

高流動コンクリートのコールドジョイント防止策に関する数値解析的検討

東京大学大学院 学生会員 許 賢太郎

東京大学国際・産学共同研究センター フェロー 魚本 健人

1. はじめに

筆者らは、石灰石微粉末を用いた粉体系高流動コンクリートについて、打重ね時間間隔2時間程度の場合であっても、コールドジョイントを持つコンクリートの曲げ強度が急激に低下する場合があることを既に報告した¹⁾。本研究では、このような高流動コンクリートのコールドジョイントの強度低下に着目し、新たな打設方法によるその防止策を提案・検証するとともに、数値解析によりその流動状態を再現し、このような打設が可能な限界時間を求める方法の確立を試みた。

2. 提案するコールドジョイント防止策

本研究で提案するコールドジョイント防止策はコンクリートポンプの筒先をコンクリート内部に貫入しながら打設する方法である。この打設方法を用いると、上層と下層のコンクリートが混ざり合いながら流動するため、コールドジョイント発生を防ぐことができると考えられる。この方法は通常の打設方法に少し工夫を加えただけなので、新たな人員や設備を準備する必要がなく、実際の現場でも十分適用可能だと考えられる。

3. 実験概要

まず、表-1 に示す配合のコンクリートを供試体の下半分に打設した。設定した打重ね時間間隔経過後、着色剤を加えた赤いコンクリートを2種類の打設方法により打設した。パイプ貫入打設は、ポンプの筒先を模擬した直径約10cm、長さ3mの塩化ビニル管を下層約5cm程度貫入させ、それを通じて打設したものである。硬化後にコア抜きを行い、内部の流動状態を観察した(図-1)。

4. 実験結果

写真-1に採取したコア供試体の一例を示す。紅白の境界を太線で示してある。パイプ貫入打設では上下のコンクリートは良く交じり合い、平滑なコールドジョイント面は発生していないことがわかる。また、別途行ったモルタル供試体による曲げ強度試験でもパイプ貫入打設では急激な曲げ強度の低下が起こらないことが示された。

また、下層コンクリートの硬化が進んだ場合に、パイプを貫入することができない、あるいは貫入できても新たなコンクリートが下層内部に流れていかないという問題が発生することがわかった。実際の施工ではポンプを詰まらせてしまう原因にもなりかねないため、このような打設ができなくなる限界の時間をあらかじめ把握しておく必要があると考えられる。

表-1 使用したコンクリートの配合

W/C	単位量 (kg/m ³)					SP P×%)
	W	C	LP ^{*1}	S	G	
35	161	454	167	727	852	1.30

W:水 C:白色ポルトランドセメント LP:石灰石微粉末

S:細骨材 G:粗骨材 SP:高性能AE減水剤

*1 着色剤(ベンガラ)を用いる場合は石灰石微粉末と置換した (単位量25kg/m³)

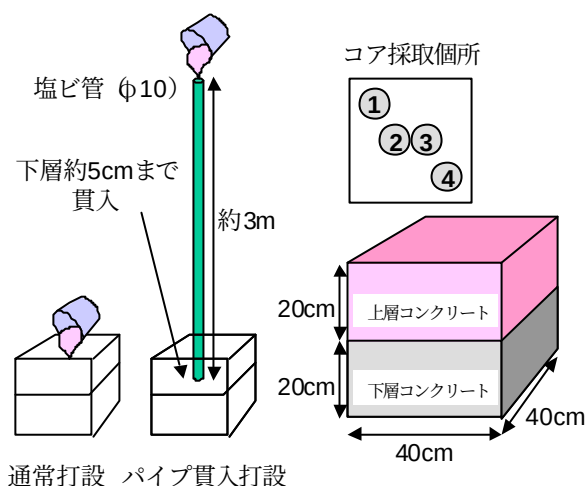


図-1 提案する打設方法と使用した供試体



写真-1 内部流動状態の観察
(打重ね時間間隔: 50分)

キーワード: コールドジョイント, 防止策, 個別要素法 (DEM)

連絡先: 〒153-8505 目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 Be407 03-5452-6098 (内線 58090)

5. 数値解析による施工可能限界時間の予測

本研究では、このような施工可能限界時間を数値解析によりあらかじめ予測する方法を提案する。数値解析プログラムは、骨材とモルタルの2種類の要素を設定した個別要素法（DEM）解析であり、要素間の接着モデルは簡単のため、図-2に示すような単純化したモデルを用いた。また、上下層のコンクリートに含まれるモルタル要素同士の接着力を別々に与えることで、硬化しかかった下層コンクリート上にフレッシュなコンクリートを打ち重ねる場合を再現することにした。その他のパラメータはMunazの文献にならい設定した²⁾。

まず、スランプフロー試験のシミュレーションを繰り返し行い、それぞれのスランプフローに対応する接着力の値を求めた。実際の施工では、これに試し練りを行って求めるスランプフローの経時変化のデータを当てはめることにより、下層コンクリート製造からの経過時間に対応する接着力を求めることができると考える。

打重ねの解析に使用したモデルは図-3の通りである。上層コンクリートの接着力にスランプフロー60cmに相当する0.05を与え、下層コンクリートにはスランプ2cmに相当する接着力1を与え、通常打設の解析を行った。その結果が図-4(a)である。実験では、下層がスランプ2cmになるまで固まってしまうと下層コンクリートはほとんど変形せず、ほぼ平らな打重ね面ができるが、本解析では下層コンクリートが中央部でへこむような変形をしてしまい、実際とはやや合わない結果となった。

次に、同じ接着力を設定してパイプ貫入打設を模擬した解析を行った結果を図-4(b)に示す。これを見ると、通常打設の結果とは異なり、上下の層が混ざり合っていることがわかる。この解析結果は、実験結果と同じように、パイプ貫入打設では通常打設に比べてコンクリートが混ざりやすいという傾向を再現している。しかし、実験ではスランプフロー26cmに相当すると考えられる打重ね時間間隔でパイプ貫入打設は不可能だったことからこの解析は定性的には実際の結果を模擬しているといえるが、定量的には合っていないことがわかる。

この原因としては、要素同士の接着力のモデルがあまりにも単純化しすぎたことが挙げられる。本研究で単純化してしまった接着モデルを改良し実際のコンクリートの挙動に近づけていけば、定量的な評価にもこれが適用できる可能性がある。その場合には前述したように練り混ぜからの経過時間に対応するパラメータを設定してDEM解析を行うことにより、実施工における施工可能限界時間を予測することができると考えられる。

将来的には、限界時間を解析的に事前に求めておき、それを超過した場合には打重ねを中止し計画打継目に準じた打継ぎ処理を行うことにより、予期せぬコールドジョイントを完全に防ぐことが可能であると考えられる。

まとめ

本研究の範囲内で得られた知見をまとめると以下ようになる。

1. 提案したポンプ筒先貫入打設方法により高流動コンクリートのコールドジョイント発生を防止できる。
2. ポンプ筒先貫入打設を行うことができる限界時間をDEM解析により予測できる可能性が示された。

謝辞 本研究では宮原建治君はじめ東京大学魚本研究室の卒論生、大学院生の皆様に暖かいご協力をいただきました。深い感謝の意を表します。

参考文献 1) 許賢太郎, 小森大育, 加藤佳孝, 魚本健人 配合および施工条件がコンクリートのコールドジョイントに与える影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.1, pp.259-264, 2000

2) Munaz Ahmed Noor 3D-THREE-DIMENSIONAL DISCRETE ELEMENT SIMULATION OF FLOWABLE CONCRETE, 東京大学博士論文, 2000

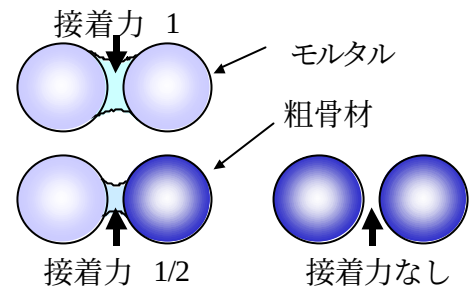


図-2 接着力の設定方法

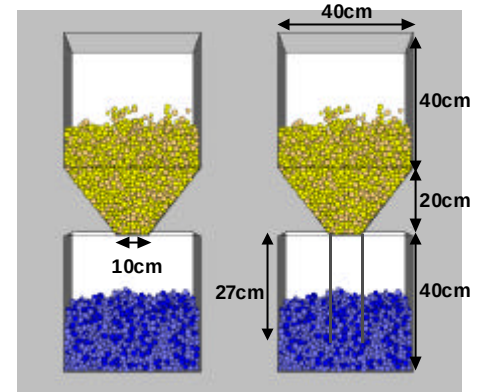


図-3 数値解析上の供試体概要

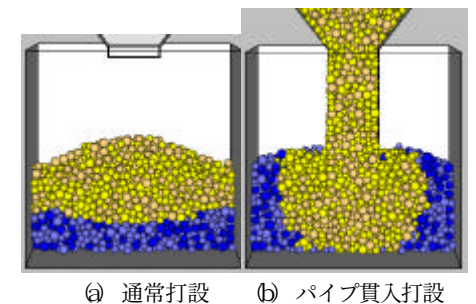


図-4 数値解析の結果（断面図）
（接着力：上層0.05，下層1）