

# 軽量コンクリートの耐凍害性向上に関する研究

○正員 東北大学 加藤 鎌之  
正員 東北大学 三浦 尚  
東北大学 松本 明人

## 1. まえがき

軽量コンクリートは、普通のコンクリートに比べ重量の軽減が可能であるため、鉄筋コンクリート浮遊構造物等に非常に適した材料である。一方、耐凍害性が劣るため、北洋などの極寒地でのそれらの使用には大きな問題がある。そこで本研究では、粗骨材に人工軽量骨材を用いた高強度の軽量コンクリートの耐凍害性向上を目的とし、硬化したコンクリートの表面に防水処理をおこなったり、人工軽量骨材表面に同様の処理をおこなったりして、各処理の耐凍害性向上に与える影響を調べた。これらの結果は、寒冷地における一般の軽量コンクリートにも応用できるものと思われる。

## 2. 使用材料およびコンクリートの配合

使用材料として、粗骨材に非造粒型の人工軽量骨材（比重1.42吸水率10%）を、細骨材に宮城県白石川産川砂（比重2.51吸水率2.5%）を、セメントに早強ポルトランドセメントを使用した。混和剤は高性能減水剤とAE剤を併用し、各バッチごとに量を変化させた。表1にコンクリートの配合を示す。

表1. コンクリートの配合

| No. | Air<br>(%) | W/C<br>(%) | S/A<br>(%) | 単位量 (kg) |     |     |      |  |
|-----|------------|------------|------------|----------|-----|-----|------|--|
|     |            |            |            | W        | C   | S   | G    |  |
| I   | 4.05       | 28         | 35         | 125      | 446 | 611 | 1738 |  |
| II  | 4.05       | 30         | 35         | 129      | 431 | 611 | 1738 |  |

(混和剤は各バッチで量を変えた)

## 3. 実験概要および供試体

実験Ⅰとして、硬化したコンクリートの表面に防水処理をおこなった供試体、実験Ⅱとして、人工軽量骨材表面に同様の処理をおこなった供試体について凍結融解試験をおこなった。なお、実験Ⅰには配合Ⅰ、実験Ⅱには配合Ⅱのコンクリートを用いた。

実験に用いた供試体は10×10×40cmの角柱体で、打設後約24時間で脱型、21±3℃の恒温水槽で材令7日まで水中養生をおこなった。表2に供試体の概略および試験開始時の圧縮強度を示す。実験Ⅰにおけるペンキ塗布については、供試体を乾燥機(110℃)で乾燥後、

表2. 供試体の概略および圧縮強度

|     | No. | 処 理 内 容               | 圧縮強度<br>kg/cm <sup>2</sup> |
|-----|-----|-----------------------|----------------------------|
| 実験Ⅰ | 1-1 | 処理せず(水中養生のみ)          | 440                        |
|     | 1-2 | 処理せず(7日間乾燥機で乾燥したまま)   | 532                        |
|     | 1-3 | 3日間乾燥のあとペンキ塗布         | 538                        |
|     | 1-4 | 7日間乾燥のあとペンキ塗布         | 538                        |
|     | 1-5 | 3日間乾燥のあとポリマー含浸        | 569                        |
|     | 1-6 | 7日間乾燥のあとポリマー含浸        | 540                        |
| 実験Ⅱ | 2-1 | 骨材絶乾のまま打設             | 495                        |
|     | 2-2 | 骨材絶乾後 骨材表面にペンキ塗布      | 360                        |
|     | 2-3 | 骨材絶乾後 骨材にポリマー含浸       | 458                        |
|     | 2-4 | 骨材絶乾後 骨材表面にセメントペースト塗布 | 473                        |

室内で室温にしてから、表面にペンキを塗布し、その後3日間室内で乾燥した。使用したペンキは塩化ビニル樹脂塗料である。また、ポリマー含浸については、供試体を乾燥後、室内で室温にしてから、4時間含浸材に入れ、その後約60℃の水中で重合させ、3日間室内で乾燥した。表3に使用した含浸材の配合を示す。実験Ⅱにおけるペンキ塗布については、骨材を乾燥機で乾燥後、室内で室温にしてからペンキを塗布し、ペンキが乾いてから打設した。ポリマー含浸については、乾燥後室温にして、実験Ⅰと同様ポリマーを含浸し、その後室内で約3週間乾燥した。セメントペースト塗布は乾燥後骨材を熱い状態(約100℃)で% = 100%のセメントペースト中に投げ込み、余分なセメントペーストを切った後、約3週間室内で乾燥した。なお、実験Ⅱでは粗骨材を表乾状態にしないで、処理後そのままの状態コンクリートに用いた。

表3. 含浸材の配合

| St | TMPTMA | AIBN | Silane |
|----|--------|------|--------|
| 90 | 10     | 1    | 1      |

St: スチレンモノマー (モノマー)  
TMPTMA: トリメチロールアポバントリタクリレート (架橋剤)  
AIBN: 2,2'-アゾビスイソブチロニトリル (触媒)  
Silane: シランカップリング剤 (カップリング剤)

## 4. 凍結融解試験方法

凍結融解試験は、ASTMの「水中における急速凍結に対するコンクリート供試体の抵抗試験方法」に準じておこなった。供試体のたわみ一次共振周波数と重量は30サイクルごとに測定し、それぞれのサイクルにおける相対動弾性係数、および重量変化率を求めた。測定は、それぞれの供試体のたわみ一次共振周波数が測定不能にな

るか、300サイクルに達するまでおこなった。

## 5. 試験結果

表4、図1に相対動弾性係数試験結果を示す。300サイクルに達する前に破壊し測定不能となった供試体については、No.2-1に若干値の低下がみられるものの他はほとんど低下せず急激に破壊した。破壊のようすは、網目状のひびわれが発生したり、割裂するもので、これらは骨材中の水圧によるものと思われる。また、破壊しなかった供試体No.2-3, No.2-4については、ほとんど値が低下せず、またNo.2-2については、No.2-3, No.2-4も若干下まわる程度であった。

表5、図2に重量変化率試験結果を示す。No.2-4を除くすべての供試体の重量が増加した。これらの供試体は表面のモルタルの剥落が少なく、これらの重量増加は、供試体が取込んだ水の重量をある程度示しているものと思われる。また、破壊し測定不能になった供試体の破壊時の重量増加率は少ないもので約2%、多いもので約5%であった。No.2-4の供試体については、打設面の表面が剥落したために重量が減少した。これは、コンクリート打設の際、骨材を被うセメントペーストが吸水し、ワーカビリティが低下し、表面が十分に締固められなかったためと思われる。また、最も抵抗性に優れるものはNo.2-3であり、300サイクルまで比較的よく安定している。

以上の結果から、実験Ⅰでは、乾燥の程度、処理方法の違いにかかわらず、抵抗性はあまり改善されないようである。これは、今回おこなった処理では防水が十分でなかったためと思われる。また、実験Ⅱでおこなった骨材に対する処理は抵抗性の改善に非常に大きな効果がある。特にポリマー含浸をおこなった骨材を用いたものは効果が大きい。

なお、No.2-2の供試体については、ペンキとモルタルの付着が悪いため、他の供試体に比べ強度がかなり低かった。

## 6. まとめ

軽量コンクリートの耐凍害性を向上させるには、骨材に対し何らかの防水処理をおこなうのが効果的である。今回の実験では、骨材にポリマーを含浸したものが最も優れていた。しかし、含浸材は高価であり、処理も複雑なため、実際に用いるには問題があるものと思われる。したがって、過酷な凍結融解試験の条件を考慮した上で、実用には安価で簡便なセメントペースト塗布の手法を今後、改善していくのが妥当と思われる。

表4. 相対動弾性係数試験結果

|     |     | 0%弾性係数<br>( $\times 10^8$ %cm) | 相対動弾性係数(%) |     |      |      |      |      |      |      |      |    |  |  |
|-----|-----|--------------------------------|------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|----|--|--|
|     |     | 30°                            | 60°        | 90° | 120° | 150° | 180° | 210° | 240° | 270° | 300° |    |  |  |
| 実験Ⅰ | 1-1 | 2.832                          | 測定不能       |     |      |      |      |      |      |      |      |    |  |  |
|     | 1-2 | 2.322                          | 107        | —   |      |      |      |      |      |      |      |    |  |  |
|     | 1-3 | 2.613                          | —          |     |      |      |      |      |      |      |      |    |  |  |
|     | 1-4 | 2.628                          | 97         | —   |      |      |      |      |      |      |      |    |  |  |
|     | 1-5 | 2.742                          | —          |     |      |      |      |      |      |      |      |    |  |  |
|     | 1-6 | 2.631                          | 99         | 96  | —    |      |      |      |      |      |      |    |  |  |
| 実験Ⅱ | 2-1 | 2.920                          | 95         | 83  | —    |      |      |      |      |      |      |    |  |  |
|     | 2-2 | 2.462                          | 98         | 101 | 101  | 97   | 95   | 96   | 92   | 92   |      |    |  |  |
|     | 2-3 | 2.542                          | 100        | 102 | 100  | 100  | 101  | 99   | 96   | 95   | 95   | 98 |  |  |
|     | 2-4 | 2.690                          | 101        | 100 | 100  | 99   | 101  | 101  | 100  | 98   | 98   | 96 |  |  |

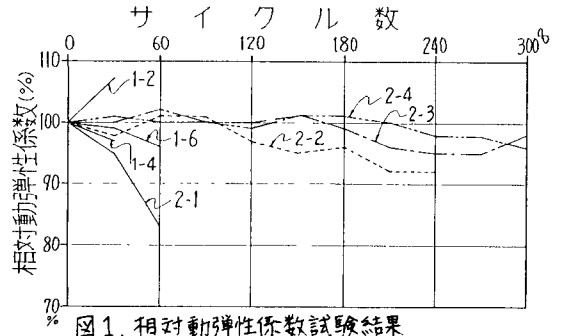


図1. 相対動弾性係数試験結果

表5. 重量変化率試験結果

|     | No. | 0%の重量<br>(kg) | 重量増加率 (%) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |
|-----|-----|---------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|
|     |     |               | 30%       | 60    | 90    | 120   | 150   | 180   | 210   | 240   | 270   | 300   |  |  |
| 実験Ⅰ | 1-1 | 7.964         | —         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |
|     | 1-2 | 7.614         | 3.09      | 4.76  |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |
|     | 1-3 | 7.426         | 3.16      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |
|     | 1-4 | 7.359         | 0.49      | 2.16  |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |
|     | 1-5 | 7.634         | 3.14      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |
|     | 1-6 | 7.375         | 0.78      | 1.33  | 3.04  |       |       |       |       |       |       |       |  |  |
| 実験Ⅱ | 2-1 | 7.686         | 0.29      | 1.10  | 2.43  |       |       |       |       |       |       |       |  |  |
|     | 2-2 | 7.036         | 0.08      | 0.25  | 0.46  | 0.51  | 0.47  | 0.69  | 0.87  | 1.22  |       |       |  |  |
|     | 2-3 | 7.115         | 0.13      | 0.25  | 0.27  | 0.34  | 0.42  | 0.34  | 0.32  | 0.38  | 0.62  | 0.60  |  |  |
|     | 2-4 | 7.258         | -0.06     | -0.06 | -0.08 | -0.26 | -0.34 | -0.44 | -0.45 | -1.02 | -1.04 | -1.04 |  |  |

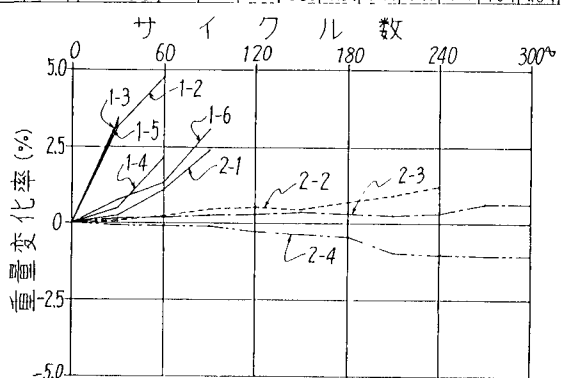


図2. 重量変化率試験結果