

暑中コンクリートの運搬時と圧送時の生コンクリート温度変化に関する研究

その3 日射の影響を受けた運搬時と圧送時の温度実測結果と相当外気温の設定

213-110 早川 遼

1. はじめに

生コン車運搬時の回転ドラム内やポンプ圧送時の輸送管内の生コンクリートは、水分蒸発がなく、構成材料であるモルタルや粗骨材が位置を変えて流動している。この流動を考慮しなければ、日射が当たった回転ドラム内や輸送管内は、均質体の生コンクリートが詰められた静置条件にあると仮定できる。

本研究その3とその4は、均質体の静置仮定下で、出荷から荷卸しまでの生コン車運搬時やポンプ圧送時に日射が当たったときの生コンクリート温度変化を検討することを目的とし、相当外気温と水和発熱を考慮した熱拡散解析を実施した。その3では、ポンプ圧送実験時の外気温と生コンクリート温度の実測結果と、相当外気温適用のための諸定数の設定を検討した。

2. 圧送実験及び各種温度計測の概要

ポンプ圧送実験は、兵庫県須磨市の山あいの生コンクリート工場敷地内にて8月初旬の快晴で実施した。圧送実験に適用した生コンクリートは、圧送前の生コン車の運搬時間を長くした調合⑨を含めて、調合⑧～⑯の9調合で朝から夕方まで順に、練混ぜ→運搬→圧送した。

練混ぜ実機近接の試験室で出荷時の室外日陰外気温と室内生コンクリート温度（棒形温度計の試験員目視）、運搬後の荷卸し時と圧送後にフレッシュコンクリート試験場での日陰外気温と生コンクリート温度（棒形温度計の試験員目視）と、ポンプ圧送時の輸送管近接の日陰外気温（熱電対とデータロガー）を計測した。

また、日射が燦々と当たる輸送管上面の表面と、隣接輸送管に遮熱カバーを取り付けてのカバー下の輸送管上面の表面に、それぞれデータロガー付き温度計測器を取り付け、輸送管表面温度を計測した。

3. 実験場での外気温と輸送管表面温度の実測結果

図1に実験場での外気温と輸送管表面温度の実測結果を、大阪管区气象台と神戸地方气象台で観測の特別気温とともに示す。輸送管周辺日陰外気温は、日射がよく当たる10～13時頃で大阪管区气象台の気温変化より小さくなったが、10時頃以前と13時頃以後は、大阪管区气象台の気温変化とほぼ同じであった。出荷時の試験室外の日陰外気温は、10～11時頃まで急に高く、このときだけ温度計に日射が当たったと思われる。フレッシュコンクリート試験場の日陰外気温は、輸送管周辺日陰外気温と同じ傾向にあるが、試験時個別では約1～2℃違いもあった。輸送管表面温度は、日中を通じて外気温より高く、遮熱カバー有りは、遮熱カバー無しより2～3℃低い。

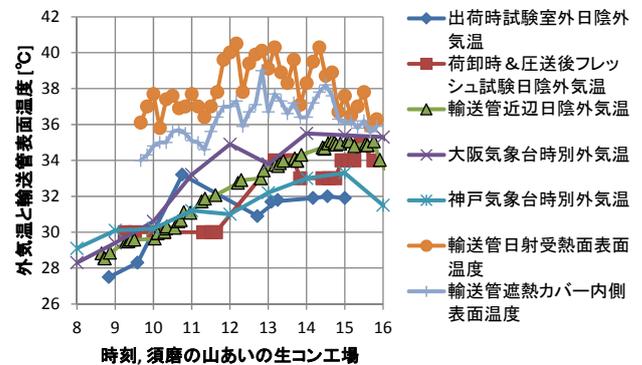


図1 実験場での外気温と輸送管表面温度の実測結果

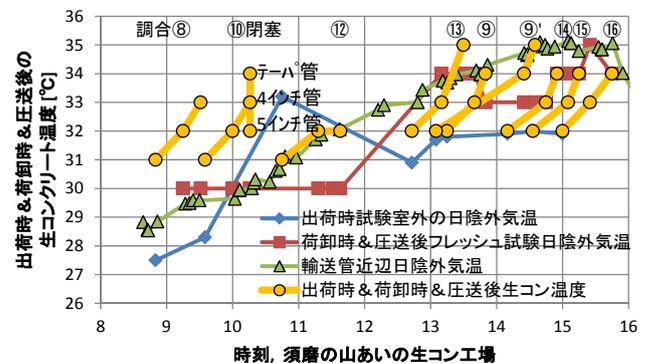


図2 圧送実験時の生コンクリート温度の実測結果

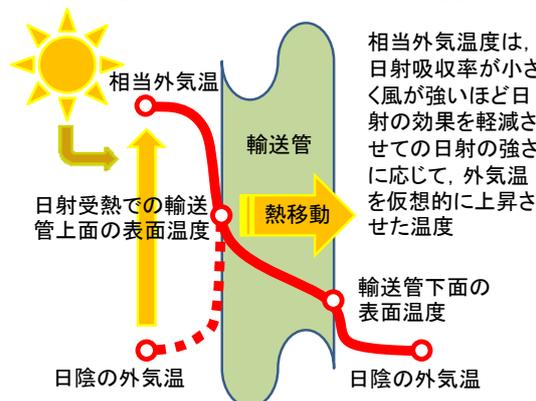


図3 相当外気温の概要

4. 実験日の生コンクリート温度の実測結果

圧送開始から圧送後までの正味の圧送時間は約5～10分間で、荷卸しから圧送後までの約5～10分程度の間と、また、圧送後から約5～10分程度の間、フレッシュ試験を行い、生コンクリートの温度を実測した。このため、荷卸し時から圧送後までの経過時間は、正味の圧送時間を含めて約15～30分間になる。

図2に生コンクリート温度の実測結果を示す。出荷時から圧送後までの温度上昇は、午前中が1～2℃に対して、午後が2～3℃になった。

5. 相当外気温適用のための諸定数の設定の検討

図3に相当外気温の概要を示す。AIJ 建築物荷重指針2004の温度荷重は日射の影響を相当外気温の式(1)に対応し、相当外気温を適用する場合、全天日射量、熱伝達率HT、日射吸収率 a_{su} が必要になる。

$$\theta_s [^{\circ}\text{C}] = \theta_0 [^{\circ}\text{C}] + \frac{1}{\text{時別の} HT [kcal / (m^2 \cdot hr \cdot ^{\circ}\text{C})]} \times \{ a_{su} \cdot \text{時量の全天日射量} [kcal / (m^2 \cdot hr)] \} \quad (1)$$

ここで、 θ_s : 相当外気温[$^{\circ}\text{C}$]、 θ_0 : 外気温[$^{\circ}\text{C}$]、HT: 対流熱伝達率[$kcal / (m^2 \cdot hr \cdot ^{\circ}\text{C})$]、 a_{su} : 日射吸収率。

熱伝達率HTは、暑中コンクリートの研究で有用な文献¹⁾で提案された平均風速からの換算式(2)を適用した。

$$HT [kcal / (m^2 \cdot hr \cdot ^{\circ}\text{C})] = \left\{ 0.12 \times (\text{平均風速} [m / sec])^2 + 0.4 \right\} \times 10 \quad (2)$$

単位[$cal / (cm^2 \cdot hr \cdot ^{\circ}\text{C})$]

日射吸収率 a_{su} は、遮熱カバー有無の輸送管表面温度の実測結果を用いて、圧送時間約20分ごとの繰返しを解析時間間隔10分で対応のため、水和発熱を考慮しない熱拡散解析で同定した。

図4に大阪管区気象台が観測した時量の全天日射量と、10分量と10秒量の換算結果と日量への積算結果を示す。実験時に全天日射量を計測しておらず、実験場から最近接地で観測された大阪管区気象台での全天日射量を適用した。また、全天日射量は、日射吸収率 a_{su} の同定に対して8~16時までの8時間解析で10分量を、荷卸し時から圧送後までの10分間解析で10秒量を適用した。

図5に神戸地方気象台が観測の特別と10分ごとの平均風速と10秒ごと補間の結果及び対流熱伝達の換算結果を示す。実験場から最近接地で観測された神戸地方気象台の平均風速を適用した。日射が強くなる10~14時頃で平均風速が小さい。また、換算した対流熱伝達HTは8~45 [$kcal / (m^2 \cdot hr \cdot ^{\circ}\text{C})$]になった。

輸送管表面は朱色の錆止め塗装で、遮熱カバー表面は白銀色であった。各調合のポンプ圧送開始時刻で荷卸し時の生コン温度を入力設定し、水和発熱を考慮せず、10分ごとの8~16時での遮熱カバー有無の輸送管表面温度を解析して、実測結果と近い日射吸収率 a_{su} を同定した。すなわち、大阪全天日射量と神戸平均風速換算の熱伝達率と、日射吸収率 a_{su} を0~1の範囲で適宜設定し、相当外気温を求め、各調合の圧送実験時の荷卸時間を実測荷卸温度としたコントロールボリューム差分陰解法による熱拡散解析を実施し、輸送管上面温度解析値と実測値の比較照合から実測値と合致する日射吸収率 a_{su} になるよう日射吸収率 a_{su} を調節し、日射吸収率 a_{su} を同定した。

図6に日射吸収率 a_{su} の同定結果を示す。大阪管区気象台の気温変化とほぼ同じ10~13時以外は、日射吸収率 a_{su} が、遮熱カバー無し $a_{su}=0.6$ に、遮熱カバー有り $a_{su}=0.4$ になり、表面色に対する一般的な値になった。10~13時は、輸送管近辺日陰外気温よりも大阪管区気象

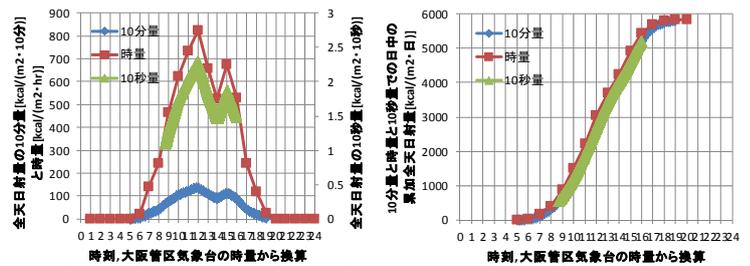


図4 大阪管区気象台が観測した時量の全天日射量と10分量と10秒量の換算結果と日量への積算結果

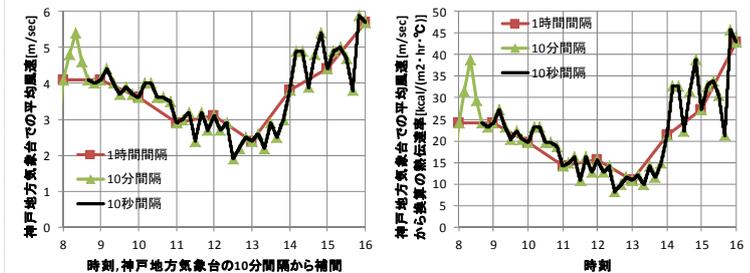
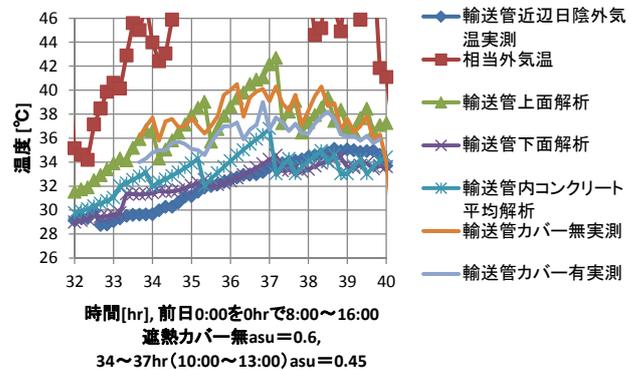
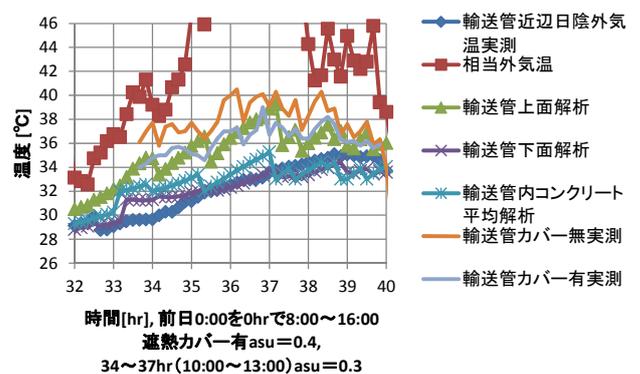


図5 神戸地方気象台が観測の特別と10分ごとの平均風速と10秒ごと補間の結果及び対流熱伝達の換算結果



a) 遮熱カバー無しの同定結果



b) 遮熱カバー有りの同定結果

図6日射吸収率 a_{su} の同定結果。台の気温が大きく、この時間帯では、須磨の実験場にて過大な全天日射量になっていると思われるため、日射吸収率 a_{su} を低減し、遮熱カバー無し $a_{su}=0.45$ に、遮熱カバー有り $a_{su}=0.3$ になった。

6. まとめ

その3では、外気温と生コンクリート温度の実測結果と、相当外気温のための諸定数の設定の結果を示した。参考文献1) 小山智幸: グリーンコンクリートの暑中性状に関する研究, 九州大学博士論文, 1999.12 (中村研究室)