

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2 生コン車の回転ドラム内の生コンクリートの積載高さと同積載表面積の関係

213-033 梶本 大希

1. はじめに

本研究その2は、回転ドラム内の生コンクリートの積載高さと同積載表面積の関係を、幾何解析により検討した。

2. 回転ドラム表面における生コンクリート積載高さまでの日射受熱表面積の幾何モデル化

図1に、回転ドラム表面における生コンクリート積載高さまでの日射受熱表面積の幾何モデル化を示す。回転ドラム内に積載された生コンクリートにおいて、回転ドラムと直接接触する表面積の一部が日射受熱表面積になるとして、円すいを母線と平行に切断したときの部分側面積と、円柱を傾斜角 α で切断したときの部分側面積の算定方法を積分式等で一般化し、それぞれの円すいや円柱の部分側面積を組み合わせると、回転ドラム表面における生コンクリート積載高さまでの日射受熱表面積や外気温熱伝達表面積の関係を導出する。

生コンクリート積載高さ $y_1 \sim y_5$ に対応する片側部分の側面積 SS と、真上からの日射での両側部分での回転軸から上半分の側面積 SU と、日射受熱表面積 SS や SU に対する外気温での熱伝達領域の側面積 $SST=SS$ や $SUT=2 \cdot SS - SU$ と、回転ドラム前部の熱伝達領域の表面積 SOT を求める。これ以外、空気層接触の断熱面積 AA とする。回転ドラム内の積載高さ y に応じた生コンクリートの全表面積 SY は $SY=SOT+2 \cdot SS+AA$ になる。

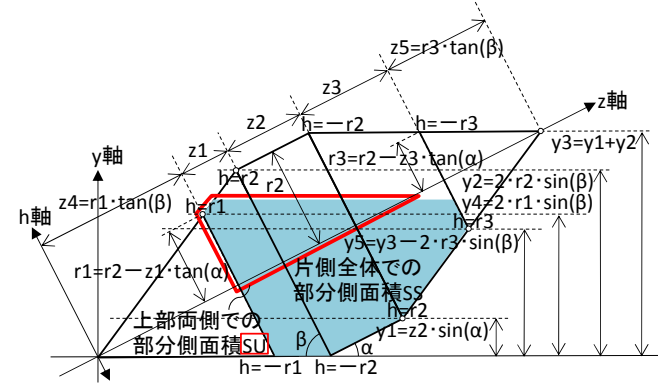


図1 回転ドラム表面における生コンクリート積載高さまでの日射受熱表面積の幾何モデル化の概要

3. 円すいを母線に平行切断の部分側面積の計算式

図2に、円すいを母線と平行に切断したときの部分側面積の算定方法の概要を示す。a)図が $0 \leq h_0 \leq r$ あるいは $r \cdot \sin(\beta) \leq y_0 \leq 2 \cdot r \cdot \sin(\beta)$ の範囲で、b)図が $-r \leq h_0 \leq 0$ あるいは $0 \leq y_0 \leq r \cdot \sin(\beta)$ の範囲である。

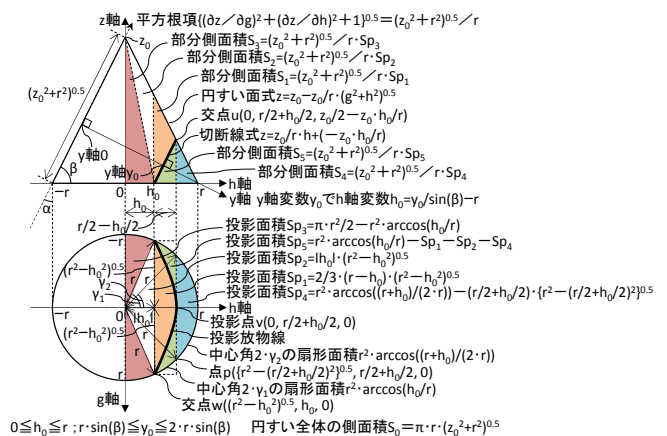
円すいの半径 r の底円と接する軸を h 軸とその平面直交軸を g 軸とし、円すい母線と垂直になる軸を回転ドラムの積載高さ y_0 に対応する y 軸とする。また、円すい高

さ z_0 に対応する方向を z 軸とする。

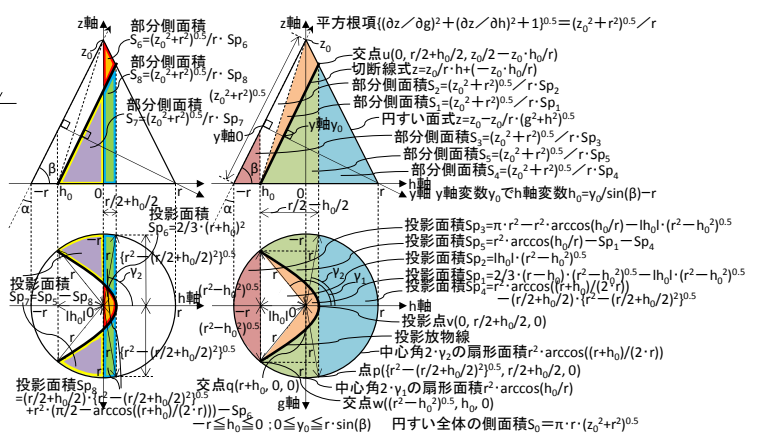
円すい側面の任意の部分側面積 S は、算定したい任意の部分側面積を底円に投影し、その底円への投影面積 Sp に、円すいでは定数になる $\sqrt{\{(\partial z / \partial g)^2 + (\partial z / \partial h)^2 + 1\}} = \text{円すい母線長} / \text{底円半径} = \sqrt{(z_0^2 + r^2)} / r$ を掛け算することで求まる。すなわち、円すい底面への任意の投影面積 Sp が定まれば、投影面積 Sp に該当する円すい側面の任意の部分側面積 S が計算できる。

従って、円すい母線と平行に切断したときの部分側面積 S は、円すい母線に平行に切断した切断線が放物線になることで、 h, g 平面に正射影した投影線も放物線になり、 h, g 平面での円すい底円に投影された放物線と対応する投影面積 Sp を算定することになる。

ここで、 h, g 平面での円すい底円に投影された放物線と対応する投影面積 Sp は、放物線を外接した長方形の面積に対して、大きい領域の面積が $2/3$ で、残りの小さい領域の面積が $1/3$ に対応する。



a) $0 \leq h_0 \leq r$ あるいは $r \cdot \sin(\beta) \leq y_0 \leq 2 \cdot r \cdot \sin(\beta)$ の範囲



b) $-r \leq h_0 \leq 0$ あるいは $0 \leq y_0 \leq r \cdot \sin(\beta)$ の範囲

図2 円すいを母線と平行に切断したときの部分側面積の算定方法の概要

4. 横倒し円柱を傾斜角 α で傾斜切断の部分側面積の計算式

図3に横倒し円柱を傾斜角 α で傾斜切断の部分側面積の算定方法の概要を示す。端円の半円部の部分円弧長さ c と z 軸の横倒し円柱長さ z について、円柱長さ z と部分円弧長さ c の関係式を、任意の部分円弧長さ c に対して積分すると、 $z=0$ から任意の部分円弧長さ c に対する円柱長さ z までの部分側面積 S_c が求められる。

横倒し円柱の端円中心が、回転ドラムの回転軸に対応する。また、横倒し円柱の長さ方向を z 軸とし、 $h=2 \cdot r$ のとき、 $z=0$ とする。さらに、横倒し円柱の端円と接する軸を g 軸と h 軸とし、 h 軸が横倒し円柱の高さに対応し、 h 軸との垂直方向を回転ドラム内の生コンクリート積載高さ y に対応する y 軸とする。

傾斜角 α で横倒し円柱を切断すると、切断面は z, h 軸平面で直線式 $h = -\tan(\alpha) \cdot z + 2 \cdot r$ になる。それで、この切断面の直線式に対して、部分体積計算で3つの区間の場合分けしたように、ここでも、 La 区間、 Lb 区間、 Lc 区間の3つに場合分けし、部分側面積を求めた。

5. 回転ドラム内の生コンクリート積載高さに応じた空気層接触している断熱条件での表面積の計算式

回転ドラム内に積載された生コンクリートは、回転ドラム内の上部と後部で空気層ができる。後部は、半径 r の底円となる円すいの切断面積 $A(h)$ が空気層接触の断熱表面積 AS となる。また、回転ドラム内の上部にできた空気層接触の断熱表面積 AU は、前部の円すい台の切断面積 $A(h)$ と後部の円すい台の切断面積 $A(h)$ と中央の円柱の切断面積 Ae_0 を足し合わせた面積 $AU = A(h)_{前部} + A(h)_{後部} + Ae_0$ になる。それで、回転ドラム内の上部と後部で空気層と接触して断熱条件の生コンクリートの断熱表面積 $AA = AS + AU$ になる。

図4に、回転ドラム中央部の円柱での積載高さ y に応じた切断面積 Ae_0 の算定方法の概要を示す。横倒し円柱の斜め切断面は、楕円で囲まれた面の一部分になる。このため、横倒し円柱の部分側面積 S を導出したように、横倒し円柱高さ hi に応じて、横倒し円柱が z 軸上を動き、 zz 軸と g 軸の楕円の式を積分することで、横倒し円柱高さ hi あるいは積載高さ y に応じた第1&2象限の楕円の部分面積 Ae が求められる。切断面全体の第1~4象限の楕円の部分面積 Ae_0 は、第1&2象限の楕円の部分面積 Ae の2倍になる。

6. 混合容積 $4.5m^3$ 生コン車の回転ドラムのカタログ寸法例に基づく積載高さと積載表面積の計算結果

図5に積載高さ y による積載表面積の計算結果を示す。混合容積 $4.5m^3$ に対して積載高さ $y_5 = 1.2m$ で、このときの積載している生コンクリートの日射受熱表面積は、

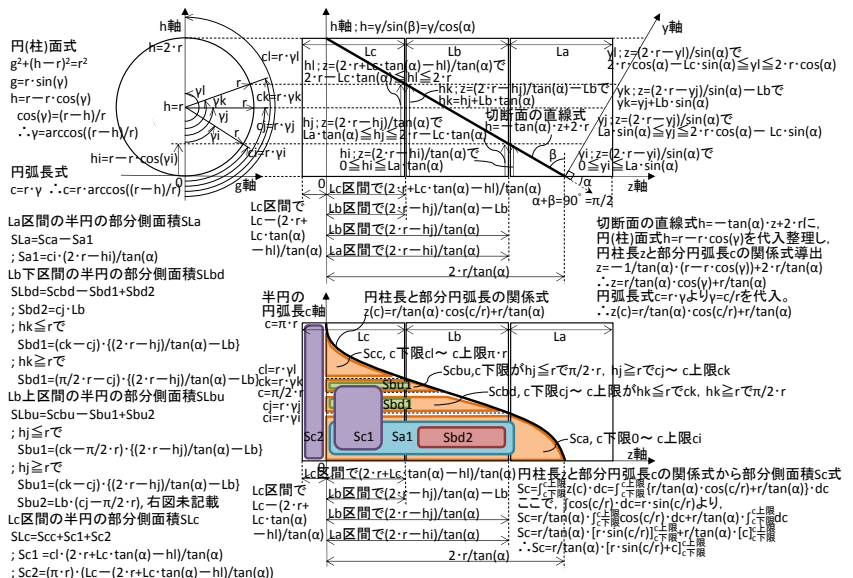


図3 横倒し円柱を傾斜角 α で傾斜切断の部分側面積の算定方法の概要

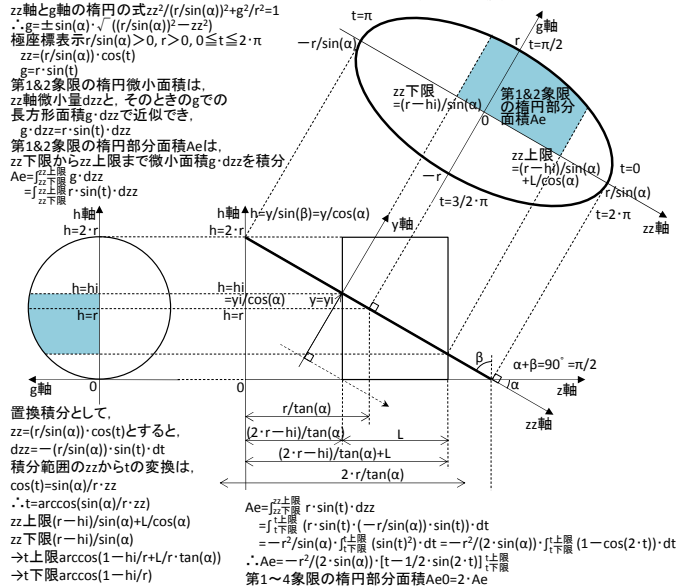


図4 円柱での積載高さ y に応じた切断面積 Ae_0 の算定方法の概要

日射が斜めで回転ドラム片側部受熱での部分側面積 SS であれば $4.8m^2$ に、日射が直上で回転ドラム上部受熱での部分側面積 SU であれば $0.8m^2$ になった。運搬時の生コン車は様々な方向を向くこともあり、日射が斜めからの回転ドラム片側部受熱の SS が現実的と考えられる。

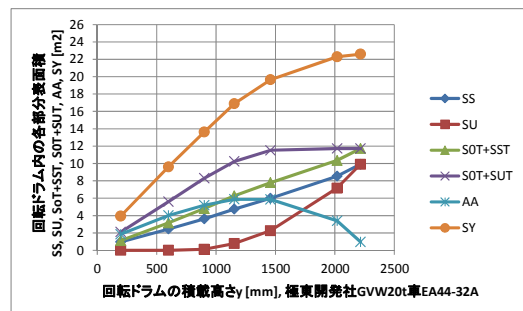


図5 積載高さ y による積載表面積の計算結果

7. まとめ

本研究その2では、回転ドラム内の生コンクリートの積載高さと積載表面積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 $4.5m^3$ に対応する積載片側表面積が $4.8m^2$ を定量できた。(中村研究室)