

東北大学 正会員 ○李 道憲
 東北大学 正会員 三浦 尚
 東北大学 学生員 児玉浩一

1. はじめに

コンクリート構造物が極低温下で使用される代表的なものとしては LNG (沸点: -162°C) タンクがあげられる。LNGの使用量は、1970年代のオイルショック以来、エネルギー源の安定性問題によってかなり増加しており、今後も地球規模の環境問題などによって公害の心配がないLNGの使用量はますます増加する見込みである。さらに、超伝導に関する研究の進歩によって、極低温にさらされる電力貯蔵システムが必要となり、その材料としてコンクリートが使用される可能性が高いと考えられる。しかし、このようなコンクリート構造物は温度変化を受けることによって劣化する恐れがある。本研究では、このような場合において、極低温下で使用できるようなコンクリートの配合条件(空気量、水セメント比)を検討した。

2. 配合および実験材料

本実験では空気量が2~6%、水セメント比が36~56%のコンクリートを用いた。その配合を表-1に示す。セメントは市販の早強ポルトランドセメント、細骨材は宮城県大和町産山砂、粗骨材は宮城県丸森町産砕石を使用した。混和剤は市販の高性能A E減水剤、A E減水剤および空気量調整剤を使用した。コンクリートの供試体としては10×10×40cmの角柱供試体を使用し、すべて28日間の水中養生を行った。

3. 実験条件

本実験は以下の二つの条件下で行った。

- ① 一般の気象作用を想定した劣化試験
- ② 極低温の構造物を想定した劣化試験

①はASTM C 666の基準による急速水中凍結融解試験方法(温度サイクル: +4.4°C~-17.8°C)であり、②の結果と比較するために行ったものである。

②の実験では、コンクリートの耐久性にとってもっとも過酷な条件として、相対湿度98%の槽内で、+4°C~-70°Cの温度サイクルを行った。コンクリートの劣化は冷却温度が低いほど激しくなるが、-50°C以下の場合にはさらに劣化することはないことから¹⁾、本実験の条件はコンクリートの耐久性にとってかなり厳しい条件となる。また、温度サイクル中に外部から水が供給されると劣化しやすくなることから、本研究では室内で実験可能な方法として、実験槽内を相対湿度98%に保つことによって温度サイクル中に供試体内部へ水分を供給することにした。このような実験方法による効果を確かめたのが図-1である。この図より、供試体の表面をコーティングして水の出入りを防いだものはあまり劣化していないが、相対湿度98%の条件下で温度サイクルを与えたものは水中のものと同様にかなり早く劣化している。したがって、相対湿度98%の条件は、温度サイクル中にコンクリートの外部から内部へ水が供給され、厳しい条件を作り出している。

表-1 コンクリートの配合表

No.	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)					混 和 剤
				W	C	S	G		
1	36	2	37	174	483	610	1176	1.10 ⁻¹	—
2	41	2	39	174	424	662	1172	0.30 ⁻¹	—
3	41	3	40	169	412	677	1150	0.50 ⁻¹	0.0050 ⁻²
4	46	2	40	171	372	698	1186	0.70 ⁻¹	—
5	46	3	39	166	361	680	1204	0.15 ⁻³	0.0025 ⁻⁴
6	46	4	39	166	361	670	1186	0.25 ⁻³	0.0060 ⁻⁴
7	51	4	40	166	325	698	1186	0.10 ⁻³	0.0030 ⁻⁴
8	56	4	42	163	291	748	1171	0.10 ⁻³	0.0030 ⁻⁴
9	56	6	42	159	284	734	1147	0.05 ⁻³	0.0060 ⁻⁴

注) 混和剤の使用量はセメント重量に対する原液の重量を(%)で表示した。

- *1 高性能A E減水剤
- *2 空気量調整剤
- *3 A E減水剤
- *4 空気量調整剤

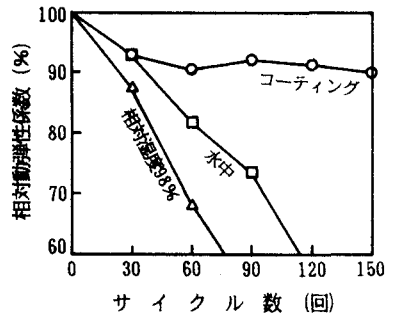


図-1 異なる環境条件による劣化の差

4. 実験結果および考察

① 一般の気象作用を想定した劣化試験

表-1のコンクリートに対する凍結融解試験の結果を図-2に示す。この図をみると、水セメント比46%、空気量2%のもののがもっとも劣化しているが、それでも80%以上の耐久性指数を示す。したがって、ここで用いたコンクリートはすべて通常の凍結融解試験では耐久的事であることがわかる。

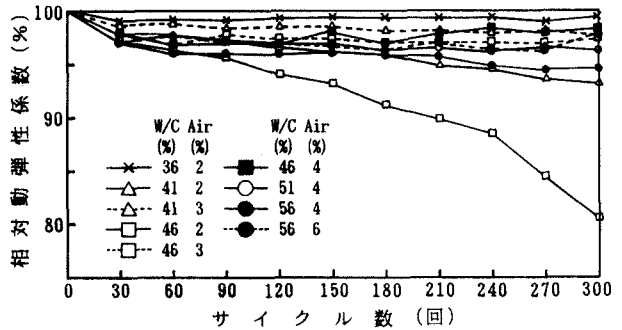


図-2 一般の凍結融解試験による劣化の差

② 極低温の構造物を想定した劣化試験

図-3は①と同配合のコンクリートに対して、相対湿度98%の槽内で、+4℃～-70℃の温度サイクルを与えたときのコンクリートの劣化を調べたものである。この図をみると、一般の凍結融解試験の結果と比べてかなり劣化しており、劣化が激しいものとあまり劣化していないものに分類されている。一方、同水セメント比の場合には空気量が多いほど、また同空気量の場合には水セメント比が小さいほど耐久的事である傾向を示すが、水セメント比または空気量だけでは一様な傾向を示さない。

したがって、水セメント比と空気量を同時に考慮してコンクリートの耐久性指数との関係を調べたものが図-4であり、図中の数字は耐久性指数を示す。また、図中の線は耐久性指数が約60%を示す境界線であり、○は耐久性指数が60%以上のもの、×はそれ以下のものを示す。ここで、耐久性指数60%以下の場合を劣化したと仮定すると、水セメント比や空気量の組合せが図中の線より左上の方にあるコンクリートの場合には、本研究で設定したような過酷な条件下においてもあまり劣化せず、この線より右下の方にある場合には一般の気象作用によっては劣化しないものでもかなり劣化する恐れがあるものと考えられる。

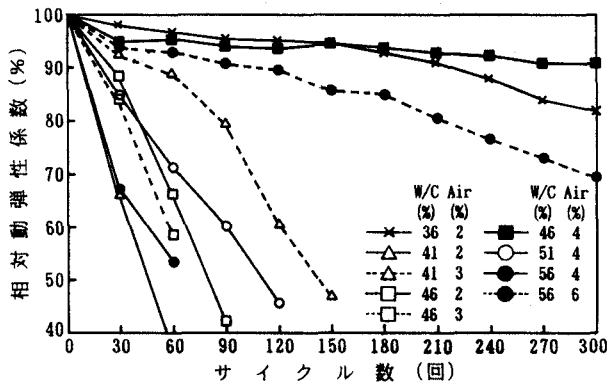


図-3 常温と極低温のサイクルによる劣化の差

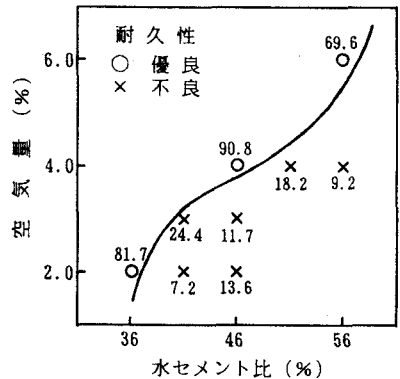


図-4 劣化とW/C及び空気量との関係

5. まとめ

極低温にさらされるコンクリート構造物が温度変化を受ける場合、一般の気象作用によっては劣化しないコンクリートでもかなり劣化する恐れがある。したがって、このような過酷な条件下においても劣化しないようにするためには、通常の気象作用による凍害を受けないようにするためのコンクリートの配合より水セメント比をより小さく、また空気量をより多くしなければならない。

最後に、一般の気象作用を想定した劣化試験に協力を頂いた東北電力㈱電力技術研究所に謝意を表します。

参考文献 1) 三浦 尚・李 道憲: 低温下におけるコンクリートの歪挙動と劣化, 土木学会論文集, 第420号, pp.191-200, 1990年8月.