ON DETERIORATION OF CEMENT CONCRETE EXPOSED TO DEICING AGENTS [1] [2]

Masao INUZUKA
Ph. D., Professor
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, HOKKAIDO INSTITUTE OF TECHNOLOGY
Hokkaido, Japan

Teruyosi KAKU
Professor
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, HOKKAIDO INSTITUTE OF TECHNOLOGY
Hokkaido, Japan

Sasaki KATSUO
Lecturer
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, HOKKAIDO INSTITUTE OF TECHNOLOGY
Hokkaido, Japan

1. INTRODUCTION

Anti-freezing agents have been widely used, since the studded tires were banned in cities of Japan. The solution of the agents can be accompanied with side effects on concrete. Even with limited experience in the use of chemical agents, concern is growing about the deterioration of concrete in general. The affects can be more serious with the functional blocks [1] exposed incessantly to the agents for removal of ice. Furthermore, testing methods on the effects of each agent has not yet been established. This study centers on obtaining information on the deteriorating factors of four agents which are commonly used for deicing motor ways in Hokkaido, northernmost island in Japan. Concrete block specimens were exposed to testing liquids to obtain data for three objectives: to measure the physical effects of each agent on cement concrete; to measure the concentration effects of the agent solution; and to make an estimation of the testing procedures on the effects. The effects of the agents were measured with relative elastic moduli which were closely related to concrete deterioration due to strength reduction and weight loss [2].

2. EXPERIMENTS

2.1 EXPERIMENTAL PROCEDURE

Concrete blocks of an identical mix proportion were subjected to the testing conditions of freeze and thaw in conformance to the requirements of ASTM [3] of the durability test except two factors: concrete ages and what was in rubber sleeves, which were filled with testing liquids in which concrete block specimens were kept while testing. There were eight cycles of freeze and thaw a day. Relative elastic moduli were measured at every 30 cycles up to 300 cycles, reducing the rate from 100 %. Each elastic modulus was derived from the first degree resounding vibration number in deflection.

2.2 TESTING SOLUTIONS

Tests were carried out with four de-icing agents: sodium chloride, calcium magnesium acetate, acetate of calcium, magnesium and potassium, and potassium acetate. Testing liquids of the deicing agents were prepared in the ASTM standard sleeves. Each agent was tested in two concentrations: 5 % and 15 % solutions. Another testing liquid was a control of drinking tap water supplied from Sapporo City Council to obtain data of 0 % solution for four deicing agents.

2.3 CONCRETE BLOCK SPECIMENS

The mix proportion of concrete was as follows: 40 % W/C ratio , 40 % S/A ratio and 350 kg of cement unit weight. Aggregates were of andesite. The slump value was 50 mm. The specimen was a prism shaped 100 mm x 100 mm x 400 mm. These were cured in 20 °C water for four weeks, differing from the age given in the ASTM specification.

3. EXPERIMENTAL RESULTS

Experimental results of relative elastic moduli are shown in Figure 1 to Figure 4 for the testing liquids. The curve of the 0 %, obtained with the simple tap water, and identical in the figures, was derived from six specimens. The curves of inorganic agents were clearly under the simple water curve.

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Cracks, widening and increasing during the cyclical freeze and thaw, were saliently visible in the whole test procedures. Little deterioration was found in the preliminary tests at temperatures under freezing points. The chemical action seemed to affect little.

---

1 The editors used the International System of Units (SI) in this book of Proceedings, and the comma "," as the Decimal Marker. Each paper is presented first in English and then in Spanish, with the Tables and Figures, in both languages, placed in between. The References are included only in the original version of each paper.

2 This is the original version of this paper.

Thus the volume change of ice within cracks could be the cause for cracking. Then the physical properties, such as strength, of ice of the solution must be taken into account. In the brine, deterioration reduced considerably with the agent concentration increased over 5 %. Relative volume of the ice solidified in cracks should be reduced with the concentration increasing, therefore damages should be also mitigated with the concentration increasing.

Thus the penetration of the liquid and the mechanical properties of the ice might effect otherwise. The result that thin brine of 5 % gave damages more than that of the 15 % might be due to the change of viscosity and penetration pressure in the range.

Concrete products in early ages can be damaged by freeze and thaw. Therefore it is rare to ship these in early ages in cold regions. Specimens should be older than three weeks in order to make the test more realistic. The older the concrete, the longer the durability test, thus the four weeks concrete specimens might be recommended. Discernible deterioration was found within 300 cycles in 5 % solution.

The temperature distribution in each specimen was dependent on the thermal conductivity of the testing liquid and other factors such as the temperature change speed. Ice made of different agent solution has its own strength and thermal expansion coefficient. The repetitive volume change will exert destructive stresses to concrete. Freezing sequence, dependent on the liquid infiltration and the temperature distribution, is also an important factor.

The andesite was chosen in this test, since this is the most common in Japan and proved resistive to the corrosion by freeze and thaw. It should be noted that tests with specific aggregates should be carried out for accessing the affects.

The surface of each specimen was similarly chipped in the test, which might confirm that the brine deterioration was related to the viscosity and the strength of ice formed in cracks.

5. REFERENCES

1. INUZUKA, Masao and NAGATA, S. Functional Blocks for Deicing. -- P.709-716. // In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BLOCK PAVING : PAVE ISRAEL'96 (5 : 1996 : Tel -Aviv). Proceedings. -- Tel-Aviv, Technion, 1996. -- 727P.
2. INUZUKA, Masao, SASAKI, K., and TAKU, T. On Deterioration of Cement Concrete Exposed to De-icing Agents. -- P.549-552. // In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COLD REGION DEVELOPMENT (5 : 1997 : Italy). Proceedings. -- New York : ASCE, 1997. -- P.v.
3. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing. -- P.317-322. // In: _____. Annual Book of ASTM Standards. -- Philadelphia : ASTM, 1994. -- Vol. 04.02. -- (ASTM, C 666-92).
4. ASSUR, A. Composition of Sea Ice and its Tensile Strength. -- Washington : N.R.C., 1960. -- P.106-138. -- (U.S. National Research Council Publication 598).

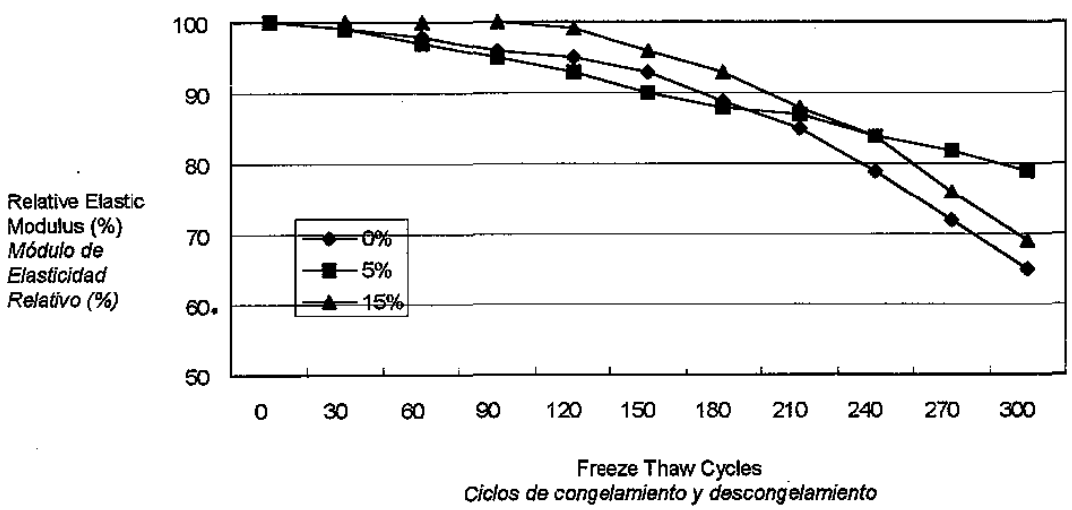


Figure 1. Acetate of Calcium, Magnesium and Potassium.
Figura 1. *Acetato de calcio, magnesio y potasio.*

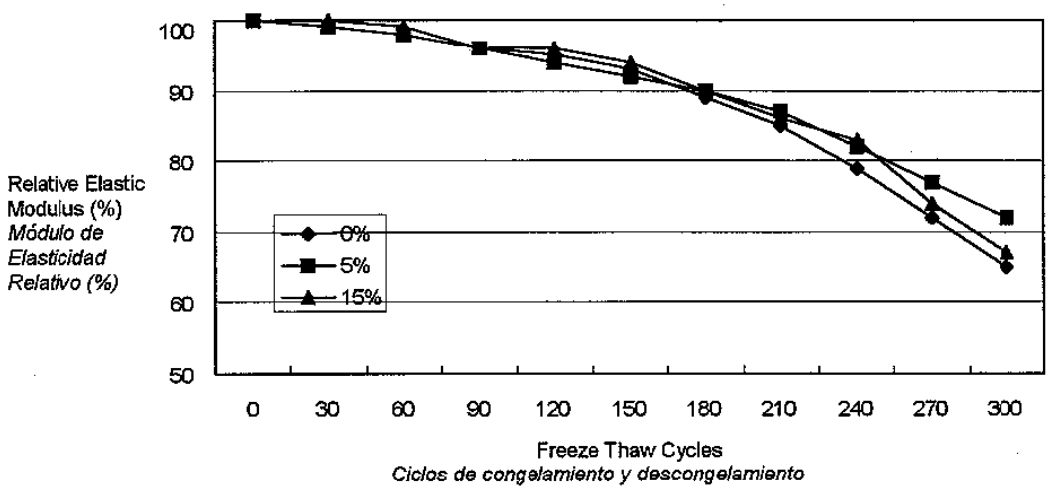


Figure 2. Calcium Magnesium Acetate.
Figura 2. *Acetato de cacio y magnesio.*

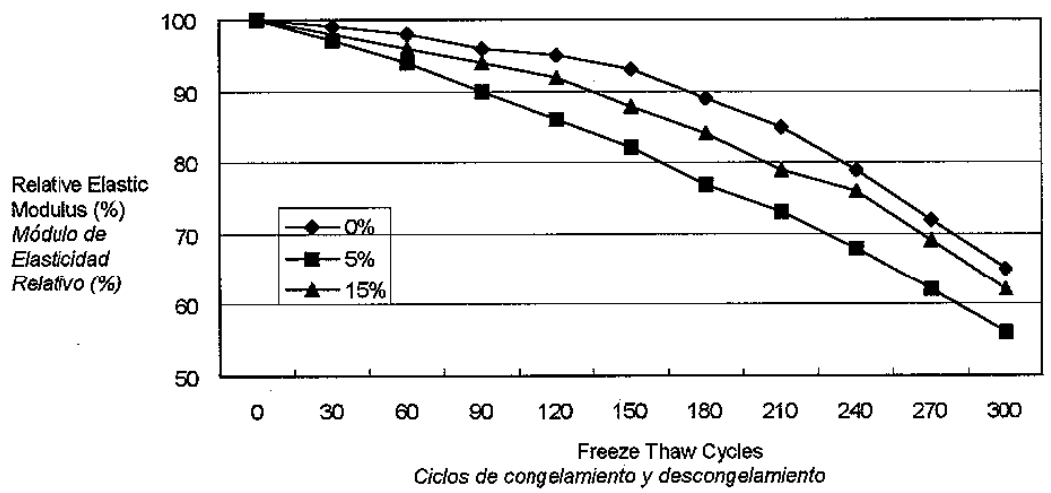


Figure 3. Sodium Chloroide.
Figura 3. *Cloruro de sodio.*

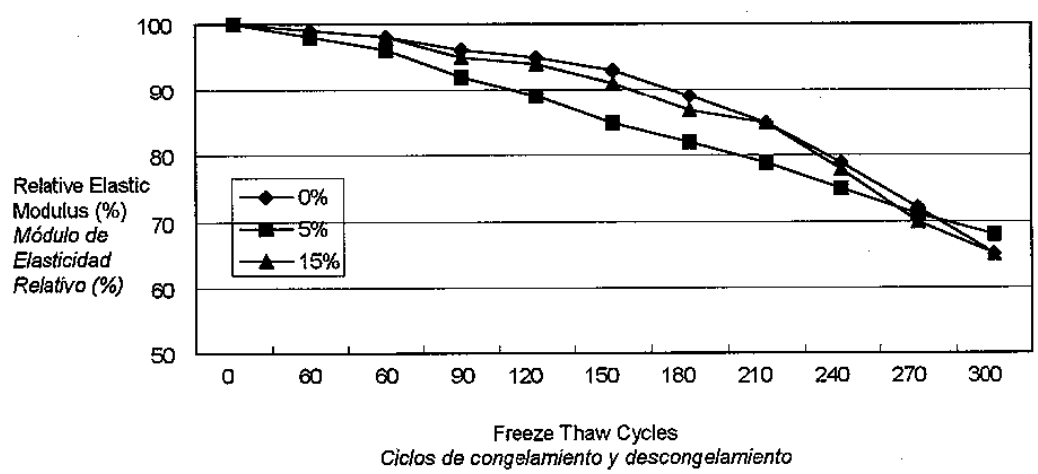


Figure 4. Potassium Acetate.
Figura 4. *Acetato de potasio.*

EL DETERIORO DEL CONCRETO DE CEMENTO EXPUESTO A SUSTANCIAS ANTICONGELANTES [3] [4]

Masao INUZUKA
Ph. D., Profesor
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL, INSTITUTO DE TECNOLOGÍA DE HOKKAIDO
Hokkaido, Japón

Teruyosi KAKU
Profesor
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL, INSTITUTO DE TECNOLOGÍA DE HOKKAIDO
Hokkaido, Japón

Sasaki KATSUO
Conferencista
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL, INSTITUTO DE TECNOLOGÍA DE HOKKAIDO
Hokkaido, Japón

1. INTRODUCCIÓN

Los agentes anticongelantes han sido utilizados ampliamente en las calles del Japón desde que se prohibieron las llantas con remaches durante el invierno. Pero la solución brindada por los agentes anticongelantes puede venir acompañada de efectos colaterales. Aunque todavía se tiene poca experiencia en el uso de agentes químicos, está creciendo el interés por el deterioro del concreto en general. Los efectos pueden ser más serios en los adoquines "funcionales" [1] expuestos incesantemente a los agentes para la remoción del hielo. Adicionalmente no se han establecido métodos de ensayo para determinar los efectos de cada agente anticongelante. Este estudio se centra en la obtención de información sobre los factores de deterioro de cuatro agentes anticongelantes comúnmente utilizados para descongelar vías en Hokkaido, la isla más septentrional del Japón. Los especímenes de concreto se sometieron a los líquidos que se evalúan con el fin de obtener datos con tres objetivos: medir los efectos físicos de cada agente sobre el concreto, medir el efecto de la concentración del agente en la solución y evaluar la correlación entre los procedimientos de ensayo y los efectos. Los efectos de los agentes se evaluaron mediante los módulos elásticos relativos, los cuales se relacionaron de manera cercana al deterioro del concreto, debido a la reducción de resistencia y a la pérdida de peso [2].

2. ENSAYOS

2.1 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Se produjeron bloques de concreto (similares a adoquines de concreto), con la misma mezcla, y se sometieron al ensayo de congelamiento y descongelamiento según el método de ensayo de la norma ASTM [3] para durabilidad, excepto por dos factores: las edades de los concretos y el líquido que se tenía dentro de las bolsas de caucho que rodeaban los especímenes. Como líquidos se utilizaron los agentes anticongelantes y se realizaron ocho ciclos de congelamiento y descongelamiento cada día. El módulo elástico relativo se midió cada 30 ciclos hasta completar 300 ciclos, partiendo de un valor de 100 %. Cada módulo elástico se derivó del número de vibraciones de primer grado en estado de flexión.

2.2 SOLUCIONES DE ENSAYO

Los ensayos se hicieron para cuatro agentes anticongelantes: cloruro de sodio, acetato de calcio magnesio, acetato de calcio-magnesio-potasio, acetato de potasio. Las soluciones de los agentes anticongelantes se prepararon en las bolsas de la norma ASTM, cada una para un 5 % y un 15 % de concentración. El líquido de control fue agua potable del acueducto de la ciudad de Sapporo, con el fin de obtener información para el 0 % de agente anticongelante.

2.3 ESPECÍMENES DE CONCRETO

La mezcla de concreto fue: relación agua/cemento de 40 %, relación arena/agregado grueso de 40 %, 350 kg de cemento por m^3, la composición del agregado grueso era andesita, el asentamiento de 50 mm. Los especímenes fueron prismas de 100 mm x 100 mm x 400 mm, curados en agua a 20 °C durante cuatro semanas, lo cual difiere de la edad requerida en la norma ASTM.

3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los resultados experimentales de los módulos relativos se muestran en la Figura 1 a la Figura 4, cada una para un líquido distinto. La curva para el 0 %, obtenida con el agua de acueducto, y que es la

[3] Los editores utilizaron el Sistema Internacional de Unidades (SI) en estas Memorias, y la coma "," como Puntuación Decimal. Cada ponencia se presenta primero en Inglés y luego en Español, con las Tablas y Figuras, en ambos idiomas, colocadas en medio de ellas. La Bibliografía se incluye sólo en la versión original de cada ponencia.

[4] Esta es una traducción de la ponencia original escrita en Inglés, realizada por Germán G. Madrid, no sometida a la aprobación del autor.

misma para todas las Figuras, se obtuvo con seis especímenes. Las curvas para los agentes inorgánicos estuvieron claramente bajo la curva de agua simple.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Durante todo el proceso se observaron fisuras que se incrementaban en número y se ensanchaban a lo largo del proceso cíclico de congelamiento y descongelamiento. Se encontró muy poco deterioro en los ensayos preliminares a temperaturas por debajo de las de congelamiento. La acción química pareció afectar poco, por lo tanto la acción del cambio de volumen del hielo dentro de las fisuras pudo ser la causa del deterioro. Por lo anterior se deben tener en cuenta las propiedades físicas como la resistencia del hielo de la solución. En las soluciones el deterioro se redujo considerablemente cuando la solución del agente se incrementó por encima del 5 %. El volumen relativo del hielo en las fisuras se debió reducir con el incremento en las concentraciones, con lo cual el daño también se debería reducir con el incremento en la concentración.

La penetración del líquido y las propiedades del hielo pueden tener un efecto. El efecto de que la concentración del 5 % afecta más que la de 15 % puede ser debido al cambio de la viscosidad y la presión de penetración en dicho rango. Los especímenes deben tener al menos tres semanas de edad para que el ensayo sea más real. Mientras más viejo sea el concreto, más largo será el ensayo de durabilidad, por lo cual se recomiendan especímenes de cuatro semanas de edad. Cerca de los 300 ciclos se observó un gran deterioro con la solución del 5 %.

La distribución de temperatura en cada espécimen dependió de la conductividad térmica del líquido de ensayo y de otros factores como la velocidad de cambio de la temperatura. Los hielos elaborados con soluciones de diferentes agentes tienen su propia resistencia y coeficiente de expansión térmica. La secuencia de congelamiento, que depende de la infiltración del líquido y de la distribución de temperatura, también es un factor de importancia.

Se escogió la andesita en este ensayo puesto que es el mineral más común en el Japón y se ha comprobado que es resistente al deterioro por congelamiento y descongelamiento. Se debe anotar que con el fin de evaluar los efectos, se deben realizar ensayos con agregados específicos.

La superficie de cada espécimen se deterioró de la misma manera en el ensayo, lo que confirma que el deterioro por la solución estaba relacionado con la viscosidad y la resistencia del hielo formado en las fisuras.