

Etat de l'art sur les propriétés mécaniques des bétons drainants

K.Seifeddine, S. Amziane, E. Toussaint

Université Clermont Auvergne, CNRS, SIGMA Clermont, Institut Pascal, F-63000 Clermont-Ferrand, France

RESUME Le béton perméable peut être décrit comme un béton poreux qui permet le transfert de l'eau à travers le réseau de pores interconnectés. L'objectif de ce papier est de présenter les facteurs qui influent sur la résistance mécanique du béton drainant à base de ciment et de granulats naturels. Une relation entre la résistance à la compression du béton drainant conventionnel et la porosité a été établie. L'équation de la courbe résultante montre que cette résistance est influencée par d'autres paramètres qui sont très peu étudiés dans la littérature. L'accent est mis sur la relation entre la résistance à la compression du béton drainant et d'autres paramètres tels que le type, la taille et la forme des agrégats, la teneur en pâte de ciment, les rapports eau/ciment (E/C) et agrégats/ciment (A/C).

Mots-clefs béton drainant, porosité ouverte, résistance à la compression

I. INTRODUCTION

Les revêtements en béton drainant font partie des revêtements perméables les plus courantes. Ils se caractérisent par une structure poreuse qui permet à l'eau de pénétrer. Du point de vue des performances mécaniques, hydrauliques et de durabilité, ces revêtements ont été largement étudiés (Lu et al., 2019). Ces revêtements perméables peuvent être utilisés dans les chaussées à faible trafic, les pistes cyclables, les aires de stationnement, les terrains de sport, le pourtour des arbres urbains, les chemins d'accès aux habitations pour les résidents et pour les véhicules de services, les sous-couche pour chaussée en béton, centres de sports nautiques et zoos, terrains de tennis (Tennis et al., 2004).

Les travaux sur les propriétés mécaniques du béton perméable ont porté principalement sur l'effet de la porosité sur la résistance mécanique à la compression. Cependant il existe peu de travaux dans la littérature traitant d'autres facteurs qui impactent la résistance à la compression du béton drainant traditionnel.

L'objectif de ce document est de faire un examen critique des études disponibles dans la littérature sur le béton drainant afin de déterminer ses grandeurs mécaniques et de caractériser les facteurs qui influent sur ces derniers.

II. Caractéristiques mécaniques

A. Relation entre la porosité et la résistance à la compression

Les mélanges de béton drainant peuvent développer des résistances à la compression allant de 3.5 à 28 MPa, avec une valeur typique de 17 MPa (Tennis et al., 2004). Pour une utilisation structurale de type chaussée à faible trafic, le béton drainant doit avoir une résistance à la compression supérieure à 17 MPa (NRMCA, 2003), alors qu'une résistance de 14 MPa suffira dans les aires de stationnement. En deçà de cette valeur le béton drainant peut être utilisé à condition de ne pas recevoir des charges roulantes (Nguyen, 2014).

À partir des données présentes dans la littérature (Seifeddine et al., 2021), nous avons tracé dans la Figure 1 la relation entre la résistance à la compression (MPa) et la porosité ouverte P_0 . Les études choisies concernent seulement des mélanges de béton drainant à base de ciment et de granulats naturels. L'équation de la courbe résultante donne une relation entre la résistance à la compression à 28 jours " R_{28j} (MPa)" et la porosité " P_0 (%)" selon la formule suivante :

$$R_{28j} = 51.916 e^{-0.057 P_0} \quad (1)$$

Cette équation présente le meilleur ajustement aux résultats expérimentaux. La Figure 1 montre aussi que la porosité est un facteur important qui contrôle la résistance à la compression du béton drainant, mais il existe d'autres facteurs pour prédire avec précision cette propriété.

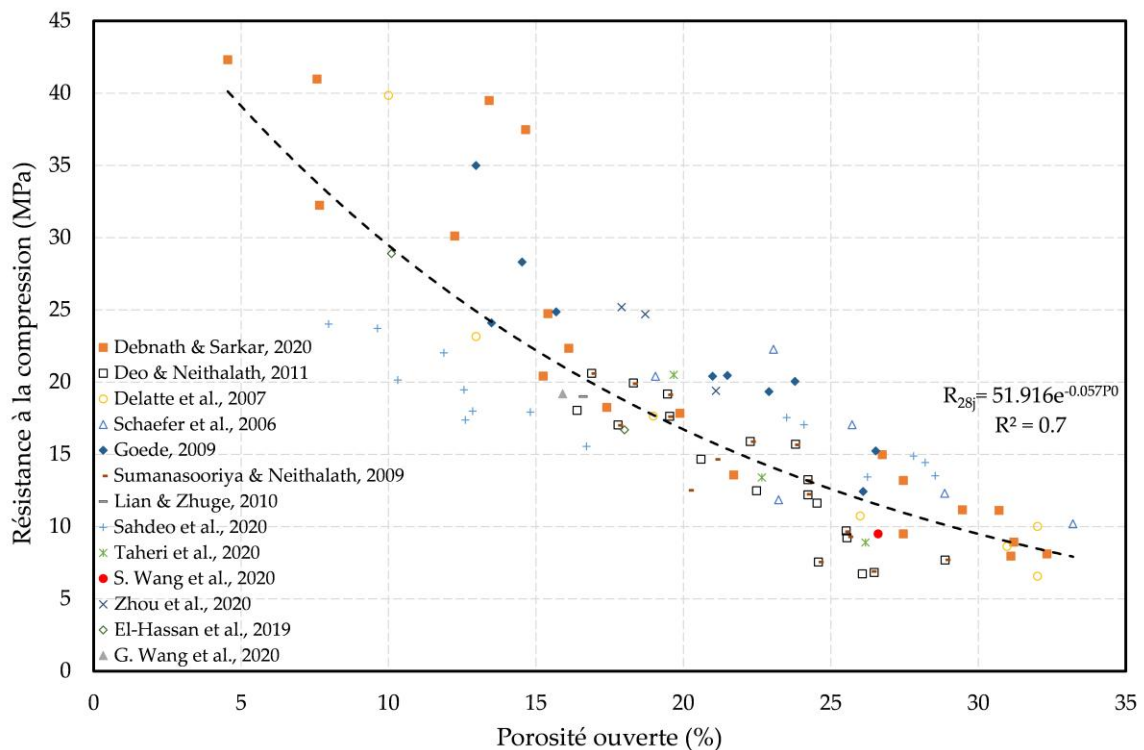


FIGURE 1. Variation de la résistance à la compression issue de plusieurs études disponibles dans la littérature en fonction de la porosité

B. Influence de la taille des agrégats, du rapport eau/ciment, de l'épaisseur de la pâte de ciment, du rapport A/C sur la résistance à la compression

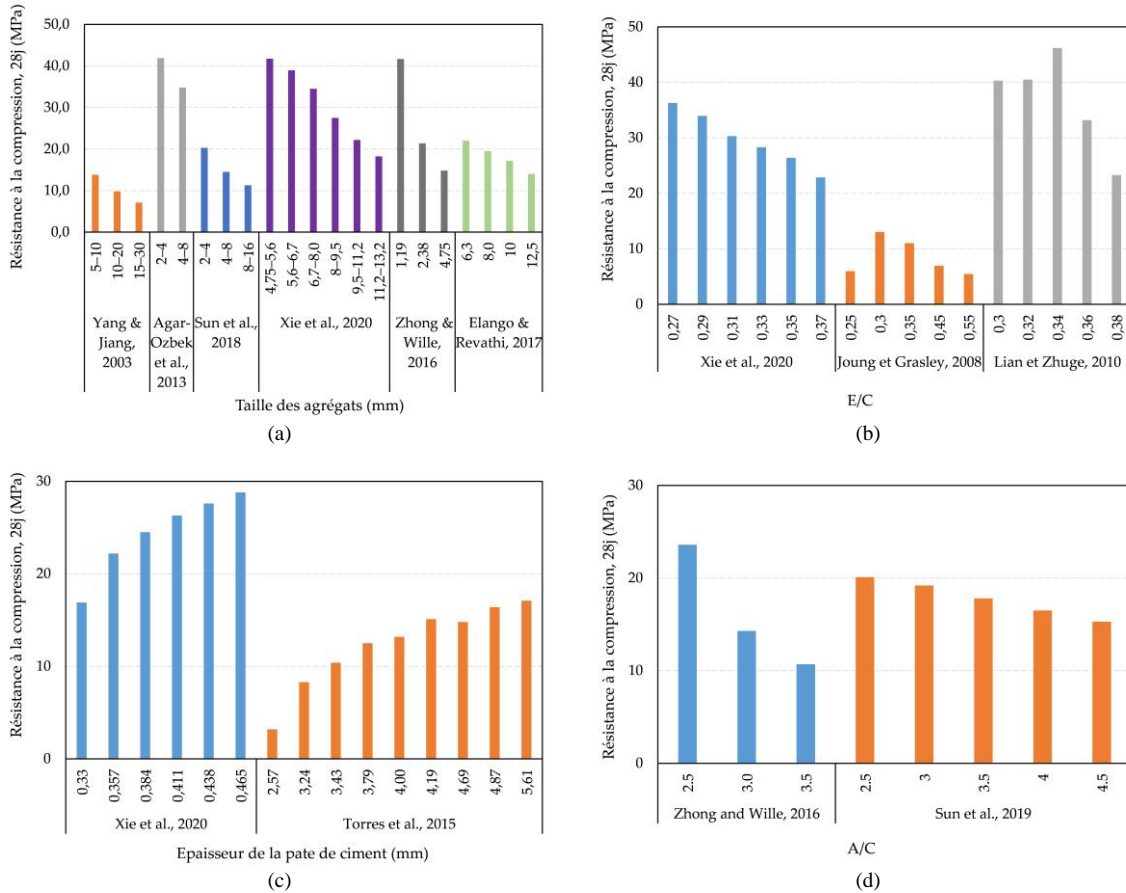


FIGURE 2. Variation de la résistance à la compression issue de plusieurs études disponibles dans la littérature en fonction de la taille d'agrégats, de l'épaisseur de la pâte de ciment et des rapports A/C et E/C.

La Figure 2 présente l'influence de la taille des agrégats (Figure 2a), du rapport E/C (Figure 2b), de l'épaisseur de la pâte de ciment (Figure 2c) et du rapport A/C (Figure 2d) sur la résistance à la compression du béton drainant (Seifeddine et al., 2021). Pour chaque étude présentée dans la Figure 2, le facteur étudié est la seule variable pour les mélanges testés.

La Figure 2a montre que la résistance à la compression diminue avec l'augmentation de la taille d'agrégat utilisé. Pour des échantillons en béton drainant ayant la même taille d'agrégats, la même porosité et les mêmes facteurs E/C et A/C, leurs résistances à la compression du béton drainant varient selon le type d'agrégats utilisé et ses propriétés mécaniques, physiques et géométriques (Huang et al., 2020).

La Figure 2b montre que la résistance à la compression varie en fonction du rapport E/C et la résistance maximale est obtenue avec un rapport E/C qui dépend du dosage et des propriétés de chaque mélange. Un faible rapport E/C conduit à une mauvaise maniabilité et à une mauvaise hydratation du ciment et donc une faible cohésion entre la pâte de ciment et les agrégats ce qui diminue la résistance à la compression. En revanche, un rapport E/C élevé due à une forte quantité d'eau, conduit à l'augmentation de la porosité capillaire et réduit la résistance de la pâte

cimentaire qui lie les agrégats entre eux. Bien que la maniabilité soit bonne, une grande quantité d'eau et un rapport E/C élevé diminue la résistance à la compression du béton drainant.

La Figure 2c montre que la résistance à la compression augmente avec l'accroissement de l'épaisseur de la pâte de ciment. L'étude de Xie et al., 2020 (Xie et al., 2020) montre que la résistance à la compression des bétons drainants (F_c) augmente de façon linéaire avec l'augmentation de la résistance à la compression de la pâte de ciment (F_p) et leur relation peut être décrite par l'équation 2 :

$$F_c = 0.279 F_p - 0.213 \quad (2)$$

La résistance à la compression diminue avec l'augmentation du rapport A/C. Cette augmentation induit une quantité de pâte de ciment plus faible pour couvrir les agrégats et donc une faible liaison entre les agrégats.

CONCLUSION

Le béton drainant est un matériau de revêtement à faible résistance mécanique à cause de sa structure poreuse. La résistance à la compression du béton drainant diminue avec l'augmentation de la porosité. La connaissance du taux de porosité dans le béton drainant n'est cependant pas suffisante pour prédire précisément sa résistance mécanique à la compression. En effet, celle-ci dépend d'autres facteurs tels que les rapports E/C, A/C, la teneur en pâte de ciment, le type et les propriétés mécaniques, physiques et géométriques des agrégats.

REFERENCES

- Huang, J., Luo, Z., & Khan, M. B. E. (2020). Impact of aggregate type and size and mineral admixtures on the properties of pervious concrete: An experimental investigation. *Construction and Building Materials*, 265. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120759>
- Lu, J. X., Yan, X., He, P., & Poon, C. S. (2019). Sustainable design of pervious concrete using waste glass and recycled concrete aggregate. *Journal of Cleaner Production*, 234, 1102–1112. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.260>
- Nguyen, D. H. (2014). *Étude du comportement hydromécanique des bétons drainants à base de coproduits coquilliers*. Thèse de doctorat de l'Université de Caen Basse -Normandie Spécialité : Génie des Matériaux.
- NRMCA. (2003). CIP 36 - Structural Lightweight Concrete. *Concrete*, 3, 3–4.
- Seifeddine, K., Amziane, S., Toussaint, E. (2021). State of the art on the mechanical properties of pervious concrete. *Cement-Concrete Composites*, (to be published).
- Tennis, P. D., Leming, M. L., & Akers, D. J. (2004). Pervious Concrete Pavements. In *Portland Cement Association, Skokie, Illinois, and National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Maryland, USA*. http://myscmap.sc.gov/marine/NERR/pdf/PerviousConcrete_pavements.pdf
- Xie, X., Zhang, T., Wang, C., Yang, Y., Bogush, A., Khayrulina, E., Huang, Z., Wei, J., & Yu, Q. (2020). Mixture proportion design of pervious concrete based on the relationships between fundamental properties and skeleton structures. *Cement and Concrete Composites*, 113(May), 103693. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103693>