

N° d'ordre :

THESE

Présentée devant

l'UNIVERSITE PAUL SABATIER
Toulouse III

en vue de l'obtention du

DOCTORAT UPS

spécialité Génie Civil

par

Philippe LAWRENCE

SUR L'ACTIVITE DES CENDRES VOLANTES ET DES ADDITIONS MINERALES CHIMIQUEMENT INERTES DANS LES MATERIAUX CIMENTAIRES

soutenu le 21 décembre 2000 devant la commission d'examen :

MME	G.Arliguie	examinatrice
MM	A.Carles-Gibergues	examineur
	JL. Gallias	rapporteur
	C.Haehnel	examineur
	A.Nonat	rapporteur
	A.Play	examineur
	E.Ringot	directeur de thèse

Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions
INSA-UPS 135 avenue de Rangueil - 31077 TOULOUSE Cedex

Résumé

Les mortiers et bétons confectionnés avec une addition minérale ont fait l'objet de nombreuses études. Toutefois aucune loi générale n'a encore été dégagée pour quantifier les effets de telles additions, vis à vis des propriétés du mortier, et notamment de sa résistance mécanique. Même si la norme XP-P18 305 introduit des coefficients de prise en compte, ceux-ci sont forfaitaires et concernent, en principe, les propriétés de durabilité et non pas les propriétés mécaniques.

Ces travaux de thèse ont pour but l'étude des additions minérales, chimiquement inertes ou pouzzolaniques, sur la résistance des matériaux cimentaires. Les paramètres de l'étude sont la nature, la finesse et le dosage de l'addition minérale. Le remplacement du ciment par l'addition est compris entre 0 et 75% en masse.

Les expérimentations principalement sur mortiers ont permis d'établir des relations prédictives basées sur une interprétation qualitative de l'action des additions. Aux jeunes âges, les relations sont confirmées par la calorimétrie.

Toute addition minérale, même chimiquement inerte, favorise l'hydratation du ciment pourvu qu'elle soit suffisamment fine. Cet accroissement d'hydratation est attribué à la germination hétérogène des hydrates se précipitant sur les grains de l'addition minérale.

Cette «accélération» de l'hydratation a été quantifiée à partir de mesures de résistances en compression des mortiers entre 1 jour et 6 mois, ainsi qu'à partir de l'avancement des réactions d'hydratation entre 0 et 48 heures, par mesures calorimétriques. L'accélération est fonction de la finesse de l'addition et de sa quantité (taux de substitution).

En remarquant que la probabilité pour qu'une particule minérale favorise la germination hétérogène n'est pas la même selon la quantité d'addition, une grandeur globale, fonction de la finesse et du taux de substitution, est définie : la surface efficace. Homogène à une surface spécifique, la surface efficace représente la fraction de surface de l'addition participant au processus de la germination hétérogène.

Finalement, nous proposons une relation prédictive des résistances reposant sur ce seul concept de surface efficace. Par la suite, le modèle est étendu avec succès au cas des additions présentant une activité pouzzolanique. De plus, les résultats expérimentaux dont nous disposons semblent montrer que cette relation prédictive peut être transposée aux bétons avec additions.

Cette étude apporte un nouvel éclairage sur les prédictions de résistance et devrait aider, à terme, à la mise en place de règles de formulation de bétons avec additions.

Abstract

Filler-containing mortars or concrete have often been studied but no general law has been drawn to analyse quantitatively the effect of such fillers on mortar properties, in particular compressive strengths. French norm XP-P18 305 introduce efficiency factors but these factors are inclusive and they theoretically concern durability properties and not compressive strengths.

This thesis deals with the influence of different type of filler on compressive strength (inert fillers or pozzolanic fillers). The parameters studied are filler nature, fineness and content. The filler content ranges from 0% to 75% of the cement weight.

Predictive relations based on qualitative analyse of filler effect are drawn from principals experiments on mortars. At early ages, calorimeter measures confirm these relations.

If enough fine, fillers favour cement hydration irrespective of their specific chemical composition. The mechanism involved in this effect on cement hydration is an accelerating effect certainly due to physical effects as crystallisation nuclei (cement hydrates growing at the contact of fillers).

This accelerating effect on cement hydration is quantitatively analysed from compressive strengths results for mortars aged from 1 day to 6 months, and from hydration heat measurement between 0 and 48 hours , measured by calorimeter. The accelerating effect is function of both filler content and fineness.

Noting that probability for one mineral particle to act as a crystallisation nuclei is not equal with filler content, a global magnitude, function of fineness and substitution ratio is defined : the efficient surface. This efficient surface is homogeneous to a specific surface and represents the surface fraction participating to physical effects.

Finally, based only on this efficient surface concept, a compressive strength predictive relation is proposed. Afterwards, the model is used successfully for pozzolonic mineral additives as fly ashes. Furthermore, first experimental results show that this predictive relation can be transposed to filler-containing concrete.

This study offers a new approach for compressive strength prediction. It can help, eventually, to give mixing rules for filler-containing concrete.