

V-143

過剰振動締固めによる材料分離がコンクリート強度に及ぼす影響

山梨大学 正 岡 村 雄 樹

山梨大学 正 檜 貝 勇

1. まえがき

コンクリートの材料分離に伴う強度欠陥に関しては、従来多くの研究者による研究が行なわれながらも、この現象に関する要因が多く、その機構が複雑なため未解明な点が多い。特に、過剰振動締固めによって材料分離が大きく生じた場合、これがコンクリート強度に及ぼす影響については十分明らかにされてはいない。

本報告は、角柱型枠にコンクリートを打込み、その直後に内部振動機により振動を与えて材料分離を起こさせたコンクリートについて、構成材料の分布および強度を調べ、材料分離の程度がコンクリートの強度に及ぼす影響について考察を加えたものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料および実験方法 使用したセメントは普通ポルトランドセメントで、粗骨材は最大寸法20mmの碎石、細骨材は川砂を用いた。コンクリートの配合は、材料分離と強度との関係調べる実験では水セメント比55%と一定にし、単位水量を188~250 kgf/m³と変化させた7種である。単位粗骨材量が強度に及ぼす影響を調べる実験では、水セメント比と単位水量を一定とし、粗骨材量を変化させた6種の配合を用いた。また、粗骨材の最大寸法が強度に及ぼす影響を調べるために、粗骨材容積、水セメント比および単位水量を一定とし、粗骨材の最大寸法を10~25mmの範囲で変化させた4種の配合を用いた。構成材料の分布測定のための試料は、断面20×30cm、高さ60cmの角柱型枠に、コンクリートを一層で打込み、棒状振動機(振動数10000 r.p.m、振幅0.8mm、棒径27mm)で、120sec (0.2sec/cm²)締固めを行った後、型枠内を6層(一層当たり6ℓ)に分け一層につき2ℓ採取した。採取した試料について洗い分析試験を行い、各層における粗骨材量を求めた。また、一部の試験では各層における配合分析を洗い分析試験により求めた。圧縮強度試験用供試体のための試料は、構成材料分布測定用の試料を採取した後の2層分のコンクリートを練り混ぜて用い、型枠内の上層、中層、下層から採取したのと同様になるようにした。なお、圧縮強度用供試体は各層から3本作製し、所定材令まで標準水中養生を行った。

2.2 材料分離程度の評価方法 図-1は、水セメント比55%、スランブ23cmのコンクリートを、棒状振動機により120秒締固めた後のコンクリート中における構成材料の高さ方向の分布を調べた結果である。これより、構成材料の分布の変化は、セメント量や細骨材量より単位水量および粗骨材量において大きいことがわかる。特に粗骨材量の変化の度合に注目すると、下層の粗骨材量は上層の約2.5倍となり分離状態を顕著にあらわしている。粗骨材の分布状況を調べるための試験は比較的容易で試験精度もよい。ここでは材料分離の程度を、各層から採取した試料中の粗骨材の変動傾向をもとに、次式で示される材料分離指標によって評価した。

$$S_i = \exp[-\alpha(X)] \quad \alpha(X) = \frac{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2}}{n} \cdot \frac{1}{\bar{X}} \quad \begin{array}{l} \text{ここに } X_i: \text{試料中に含まれる粗骨材量, } n: \text{試料数} \\ \bar{X}: \text{試料中に含まれる粗骨材量の平均値} \end{array}$$

3. 実験結果と考察

図-2は一例として、材料分離の小さい(分離指標 $\alpha=0.92$)コンクリートと材料分離が大きい(分離指標 $\alpha=0.61$)コンクリートの高さ方向における圧縮強度の分布状態を示したものである。この図より、材料分離の小さいコンクリートでは下層より上層の方が強度が小さくなる傾向が認められる。これとは逆に、材料分離の大きいコンクリートでは上層になるほど強度が増加することがわかる。図-3, 4は、これらのコンクリートの配合分析試験結果に基づいて、高さ方向における水セメント比および粗骨材の

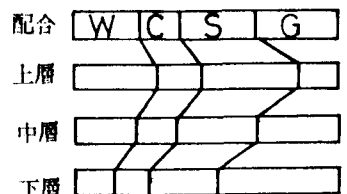


図-1 高さ方向の構成材料の分布

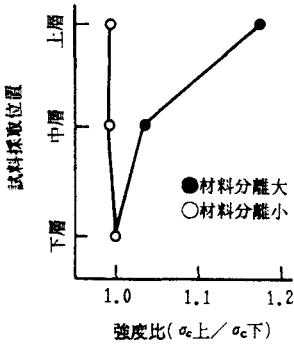


図-2 高さ方向の圧縮強度分布

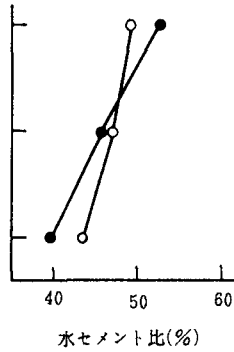


図-3 高さ方向の水セメント比の分布

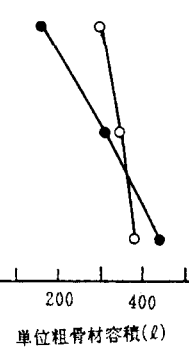


図-4 高さ方向の粗骨材の分布

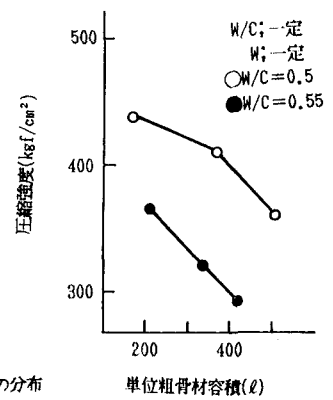


図-5 単位粗骨材量と圧縮強度の関係

分布状態を示したものである。水セメント比は下層から上層になるほど大きくなっており、粗骨材量の分布状態は上部になるほど減少している。配合分析による水セメント比の分布に関する結果は、強度試験結果に反したものとなっている。この原因をコンクリート中に占める粗骨材量の差および粗骨材の最大寸法の影響によるものと考え、粗骨材量と粗骨材の最大寸法が圧縮強度に及ぼす影響を調べた。図-5は粗骨材量が圧縮強度に及ぼす影響を、水セメント比と単位水量を一定にし粗骨材量を変化(s/a変化)させた場合について示したものであるが、これより明らかなように単位粗骨材量が増すほど強度が低下している。図-6は、粗骨材の最大寸法が圧縮強度に及ぼす影響を、粗骨材量、水セメント比および単位水量を一定にし粗骨材の最大寸法を変化させた場合について示したもので、これより、圧縮強度が粗骨材の最大寸法の増大に伴って減少することが認められる。これらの結果に基づいて前述の材料分離の大きいコンクリートの高さ方向の強度分布性状を説明することができる。すなわち、材料分離の大きいコンクリートでは上部の粗骨材は沈降し、特に粒子寸法の大きいもののほど沈降程度が大となり、下部のコンクリートほど内部欠陥となる粗骨材とモルタルとの境界面が増加し、また粒子寸法の増大に伴う付着強度の低下をきたすので、材料分離の大きいコンクリートにおいては下部になるほどコンクリート強度が小さくなるのである。図-7は、材料分離を起こさせたコンクリートについて材料分離指標と下層と上層の強度比の関係を示したものである。これより、材料分離指標が0.80程度以上になると高さ方向の圧縮強度は上強下弱の傾向を示すことが認められる。

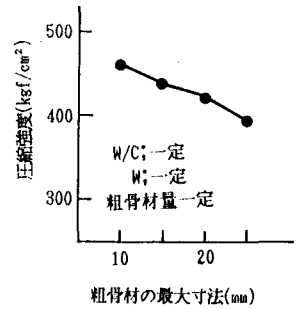


図-6 粗骨材の最大寸法と圧縮強度の関係

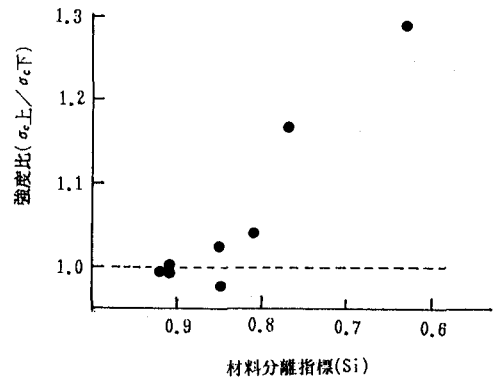


図-7 材料分離指標と上層・下層の圧縮強度比の関係

4. あとがき

各種コンクリートの最適締固め条件を定めるための研究の一環として実施した本実験の結果から、過剰振動締固めにより、材料分離を生じたコンクリートの高さ方向の圧縮強度について検討した結果、材料分離を大きく引き起こしたコンクリートでの高さ方向の圧縮強度性状は上強下弱となることが確かめられた。しかし、今回の実験では、打込み終了後から硬化までのブリージングが強度に及ぼす影響を除外して考えているので、今後この面についても検討をしたいと考える。