

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1 生コン車の回転ドラム内の生コンクリートの積載容積と積載高さの関係

213-027 大西 快周

1. はじめに

生コン車の回転ドラム内部で攪拌流動している生コンクリートは、熱伝導と攪拌流動での対流により、全体が速く様な温度分布になる。この状況を、生コンクリートの一部が受熱すると、その受熱面積に対する熱伝達により、生コンクリート全体が様な温度分布になると簡易的に考える。この場合、単容量モデルや集中熱容量モデルと呼ばれる熱伝達モデルが適用できることになる。

本研究その1及びその2では、生コン車の回転ドラム内に積載された生コンクリートについて、暑中下の日射を受けた運搬時の温度解析に対する受熱面積を定量化するため、回転ドラム内の生コンクリートの積載容積と積載高さとの関係を、幾何解析により検討した。

2. 生コンクリートを積載した回転ドラムの幾何モデル化と積載容積と積載高さの関係の導出の方針

図1に、生コン車のカタログ寸法例と生コンクリートを積載した回転ドラムの幾何モデル化の概要を示す。生コン車の回転ドラムは、回転軸を中心線とした円すいと円柱の組み合わせで幾何モデル化した。

回転ドラム長さ z_1, z_2, z_3 と回転ドラムの円柱部分の最大半径 r_2 が既知で、また、円すい母線が地平線と平行で、円すい底面と接した円柱の傾斜角が回転ドラムの傾斜角 α を既知とする。傾斜角 α の余角 β が円すい母線と円すい底面が成す角度で $\alpha + \beta = 90^\circ = \pi/2$ となる。

それで、円すいを母線と平行に切断したときの部分体積と、円柱を傾斜角 α で切断したときの部分体積の算定方法を積分式で一般化し、それぞれの円すいや円柱の部分体積を組み合わせると、回転ドラムに積載した生コンクリートの積載容積と積載高さの関係の導出する。

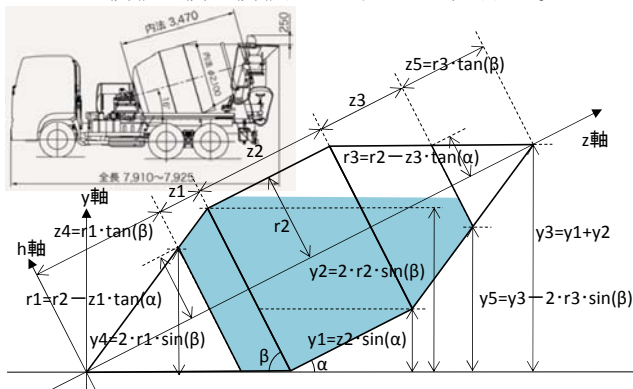


図1 生コン車のカタログ寸法例と生コンクリートを積載した回転ドラムの幾何モデル化の概要

3. 円すいを母線と平行に切断の部分体積の積分式

図2に円すいを母線と平行に切断したときの円すい部

分体積の算定方法の概要を示す。円すいの底面と接する軸を h 軸に、母線と垂直になる軸を回転ドラムの積載高さ y に対応する y 軸に、円すい高さ方向を z 軸とする。切断面は放物線形断面 $A(h)$ になり、これを h 軸に対する積分で、 h 軸に任意な円すい部分体積 $V(h)$ が導出できる。

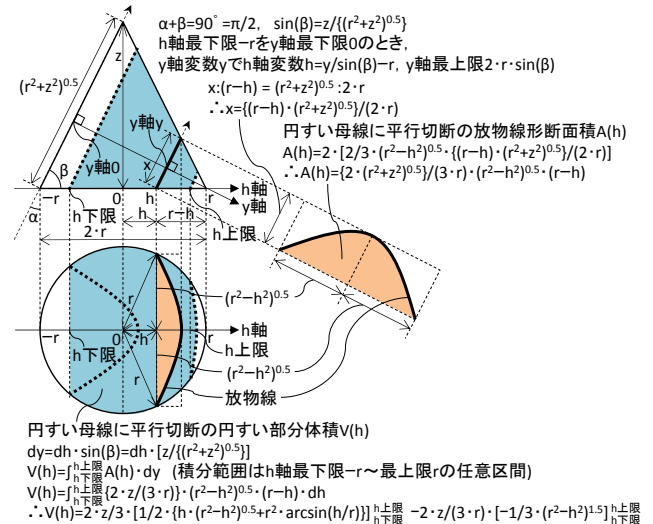


図2 円すいを母線と平行に切断したときの円すい部分体積の算定方法の概要

4. 円柱を傾斜角 α で切断の部分体積の積分式

4.1 h_0 下限 $L \cdot \tan(\alpha) \leq h_0 \leq h_0$ 上限 $2 \cdot r$ での横倒し円柱の傾斜切断の円柱部分体積 $V(z)$

図3に h_0 下限 $L \cdot \tan(\alpha) \leq h_0 \leq h_0$ 上限 $2 \cdot r$ での横倒し円柱を傾斜角 α で傾斜切断の円柱部分体積の算定方法を示す。横倒し円柱の円面と接する軸を h 軸とし、 h 軸との垂直軸を回転ドラムの積載高さ y に対応の y 軸とする。また、横倒し円柱の長さ方向を z 軸とし、 z 軸と垂直な切断面が円弧形断面 $A(z)$ になり、これを z 軸に対する積分で、 z 軸に任意な円柱部分体積 $V(z)$ が導出できる。

ただし、 z 軸0で h 軸 h_0 が h_0 下限 $L \cdot \tan(\alpha)$ より小さい $h_0 < L \cdot \tan(\alpha)$ では、 z 軸変数 z が L 近傍において、円弧断面高さ h が負 ($h < 0$) で円弧断面面積 $A(z)$ が負の積分不可領域が含まれる。また、 h 軸 h_0 が h_0 上限 $2 \cdot r$ より大きい $h_0 > 2 \cdot r$ では、 z 軸変数 z が 0 近傍で円弧断面高さ h が横倒し円柱高さ $2 \cdot r$ を超えて円弧断面面積 $A(z)$ が算定できない積分不可領域が含まれる。

このため、 z 軸0で h 軸 h_0 の積分対象範囲は h_0 下限 $L \cdot \tan(\alpha) \leq h_0 \leq h_0$ 上限 $2 \cdot r$ になる。 h_0 下限より小さい $h_0 < L \cdot \tan(\alpha)$ や、 h_0 上限より大きい $h_0 > 2 \cdot r$ での円柱部分体積 $V(z)$ の計算は、別途、後述する。

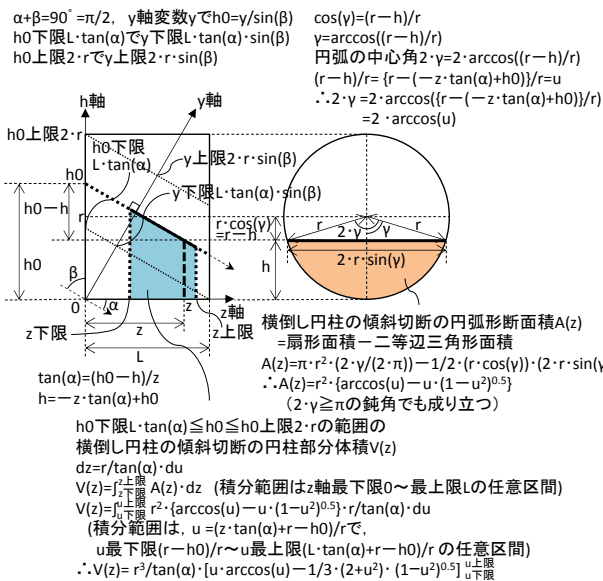


図 3 $L \cdot \tan(\alpha) \leq h_0 \leq 2 \cdot r$ での横倒し円柱を傾斜角 α で切断したときの円柱部分体積の算定方法の概要

4.2 h_0 下限 $0 \leq h_0 \leq h_0$ 上限 $L \cdot \tan(\alpha)$ での横倒し円柱の傾斜切断の円柱部分体積 $V(z)$

図 4 に h_0 下限 $0 \leq h_0 \leq h_0$ 上限 $L \cdot \tan(\alpha)$ での横倒し円柱の傾斜切断の円柱部分体積の算定方法を示す。 $0 \leq h_0 \leq L \cdot \tan(\alpha)$ の場合, h_0 からの傾斜切断線が z 軸との交点までの z 軸長さ zz を基準に, z 軸 $0 \sim zz$ までを傾斜切断した円柱部分体積 $V(z)$ で求める。

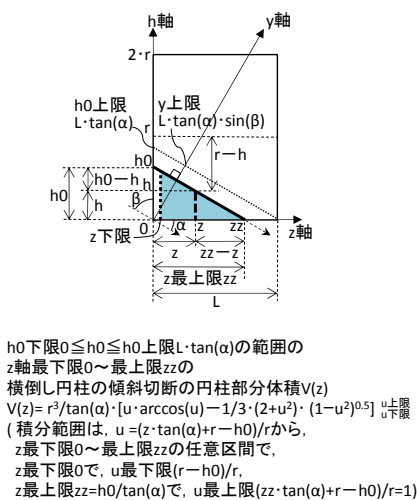


図 4 $0 \leq h_0 \leq L \cdot \tan(\alpha)$ での横倒し円柱の傾斜切断の円柱部分体積の算定方法の概要

4.3 h_0 下限 $2 \cdot r \leq h_0 \leq h_0$ 上限 $L \cdot \tan(\alpha) + 2 \cdot r$ での横倒し円柱の傾斜切断の円柱部分体積 V_{total}

図 5 に h_0 下限 $2 \cdot r \leq h_0 \leq h_0$ 上限 $L \cdot \tan(\alpha) + 2 \cdot r$ での横倒し円柱の傾斜切断の円柱部分体積の算定方法を示す。 $2 \cdot r \leq h_0 \leq L \cdot \tan(\alpha) + 2 \cdot r$ での横倒し円柱の傾斜切断の円柱部分体積 V_{total} は, h_0 からの傾斜切断線が横倒し円柱高さ $2 \cdot r$ との交点までの z 軸長さ z_0 を基準に, z 軸 $0 \sim z_0$ までが横倒し円柱体積 V_{z_0} と, z 軸 $z_0 \sim L$ までが

傾斜切断した円柱部分体積 $V(z)$ との和で求める。

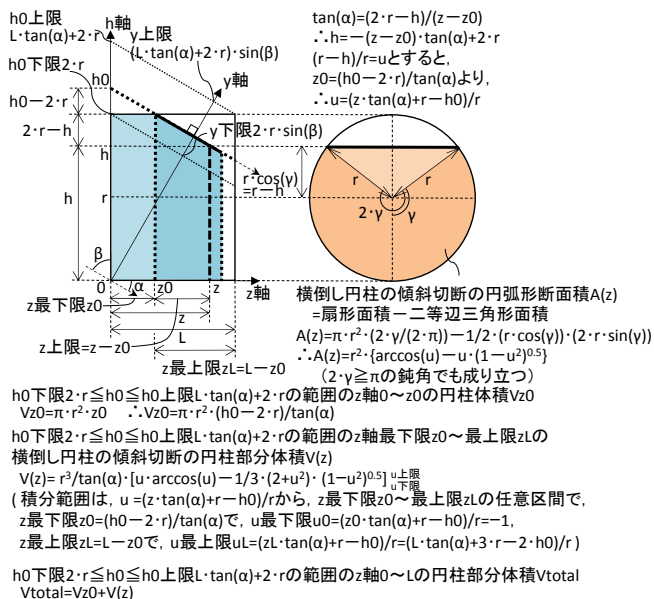


図 5 $2 \cdot r \leq h_0 \leq L \cdot \tan(\alpha) + 2 \cdot r$ での横倒し円柱の傾斜切断の円柱部分体積の算定方法の概要

5. 混合容積 4.5m³ 生コン車の回転ドラムのカタログ寸法例に基づく積載容積と積載高さの計算結果

図 6 にカタログ寸法例の積載高さ y の関係を, 図 7 に積載高さ y による積載容積 V の計算結果を示す。回転ドラム内の積載容積と積載高さの関係が定量できた。試算したカタログ寸法例の回転ドラムの混合容積 4.5m³ に対応する積載高さ y は, おおむね $y_5 = 1.2\text{m}$ になった。

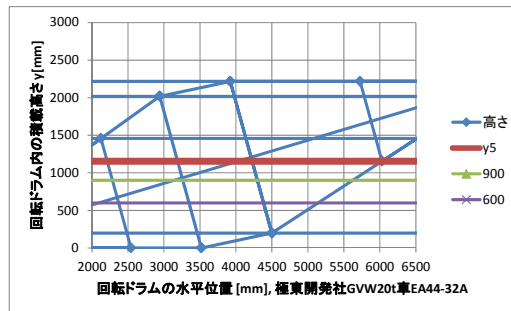


図 6 カタログ寸法例の回転ドラムと積載高さの関係

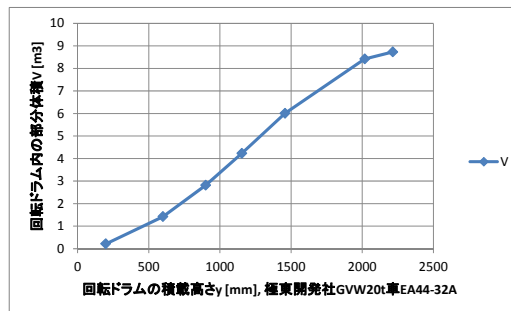


図 7 積載高さ y による積載容積 V の計算結果

6. まとめ

本研究その 1 では, 回転ドラム内の生コンクリートの積載容積と積載高さの関係を幾何解析により積分式で一般化し, カタログ寸法例の混合容積 4.5m³ に対応する積載高さが 1.2m を定量できた。 (中村研究室)