

# 気乾粗骨材を用いた軽量コンクリートの諸性質におよぼす吸水の影響

広島大学工学部 正員 工務 〇米倉 亜州夫

広島大学大学院 学生員 橋本 道夫

## 1. まえがき

本研究は、練り混ぜ時の軽量粗骨材の含水状態を4種にかえてコンクリートを作り、含水量の相違がコンクリートのワーカビリティ及び強度に及ぼす影響を検討し、軽量骨材を気乾状態で用いることの可否およびその際の注意事項、等について述べたものである。

## 2. 使用材料および試験方法

セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。用いた骨材は細粗骨材とも非並粒型の膨脹珪岩で、細骨材はおりまじに際して十分吸水させ、表面水量を補正して用いた。粗骨材は5~10<sup>mm</sup>、10~15<sup>mm</sup>、15~20<sup>mm</sup>の3群にふるい分け容積で各々50%、45%、5%の割合で混合し、粒度を一定にした。

物理試験結果は表-1に示すとおりである。比重、吸水量の試験はJISの方法による。図-1は、砂乾燥した絶乾状態に近い軽量粗骨材を静水中に浸した場合の吸水率と吸水時間との関係を示したものである。

図-2は十分吸水させた試料を湿度約60%の室内に放置した場合の含水量と乾燥時間との関係を示したものである。これらの骨材の吸水特性を基に次の4種類の含水状態を作り、実験に用いた。すなわち図-3に示すように、(A)は静水中で十分吸水させて表乾状態としたもので、このときの含水量は約20%である。(B)は砂乾燥後、乾燥器内にて貯蔵したもので、このときの含水量はほとんど0%に近い状態と思われる。(C)は(B)の状態のものを1日間吸水させた後表乾状態としたもので含水量は約8~9%である。(D)は(A)の状態のものを3日間室内で乾燥させたものの含水量は約4~5%である。

コンクリートの配合は、表-2に示すごとく、表乾(A)の状態の骨材を用いた場合を

表-1 骨材の物理試験結果

|           | 粗 骨 材              |                     |                     | 未田骨材 |
|-----------|--------------------|---------------------|---------------------|------|
|           | 5~10 <sup>mm</sup> | 10~15 <sup>mm</sup> | 15~20 <sup>mm</sup> |      |
| 24時表乾比重   | 1.44               | 1.31                | 1.21                | 1.25 |
| 10時吸水率(%) | 9.6                | 8.4                 | 7.9                 | 14.6 |
| 粗粒率(R.M.) | —                  | —                   | —                   | 2.61 |

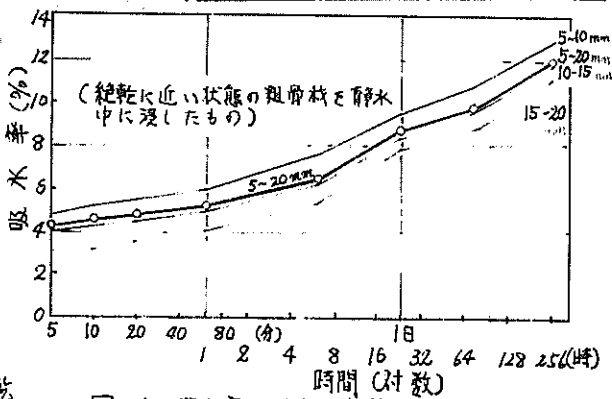


図-1 吸水率と時間の関係

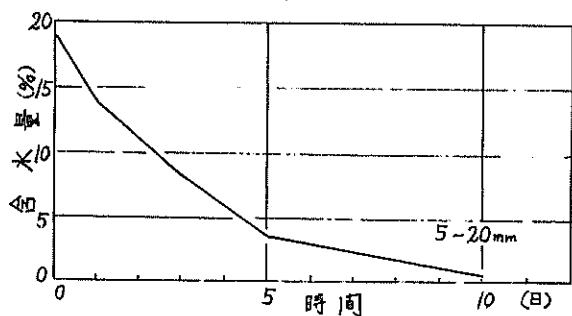


図-2 空气中に放置した場合の含水量と時間の関係

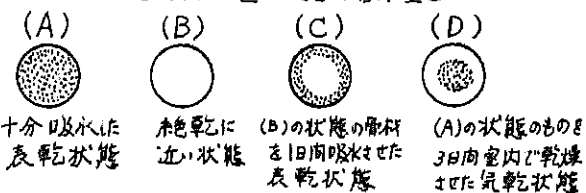


図-3 4種類の含水状態

基準にして定め、他の含水状態の場合は、(A)の場合と同一粗骨材容積となるようにし、他の材料は(A)の場合と同じ量を用いた。水セメント比(%)は、どの含水状態の骨材の場合も練り混ぜ時の使用水量とセメント量の比とし、45, 55および65%の3種とした。又(A)および(B)の状態の骨材については、使用水量(W)とスランパの関係と調べるためセメント量を一定としてWを変化させた。さらにセメント量(C)と細骨材量(S)を一定とし、(B)の場合のWを(A)の場合と同一スランパになるよう補正し、練り混ぜ後のスランパの経時変化を調べた。

練り混ぜは、容量50ℓの強制練りミキサーを用いて、まずモルタルを作り、その後粗骨材を加えて2分間行った。練り混ぜ後は5にスランパ、単位容積重量およびブリーディングの測定をJISの試験方法によって行った。強度試験用供

試体の養生方法は4週間21℃±2℃の静水中にて標準養生したものと1週間標準養生後、湿度約55~65% 温度約21℃前後の室内で空气中養生したものの2通りである。試験時の枚令は28日で、500°および20°の油圧式耐圧試験機を用いて強度試験を行った。

### 3. 試験結果

表-2はコンクリートの配合、スランパおよび強度試験結果を示したものである。

(1) 練り混ぜ時の粗骨材の含水量の相違がまだ目まらぬコンクリートのコンシステンシーに及ぼす影響

図-4は各含水状態の骨材を用いて作ったコンクリートの練り混ぜ直後のスランパと使用水量との関係を示したものである。この図から、いずれの含水状態の骨材の場合も同一セメント量において使用水量を増せば、スランパは増す傾向にあり、その増加の割合は、どの場合もスランパ/cmに2.2使用水量1.5~2.0kg/m<sup>3</sup>である。この値は使用水量の1%前後となる。これは普通コンクリートの場合ほとんど同様である。しかし軽量骨材の場合は、粒形、含水状態、材料の品質によって異なるものと思われる。使用水量が約190kg付近において、十分に吸水させた表乾状態(A)の骨材の場合コンクリートのスランパは約15cm、絶乾に近い状態(B)の場合約3cm、1日吸水させた含水量約8%の表乾状態(C)の場合約14cm、含水量が約8%で気乾状態(D)の場合約5cmであった。含水状態が(B)の場合は、(A)の場合より、練り混ぜ直後のスランパが同一使用

表-2 コンクリートの配合、スランパ、強度試験結果

| 配合                                         | 含水状態 | スランパ (cm) | 圧縮強度 (MPa) 水中 | 圧縮強度 (MPa) 空中 | 引張強度 (MPa) 水中 | 引張強度 (MPa) 空中 | 曲げ強度 (MPa) 水中 | 曲げ強度 (MPa) 空中 |
|--------------------------------------------|------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| w/c=45%<br>s/a=42%<br>W=187kg<br>C=416kg   | A    | 14.1      | 315           | 344           | 17.7          | 47.4          |               |               |
|                                            | B    | 2.2       | 324           | 366           | 28.4          | 50.3          |               |               |
|                                            | C    | 10.8      | 296           | —             | 25.2          | 46.3          |               |               |
|                                            | D    | 4.3       | 375           | —             | 26.0          | 50.0          |               |               |
| w/c=55%<br>s/a=44%<br>W=187kg<br>C=340kg   | A    | 15.8      | 264           | 261           | 20.3          | 39.9          |               |               |
|                                            | B    | 2.6       | 277           | 306           | 23.6          | 45.3          |               |               |
|                                            | C    | 12.6      | 256           | 261           | 21.0          | 38.9          |               |               |
|                                            | D    | 5.4       | 295           | 315           | 23.1          | 43.4          |               |               |
| w/c=65%<br>s/a=46%<br>W=187kg<br>C=288kg   | A    | 13.6      | 226           | 236           | 20.0          | 36.4          |               |               |
|                                            | B    | 1.4       | 268           | 274           | 19.2          | 39.6          |               |               |
|                                            | C    | 11.0      | 214           | —             | 19.4          | 35.1          |               |               |
|                                            | D    | 4.9       | 241           | —             | 20.7          | 41.1          |               |               |
| w/c=47.4%<br>s/a=42%<br>W=197kg<br>C=416kg | B    | 6.4       | 369           | 393           | 21.6          | 41.2          |               |               |
|                                            | C    | 17.0      | 319           | 317           | 21.1          | 41.1          |               |               |
|                                            | D    | 8.5       | 369           | 359           | 23.5          | 49.9          |               |               |
| w/c=57.9%<br>s/a=44%<br>W=197kg<br>C=340kg | B    | 5.6       | 285           | 276           | 21.5          | 39.1          |               |               |
|                                            | C    | 17.3      | 258           | 264           | 20.4          | 38.5          |               |               |
|                                            | D    | 7.5       | 273           | 300           | 21.1          | 41.2          |               |               |

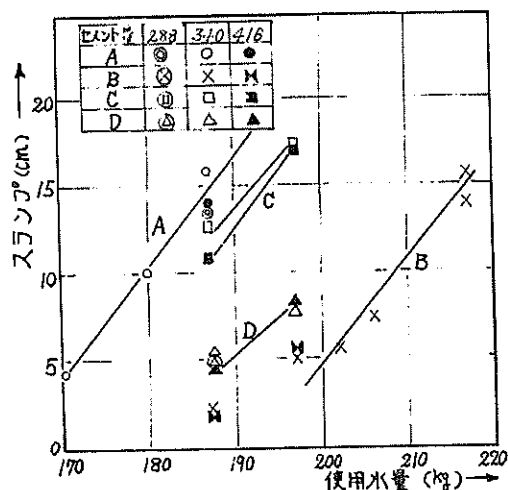


図-4 使用水量とスランパの関係

水量において10~15cm程度小さいことが示されている。又(C)の場合のスランパは同一使用水量において(A)の場合とほぼ同様の値を示しており、(D)の場合のスランパは(B)の場合の値に近いことが認められる。使用セメント量が340 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ と416 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ の場合のコンクリートのスランパについて比較すると、いずれの含水状態の場合も使用水量が同じであれば使用セメント量に關係なく、可能な練りまぜ時の水セメント比に關係なく、スランパの値はほぼ同じであることが認められた。

図-5は、含水状態が(A)及び(B)の場合のコンクリートの練りまぜ直後からのスランパ値およびケリー値の経時変化を示したものである。この図より、スランパは時間の経過とともに、低下しており、練りまぜ直後より約10分経過後において含水状態(B)の場合は(A)の場合より急激に低下することが示されている。そのスランパの差は約2cmであり、それ以降は(A)、(B)の場合両者とも、ほぼ平行的な線を描いて低下している。同時にケリーポールによるコンクリート中の測定を行ったが、ケリー値は、各時間においてスランパ値と同様の傾向を示した。

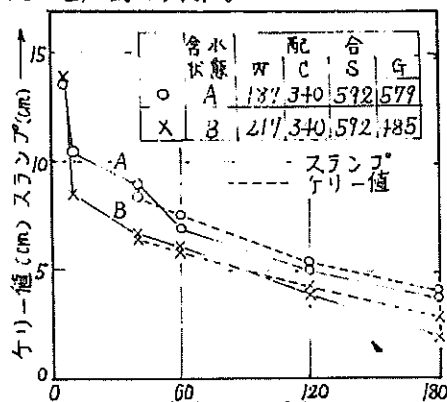


図-5 スランパの経時変化

(2) 練りまぜ時の粗骨材の含水状態の相違がコンクリートの強度に及ぼす影響

図-5は各含水状態の骨材を用いて作ったコンクリートの圧縮強度( $\sigma_c$ )とセメント水比( $C/W$ )との関係を示したもので、水中養生および空中養生の場合を同時に示した。ここで示されている $\sigma_c$ は、単位水量のかわりに練りまぜ時の使用水量を用いた。これは気乾状態の骨材の吸水が練りまぜ中および練りまぜ後の程度生じるのか不明な点が多く、セメントペースト中における正確な水量を知ることが困難であるからである。図-6より、いずれの含水状態の骨材の場合も( $\sigma_c$ と $C/W$ )との関係は、ほぼ直線的であり $\sigma_c$ が大きくなれば( $\sigma_c$ )が大きくなる傾向が認められる。

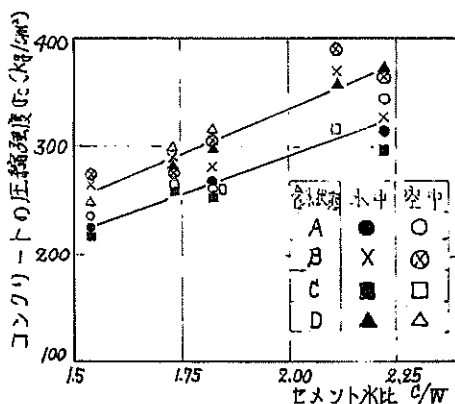


図-6  $\sigma_c - C/W$  関係

が小さくなれば( $\sigma_c$ )が大きくなる傾向が認められる。絶乾に近い状態(B)の気乾骨材の場合のコンクリートの圧縮強度は、十分に吸水させた長乾(A)の場合よりも同一セメント水比において(約30~50%)大きな値を示した。各々の含水状態の場合のコンクリートの圧縮強度は、水中養生及び空中養生にかかわらず、同一 $C/W$ においてほぼ等しい値を示しており、本研究の場合の養生条件では、差が生じなかったものと思われる。約8%の含水量の骨材を用いた場合の $\sigma_c - C/W$ の関係は、長乾(C)の場合(A)の場合にほぼ一致し、気乾(B)の場合は(B)の場合にほぼ一致していることが認められた。

#### 4. 試験結果の考察

本研究の範囲内で練りまぜ時の粗骨材の含水量の相違がコンクリートのワーカビリティおよび強度に及ぼす影響に關して次のような傾向が認められると思われる。

(1) 絶乾に近い気乾状態(B)の骨材を使用したコンクリートの練りまぜ直後のスランプは、使用水量同一の表乾(A)の骨材を用いた場合より約10~15 cm小さく、又同一スランプを得るに必要な使用水量は、(A)の場合より20~25%程度増大した。この増加水量は配合における(B)状態の単位粗骨材量485kgの約4~5%に相当している。この値を図1の吸水特性曲線と対比すると、(B)状態の骨材の静水中における吸水率は、約5分ご約4%、その後は徐々に吸水し、1時間経過後に約5%に達している。この約4%程度の吸水は静水中に骨材投入後瞬間的に生じているものと思われる<sup>(1)</sup>。従って練りまぜ直後のスランプ値より推定して、気乾骨材の練りまぜ中の吸水は、同時間内に起こる骨材の静水中での吸水にほぼ近い値であると思われる。

(2) 気乾(B)の骨材を用いたコンクリートのスランプの経時低下は、練りまぜ直後のスランプ値がほぼ同一の表乾(A)の骨材を用いたコンクリートの場合より、練りまぜ後数分間はやや大であるが、その後は同様な低下の傾向を示している。又図1より明らかかなように、数分経過後の静水中での骨材の吸水速度は非常に緩慢である。従って気乾状態の骨材が練りまぜ後、コンクリート中で吸水する速度は静水中よりもさらに緩慢であると思われる。すなわち練りまぜ後骨材の吸水がコンクリート中に及ぼす影響はごく短時間であり、吸水の影響が顕著に現われるのは練りまぜ中であると思われる。

(3) 一日間吸水後表乾とした(C)の状態の場合のコンクリートの練りまぜ直後のスランプは、十分に吸水させて表乾とした(A)の状態の場合とほぼ同程度であった。同様に含水量が0%に近い気乾(B)の状態の骨材と3日間室内で乾燥させた含水量8%の気乾状態(D)の骨材の場合のコンクリートのワーカビリティはほぼ同一であった。これは、骨材粒表層部の含水状態が主としてコンクリートのワーカビリティに影響を及ぼすものであることを示していると思われる。

圧縮強度(C)とセメント水比( $\frac{S}{W}$ )との関係において、(C)の場合の $\frac{S}{W}$ 線は(A)の場合にほぼ一致し、(D)の場合の $\frac{S}{W}$ 線は(B)の場合にほぼ一致した。すなわち圧縮強度においても骨材粒表層部の含水状態が主として強度に影響を及ぼすものと思われる。

(4) 練りまぜ直後のスランプ値等より推定した練りまぜ中の吸水の量20~25%を気乾状態の骨材を用いたコンクリートの使用水量から差引き、残りの水量とセメント量との比率と圧縮強度との関係とを調べると、表乾骨材を用いた場合の関係とほぼ同じであった。これは軽量コンクリートの強度が練りまぜ直後のセメントペースト中の水セメント比にほぼ支配され、使用時における含水状態の相違、練りまぜ後の吸水により顕著な影響を受けなかったことを示すものと思われる。

(5) 以上の事項より判断して、ワーカビリティおよび強度と対象にした場合、表乾状態の骨材を用いた配合より、気乾状態の骨材を用いる場合の現場での配合の修正を行なうには、主として練りまぜ中に起こる吸水を考慮し、これに多少の安全を見こして補正水として加入すればよいように思われる。しかし、骨材粒内部の含水状態の相違が、ワーカビリティ、強度以外のコンクリートの性質、たとえば水密性、乾燥収縮、耐久性などに及ぼす影響には不明な点が多く残されており、今後の研究が望まれる。

《 おとがき 》

この研究は昭和44年度吉田奨励金を受けたものの中間報告である。

《 以上 》

参考文献

(1) 西林新蔵・堀本徹男：人工軽量骨材の吸水特性とコンクリートの性質 コンクリート・ライブラリー No.24号  
No.24回読者用軽量骨材シンポジウム 1969年10月