

ENVIRONNEMENT ET CONSTRUCTION DURABLE

EUROCODE 2 : APPLICATION AUX BÉTONS À GRAVIERS RECYCLÉS

George WARDEH, Elhem GHORBEL

Ce travail est dédié à l'étude du comportement mécanique des bétons à base de graviers recyclés de classe de consistance S4 et de classe de résistance C35. Quatre formules sont étudiées : le béton de référence, et 3 bétons contenant des graviers recyclés avec les taux de substitution suivants : 30%, 65% et 100%. L'évolution du module d'élasticité, E , de la déformation au pic, ε_{c1} et de la contrainte de flexion, f_{t1} , a été étudiée en fonction du taux de substitution. Les résultats montrent que le module d'élasticité ainsi que la résistance à la flexion diminuent alors que la déformation au pic augmente. Un intérêt a été porté sur la validité des expressions analytiques proposées par l'EC2 pour la modélisation du comportement en compression. Les résultats obtenus montrent que ces relations ne prédisent pas de manière satisfaisante les propriétés mécaniques ainsi que la courbe contrainte déformation des 4 formules testées et de nouvelles expressions analytiques ont été proposées. On montre que la relation proposée ($E - f_{c28}$) s'applique à tout type de bétons alors que l'effet de la substitution doit être introduit dans la relation $\varepsilon_{c1} - f_{c28}$. Pour la modélisation de la courbe déformation-contrainte, le modèle de Carreira et Chu modifié est mieux adapté.

EUROCODE 2: APPLICATION TO RECYCLED AGGREGATE CONCRETE

This work is devoted to the study of the mechanical behaviour of concrete containing recycled gravel on the basis of S4 class of flowability and a target C35 class of compressive strength. Four formulations were studied, the concrete of reference and three concretes containing recycled gravel with 30%, 65% and 100% replacement ratio. The evolution of the elastic modulus, E , the strain at the peak stress, ε_{c1} , the flexural strength, f_{t1} was studied as a function of replacement ratio. The results show that the elastic modulus and the flexural strength decrease while the peak strain increases. The validity of analytical expressions proposed by EC2 is also discussed. The obtained results show that these relationships do not predict adequately the mechanical properties or the stress-strain curve of the four tested materials and new expressions were established. The proposed relationship $E - f_{c28}$ applies to any type of concrete, while the effect of substitution has to be introduced into the $\varepsilon_{c1} - f_{c28}$ relationship. For the full stress-strain curve the model Carreira and Chu seems more adequate.

DURABILITÉ DES RÉPARATIONS DES OUVRAGES EN BÉTON ARMÉ AVEC DES MORTIERS MODIFIÉS PAR DES POLYMÈRES

Inès Léana TCHETGNIA NGASSAM, Sandrine MARCEAU, Thierry CHAUSSADENT

Les mortiers modifiés par des polymères occupent une place importante dans la gamme de produits de réparation destinés aux

ouvrages d'art. Cette étude vise à comprendre l'influence de la présence de polymère dans ces mortiers sur la qualité des réparations de surfaces en béton, notamment sur leurs propriétés d'adhérence. Deux types de mortiers modifiés ont été formulés en utilisant deux poudres de polymère, du styrène acrylate (SA) et de l'éthylène vinyle acétate (EVA). Les résultats montrent que l'adhérence dépend à la fois du type et de la quantité de polymère utilisé et de l'environnement de cure de la réparation. Elle est optimale à partir 10% de polymère et la contrainte d'adhérence des mortiers contenant de l'EVA est plus élevée que celle des mortiers contenant du SA. Une cure en milieu chaud améliore également l'adhérence.

DURABILITY OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES REPAIRS WITH POLYMER-MODIFIED MORTARS

The polymer-modified mortars have an important place in the range of repair products. The aim of this work is to study the influence of the presence of polymers in these mortars on the quality of repair concrete surfaces, including their adhesion properties. Two types of modified mortars were made using two polymer powders: styrene acrylate (SA) and ethylene vinyl acetate (EVA). The results show that the adhesion depends on both the type and the amount of polymer used and the cure that is applied. It is optimized from 10% of polymer and EVA mortar adhesive strengths are higher than SA mortars ones. A high temperature also improves adhesion.

INCORPORATION DE FINES DE BÉTON DE DÉMOLITION DANS LA FABRICATION DE MORTIER PAR SUBSTITUTION DU CIMENT

L. NElfia, P-Y. Mahieux, Ph. Turcry, Y. Amine, Ouali Amiri

Les enjeux environnementaux et économiques ont amené les acteurs publics et privés à s'associer autour d'un projet ambitieux (projet national Recybéton) visant à valoriser 70% des déchets du BTP inertes d'ici 2020 contre 12% à l'heure actuelle. À ces fins, de nouvelles filières sont envisagées comme par exemple la fabrication de liants composés à base de fines de béton concassé ou broyé. Dans cette thématique, nous avons étudié la faisabilité d'introduire des fines obtenues par concassage d'un béton dans la constitution de mortiers avec trois taux de substitution du ciment (25, 50 et 75%) à travers l'étude de la réactivité, la maniabilité et les résistances mécaniques en compression. Au regard des résultats obtenus, on constate que les fines étudiées peuvent être introduites dans la constitution de liants composés (jusqu'à 25% environ), c'est-à-dire jouer un rôle identique à celui du filler calcaire présent dans les ciments de type CEM II /B-L 32,5 R. Ces premiers résultats encourageants nous poussent à étendre notre démarche de recherche à des bétons de démolition de sites industriels.

REUSE OF FINE CRUSHED CONCRETE IN MORTARS WITH CEMENT SUBSTITUTION

Environmental and economic issues have led public and private stakeholder to join around an ambitious and innovative project to develop 70% of inert construction waste by 2020 compared with only 12% at present [CGDD, 2010]. To increase their

exploitation potential some projects aims to explore opportunities to incorporate waste recycling into design binders by substitution of cement. The purpose follows this theme where we studied the feasibility to incorporate one fine concrete in a mortar constitution by three volumes substitutions of cement. In view of the results, we found that fines concrete can be introduced into the constitution of blended binders (up to 25 %) and so can play a similar role to that of limestone filler in cement CEM II /B-L 32.5 R type. These first results are encouraging and have led us to expand our research approach to demolition concrete from industrial sites.

PERFORMANCE HYDRIQUE DE BÉTONS DE CHANVRE : EFFET DE L'ENDUIT SUR LEUR CAPACITÉ DE RÉGULATEURS HYDRIQUES

Florence COLLET, Sylvie PRETOT, Christophe LANOS

Le comportement hygrothermique des enveloppes de bâtiment influe sur les besoins énergétiques et sur le confort intérieur. Le béton de chanvre est un matériau bio-sourcé dont les principales qualités sont son faible impact environnemental et son comportement hygrothermique. Cette étude traite de la caractérisation dynamique du comportement hydrique de béton de chanvre moulé. Dans un premier temps, l'étude est réalisée sur le matériau seul, puis sur le matériau enduit. Deux types d'enduit intérieur sont considérés : sable-chaux et chanvre-chaux. Les essais sont réalisés selon la méthode définie dans le Nordtest project. Les résultats montrent que le béton de chanvre moulé est un très bon régulateur hydrique ($MBV=1,94 \text{ g}/(\text{m}^2.\%RH)$). Une fois enduit, le béton de chanvre moulé reste bon régulateur hydrique avec un enduit fermé et très bon régulateur hydrique avec un enduit ouvert.

HYDRIC PERFORMANCE OF HEMP CONCRETE: IMPACT OF COATING ON THEIR MOISTURE BUFFERING CAPACITY

The hygrothermal behaviour of building envelopes impacts on energy needs and on indoor comfort. Hemp concrete is a bio-based building material the main qualities of which are its low environmental impact and its hygrothermal behaviour. This study deals with dynamic characterization of hydric behaviour of moulded hemp concrete. In a first step, the study is held on the material itself. Then, the study considers systems made of coated moulded hemp concrete for two kinds of coating: sand-lime and hemp-lime. Results show that moulded hemp concrete has a very good moisture buffer capacity ($MBV=1.94 \text{ g}/(\text{m}^2.\%RH)$). Once coated, hemp concrete remains good hydric regulator (for concentrated coating) and very good hydric regulator (with open coating).

INVESTIGATION EXPÉRIMENTALE ET MODÉLISATION MULTI-ÉCHELLE DES PROPRIÉTÉS THERMIQUES DES BÉTONS INCORPORANT DES MATÉRIAUX À CHANGEMENT DE PHASE (MCP)

Sarra DRISSI, Anissa EDDHAHAK, Sabine CARÉ, Jamel NÉJI, Johan COLIN

L'utilisation des matériaux à changement de phase (MCP) dans le domaine des bâtiments est une solution attractive contribuant à la réduction de la consommation d'énergie ainsi qu'à l'amélioration du confort thermique. Ce travail est consacré à l'étude des propriétés thermiques des MCP et des bétons modifiés (chaleur spécifique, conductivité thermique). Des techniques expérimentales ont été mises en jeu telles que la calorimétrie

différentielle à balayage (DSC), le Hot Disk et le laser flash. Une modélisation micro-macro est aussi présentée afin de prédire la conductivité thermique des bétons-MCP en se basant sur quelques schémas d'homogénéisation classiques.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION AND MULTI-SCALE MODELING OF THERMAL PROPERTIES OF CONCRETE MODIFIED WITH MICROENCAPSULATED PHASE CHANGE MATERIALS (PCMS)

The use of Phase Change Materials (PCMs) in the building sector is an attractive solution contributing to the reduction of energy consumption as well as the improvement of the thermal comfort. This research is devoted to the study of thermal properties of PCMs and modified concrete (specific heat, thermal conductivity). Experimental techniques were used such as the Differential Scanning Calorimetry (DSC), the Hot Dish and the Laser Flash. Also, a micro-macro modelling is presented in order to predict the thermal conductivity of PCM-concrete using some classic homogenization schemes.

MATÉRIAUX

DÉVELOPPEMENT DE COMPOSITES À MATRICE MINÉRALE ET À RENFORT TEXTILE

Marie MICHEL, Jean AMBROISE

Le CCV (Composite Ciment Verre) est un mélange de micro-béton fluide et de roving de fibres de verre coupées. Une solution de renforcement alternative aux fibres courtes est l'utilisation de renforts textiles. Les TRC (Textile Reinforced Cement or Concrete) sont des matériaux dont le coût matière est très nettement supérieur à celui des bétons traditionnels, ce qui a un impact sur le prix des produits finis. La réduction des coûts passe par la diminution des épaisseurs et par une réduction des cycles de fabrication. Concernant la réduction des cycles de fabrication, l'utilisation des liants à prise rapide tels que les systèmes [CAC – sulfate de calcium – CEM] permet, par le fait de la précipitation rapide d'ettringite, un démoulage en quelques minutes. Les résultats présentés dans cette étude ont pour objectif de montrer les perspectives de développement de composites fabriqués par imprégnation de renforts textiles avec un liant ettringitique. L'accent sera porté sur l'évolution des performances mécaniques à cause du phénomène de carbonatation des ettringites qui peut affecter la durabilité à long terme.

DEVELOPMENT OF TEXTILE REINFORCED CONCRETE

CCV (Composite GRC) is a mixture of micro-fluid concrete and short fiber roving glass. An alternative to reinforcing short fibers is the use of textile reinforcements. The TRC (Textile Reinforced Cement or Concrete) are materials whose material cost is much higher than that of conventional concrete, which has an impact on the price of the finished products. Cost reduction through reduced thickness and reduced manufacturing cycles. On the reduction of production cycles, use fast setting binders such as systems [CAC - calcium sulfate - CEM] allows a demoulding in a few minutes thanks to the rapid precipitation of ettringite. The results presented in this study aims to show the development prospects of composites made by impregnation of textile reinforcements with an ettringite binder. Emphasis will be placed on the development of mechanical performance due to carbonation ettringites phenomenon that can affect the long-term durability.

DES PISTES DE RECHERCHE POUR DIMINUER LA VISCOSITÉ DES BÉTONS À HAUTES PERFORMANCES

Julie HOT, Nicolas ROUSSEL

Depuis quelques années, le béton connaît une période de mutation. Les tendances actuelles concernant la formulation des bétons à hautes performances et à faibles impacts environnementaux montrent que la fraction volumique solide est de plus en plus élevée. Cependant, l'augmentation de la fraction volumique solide a de lourdes conséquences sur la maniabilité de ces nouveaux bétons. Les performances à l'état durci sont certes obtenues mais les modifications de formulation de ces bétons sont difficilement compatibles avec une fluidité importante. Les pistes de recherche permettant de contourner cette difficulté sont nombreuses, notamment grâce à l'emploi de polymères. Le travail présenté ici a donc pour but d'identifier certains mécanismes d'action de ces molécules à l'origine d'une diminution de la viscosité.

HOW TO DECREASE THE VISCOSITY OF HIGH PERFORMANCE CONCRETES

The concrete industry has been undergoing significant change in recent years. Current trends in mix design of high strength and environmentally friendly concretes show that solid volume fraction is progressively increasing. The increase in solid volume fraction has however dramatic consequences on the workability of these new concretes. Although the mechanical performances of hardened concretes are maintained and even improved, the change in mix design is hardly compatible with a good fluidity. To work around this issue, it is possible to use polymers. The article presented here aimed at identifying some potential mechanisms of action of these molecules at the origin of a decrease in viscosity.

ÉTUDE DE L'OUVRABILITÉ ET DES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DE MORTIERS À BASE DE SABLE RECYCLÉ

H. GOMART, E. GHORBEL, G. WARDEH

Le but de ce travail est d'étudier les propriétés à l'état frais et durci de mortiers de béton équivalents dont une partie du sable naturel a été substituée par du sable recyclé issu de matériaux de déconstruction. Deux séries de mortiers ont été formulées. Pour la première, la composition a été maintenue constante pour chaque taux de substitution en sable recyclé, avec une ouvrabilité variable. La deuxième série a été élaborée de manière à maintenir l'ouvrabilité constante quel que soit le taux de substitution. L'évolution des masses volumiques, de l'air occlus ainsi que du maintien de l'ouvrabilité a été suivie et analysée. Ces derniers résultats montrent que le sable recyclé n'absorbe pas l'eau de façon instantanée. À l'état durci, la microstructure a été étudiée par des mesures de porosité à l'eau et par intrusion de mercure. L'étude de la résistance à la compression et du module d'élasticité dynamique à 28 jours montre que ces résultats sont parfaitement corrélés à la porosité des matériaux.

EFFECTS OF RECYCLED SAND ON WORKABILITY AND MECHANICAL PROPERTIES OF MORTARS

The aim of this study is to compare the fresh state properties and the mechanical behaviour of mortars for which a part of the natural sand was replaced by recycled sand coming from deconstruction materials. Two series of mortars were formulated, one where all compounds were held constant for each substitution ratio of recycled sand, so that the workability is variable; at the opposite, the second series was formulated on the basis of constant workability whatever the replacement ratio was. At fresh state, densities, air content and workability evolution with time were measured. These results show that recycled sand does not absorb water instantaneously. In the hardened state, the microstructure was studied by means of water and mercury intrusion porosity techniques. These results were compared with compressive strength and dynamic modulus of elasticity at 28 days and show a good correlation between mechanical properties and porosity.

INFLUENCE DU SÉCHAGE SUR LES PROPRIÉTÉS D'ADHÉRENCE D'UN MORTIER ADJUVANTÉ PAR UN ÉTHER DE CELLULOSE

T. MAUROUX, Ph. TURCRY, F. BENBOUDJEMA, A. AIT-MOKHTAR, B. RUOT

Les mortiers industriels ont une formulation complexe contenant des polymères comme les éthers de cellulose. On s'intéresse ici à l'influence du séchage sur l'adhérence d'un tel mortier sur un support en béton. Les propriétés du mortier (retrait de séchage, propriétés mécaniques, microstructure) ont été caractérisées et le système mortier / support a été étudié avec des essais d'arrachement et un suivi de la fissuration due au retrait. Alors que la cure a un effet bénéfique sur l'hydratation et sur les propriétés mécaniques du mortier, le retrait de séchage augmente lorsque la cure est prolongée, contrairement à ce qu'on observe classiquement chez les bétons. Dans le cas d'un support sablé, il en résulte une fissuration à l'interface et une moindre adhérence du mortier sur le support, quand il est décoffré plus tardivement. Une hypothèse est formulée pour expliquer l'influence de la cure sur le retrait.

EFFECT OF DRYING ON ADHESION PROPERTIES OF A MORTAR WITH CELLULOSE ETHER ADDITION

Industrial mortars have complex mix-design with polymers such as cellulose ether. The present paper deals with the influence of drying on the adhesion of a mortar on a concrete substrate. The properties of the studied mortar (drying shrinkage, mechanical properties, microstructure) were measured and the system 'mortar on substrate' was studied by means of pull-off tests and the cracking of the interface due to shrinkage was monitored. While curing has a benefic effect on cement hydration and mechanical properties, it appears the drying shrinkage is increased when the curing duration is longer. This is in contradiction with literature on concrete. In the case of a sandblasted substrate, this results in a cracking of the interface between mortar and concrete and a lower adherence. The influence of curing on free shrinkage is discussed.