INGPHI
CONCEPTEURS
D'OUVRAGES D'ART

Simulation numérique du comportement des structures

Les méthodes de calcul utilisées en ingénierie reposent souvent sur des hypothèses simplifiées permettant de représenter efficacement le comportement des structures. Dans de nombreux cas, ces approches sont parfaitement adaptées au dimensionnement courant des ouvrages. Certaines situations nécessitent toutefois une analyse plus approfondie lorsque la géométrie évolue sous l'effet des charges, lorsque les matériaux atteignent leurs limites de résistance ou lorsque des interactions complexes apparaissent entre différents éléments d'un ouvrage.

La simulation numérique avancée permet d'explorer des phénomènes qui échappent aux approches de calcul traditionnelles. Elle aide à comprendre le comportement réel des structures face aux instabilités, à la fissuration, aux grandes déformations, aux interactions complexes entre matériaux ou encore aux effets dynamiques induits par le trafic, les vibrations ou les séismes.

Ces méthodes permettent notamment d'aller plus loin dans la compréhension du comportement des structures, qu'il s'agisse d'anticiper un phénomène d'instabilité, d'analyser un désordre existant ou d'évaluer le comportement d'un ouvrage sous des sollicitations particulières.

Anticiper les phénomènes d'instabilité

Projet : Gares CEVA, Genève

Certaines structures métalliques particulièrement élancées sont sensibles aux phénomènes d'instabilité. Avant même que la résistance du matériau ne soit atteinte, des phénomènes de flambage ou de voilement peuvent provoquer une perte de stabilité de certains éléments porteurs.

Dans le cadre du projet des superstructures des gares CEVA à Genève, les charpentes métalliques ont fait l'objet d'analyses numériques avancées intégrant un comportement géométriquement non linéaire. L'enjeu était ici d'identifier le niveau de sollicitation à partir duquel les éléments risquaient de perdre leur stabilité et d'en tenir compte dans le dimensionnement**.** Ces simulations ont permis d'évaluer avec précision les charges critiques d'instabilité et de mieux comprendre le comportement des structures sous sollicitation.

Les analyses réalisées ont permis d'optimiser la conception des éléments métalliques tout en garantissant leur sécurité et leur performance. L'objectif était de caractériser au plus juste le risque d'instabilité afin d'adapter le dimensionnement des éléments métalliques.

Identifier les mécanismes de dégradation

Projet : Ponts sur le Rhône, Saint-Maurice

Les ouvrages d'art peuvent présenter des désordres dont l'origine et les conséquences ne sont pas toujours directement déductibles. La compréhension fine de leur comportement constitue alors une étape essentielle pour définir une stratégie d'intervention adaptée.

Dans le cadre du projet d'assainissement des ponts sur le Rhône de l'autoroute N09 à Saint-Maurice, l'analyse ne portait plus sur une structure en cours de conception, mais sur des ouvrages existants présentant des anomalies. Des analyses numériques avancées ont été réalisées afin d'évaluer le comportement global des ouvrages et d'identifier les mécanismes à l'origine des anomalies observées lors des inspections et des auscultations. Les études se sont notamment concentrées sur le comportement des pylônes, des systèmes d'ancrage et du tablier, afin de mieux comprendre le fonctionnement global des ouvrages. Ces simulations ont permis de préciser la répartition des efforts au sein de la structure, de vérifier la capacité portante des différents éléments et d'évaluer l'efficacité des mesures de renforcement envisagées.

Les analyses ont contribué à garantir la sécurité de l'exploitation, à améliorer la robustesse structurelle des ouvrages et à en prolonger la durée de service.

Analyser le comportement vibratoire des structures

Projet : *Passerelle à Malines, Belgique*

Les structures élancées telles que les passerelles piétonnes peuvent être sensibles aux vibrations générées par les usagers, le vent ou d'autres sollicitations dynamiques. Dans ce cas, la résistance de l'ouvrage ne suffit pas à caractériser son comportement : le confort des utilisateurs devient lui aussi un critère de conception.

Dans le cadre du projet de passerelle à Malines, une analyse dynamique a été réalisée afin d'évaluer son comportement vibratoire sous les sollicitations d'exploitation. Les simulations ont permis de vérifier le niveau de confort attendu pour les piétons et d'identifier les mesures nécessaires à son amélioration.

Un amortisseur dynamique accordé a notamment été dimensionné et intégré au projet. Les analyses ont confirmé l'efficacité de cette solution pour réduire les vibrations et améliorer le confort des piétons.

Comprendre l'origine des fissurations

Projet : Ponts sur la Paudèze, Pully et Belmont

Les ouvrages existants peuvent présenter des désordres dont les causes ne sont pas immédiatement identifiables. Une compréhension approfondie de leur comportement est alors nécessaire pour établir un diagnostic fiable et définir les mesures d'intervention adaptées.

Dans le cadre de l'assainissement des ponts sur la Paudèze, des fissurations ainsi qu'un fléchissement progressif des tabliers ont été observés au cours de l'exploitation des ouvrages. L'enjeu était ici de reproduire numériquement ces phénomènes afin d'en identifier les mécanismes et de comprendre leur influence sur le comportement global des ponts. Des simulations numériques avancées ont été réalisées afin de reproduire le comportement des structures et d'identifier les mécanismes à l'origine de ces fissurations et de ces déformations.

Les analyses ont permis de reproduire les fissures observées, de mettre en évidence les contraintes additionnelles induites par le comportement différé du béton et d'évaluer leur influence sur le fonctionnement global des ponts. L'identification de ces mécanismes a permis de dimensionner les renforcements en fonction du comportement observé sur les ouvrages. L'identification de ces mécanismes a permis de dimensionner les renforcements en fonction du comportement observé sur les ouvrages.

Conclusion

La simulation numérique permet d'appréhender le comportement réel des structures au-delà des hypothèses simplifiées des méthodes de calcul traditionnelles. Elle peut intervenir à différentes étapes de la vie d'un ouvrage : pour anticiper un phénomène d'instabilité lors de la conception, pour comprendre les désordres d'une structure existante ou encore pour évaluer des sollicitations particulières comme les vibrations. Elle constitue ainsi un outil complémentaire au calcul courant, lorsque le comportement de l'ouvrage nécessite une analyse plus fine.