PFE) est de développer son utilisation pour la mise en application du calcul sismique sur tous les projets suivis par SBE Ingénierie.

La méthode retenue pour atteindre cet objectif est de s'appuyer sur l'étude sismique d'un projet réel, le Collège du Piémont à Heiligenstein-Barr.

La démarche pour la conduite du PFE a été de définir d'abord les hypothèses de base ainsi que les paramètres sismiques du projet étudié.

Ensuite, on se familiarise avec les Règles PS 92 et plus particulièrement avec les deux méthodes de calcul qui y sont abordées, à savoir la méthode simplifiée et la méthode générale par analyse modale.

La vérification des conditions d'application de la méthode simplifiée dans le cadre du projet a permis de constater que cette méthode présente des limites. L'utilisation de l'outil informatique s'avère donc nécessaire pour procéder au calcul sismique par la méthode générale.

L'utilisation du logiciel CBS Pro nécessite dans un premier temps de modéliser le bâtiment étudié à partir des hypothèses définies en amont.

On procède dans un deuxième temps à l'analyse modale et à la détermination du nombre de modes propres à calculer.

Puis on effectue différentes combinaisons permettant d'obtenir les résultats du calcul sismique.

A l'issue de cette phase de calcul ayant permis l'assimilation du logiciel CBS Pro, on procède à l'exploitation des résultats.

A partir des résultats du logiciel CBS Pro, on procède à la vérification sismique des éléments structuraux, soit en les « exportant » vers le logiciel ROBOT Millenium, soit par calcul manuel.

Cependant, l'étude des résultats de certains éléments a permis de constater des difficultés d'exploitation liées à la méthode de calcul utilisée par le logiciel, à savoir la Méthode des Eléments Finis.

Il résulte de l'assimilation du logiciel, de l'exploitation des résultats et des difficultés rencontrées que le manuel d'utilisation existant est incomplet.

L'analyse du besoin indique une demande de méthodes d'utilisation du logiciel adaptées au Département Structure de SBE Ingénierie.

Finalement, l'objectif du Projet de Fin d'Etudes a été atteint en rédigeant un Guide Méthodologique d'Utilisation du logiciel CBS Pro. Ce guide est basé sur l'expérience acquise lors de la modélisation, du calcul sismique et de l'exploitation des résultats du Collège du Piémont.

Summary

SBE Ingénierie, an engineering company, recently acquired a seismic computation software, CBS Pro. However this software is not used yet in an optimal way in its structure department.

The aim of this end of studies' project is to develop its use for the application of seismic calculation on all the projects followed by *SBE Ingénierie*.

The method adopted to achieve this aim is to undertake a real project's seismic study, the *Piémont* secondary school in *Heiligenstein-Barr*.

We start by defining the basic assumptions as well as the seismic parameters of the studied project. Then we familiarize with the Rules PS 92 and more particularly with the two calculation methods described in it, the simplified method and the general method by modal analysis.

By checking the conditions of application of the simplified method for the studied project, we note that this method presents limits. Thus the use of the computer to carry out seismic calculation by the general method is necessary.

The use of the CBS Pro software first requires to model the building studied based on the assumptions already defined.

Then we proceed with the modal analysis and the determination of the number of modes needed.

Then we carry out various combinations in order to obtain the results of seismic calculation.

At the end of this phase of calculation which made possible the assimilation of the CBS Pro software, we proceed to the analysis of the results.

From the results of the CBS Pro software, we carry out the seismic checking of the structural elements, either by "exporting" them to the ROBOT Millenium software, or by manual calculation.

However, we note by studying the results of some elements that there are some exploitation difficulties related to the calculating method used by the software, namely the Finite Element Method.

The result from the software assimilation and the results analysis is that the existing software manual is incomplete.

The needs analysis indicates a request of software utilisation methods adapted to the structure department of *SBE Ingénierie*.

Finally the solution to achieve the aim of this end of studies' project was to establish a methodological guide of use of the CBS Pro software. This guide is based on the experience gained during the phases of modeling, seismic calculation and results analysis of the *Piémont* secondary school.

Mots-clés

Calcul sismique, Règles PS 92, Modélisation informatique, Analyse modale, Guide méthodologique.

Synthèse

Introduction

SBE Ingénierie est un Bureau d'Etudes Techniques Structure et Fluide spécialisé dans l'ingénierie du bâtiment dans différents secteurs d'activités dont notamment la santé, l'éducation et l'équipement, secteurs dont les bâtiments ont généralement de fortes exigences parasismiques du fait de leur importance socio-économique.

Par ailleurs, SBE Ingénierie assure ses missions de Maîtrise d'Oeuvre dans tout l'Est de la France grâce à son siège social implanté à Ostwald (67) et ses agences de Mulhouse (68) et de Montigny-lès-Metz (57). Or le fossé rhénan est, avec les Pyrénées et les Alpes, l'une des principales régions sismiques de France.

Aussi, pour répondre à cette réalité, SBE Ingénierie a fait l'acquisition du logiciel CBS Pro dans le but d'avoir un outil informatique d'aide au calcul de structure et plus particulièrement au calcul sismique. Cependant, le manque de temps, de procédures de modélisation et d'explications pour l'exploitation des résultats ne permettent pas, à ce jour, une utilisation optimale du logiciel.

L'objectif de ce Projet de Fin d'Etudes (PFE) est donc de permettre à SBE Ingénierie de développer l'utilisation du logiciel CBS Pro pour le calcul sismique au sein de son Département Structure.

1. Bases de l'étude

La méthode retenue pour atteindre cet objectif est de s'appuyer sur l'étude sismique d'un projet réel en phase EXE lors du PFE, le Collège du Piémont à Heiligenstein-Barr.

On constitue d'abord un recueil d'hypothèses telles que, la capacité portante du sol, la résistance de calcul des matériaux, les charges permanentes, les charges d'exploitation et la charge de neige. On définit également les différents paramètres sismiques tels que sismicité du lieu, classe du bâtiment, accélération nominale, type de site, coefficient d'amplification topographique, coefficient d'amortissement et coefficients de masse partielle.

On se familiarise ensuite avec les Règles PS 92 et plus particulièrement avec les deux méthodes de calcul qui y sont abordés, à savoir la méthode simplifiée et la méthode générale par analyse modale.

La méthode simplifiée, adaptée au calcul manuel nécessite la vérification de certaines conditions de régularité du bâtiment, d'ordre structurales et géométriques, définies par les Règles PS 92.

Après vérification de ses conditions dans le cas du Collège du Piémont, on constate que le bâtiment étudié, bien que simple et régulier en apparence, ne respecte pas certaines de ces conditions. Aussi, le bâtiment doit être considéré comme irrégulier.

On est donc rapidement confronté aux limites d'utilisation de la méthode simplifiée. Il est alors nécessaire d'avoir recours à l'outil informatique pour procéder au calcul sismique par la méthode générale.

2. Utilisation de l'outil informatique

Le calcul sismique par la méthode générale du Collège du Piémont commence dans un premier temps par la modélisation du projet à partir des hypothèses définies dans les bases de l'étude, auxquelles se rajoute le coefficient de comportement q qui dépend des matériaux, de la classe de régularité du bâtiment et des techniques d'assemblage.

On procède dans un deuxième temps à l'analyse modale de la structure. Il faut alors déterminer le nombre de modes propres à calculer pour satisfaire aux exigences des Règles PS 92.

Une fois l'analyse modale terminée, les réponses E_i de chaque mode i calculé doivent être combinées pour déterminer la réponse E_k de la structure dans la direction k . Cette opération appliquée aux directions x , y et z permet d'obtenir les réponses E_x , E_y et E_z correspondantes.

Puis le séisme n'agissant pas de manière unidirectionnelle, les réponses de la structure dans chaque direction sont combinées selon les formules de Newmark, déterminant ainsi la réponse résultante E .

Enfin, la réponse E aux effets du séisme doit être combinée avec les effets des autres actions telles que les charges permanentes, les charges d'exploitation et la charge de neige afin d'obtenir les sollicitations de calcul.

A l'issue de cette phase de calcul ayant permis l'assimilation du fonctionnement du logiciel CBS Pro et des différentes étapes du calcul sismique, on procède à l'exploitation des résultats.

3. Résultats

On étudie les résultats obtenus avec le logiciel CBS PRO pour chaque type d'élément modélisable : semelle isolée, semelle filante, voile, poteau, poutre et dalle.

On identifie alors trois catégories d'éléments :

- Les éléments « semelle isolée » et « poteau » dont les résultats peuvent être « exportés » vers le logiciel ROBOT Millenium qui effectue alors la vérification sismique.
- Les éléments « semelle filante » et « voile » dont les résultats nécessitent l'application de méthodes de calcul manuel pour effectuer la vérification sismique.
- Les éléments « poutre » et « dalle » dont les résultats présentent des difficultés d'exploitation liées à la méthode de calcul utilisée par le logiciel, à savoir la Méthode des Eléments Finis.

Au final, les résultats de chaque type d'élément sont étudiés et exploités selon différentes méthodes pour en faire la vérification sismique quand cela est possible.

4. Guide méthodologique

Il résulte de l'assimilation du logiciel et de l'exploitation des résultats que le manuel d'utilisation du logiciel existant est incomplet. En effet, il se limite à l'énumération des différentes fonctions sans donner de procédure de calcul détaillée ni d'explication sur l'exploitation des résultats. L'analyse des besoins révèle une demande de méthodologie d'utilisation du logiciel, pour la modélisation, le calcul et l'exploitation des résultats, adapté au Département Structure de SBE Ingénierie

Aussi la solution retenue pour développer l'utilisation du logiciel au sein de SBE Ingénierie est la rédaction d'un Guide méthodologique d'utilisation du logiciel CBS Pro basé sur l'expérience acquise lors de la modélisation, du calcul sismique et de l'exploitation des résultats du Collège du Piémont.

La conception du guide se fait en partant du principe que l'utilisateur possède déjà les bases de modélisation d'une structure, telles qu'expliquées dans le manuel existant du logiciel CBS Pro. Ainsi le guide doit pouvoir être utilisable de manière indépendante du manuel existant pour finalement devenir l'unique outil de travail de l'utilisateur du logiciel CBS Pro.

De même, on part du principe que l'utilisateur possède des connaissances de base des Règles PS 92, le guide ne s'attardera donc pas en justifications. Ainsi, les différentes étapes des procédures de modélisation, de calcul et d'exploitation des résultats se présenteront sous la forme d'une série d'instructions opératoires accompagnées d'« images écran » afin de rendre la méthodologie d'utilisation aussi simple et aussi claire que possible.

Conclusion

L'objectif de ce Projet de Fin d'Etude a été de développer l'utilisation du logiciel CBS Pro pour le calcul sismique au sein de SBE Ingénierie.

Pour cela il a été nécessaire de se pencher sur l'étude sismique d'un projet réel, le Collège du Piémont à Heiligenstein-Barr.

On a défini les hypothèses de l'étude et l'on s'est familiarisé avec les Règles PS 92 pour permettre leur mise en œuvre. On a constaté alors les limites du calcul sismique par la méthode simplifiée, justifiant ainsi de l'intérêt de l'outil informatique pour l'application de la méthode générale.

L'utilisation de l'outil informatique a permis l'assimilation du logiciel CBS Pro et des différentes étapes de l'étude sismique : la modélisation, l'analyse modale, la sélection des modes propres, la combinaison des modes, les combinaisons des composantes sismiques et les combinaisons d'actions.

L'études détaillée et l'exploitation des résultats du logiciel permet ensuite d'identifier différentes méthodes de calculs pour la vérification sismique de la plupart des éléments : semelle isolée, semelle filante, voile, poteau.

Finalement, la solution retenue pour atteindre l'objectif du Projet de Fin d'Etudes a été la rédaction d'un Guide Méthodologique d'Utilisation du logiciel CBS Pro basé sur l'expérience acquise lors de l'étude sismique du Collège du Piémont.