

V-249

水平スリップフォーム工法における 滑動工程の理論化

舞鶴工業高等専門学校 正会員 岡本寛昭
ケイコン・建設事業部 村上国夫

1. まえがき

コンクリートの即時脱型技術を駆使して、水平状に連続した構造物を現場施工できる水平スリップフォーム工法は、現場技術者の経験則に依存した技術体系となっているのが現状である。経済的でかつ安定な品質を確立するためには、スリップフォーム工法をよりシステム化することが重要である。その目標達成には、振動締固め、成型、型枠滑動および脱型などの施工工程を理論化する必要がある。筆者らは、水平スリップフォーム工法における施工のシステム化導入を目的に基礎研究¹⁾を実施しているが、本研究は、本工法によって道路用防護柵を施工する際の滑動工程に対して、振動締固めによる作用を中心にその理論化を試みたものである。

2. 滑動工程における力学的挙動の問題把握

水平スリップフォーム工法は、スランプ2～4cmの硬練りコンクリートを成型機に打込み、内部振動機を用いて締固めながら成型型枠を滑動させる。この滑動工程における力学的挙動は、型枠とコンクリート界面のスリップ抵抗、振動締固めによって生じるコンクリートの液状化現象、基礎部とコンクリートとの滑動抵抗が問題となる。従って、本工法の施工のシステム化を達成するためには、これらの挙動を理論化することが重要である。

3. 型枠滑動工程の理論化

図-1に示す防護柵を水平スリップフォーム工法によって施工する場合について考える。型枠内で密閉されたコンクリートは、振動締固めによって液状化し、液圧が生じる。この液圧は、鉛直方向に対して型枠を上方に浮かせるように作用し、水平方向には型枠内のコンクリートを押し出すように作用する。滑動時における成型機にかかる力は、次の関係が成立する。

$$P = R_a - R_v \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$R_a = \tau_f \cdot s \cdot L \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 P :成型機の推進力、 R_a :型枠界面のスリップ抵抗力、 R_v :液状化したコンクリートが型枠から排出されようとする力、 τ_f :型枠界面に生じるせん断応力、 s :スリップフォームとコンクリートの接触長、 L :スリップフォーム長。

型枠界面に生じるせん断応力 τ_f は、図-2に示すように式(3)のクーロン式で表されることが知られている²⁾。

$$\tau_f = C_a + \mu_f \cdot \sigma_1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 C_a :壁面付着力、 μ_f :壁面摩擦係数、 σ_1 :型枠に作用する側圧。

τ_f は、コンクリートの振動時の場合、無振動時と比べ、減少する。内部振動機は型枠部分に支持されているため、型枠に微弱な振動が伝播するが、これは τ_f を減

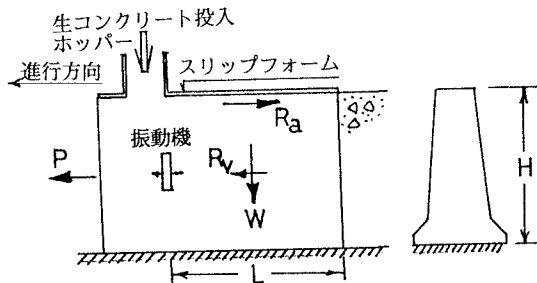


図-1 スリップフォーム滑動時の力学モデル

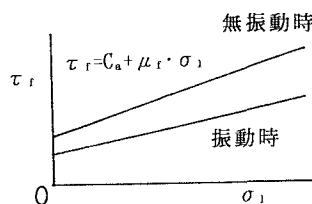


図-2 せん断応力 τ_f と側圧 σ_1 の関係

小さくする効果があり、施工上有利となる。

振動締固めによるコンクリートの液状化については、本工法の場合、密閉された型枠内で振動締固めするため、自由表面を持つ場合に比べ締固め効果が大きく脱型時における自立性に対しても有利となる。しかし、 R_v の定量評価は、内部振動機の性能、環境条件、コンクリートのコンシステンシーなどによって変化し、今後、実験により検討する必要がある。

型枠の滑動速度（成型機の走行速度）の限界値は、ホッパーからの生コンクリート供給量によって決定され、滑動が速くなり過ぎると、ホッパーからのコンクリート供給が成型に必要な容量に達しないことになり断面上部の欠損が生じる。

4. 滑動条件と断面形状

スリップフォームの滑動が可能となる条件は、型枠界面のスリップ抵抗力 R_a よりも躯体基礎部の底面における摩擦力 R_b の方が大きくなければならず、次式を満足しなければならない。

$$R_a < R_b \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$R_b = \mu_b \cdot W = \mu_b \cdot w \cdot A_b \cdot L \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 μ_b :躯体底面におけるコンクリートと基礎面の摩擦係数、 W :躯体の自重、 w :コンクリートの単位質量、 A_b :防護柵の断面積。これらより、防護柵の形状と滑動条件の関係について考察する。式(2)、(3)、(4)、(5)から次式が得られる。

$$C_a + \mu_f \cdot \sigma_1 \frac{H}{s} < \frac{A_b}{s} w \cdot \mu_b \quad \dots\dots (6)$$

ここに、 H :防護柵の高さ。

式(6)は、 A_b/s が大きいほど有利であることを示している。すなわち、施工上から、防護柵の形状は、断面積に比べてスリップフォームとコンクリートの接触長を小さくした断面形状が優れているといえる。

5. コンクリートのコンシステンシーの影響

フレッシュコンクリートの粘性が高いと振動減衰は大きくなるため、図-3に示すとおりコンクリートのスランプが小さいほど、振動機の回転数を高く

する必要がある。また、スランプが小さくなると、アジテータ車からコンクリートの排出が遅くなることや、振動継続時間を長くする必要があることから、図-4に示すように成型機の滑動速度は遅くなる。

6. まとめ

本研究は、道路用防護柵の施工を対象とした、水平スリップフォーム工法の型枠滑動工程に対する理論化を試み、その挙動を概念的に説明できることを明らかにした。しかし、振動締固めによるコンクリートの液状化については、不明な点が多く今後、実験により挙動解明の必要がある。

参考文献

- 1) 岡本寛昭、村上国夫；即脱式スリップフォーム工法におけるグリーンコンクリートの力学的挙動，セメント・コンクリート論文集，No. 49，pp.168-173（1995）
- 2) 岡本寛昭；フレッシュコンクリートと金属固体面のRubbing抵抗土木学会フレッシュコンクリートの物性値の測定並びに挙動に関するシンポジウム論文集，pp.55-60（1983）

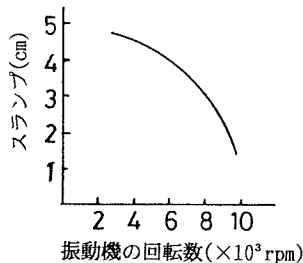


図-3 スランプと振動機の回転数の関係

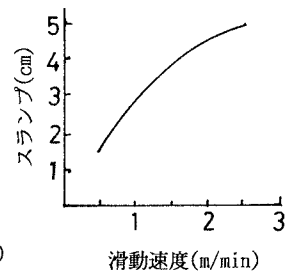


図-4 スランプと型枠滑動速度の関係