D.3 Les phases de construction

D.3 Les phases de construction

Les études des phases de construction ont deux objectifs :

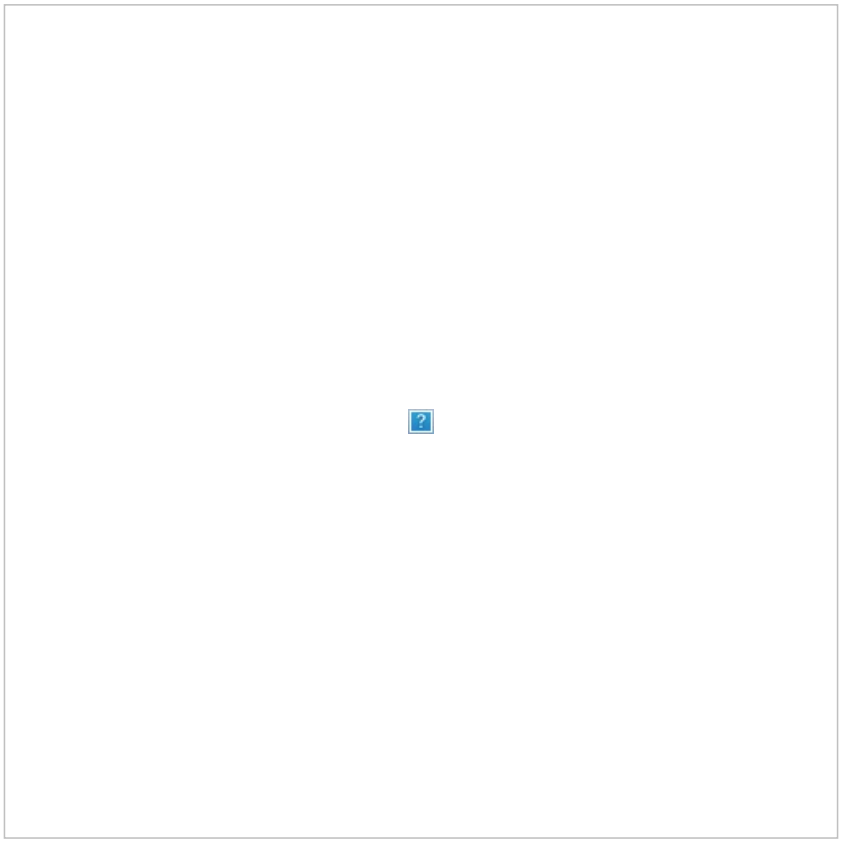
- s’assurer de la stabilité de la structure dans les différents états transitoires conduisant à l’état définitif ;
- calculer les effets du montage sur la distribution des efforts et sur la déformée de la structure en service.

Les effets du montage sont multiples. Ils sont liés :

- à l’évolution du schéma statique en cours de construction. Par exemple, une travée de pont construite par deux encorbellements à partir de ses deux extrémités et finalement clavée en son centre présentera juste après le clavage un diagramme de moment sous charges permanentes qui s’annule en milieu de travée, bien différent de celui qui aurait été obtenu sans prise en compte du mode de montage (Figure 5) ;
- à l’interaction des effets différés avec l’évolution du schéma statique. Dans l’exemple cité précédemment, après clavage, le moment en milieu de travée va croître sous l’effet du fluage ;
- à l’évolution des sections au cours du temps. Par exemple, dans le cas des ouvrages mixtes acier-béton, le poids de la dalle est supporté par la structure métallique seule si la structure ne repose pas sur des cintres lors du coulage du béton;
- à des réglages volontaires de la structure : dénivellations d’appui, réglages des haubans, vérinages en clef d’arc, …

La prise en compte de ces effets peut s’avérer relativement complexe et, dans les cas les plus difficiles, il peut être indispensable de recourir à un logiciel capable de modéliser pas à pas l’évolution de la structure.

Il est cependant souvent possible de procéder par une superposition de différentes analyses linéaires.



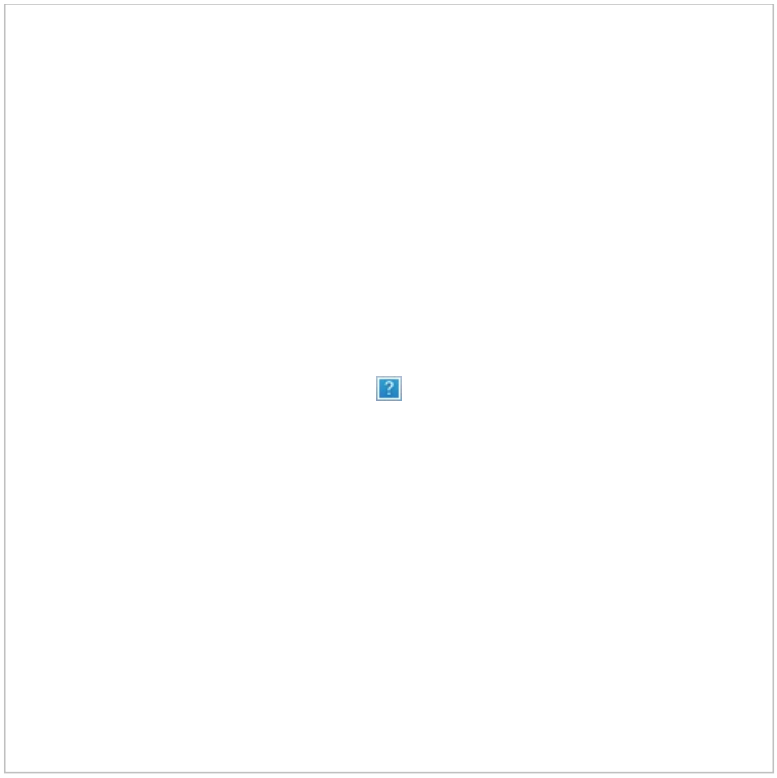
Effet des phases de construction : principe dans le cas du clavage d'une travée de pont construite en console

Les principales difficultés sont liées aux effets des déformations différées du béton. En effet, comment évaluer le moment à terme en milieu de travée, dans l’exemple présenté plus haut ? Dans le cas d’un clavage unique, il est possible d’utiliser la méthode dite « des coefficients » (Figure 6). Cette approche repose sur les points suivants :

Etat à terme = $(E(t_0, t_1)/E(t_0, t_\infty))$ x Etat à terme non clavé + $(1-(E(t_0, t_1)/E(t_0, t_\infty)))$ x Etat à terme sans phasage

t_0 étant le temps d’application de la charge, t_1 le temps du clavage, t_∞ le temps considéré pour l’état à terme, et $E(t_0, t_1)$ le module de béton pour l’obtention de la déformation du béton au temps t_1 pour une contrainte appliquée en t_0.

Cette méthode, dans le cas d’un clavage unique, restitue l’état à terme théorique exact. Elle est cependant difficilement extensible au cas de clavages multiples, et peut conduire alors à des résultats aberrants.

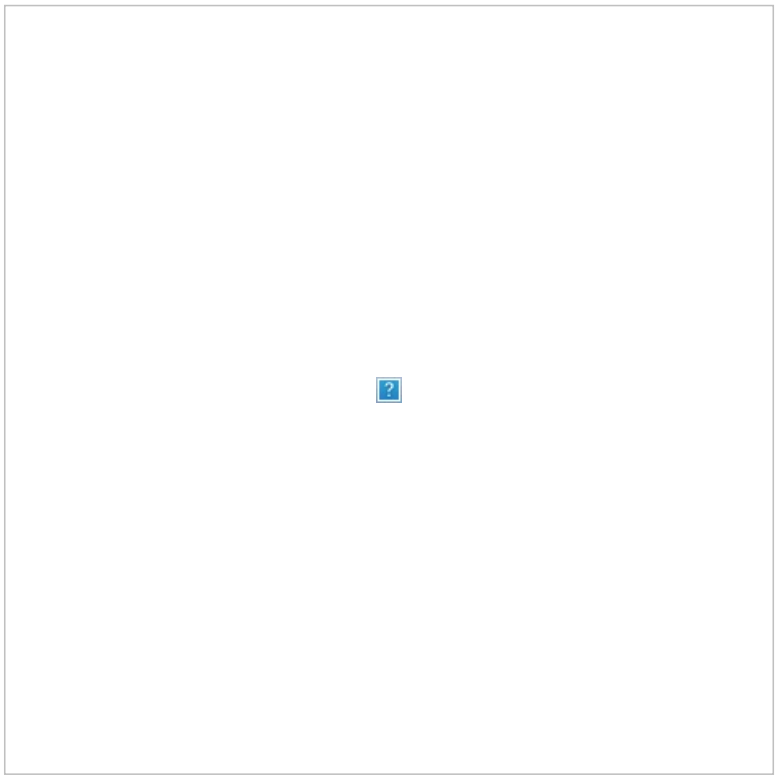


Cas unitaires utilisés pour la méthode des coefficients

Il est préférable d'extérioriser les effets des modifications du schéma statique de la façon suivante (Figure 7) :

- cas 1 : calcul de l'état à terme, si le clavage n'était pas réalisé ;
- cas 2 : calcul juste avant clavage, avec le module de béton adéquat ;
- cas 3 : calcul de l'effet du clavage : appliquer à la structure un déplacement imposé au niveau du clavage, ramenant la valeur de la discontinuité (dans le cas de l'exemple, en rotation) à la valeur figée par le clavage ;
- l'état à terme est la somme des cas 1 et 3.

Cette technique est plus facilement extensible aux cas où les modifications de la configuration statique des ouvrages sont nombreuses.



Cas unitaires utilisés pour la méthode de superposition

Il n'est pas inutile de rappeler que, sous les effets de déformation différée, le béton réagit avec un module de déformation apparent, appelé module de relaxation, plus faible que le module de fluage correspondant. Si le rapport classique entre le module de l'acier et du béton, intégrant les effets de fluage, est de l'ordre de 18, dans le cas d'un déplacement imposé, ce rapport passe à une valeur de 24. Ceci a tendance à rendre moins efficaces les réglages par dénivellation d'appui et par vérinage, lorsque ce dernier conduit à imposer une déformation à la structure.

Du point de vue des simulations éléments finis, le nombre important d'états intermédiaires à traiter multiplie le risque d'erreurs. Les vérifications doivent porter :

- sur le respect des conditions limites dans les phases intermédiaires ;
- sur le respect des déplacements gelés par les phases de construction dans la structure (par exemple, discontinuité de pente au niveau de clavages).

En études d’exécution, il faut aussi rappeler que le fluage réel du béton peut s’écarter fortement des formulations théoriques ; il faut donc construire le modèle de telle façon qu’il soit aisé de l’adapter pour restituer les déformations apparaissant dans les premières phases, et ainsi améliorer la prédiction des phases suivantes.

Révision #1
★Créé 8 December 2023 13:36:44 par Paul Terrasson Duvernon
✎Mis à jour 12 December 2023 10:44:00 par Paul Terrasson Duvernon