

RESUM

El formigó armat compost de ciment Portland va ser inventat fa poc més d'un segle aproximadament i s'ha revelat com al material amb més ús en la construcció. La durabilitat d'aquest formigó és una de les consideracions més importants a tenir en compte en el disseny de noves estructures i en l'avaluació estructural de les ja existents. Quan un formigó subjecte a un entorn o tensions que poden degradar-lo, com pot ser el seu ús en ponts i ambients marins o si conté grans quantitats d'alúmina o àrids reciclats, el coneixement o predicció de la seva durabilitat és una aspecte crític per al seu comportament en servei.

Els assajos no destructius s'han mostrat com uns dels assajos preceptius amb una importància econòmica i social més rellevant des que s'han aplicat per a la auscultació de la durabilitat de les estructures de formigó al marc de l'enginyeria civil, on aquests materials són àmpliament utilitzats. En qualsevol cas, l'ús de les tècniques no destructives en aquests materials no està prou implementada, aquest fet està motivat per les característiques heterogènies de la seua microestructura. De tots els mètodes no destructius aplicables per al formigó, l'ús de polsos ultrasònics és de gran interès per a la caracterització de la microestructura i les propietats de materials heterogenis.

L'objectiu d'aquest treball és obtindre un procediment d'avaluació del cicle de vida del formigó preparat i posat en servei als entorns marins. Més enllà, serà estudiat i analitzat la incorporació de diverses metodologies (destructives i no destructives) per caracteritzar el procés de degradació de morters i formigons exposats a dissolució de sulfat de sodi i l'exposició en dissolució de nitrat amònic. Amb aquesta finalitat, una integració adequada de diferents tècniques serà introduïda per a la caracterització de propietats i el seguiment del procés de degradació que afecten el formigó.

Com objectius addicionals, destaca que van ser estudiades les relacions entre els paràmetres destructius i no destructius, així com la relació entre els diferents paràmetres no destructius entre si. Molts dels estudis anteriors que han fet servir la inspecció

ultrasònica les quals van ser introduïdes per determinar la relació aigua/ciment del morter, de la pasta de ciment i del formigó, o per monitoritzar els canvis estructurals, per a diferents relacions a/c, al voltant del procés de curat. En aquest treball de recerca va ser analitzat l'efecte que té per a diferents relacions a/c en els paràmetres ultrasònics a lo llarg del procés de degradació.

Per aquest objectiu, es van utilitzar un ciment Portland del tipus II AL 42.5 (LPC), i un altre sulfurresistent del tipus I 42.5R/SR (SRPC) que van ser usats en la fabricació de dos marcs de formigó, els quals van ser destinats com formigó en servei (cas real). Per a l'estudi de l'efecte de la variació de a/c en els paràmetres ultrasònics a lo llarg de la degradació es van fer servir mostres de morter amb diferents relacions aigua/ciment 0.30, 0.375, 0.45 i 0.525 a partir de LPC per obtenir diferents estadis de degradació.

Per monitoritzar el procés de degradació es va fer servir la inspecció per pols/eco (1 i 3.5 MHz) per obtenir el paràmetre de l'àrea del perfil de atenuacions (APA) el qual va ser estimat per L Vergara et al., 2003 i usat per Fuente et al, 2004. Per seguir el procés de curat de pasta de ciment i morters, aquest paràmetre ha demostrat una alta sensibilitat per caracteritzar els canvis microestructurals de materials derivats del ciment al llarg de la seua maduració. El mètode de transmissió s'ha fet servir per a la determinació de les velocitats d'ones longitudinals amb la freqüència de 1MHz i transversals amb la freqüència de 500 kHz. La velocitat ultrasònica també ha permès seguir els canvis microestructurals d'una manera senzilla perquè aquest paràmetre està relacionat amb la variació de les propietats mecàniques, i sota certes premisses, amb la variació de la porositat. L'anàlisi amb la imatge ultrasònica amb 2 MHz va ser també usada per a la consecució dels mateixos objectius.

Com mètodes destructius, els assaigs de resistència a la compressió i flexió van ser els utilitzats per determinar la pèrdua d'activitat resistent de morters i formigons, i la porositat connectada en l'aigua per analitzar els canvis en la matriu porosa per l'efecte de la difusió d'elements agressius que penetren en el material provocant la seva degradació.

La porosimetría de mercuri (MIP) va ser usada per observar les variacions del volum i la mida del porus i, finalment, la microscòpia electrònica de rastreig o d'escombratge (MER) per a quantificar i detectar els canvis en la microestructura per l'atac d'elements agressius.

Els resultats obtinguts mostren que, la degradació produïda per exposició a sulfat de sodi, té dues etapes, en la primera etapa es forma la etringita que ompli els poros però que no produeix micro-fisuració. En aquesta etapa es va observar una variació en els paràmetres obtinguts per exemple, increment de la velocitat de l'ona ultrasònica, de les resistències a compressió i a la flexió o la disminució de la porositat. Aquesta variació en els paràmetres podria indicar una millora en les prestacions mecàniques del material objecte de la recerca, però en realitat això no és cert perquè els poros estan plens de etringita i aviat expandirà essent la causa de la degradació en la segona etapa. En aquesta segona etapa, es produeix una microfisuració generalitzada per l'expansió de la etringita i el increment del seu volum dins dels poros. Això va conduir al canvi dels paràmetres mesurats per causa del procés de degradació que posa el contrast amb el que es va observar en la primera etapa.

D'altra banda, la degradació per atac de nitrat d'amoníac té una única etapa deguda al procés de desqualificació que comença des del principi del procés d'exposició i és lineal a lo llarg de tot el període d'exposició. Per a ambdós casos, la integració de les diverses tècniques es revela com satisfactòria per al seguiment del procés de degradació, trobant bones correlacions entre els paràmetres no destructius i els paràmetres destructius de tècniques d'anàlisi físic-químic.