

1. まえがき

RCD工法は、貧配合、超硬練りコンクリートを用いることにより、マスコンクリートとしてのクーリングの省略と、レーヤ打設を可能にしたことにより、汎用機械の導入によるなどから大量施工を可能にした工法である。しかし、RCD用コンクリートは、貧配合・超硬練りでプラスチックをもたないコンクリートであるため、混合から運搬・打設および締固めに至る施工課程で、材料分離や締固め機構の複雑さなどから品質のバラツキが生ずる傾向があり、また施工速度を高める必要などから打設リフト厚の拡大が課題となっている。

本論は、この品質の向上の問題と、打設リフト厚の拡大を目的に、これまでの施工実績や試験結果などから考察を行うものである。

2. 締固め方法による効果特性

RCD工法が開発され実用段階に入って10年を経過し、これまで完成したダムや工事のダムも含めて数多くの施工例が上げられる。これらのダムで施工されたコンクリートの締固め方法は、ほとんどが技術指針案によるもので、材料分離や締固め不足による品質のバラツキは、配合設計と構造設計でカバーされてきた。

しかし、ハイダムへの適用拡大と発熱量の問題からセメントの減量の必要などにより、締固めによる品質の向上が必要である。また、施工速度のスピード化によるリフト厚の拡大などが求められ、締固めの施工システム検討の必要がある。今回の締固め方法を変えた各種の試験を通し、締固め機構に関し、得られた主な結果は、次のとおりである。

図1は、コンクリートの配合および現場条件を同じにした締固め試験で、各種の締固め方法に対する効果特性を、ボーリングコアの評価値で示したものである。

標準施工とは、技術指針案によるもので、ブルドーザにより1mリフトを4分割にして敷均してリフト造成を行い、リフト上面から振動ローで12回転圧した方法である。

ブル転圧とは、標準施工同様の敷均しの課程で、同じブルドーザを用い8回の転圧を加え、リフト上面の不陸押えとしてタイヤローで6回転圧した方法である。

振動ロー薄層とは、標準施工によるリフト上面からの振動ロー転圧を、薄層敷均しの課程で薄層面の転圧に分散させた方法である。

以上の方法で締固めた結果を、図1でその効果を比較すると、振動ロー薄層は、他の方法に比べ最も良く全体的に均質になっている。しかし上部に向かってやや低下傾向を示している。ブル転圧は、25cmより深くは良くなる傾向は積層効果による改善であり、上部が高くなるのはタイヤローによる転圧効果とみられる。一方の標準施工は、約中央深より下方はブルドーザによる薄層敷均しの積層効果、また中央より

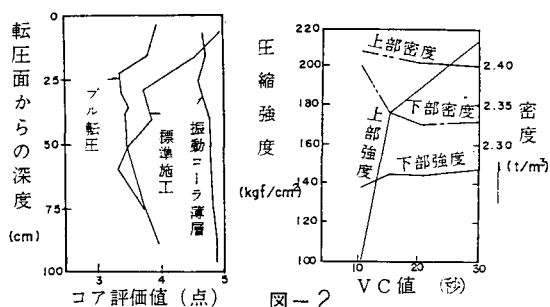


図1 コア評価分布

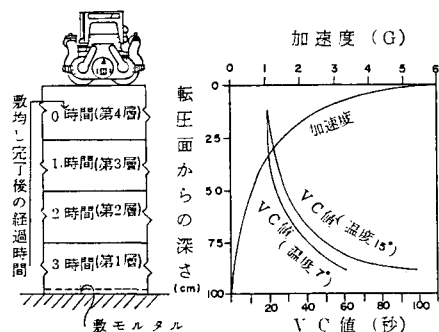


図3 転圧層内の加速度・VC値

上部は振動ローラの転圧効果とみられる。

図2は、コンシステンシー（VC値）と締固め効果の関係を試験した結果である。この試験方法は、コンクリートの配合を水セメント比による強度条件を一定にしてVC値を変えたコンクリートを用い標準施工で締固めたものである。また硬化コンクリートの強度・密度はボーリングコアにより求めた。この試験結果からみて密度は、VC値が15秒以上では上・下部とも変化量が少ないが、10秒になると、下部密度は急上昇する。また圧縮強度は上・下部ともVC値が大きいほど強度が高い。しかし、下部強度の変化量が少なく、また上部強度の変化量の大きいことが特徴的である。

図3は、この標準施工で締固めた場合の転圧層内におけるVC値と、転圧エネルギーの作用を加速度計を埋設して実測した結果である。VC値は、転圧面から深部に向かって大きくなり、下部は密度を高めるのに不利になる。また加速度は、転圧面の6Gが25cm深で2Gと激減し、これより深い部分では締固めエネルギーが不足すると考えられる。

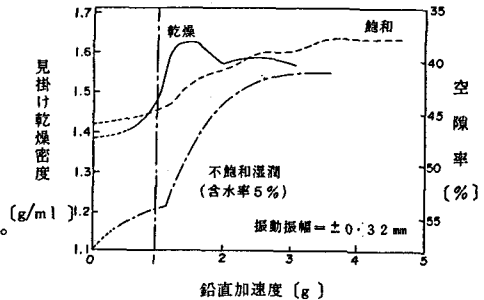
3. 締固め機構

まだ固まらないコンクリートの組織構造は、数マイクロのセメント粒子から150mmの太玉骨材までの粒子が混在する粉体である。

しかも、粒子形状や密度・質量が異なり含水比5%程度の湿潤な粒子の集合体であり、この粉体の締固め過程は、タンピングや振動を与えると、粒子間の摩擦抵抗を克服しながら粒子の再配列を起こし密実化する。

RCD用コンクリートの締固めは、敷均したコンクリートを振動ローラで転圧するので、転圧面に加えた力は、鉛直振動を主成分とした振動波が骨材粒子を動かし再配列を起し、更に隣接する骨材粒子へと波及する。このエネルギーは、加速度・振動数・継続時間などに関係するが、粒子再配列は自由運動によることから周囲の摩擦や拘束力によってもその効果は左右されるものである。

図4は、鉛直振動と砂の密度変化の関係を試験したものである。この図から含水比がRCD用コンクリートに近い5%の湿潤砂の締固めに必要な加速度は、3Gが必要であることを示している。



4. 締固めに係る問題と改善点

RCDコンクリートの締固めによる品質の向上と、リフト厚の拡大を図るのに締固め方法の改善に係る問題は次の点があげられる。

第1に、図2より密度を期待するのにVC値が小さい方がよい。これを図3にあてはめると上部より下部の方は不利となる。

第2に、敷均しされたコンクリートが締固め力を受け密実化する際に、粒子再配列を起こす粒子の質量はどの領域にあるかが問題である。しかしRCD用コンクリートは細骨材率が高いこと、また試験結果などから敷均した状態の密度は、約90%に達しているなどから密実化に寄与する粒子再配列は、細骨材以下の質量と考えられる。従って締固めに必要な加速度は図4から3G程度が必要である。

また締固めに有効な加速度を、図3より3Gとすると転圧面では過剰で25cm以深では十分でないことになる。

以上のことから、品質の向上を図るための締固め方法は、転圧層の厚さを25cm以下とするか、また薄層敷均しの過程で先行密度を高める手段を構ずるか、の二者が考えられる。しかし、前者は、施工速度の面で技術的な前進とはいえないので、後者を対象に締固めの施工システムの確立が必要であろうと考えられる。

5. あとがき

今後は、RCD用コンクリートの締固めにおいて、密実化に寄与する粒子再配列はどの領域で起こるかを実験等で確かめ、この領域の質量を有効に動かし得るエネルギー要素の分析を行い、これを汎用性を持った施工機械に取り付けることが可能であれば、締固めによる品質の向上と、リフト厚の拡大が図れるものと考えられる。