

Contexte et Objectif

La majeure partie des ponts de faible portée (inférieure à 25 m) est gérée par des collectivités territoriales. Nombre de ces ouvrages construits en maçonnerie ou en béton présentent des pathologies et leur remplacement apparaît parfois comme inévitable. Des solutions mixtes bois- béton ont déjà été mises en œuvre, avec des connexions mécaniques (Pont du Riou ou de Lure). Une liaison collée par époxy permettrait de profiter au mieux de la mixité des matériaux. Mais le comportement au fluage des matériaux constitutifs étant différent, il convient dans un premier temps d'évaluer la possible perturbation au cours du temps de l'équilibre des contraintes dans la section.

Nous présentons ici un cas d'étude de prédimensionnement. Des lois de fluage simples et réglementaires sont appliquées pour une simulation sur 100 ans. La flèche centrale et la distribution des contraintes normales dans la section sont étudiées.

1. Cas d'étude

A la demande du Conseil département de Haute Saône, le remplacement du pont de Tillouzot sur la Grosne, à Massilly, a été étudié avec une version bois béton collée (Fig. 1).

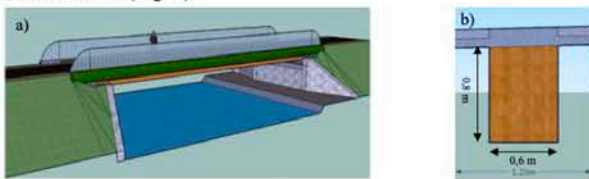


Fig. 1 : Pont de Tillouzot : a) Vue d'ensemble, b) Section sur une nervure
L'ouvrage présente une portée de 21 m. Il est supporté par 4 poutres en bois lamellé. Ces poutres sont reconstituées par collage sur la hauteur de 3 éléments de 0,2 m de large. La largeur de la nervure est donc de 0,60 m, pour une hauteur de 0,80 m. Le tablier en béton-armé a une épaisseur de 0,20 m.

Propriétés des matériaux.

Les poutres sont en Douglas GL24h. Le béton du tablier est en classe C35/45, avec un module d'élasticité 34 000 MPa.

Charges

Cet ouvrage est sur une piste cyclable, avec charge d'entretien seulement. Seules les charges de poids propres sont retenues dans cette modélisation. Elles génèrent une charge linéique pondérée (ELU $\gamma_G = 1,35$) de 9,4 KN/m.

2. Modèle

Maillage et conditions limites

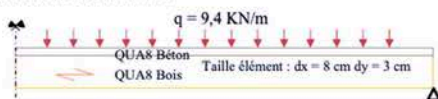


Fig. 2 : Maillage, conditions limites et force appliquée

La nervure est modélisée comme une poutre bi appuyée. Le maillage correspond à la demi-portée.

Lois de comportement en fluage

Les Eurocodes proposent une prise en compte du fluage par un coefficient multiplicateur du déplacement instantané. Pour les structures en bois, l'Eurocode 5 propose le coefficient k_{def} dépendant de la classe de service. Le comportement différé peut être exprimé par un modèle de Kelvin-Voigt généralisé (Dubois 1997).

La loi de fluage du béton est celle proposée dans l'Eurocode 2, section 3.1.4. Cette loi est impactée par l'humidité relative extérieure ; deux cas sont retenus ici : HR = 70% et HR = 80%. Les lois de fluage sont illustrées Figure 3.

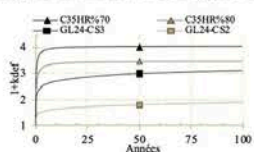


Fig. 3 : Coefficient multiplicateur de déplacement instantané

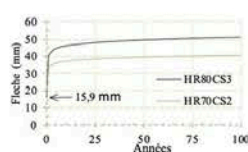


Fig. 4 : Flèche maximale de la nervure

Si le bois flue plus dans une ambiance humide (Classe de Service ou CS3), le béton au contraire est plus sensible à une ambiance plus sèche. Nous retenons 2 cas dans ce résumé :

- Cas 1 : Bois en CS2 et fluage béton calculé pour HR = 70%,
- Cas 2 : Bois en CS3 et fluage béton calculé pour HR = 80%,

3. Résultats

Flèche

Comme illustrée à la figure 4, le cas 2 conduit à une flèche finale est 51 mm à 100 ans, soit un rapport à la portée de $L / 410$. Pour le cas 1, la flèche finale de 40 mm donne un rapport de 525.

Profils des contraintes

Les profils de contraintes normales σ_{xx} sur la hauteur de la section sont présentés Fig. 5 et Fig. 6 pour les 10 premières années. Les valeurs maximales sont inférieures aux résistances pour un calcul instantané. Les variations les plus importantes apparaissent dans la première année de vie de l'ouvrage. Ensuite le comportement se stabilise et n'évolue quasiment plus. Le fonctionnement de la section mixte est donc en sécurité car le béton reste toujours en compression.

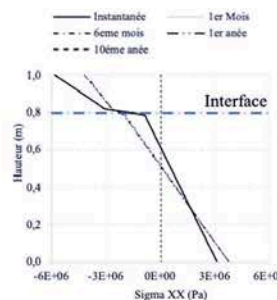


Fig. 5 : Contraintes normales à la classe de service 2 HR 70%

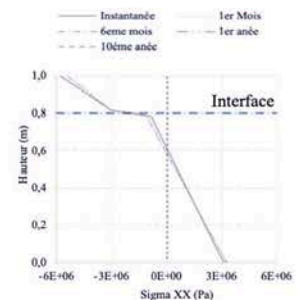


Fig. 6 : Contraintes normales à la classe de service 3 HR 80%

Cinétique de la poutre

Le fluage différentiel des matériaux béton et bois est donc uniquement visible dans les premières années de fonctionnement de l'ouvrage. La Fig. 7 représente l'évolution de l'axe neutre sur la hauteur. Seul un léger rapprochement de l'interface est visible dans les premiers mois du cas 2. Cette évolution peut être anticipée par une représentation du ratio des lois de fluage des deux matériaux comme proposé en Fig. 8.

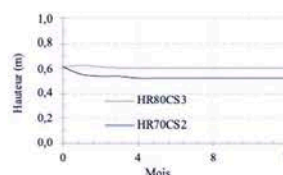


Fig. 7 : Evolution de la position de l'axe neutre dans la première année

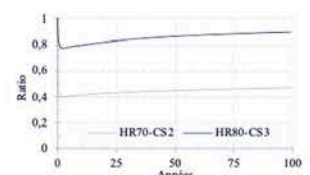


Fig. 8 : Ratio des coefficients multiplicateurs de déplacement instantané du bois divisé par celui du béton

Conclusions et Perspectives

L'application des lois de fluage régulières et réglementaires, c'est-à-dire non dépendantes de la température et de l'humidité, à des structures mixtes ne fait pas apparaître de modification notable de la distribution des contraintes au cours du temps. Cependant, le modèle reste largement perfectible par la détermination des profils réels de température et d'humidité dans les matériaux (Varnier 2019), et l'introduction de lois de fluage dépendantes de l'humidité et/ou de la température. Enfin, l'introduction d'éléments de joints pour modéliser l'interface collé permettra d'inclure un caractère endommageable de la liaison. En effet les variations dimensionnelles différentielles liées aux variations de température et d'humidité sont susceptibles de générer un phénomène de fatigue hydrique tendant à diminuer la qualité de la liaison dans le temps.