HAL
open science

Déformation élastique de couche de mortier en porte-à-faux

Arnaud Perrot, Damien Rangeard, Eric Courteille

To cite this version:

Arnaud Perrot, Damien Rangeard, Eric Courteille. Déformation élastique de couche de mortier en porte-à-faux. DiXite3dPrint : Fabrication Additive pour la Construction. Quelle Actualité Nationale ?, École des Ponts ParisTech, Jan 2019, Champs-sur-Marne, France. hal-02119290

HAL Id: hal-02119290

https://enpc.hal.science/hal-02119290

Submitted on 3 May 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Déformation élastique de couche de mortier en porte-à-faux

Elastic deformation of cantilevered mortar layer

Perrot Arnaud[1], Rangeard Damien[1], Courteille Eric[2]

1 : UBS - IRDL - UMR CNRS 6027
F- 56321 Lorient Cedex
e-mail : arnaud.perrot@univ-ubs.fr

2 : INSA – LGCGM – EA 3913
F- 35 000 RENNES CDEX
e-mail : eric.courteille@insa-rennes.fr

La fabrication digitale du béton est aujourd'hui une tendance majeure de la recherche dans le domaine du génie civil [1]. La fusion d'un procédé à commande numérique et d'une construction en béton pourrait permettre de réaliser des économies de temps, d'argent, en limitant son impact sur l'environnement tout en améliorant les conditions de travail et la qualité du bâtiment [2]. L'un des autres atouts de la construction numérique en béton est qu'elle peut ouvrir de nouveaux horizons aux architectes en offrant une nouvelle liberté de forme et d'imagination.

L'une des fabrications numériques de béton les plus étudiées est l'impression 3D par extrusion/dépôt. L'impression 3D du béton est un procédé de construction par couches. Ce procédé de fabrication d'additifs impose des exigences rhéologiques au béton imprimé. De nombreuses études ont porté sur la description du concept d'imprimabilité du béton [3] : le béton doit être suffisamment fluide pour être pompé, être suffisamment solide pour être indéformable sous poids propre et enfin durcir rapidement afin de supporter le poids des couches déposées progressivement au-dessus. D'autres études ont porté sur la stabilité des structures imprimées. Perrot et al [4] ont étudié la rupture de la structure due à la surcharge de la première couche déposée. Les auteurs ont montré que le problème peut être décrit par la compétition entre l'accumulation structurelle du matériau et la vitesse d'impression (vitesse d'augmentation de la hauteur de la structure).

Les propriétés mécaniques impliquées dans ce cas sont la limite d'élasticité instantanée du béton et donc son évolution dans le temps. Cette évolution est souvent considérée comme linéaire avec une vitesse de structuration constante A_{thix} définie par Roussel et al [5]. Des descriptions plus complexes de l'évolution de la limite d'élasticité ont récemment été proposées dans la littérature [6, 7]. Wangler et al. ont appliqué cette description au cas des chantiers de construction où le temps et la vitesse d'impression sont largement influencés par la longueur du contour. Ils ont proposé la définition d'une fenêtre de temps entre deux dépôts de couche qui permet la stabilité de la structure et une bonne interface entre les couches (pas de faiblesse au niveau de l'intercouche). Plus récemment, Wolfs et al. ont observé et expliqué un autre mode de rupture des structures d'impression. Ce mode d'affaissement est dû au flambement sous poids propre d'une structure d'impression mince présentant un gradient de propriétés mécaniques. Dans ce cas d'effondrement, c'est le module élastique du béton frais (et son évolution dans le temps) qui est en jeu [8].

Toutes ces études ont porté sur le cas le plus simple de structures verticales de structures parfaitement superposées. Nous avons proposé ici d'introduire le cas des structures complexes à couches déportées. Dans ce cas, il est possible d'utiliser un support amovible temporaire,

comme c'est le cas dans la modélisation du dépôt de fusibles plastiques mais nous étudions ici la possibilité que le béton frais puisse supporter une sollicitation par flexion lors d'un dépôt en porte-à-faux.

Cette étude se concentre sur la déformation d'une couche déportée de mortier frais. L'objectif de ces travaux est de prédire la flèche de l'extrémité du béton frais en porte-à-faux en fonction de ses propriétés mécaniques à l'état frais. Les propriétés élasto-plastiques du mortier frais (module d'élasticité et limite d'élasticité) ont d'abord été étudiées. Ensuite, la déformation des couches de mortier en surplomb a été mesurée par analyse d'images (Figure 1). Un modèle analytique basé sur la théorie des poutres en porte-à-faux a été proposé et avantageusement comparé à la simulation numérique (méthode des éléments finis pour le corps élastique) et aux résultats expérimentaux.

Finalement, les résultats montrent que des limitations géométriques fortes apparaissent au niveau du porte-à-faux entre couche pour ne pas introduire de trop fortes imprécisions géométriques lors de l'impression.

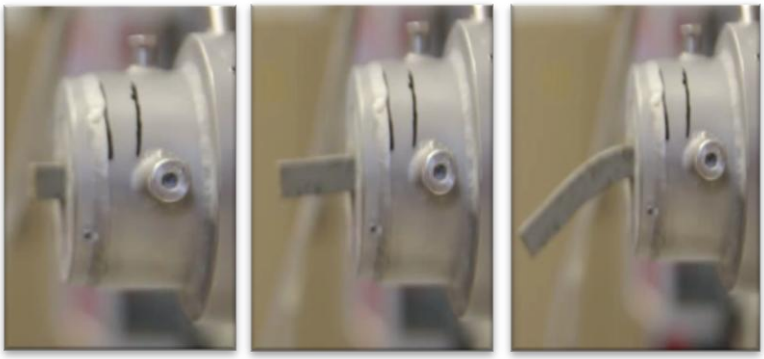

Fig. 1. Suivi de la déformation d'une couche en porte-à-faux.

Références

1. Wangler T, Lloret E, Reiter L, et al (2016) Digital Concrete: Opportunities and Challenges. RILEM Technical Letters; Vol 1 (2016)
2. Lloret E, Shahab AR, Linus M, et al (2015) Complex concrete structures: Merging existing casting techniques with digital fabrication. Computer-Aided Design 60:40–49.
3. Le TT, Austin SA, Lim S, et al (2012) Mix design and fresh properties for high-performance printing concrete. Materials and Structures 45:1221–1232.
4. Perrot A, Rangeard D, Pierre A (2016) Structural built-up of cement-based materials used for 3D-printing extrusion techniques. Materials and Structures 49:1213–1220
5. Roussel N (2006) A thixotropy model for fresh fluid concretes: Theory, validation and applications. Cement and Concrete Research 36:1797–1806.
6. Perrot A, Pierre A, Vitaloni S, Picandet V (2015) Prediction of lateral form pressure exerted by concrete at low casting rates. Materials and Structures 48:2315–2322.
7. Lecompte T, Perrot A (2017) Non-linear modeling of yield stress increase due to SCC structural build-up at rest. Cement and Concrete Research 92:92–97.
8. Wolfs RJM, Bos FP, Salet TAM (2018) Early age mechanical behaviour of 3D printed concrete: Numerical modelling and experimental testing. Cement and Concrete Research 106:103–116.