

鋼纖維補強コンクリートの凍結融解作用に対する抵抗性

Resistance to Freezing and Thawing of steel Fiber Reinforced Concrete

小林一輔*・森時昭**

Kazusuke KOBAYASHI and Tokiaki MORI

1. まえがき

鋼纖維補強コンクリートに関する研究は内外ともに活発に行われ、これまでに数多くの成果が発表されているが、これらの大半はその力学的特性に関するもので、耐久性に関する研究結果は極めて少ない。本報告は鋼纖維補強コンクリートの耐久性のうち、気象作用に対する耐久性を急速水中凍結融解試験によて検討した結果をとりまとめたものである。

2. 実験の概要

(1) 使用材料

セメントは早強ポルトランドセメント、細骨材は川砂、粗骨材は最大寸法が10mmの碎石を使用した。表1に骨材の性状を示す。

鋼纖維は市販の冷延鋼板のせん断品で、その寸法および機械的性質を表2に示す。また混和剤は、市販の糖酸塩系の減水剤(パリック)で、非空気連行型と空気連行型のものを使用した。

(2) コンクリートの配合および試験方法

実験に用いたコンクリートの種類は、プレーンコンクリートとAEコンクリートで、そのいずれも $12 \pm 1\text{ cm}$ のスランプが得られるコンクリートを基準コンクリートとし、これに鋼纖維を容積百分率で1%および2%混入した。基準コンクリートの配合を表3に示す。

コンクリートの練りまぜには、強制搅拌型(50ℓ)ミキサを使用し、鋼纖維は、コンクリートがある程度練りまぜてから、分散して投入した。また、コンクリートの締固めは、振動台(振動数9,000r.p.m.)を用いて行い、締固め時間は2~5秒とした。なお、凍結融解試験はASTMC-290に準じて行った。

(3) 用いたコンクリートの性質

表4に基準コンクリートおよび、鋼纖維補強コンクリー

トのスランプ、空気量、圧縮強度、曲げ強度、ならびに引張強度を示す。

表1 骨材の性状

| 項目 種目 | 表乾 比重 | 吸水量 (%) | 単位容 積重量 (kg/m ³) | 実績率 (%) | 粗粒率 |
|----------|----------|------------|------------------------------------|------------|------|
| 細骨材 | 2.58 | 1.7 | 1,640 | 63.6 | 2.72 |
| 粗骨材 | 2.63 | 1.4 | 1,530 | 58.2 | 6.07 |

表2 鋼纖維の寸法と機械的性質

| 直径(mm) | 長さ(mm) | アスペクト比 | 引張強さ(kg/m ³) |
|--------|--------|--------|--------------------------|
| 0.5* | 30 | 60 | 39 |

*……換算直径を示す。

この図において、コンクリートの空気量はプレーンコンクリートの場合、鋼纖維の混入量が増すにしたがって減少しており、さらにAEコンクリートの場合には連行空気量を一定にするために、空気連行型減水剤中のAE剤は基準コンクリートの場合に比べて、鋼纖維を1%混入したものは約2倍、2%混入したものは約3倍量を必要とした。これは、鋼纖維補強コンクリートの場合には纖維の混入に時間を要し、練りまぜ時間が長くなつたことによるものである。

一方、用いた鋼纖維補強コンクリートの強度を基準コンクリートに対比すると、これまでに報告されているものと同様、圧縮強度よりも曲げ強度ならびに引張強度の場合に鋼纖維混入の効果が著しい。たとえば、プレーンコンクリートの場合、材令28日の圧縮強度は、基準コンクリートに比べて鋼纖維を1%混入したコンクリートは6%，2%混入したものは7%程度の上昇にとどまるのに対して、曲げ強度の増加は、鋼纖維を1%混入したもので13%，2%混入したものは42%，そして引張強度の増加は同様に、21%および61%に達している。この傾向はAEコンクリートの場合も同じである。

* 東京大学生産技術研究所 第5部

** 元受託研究員

研究速報

表3 基準コンクリートの配合

| コンクリートの種類 | スランプ範囲(cm) | 空気量(%) | 水セメント比(%) | 細骨材率(%) | 単位量(kg/m³) | | | | |
|------------|------------|---------|-----------|---------|------------|------|-----|-----|-------|
| | | | | | 水 | セメント | 砂 | 砂利 | 混和剤 |
| プレーンコンクリート | 12 ± 1 | — | 50 | 50 | 208 | 416 | 835 | 855 | 0.832 |
| A Eコンクリート | 12 ± 1 | 6 ± 0.5 | 50 | 48 | 192 | 384 | 800 | 881 | 0.768 |

表4 コンクリートのスランプ、空気量、および強度試験結果

| 種類 | 鋼纖維混入率(%) | スランプ(cm) | 空気量(%) | 圧縮強度(kg/cm²) | | 曲げ強度(kg/cm²) | | 引張強度(kg/cm²) | |
|---------|-----------|----------|--------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | | | | 7日 | 28日 | 7日 | 28日 | 7日 | 28日 |
| ブコレンリクト | 0 | 12.2 | 2.5 | 396 | 465 | 63.6 | 68.2 | 32.2 | 34.7 |
| 1 | 4.8 | 2.1 | 398 | 493 | 66.6 | 77.1 | 38.5 | 42.0 | |
| 2 | 0.4 | 1.8 | 405 | 499 | 86.1 | 96.9 | 51.9 | 57.0 | |
| A Eシリクト | 0 | 12.8 | 5.6 | 351 | 439 | 52.1 | 58.1 | 31.8 | 34.4 |
| 1 | 6.4 | 5.8 | 368 | 447 | 60.0 | 66.3 | 37.0 | 38.9 | |
| 2 | 2.0 | 5.8 | 395 | 469 | 75.8 | 92.6 | 48.0 | 55.1 | |

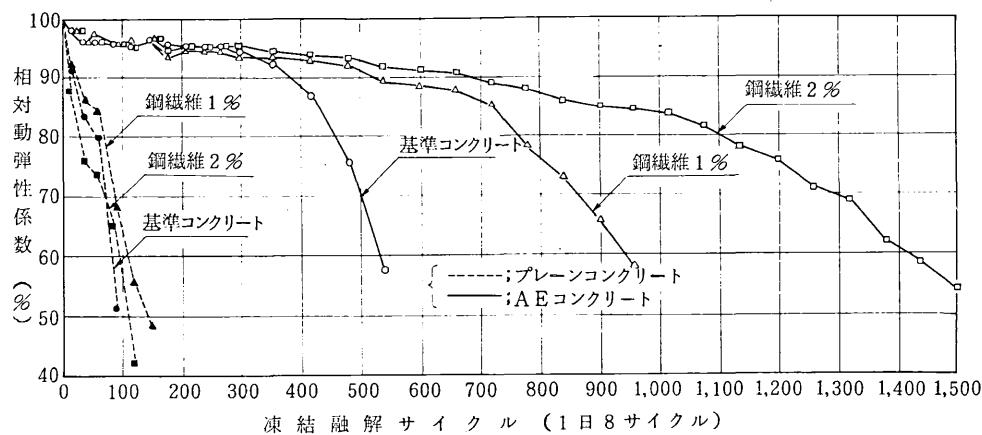


図1. 凍結融解サイクルと相対動弾性係数

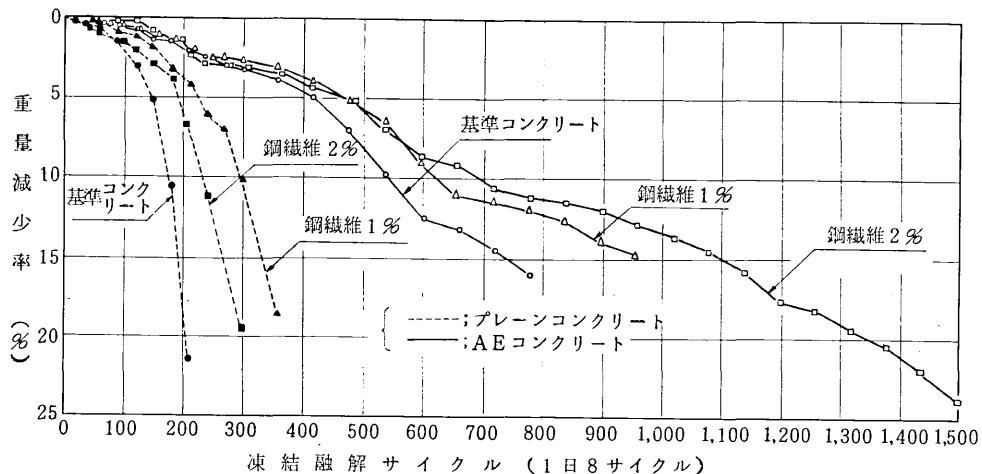


図2. 凍結融解サイクルと重量減少率

3. 実験結果と考察

図1に凍結融解作用を受けたコンクリートの相対動弾性係数を、図2に重量減少率を示す。

これらの図より、プレーンコンクリートの相対動弾性係数は、基準コンクリート、鋼纖維補強コンクリートのいずれも、劣化の程度はほとんど同じであることがわかる。しかし、重量減少率では、鋼纖維を混入したものは混入しないものに比べて、減少の程度はゆるやかであり、鋼纖維を混入したものなかでは、2%混入したものより1%混入したものの方が、やや大きい抵抗性を示している。この原因については次のように考えられる。すなわち、鋼纖維補強コンクリート中の纖維は、一面においては一種の網状構造をなす補強体として、コンクリートの凍害による破壊防止の役割を果たすが、ある程度凍結融解が進行して表層部に多数の纖維が露出した場合には、纖維の周辺部のコンクリートを局部的にすみやかに凍結させ、結果的には凍結融解作用を受ける露出面積を増加させることになり、表層部に弱点を数多く形成してコンクリートの破壊を早める要因になる。

A Eコンクリートの場合は、一般のコンクリートを対象とした試験結果の判定の基礎となる凍結融解のくり返しが300サイクル前後では、相対動弾性係数の差はほとんど認められなかった。しかし、これ以上のサイクルまで凍結融解を続行したところ、鋼纖維混入の影響が明確にあらわれた。たとえば、相対動弾性係数が60%になるまでに必要なサイクル数は、基準コンクリートでは、約500サイクルであるが、纖維混入量が1%のコンクリートでは、900サイクル、2%混入したものは1,400サイクルに達している。

一方、凍結融解のくり返しサイクルの進行にともなう重量減少率の変化に関しては、ほぼ、相対動弾性係数の場合と同様な傾向となるが、基準コンクリートと鋼纖維補強コンクリートとの差は、相対動弾性係数の場合ほど明確にはあらわれていない。これは、重量変化率測定時に基準とした供試体のゆるんだ部分の処理方法に関連があるものと思われる。すなわち、基準コンクリートでは表面の処理された部分のみならず、ある程度内部までコンクリートの組織が破壊されていることが多いが、鋼纖維を混入したものは表面のみの破壊であって、内部は、

コンクリートとしての一体性を保っていることによるものと思われる。

以上のように、A Eコンクリートの場合に鋼纖維補強コンクリートの抵抗性が大きくなったのは、1) 鋼纖維補強コンクリートは熱伝導率が大きいこと、(鋼纖維を2%混入したモルタルで約30%大きくなる) 2) 連行空気を含むA Eコンクリートを用いたこと、等により、前述の凍結融解作用を受ける表面積の増加によるマイナス要因を受けることが少くなり、纖維の網状構造による補強効果の要因により多く支配されることになったためと思われる。

4. むすび

鋼纖維補強コンクリートの凍結融解作用に対する抵抗性は連行空気量の影響が大であるが、所定の空気量を連行させた場合には、纖維の混入によって抵抗性は大巾に改善され、しかも纖維量とともに著しくなることが明らかとなった。

鋼纖維補強コンクリートの凍結融解作用に対する抵抗性に関しては、鋼纖維を0.3%および0.8%混入したコンクリートに対して、1サイクルが12時間(-13°C~+23°C)の凍結融解作用を加え、良好な結果が得られたとの報告がある。しかし、本実験結果からも明らかなように、きびしい凍結融解作用にさらされる場所に鋼纖維補強コンクリートを適用する場合にはA Eコンクリートにすべきであり、コンクリートの打込み、成形後にも所要の空気量が存在するような考慮を払うことが必要である。

(1976年6月28日受理)

参考文献

- 1) 小林、森; 鋼纖維補強コンクリートの凍結融解作用に対する抵抗性、土木学会第30回年次学術講演会概要集第5部、昭和50年10月
- 2) J. Dixon and B. Mayfeld ; Concrete reinforced with fibrous wire, Concrete , Vol. 5, No. 73~76 . 1971,
- 3) たとえば、ACI Committee 544, State -of- the art report on fiber reinforced concrete, ACI Jour, Proc. Vol. 70, No. 11 Nov. 1973 および D. J. Cook et al., The thermal conductivity of fiber reinforced concrete, Cement and Concrete Research , Vol. 4, pp. 497~509, 1974. など。