



IDENTIFICATION DE L'ALCALI- RÉACTIVITÉ DU SABLE DE CARRIÈRES

IDENTIFICATION OF ALKALI- REACTIVITY OF CARRIER SAND

Réception : 08/07/2018

Acceptation : 26/07/2018

Publication : 08/01/2019

BERRABAH Hamza Madjid¹, SEKRANE Nawal Zahira²¹Laboratoire Matériaux et Hydrologie, Centre Universitaire AHMED ZABANA, Relizane, 48000, Algérie, b_hamza_2005@yahoo.fr²Laboratoire de Génie Civil et Environnement, Université Djillali Liabes, Sidi Bel Abbès, 22000, Algérie, n.sekrane@gmail.com

Résumé : L'alcali-réaction est un ensemble de réactions se produisant dans le béton entre la solution interstitielle et certaines phases minérales réactives présentes dans les granulats. Une quantité de travail énorme a été effectuée pendant les dernières décennies pour développer des méthodes d'essai rapides et fiables afin de déterminer l'alcali-réactivité des granulats. L'objectif de notre travail est de tester la réactivité d'un sable de carrières vis-à-vis de l'alcali-réaction par l'essai accéléré sur barres de mortier.

Mots - clés : alcali-réaction, sable de carrières, essai accéléré sur barres de mortier, expansion.

Abstract: The alkali-reaction is a set of reactions occurring in the concrete between the interstitial solution and certain reactive mineral phases present in the aggregates. A tremendous amount of work has been done in recent decades to develop fast and reliable test methods to determine the alkali-reactivity of aggregates. The objective of our work is to test the reactivity of the quarry sand against the alkali-reaction by the accelerated test on mortar bars.

Keywords: alkali-reaction, sand quarries, accelerated mortar test bars, expansion.

1-Introduction

Le béton constitue certainement un des matériaux de constructions les plus durables. Certains ouvrages demeurent en excellent état après plus d'un siècle d'exposition à des conditions climatiques particulièrement rigoureuses. Cependant, on constate quelque fois que certains ouvrages récents présentent une détérioration importante.

Cette détérioration apparaît lorsque ces ouvrages ne peuvent pas résister à des agressions. Ces agressions hypothèquent la durabilité, la résistance et la stabilité des ouvrages et peuvent entraîner leur dégradation, voire leur ruine.

Les causes de cette détérioration sont variées : elles peuvent être mécaniques, physiques ou chimiques.

Parmi les causes chimiques, il existe des réactions qui se produisent entre la solution interstitielle fortement alcaline et certaines phases minérales présentes dans les granulats : ce sont les alcalis-réactions [2].

Trois conditions doivent être simultanément remplies pour que ces réactions puissent avoir lieu :

- Il faut que le granulat soit potentiellement réactif ;
- La teneur en alcalins dans la phase liquide interstitielle dépasse un seuil critique ;
- L'humidité relative excède 80 à 85%.

Les conséquences de l'alcali-réaction sont diverses : les plus préoccupantes sont le gonflement irréversible des ouvrages atteints qui entraîne la fissuration et la chute des caractéristiques mécaniques des bétons affectés [2]. Ces phénomènes sont préoccupants pour les gestionnaires des structures atteintes car ils mettent en péril la sécurité des personnes et l'exploitation des ouvrages. De plus, il n'existe aucun moyen d'arrêter la réaction.

La surveillance des ouvrages atteints d'alcali-réaction constitue la solution la moins onéreuse pour les maintenir en service. Elle doit être précédée par un diagnostic visant à évaluer l'amplitude du phénomène en s'appuyant sur un examen visuel détaillé. Il doit être complété par une série d'examen et d'analyses de laboratoire

réalisée sur des éprouvettes de béton extraites de l'ouvrage [2].

La réparation ou la réhabilitation est la principale préoccupation concernant plusieurs structures de béton détériorées autour de nous [5-8]. De telles réparations des structures en béton sont nécessaires pour assurer leur durée de vie. De plus, elles doivent être complétées dans un court délai pour la commodité du public [7-9]. Au fil des ans, plusieurs matériaux de réparation ont été développés pour les structures en béton y compris les matériaux à base de ciment [9,10]. Dernièrement, les propriétés des mortiers ont révélé d'énormes perspectives en matière de réparations d'urgence et de revêtement [11-15]. Les propriétés des mortiers sont considérées comme une alternative au ciment Portland [16].

Dans notre pays, le sable de carrières est utilisé par les opérateurs activant dans les secteurs du bâtiment, des travaux publics et de l'hydraulique. Le but de notre travail est de tester la réactivité de ce granulat en le soumettant à l'essai accéléré sur barres de mortier.

Cet essai a été effectué au niveau du laboratoire des matériaux du département de génie civil de l'Université Djillali Liabés de Sidi Bel Abbés, Algérie.

2- Exécution de l'essai

2.1- présentation de l'essai

L'essai accéléré sur barres de mortier (AMBT) a été développé par Oberholster et Davies à l'Institut de recherche national de bâtiment (NBRI) en République sud-africaine pour identifier les granulats réactifs. Il a été adopté en 1994 par ASTM comme C1260 et CSA comme A23.2-25A [2].

L'essai comporte l'immersion des barres de mortier dans une solution de NaOH 1M à 80 °C pendant 14 jours avec un rapport E/C égal à 0.45 et un rapport G/C égal à 2.25 [1] [3] [4].

Le granulat à évaluer est concassé de manière à obtenir des particules de la taille du sable.

Un accroissement supérieur à 0,10 % après 14 jours (selon ASTM) est un indice d'une expansion potentiellement nuisible du granulat.

2.2- les matériaux utilisés dans l'essai

Les spécifications pour cet essai ne donnent aucune condition pour le type de ciment utilisé.

Pour cette raison nous avons choisi les matériaux de construction utilisés couramment dans les chantiers de notre pays. Ils sont comme suit :

- le ciment est un ciment portland CPJ-CEMII/A fabriqué dans la cimenterie de Zahana et qui contient un taux d'alcalin équivalent $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,6 \%$ (un taux exigé par les normes algériennes) ;
- le granulat est un sable issu d'une carrière de Sidi Ali Benyoub, Wilaya de Sidi Bel Abbés (Algérie) dont la roche-mère est un calcaire qui est une roche réactive vis-à-vis de l'alcali-réaction ;
- eau de robinet pour la préparation du mortier ;
- hydroxyde de sodium (NaOH) ;
- eau distillée pour la préparation de la solution de soude.

2.3- Le matériel utilisé dans l'essai

Pour l'exécution de cet essai, nous avons utilisé le matériel suivant :

- les tamis des diamètres suivants : 0.125mm, 0.25 mm, 0.5 mm, 1 mm, 2 mm et 4 mm ;
- 03 éprouvettes (40 x 40 x 160) mm ;
- un malaxeur ;
- une balance électronique ;
- une table à choc ;
- un chronomètre ;
- une feuille en plastique ;
- un récipient scellé ;
- une étuve pour maintenir la température à 80°C ;
- un déformomètre qui est un appareil équipé d'un comparateur permettant de réaliser des mesures avec une exactitude inférieure ou égale à 0.005 mm et d'une tige de 160 mm de longueur pour l'étalonnage de cet appareil.

2.4- Préparation du mortier

La norme régissant cet essai impose un sable de granularité entre 0.125 mm et 4 mm [1], la préparation de ces quantités est faite par tamisage.

La répartition du sable est faite de la manière suivante :

Tableau 1 : Classes granulaires du sable d'essai.

Table 1: Granular classes of sand test.

Classe granulaire	Pourcentage en masse
0.125 mm-0.25 mm	15%
0.25 mm-0.5 mm	25%
0.5 mm-1.00 mm	25%
1 mm-2 mm	25%
2 mm-4 mm	10%

On prépare une gâchée composée de :

- 800 g de ciment ;
- 1800 g de granulat ;
- 360 ml d'eau.

Le mortier est préparé selon le protocole suivant [1]:

- on verse l'eau dans le malaxeur et on introduit le ciment ;
- on met le malaxeur en marche à vitesse lente et après 30 s on introduit régulièrement et successivement les quantités spécifiées de chaque fraction de sable en commençant par la fraction la plus grosse. On met le malaxeur à sa vitesse maximale et on continue à mélanger pendant 30 s supplémentaires ;
- on moule 3 barres prismatiques de 40 mm x 40 mm x 160 mm.

2.5- Préparation et conservation des éprouvettes

Pour préparer les éprouvettes, nous avons utilisé un moule pour trois éprouvettes prismatiques de 40 mm x 40 mm x 160 mm. Le moulage des éprouvettes est effectué selon la procédure suivante [1] :

- d'abord, on remplit le moule jusqu'à la moitié, on l'égalise et on le met sur la table à choc. Ensuite, on met la table à choc en marche en exécutant 60 chocs. Après, on laisse le moule fixe sur la table à choc, on remplit l'autre moitié et on remet la table en marche en exécutant 60 chocs. Finalement on enlève le moule ;
- on couvre les barres avec une feuille en plastique ;
- on les met dans un récipient scellé contenant de l'eau pour 24h ;
- on les démoule puis on conserve les éprouvettes dans l'eau pendant 24h dans l'étuve à 80°C ;
- On prépare la solution de soude ;
- On retire les éprouvettes de l'eau et on les conserve dans la solution de soude 1M pendant 14 jours dans l'étuve à 80°C ;
- On mesure les longueurs des éprouvettes à l'aide du déformomètre.

2.6-préparation de la solution de soude

Afin d'obtenir une solution de soude 1M, on a besoin de 40g d'hydroxyde de sodium pour chaque litre d'eau.

On verse l'eau distillée dans un récipient, on verse doucement l'hydroxyde de sodium dans l'eau (jamais le contraire). On fait touiller doucement pour bien dissoudre la soude.

On doit prendre des mesures de protection car l'hydroxyde de sodium réagit violemment avec l'eau, risquant ainsi de provoquer des éclaboussures dangereuses. Elle est irritante et corrosive pour la peau, les yeux, les voies respiratoires et digestives.

Lorsque la soude est mélangée avec de l'eau, la température du mélange augmente jusqu'à atteindre le point d'ébullition de l'eau.

3-expression des résultats

Soit $l(t_0)$ la longueur de l'éprouvette prise au moment du démoulage qui est 24 h après la confection des éprouvettes.

Au moment de la mesure, le comparateur est mis au zéro en utilisant la barre- étalon en invar de longueur $l = 160$ mm.

Soit $dl(t)$ la valeur lue sur le comparateur au temps (t) . La longueur de l'éprouvette au temps considéré est :

$$L = l + dl(t) \quad (1)$$

La variation de longueur au temps (t) est :

$$\Delta l(t) = L(t) - L(t_0) = dl(t) - dl(t_0) \quad (2)$$

La variation relative de longueur est généralement désignée par ε , elle est donnée par la formule suivante :

$$\varepsilon_i = (L_{1i} - L_{0i})/L \quad (3)$$

ε_i : déformation relative de l'éprouvette N°

i ($i = 1, 2, 3$).

L_{0i} : longueur initiale de l'éprouvette N°

i ($i = 1, 2, 3$).

L_{1i} : longueur finale de l'éprouvette N°

i ($i = 1, 2, 3$).

L'expansion, exprimée en pourcentage, est obtenue en faisant la moyenne des ε_i .

Le tableau 2 présente les résultats des mesures des éprouvettes faites le : 3^{ème} jour, 5^{ème} jour, 7^{ème} jour, 11^{ème} jour, 12^{ème} jour et 14^{ème} jour.

Tableau 2. Expansion des éprouvettes mesurée par le déformomètre

Table 2. Expansion of the specimens measured by the deformometer

N° éprv.	Expansion %					
	3 ^{ème} jour	5 ^{ème} jour	7 ^{ème} jour	11 ^{ème} jour	12 ^{ème} jour	14 ^{ème} jour
1	0.026	0.08	0.10	0.125	0.136	0.152
2	0.009	0.033	0.05	0.061	0.069	0.105
3	0.001	0.01	0.028	0.038	0.047	0.189
Moy.	0.012	0.041	0.059	0.074	0.084	0.148

Après l'interprétation des résultats obtenus sur un graphe (figure 1), nous avons remarqué que l'expansion des barres mesurée le 14^{ème} jour, de valeur égale à 0.148 % a dépassé la limite

d'expansion exigée par la norme ASTM et qui est égale à 0.10%.

Donc, d'après ces résultats l'essai accéléré sur barres de mortier a classé le sable de carrières comme réactif vis-à-vis de l'alcali-réaction.

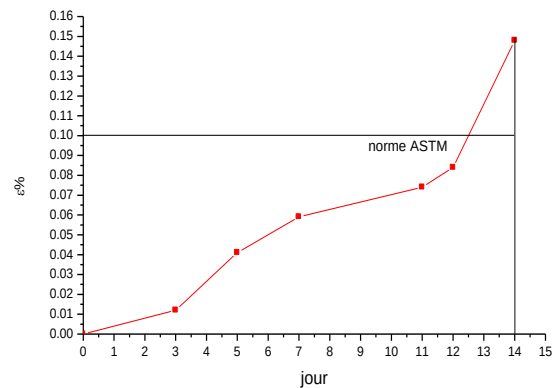


Figure 1: Expansion des barres de mortier immergées dans NaOH à 80°C (Essai accéléré sur barres de mortier).

Figure 1: Expansion of Mortar Bars immersed in NaOH at 80 °C (Accelerated test on mortar bars).

4-Conclusion

Notre but était de tester la réactivité d'un sable de carrière qu'on utilise de plus en plus dans la construction et surtout après l'instruction interministérielle signée par les ministres de l'Habitat, celui des Ressources en eau et celui des Travaux publics, portant sur la généralisation progressive de l'utilisation de ce type de granulat. Pour cette raison, nous avons choisi l'essai accéléré sur barres de mortier. Nous avons préparé trois éprouvettes d'un mortier composé d'un ciment portland CPJ-CEMII/A, d'un sable de carrière et une eau de gâchage de sorte que C/G = 2.25 et E/C = 0.45 (selon la norme ASTM).

Après l'immersion des barres dans la solution de soude 1M pendant 14 jours à une température de 80°C, nous avons obtenu les résultats présentés dans le tableau 2.

D'après ces résultats, nous avons constaté que l'expansion des barres mesurée le 14^{ème} jour a dépassé la limite d'expansion qui égale à 0.10%, ce qui nous amène à dire que le granulat testé est réactif.



Cependant, l'AMBT est un essai trop sévère car il identifie beaucoup de granulats comme réactifs. Pour confirmer ces résultats nous devons, à travers de futures recherches, exécuter d'autres essais comme l'essai sur prismes de béton qui est un essai long mais très utilisé à travers le monde.

Références bibliographiques

- [1] L. Duyou, B. Fournier, P.E. Grattan-Bellew, Evaluation of accelerated test methods for determining alkali-silica reactivity of concrete aggregates, *Cement and Concrete Composites* 28 (2006) 546-554.
- [2] B. Godart, A. Le Roux, Alkali-réaction dans le béton; Mécanisme, pathologie et prévention, Doc C2 252.
- [3] M.A. Bérubé, B. Fournier, Canadian Experience with Testing for Alkali-Aggregate Reactivity in Concrete, *Cement and Concrete Composites* 15 (1993) 27-47.
- [4] T. Wissam Elias, Alkali-silica reactions in Portland cement concrete: testing methods and mitigation alternatives, thèse de doctorat, Université du Texas At Austin, 2000.
- [5] Green M.F., Bisby L.A., Beaudoin Y., Labossière P., Effect of freeze-thaw cycles on the bond durability between fibre reinforced polymer plate reinforcement and concrete. *Can J Civ Eng* 2000;27(5):949-59.
- [6] Lee M-G, Wang Y-C, Chiu C-T., A preliminary study of reactive powder concrete as a new repair material. *Constr. Build Mater* 2007;21(1):182-9.
- [7] Yang Q., Zhu B., Zhang S., Wu X., Properties and applications of magnesia-phosphate cement mortar for rapid repair of concrete. *Cem. Concr. Res.* 2000; 30 (11):1807-13.
- [8] Huseien G.F., Mirza J., Ariffin N.F., Hussin M.W., Synthesis and characterization of self-healing mortar with modified strength. *J Teknol* 2015;76(1).
- [9] Al-Zahrani M., Maslehuddin M., Al-Dulaijan S., Ibrahim M., Mechanical properties and durability characteristics of polymer-and cement-based repair materials. *Cem Concr Compos* 2003;25(4):527-37.
- [10] Mirza J., Durand B., Bhutta AR., Tahir M.M., Preferred test methods to select suitable surface repair materials in severe climates. *Constr Build Mater* 2014;50:692-8.
- [11] Aleem M., Arumairaj P., Geopolymer concrete – a review. *Int J Eng Sci Emerging Technol* 2012;1(2):118-22.
- [12] He Y., Cui X-M., Liu X-D., Wang Y-P., Zhang J., Liu K., Preparation of self-supporting NaA zeolite membranes using geopolymers. *J Membr Sci* 2013;447:66-72.
- [13] Wang K-T., He Y., Song X-L., Cui X-M., Effects of the metakaolin-based geopolymer on high-temperature performances of geopolymer/PVC composite materials. *Appl Clay Sci* 2015;114:586-92.
- [14] Zhang J., He Y., Wang Y-P., Mao J., Cui X-M., Synthesis of a self-supporting faujasite zeolite membrane using geo-polymer gel for separation of alcohol/ water mixture. *Mater Lett* 2014;116:167-70.
- [15] Zhang Z., Wang K., Mo B., Li X., Cui X., Preparation and characterization of a reflective and heat insulative coating based on geopolymers. *Energy Build* 2015;87:220-5.
- [16] Duxson P., Provis J.L., Lukey G.C., Van Deventer J.S., The role of inorganic polymer technology in the development of 'green concrete'. *Cem Concr Res* 2007; 37 (12) :1590-7.