

コンクリートの色むら

コンクリートの色むらは何故起こるのでしょうか？

実際の例で紹介しましょう。

写真1及び2のように、運動公園のメインスタンド打設工事において、打設したコンクリートの壁及び円柱の上部と下部で、色が変わっていることを見い出しました。

原因として、セメントのロットの違い、型枠として用いた樹脂型枠の樹脂が付着したこと等が考えられますが、実際にコンクリート表面の分析を行いました。

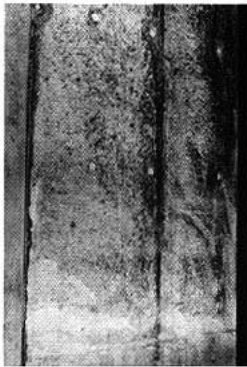


写真1 コンクリート壁の色むら

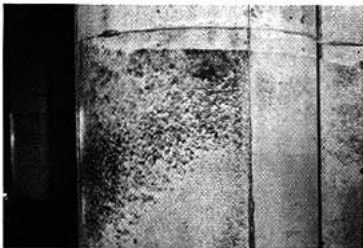


写真2 コンクリート円柱の色むら

図1に、赤外分光分析の結果を示します。赤外分光分析は試料(この場合コンクリートからの削りとり試料)を2~3mgとり、臭化カリウム2~300mgとよく乳鉢ですりつぶし、プレス機で10mmφ、0.1mm程度の錠剤を作り、赤外分光光度計により赤外線域(4000cm⁻¹~400cm⁻¹まで)の波長の吸光度を測定するものです。物質に赤外線を照射すると固有の波長において選択的に吸収を示します。たとえば、図1の黒色部分では、3630cm⁻¹にあるピークは、Ca(OH)₂のOH基に基づくピークであり、3400cm⁻¹前後にある幅広いピークは、水分や水素結合したOH基によるピークです。1400cm⁻¹、870cm⁻¹にあるピークは、CaCO₃のCOの結合による吸収、1000cm⁻¹付近の吸収は珪酸のSiOの結合に基づく吸収です。

また、吸収量は含まれる物質の濃度によります。黒色部分と白色部分のスペクトルの比較より、白色部分にはCOの結合による吸収ピークが大きく、炭酸カルシウム(Ca(OH)₂と炭酸ガスにより生じた)が比較的多いことがわかります。また、型枠に塗布された樹脂による赤外分光分析の吸収は認められませんでした。

図2にはX線回折を示します。X線回折はX線を粉体試料に照射し反射したX線の量を角度をかえて測定するものであり、そのピーク位置は物質の結晶構造により異なります。白色部分と黒色部分はセメントが水和してできるCa(OH)₂が検出されますが、白色部分では特に炭酸カルシウムが多く、Ca(OH)₂が小さくなっています。

以上の赤外分光分析とX線回折の結果より、

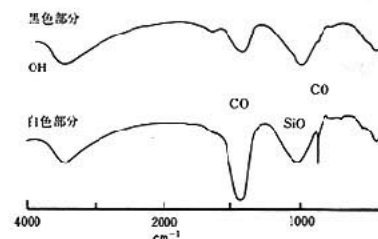


図1 赤外線吸収スペクトル

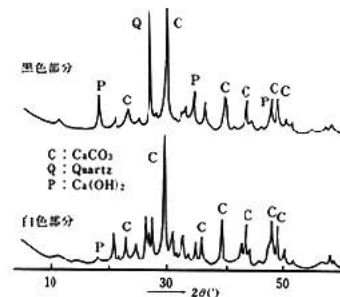


図2 X線回折スペクトル

白色部分はセメント水和物の空気中の炭酸ガスによる中性化が進み、黒色部分では中性化が遅くなっていることがわかります。

●では、なぜ、このような違いがでるのでしょうか？

写真3～5に白色部分と黒色部分の電子顕微鏡写真を示します。

写真3に、黒色部分と白色部分の境界部分の電子顕微鏡写真を示します。明らかに、黒色部分はち密で白色部分はポーラス(多孔質)であることがわかります。さらに、黒色部分の拡大した写真を写真4と、白色部分の拡大した写真を写真5に示します。黒色部分にはセメント水和物がち密に存在し小さな粒子からなっており、白色部分とは大きく異なることがわかります。これが、白色と黒色の色の違いの原因であると思われます。このために、黒色部分では白色部分に比べて、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の中性化速度が遅いと思われます。

吸水しない型枠を用いた場合、コンクリートを打ちつぐ時にバイブレータ(特に外バイブ)をかけるとセメントペースト中の水が押し出されて、W/Cの低いセメントペーストが型枠表面にできます。

さらに、その上にコンクリートを打ちつぎますと型枠と密着されてち密な表面ができます。そのできかたは、バイブのかけかたやコンクリートの打ちつぎ時期等により異なるために色むらができると考えられます。しかし、コンクリートの本体から見ますと打ちつぎを十分に行った良いコンクリートであり、非常に健全なものであり、物理的にも問題ないと思われれます。

●では、改善の方法としては、どうすればよいのでしょうか？

型枠の材質を考慮することや、コンクリートになるべくすばやく打設すること、外バイブよりは内バイブを用いること等が考えられます。

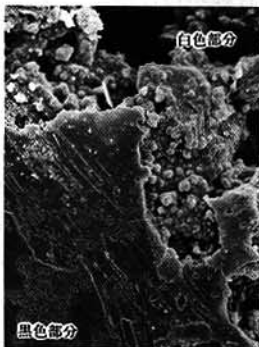


写真3 電子顕微鏡写真

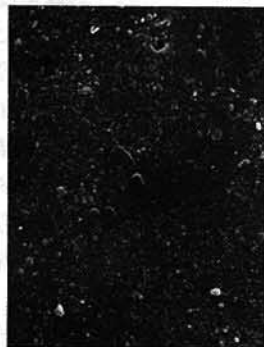


写真4 電子顕微鏡写真(黒色部分)

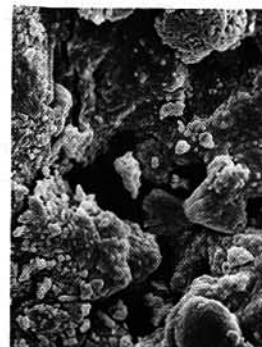


写真5 電子顕微鏡写真(白色部分)

●では、どうしてこのような現象が起こるのでしょうか？

現場の状況から、

- 1) 樹脂型枠を用いた場所に生じている。
- 2) 打ちつぎを十分に行うために、バイブレータをかけ過ぎた(内バイブ、外バイブ)。
- 3) 一日の内に連続して打ちあげている。
- 4) 特に、打ちつぎ下部に多い。

とのことでした。

文献⁽¹⁾には、この黒色部分は平均的なコンクリート中のW/Cに比較して、W/Cが低い、より濃いペーストからなることが指摘されています。これらから推定しますと、樹脂型枠のような、

また、すでに色むらを生じた場合、放置して黒色部分の炭酸化を待つか表面を若干荒らして促進させることなどが考えられます。

文献

(1)ACI Journal (1)29~31 (1975)