

B-5

コンクリートポンプ工法における鉛直管の管内圧力損失に関する一考察

A Study of Pressure Loss Per Unit Length of a Vertical Direction Pipe by Concrete Pumping Methods

○宮田敦典<sup>1</sup>, 中田善久<sup>1</sup>, 大塚秀三<sup>2</sup>

\*Atsunori Miyata<sup>1</sup>, Yoshihisa Nakata<sup>1</sup>, Shuzo Otsuka<sup>2</sup>

Abstract: This Paper Investigates Pressure in Pipe of Concrete to High Level Locations by Distributor Methods. As a Result, Pressure Loss Per Unit Length of a Vertical Direction Pipe Has Become Larger Than Unit Weight of Mix Proportion, and The Method of Calculating the Current Pressure Showed That May Become Dangerous.

1. はじめに

コンクリートポンプ工法において、使用するコンクリートポンプや輸送管は、圧送による圧力に十分な能力を有するもので、コストや作業性の観点から合理的な選定が求められる。これらを安全でかつ合理的に選定するためには、まず、コンクリートポンプや輸送管にかかる圧送圧力を的確に把握することが重要となる。この圧送圧力は、コンクリートの調合や配管条件によって大きく異なり、特に、高所圧送の場合は、鉛直管の管内圧力損失の傾向が施工事例によって大きく異なることが報告されている<sup>[1],[2]</sup>。これらを踏まえて、筆者らはこれまでに、建物高さ 170m を超える超高層建築物工事において、鉛直管の複数箇所にて管内圧力を測定し、鉛直管の管内圧力損失の傾向について報告した<sup>[3]</sup>。しかし、これまでの研究において、鉛直管の管内圧力損失をポンプ指針の算定式から算出すると危険側になる可能性を示唆しているものの、施工事例ごとに鉛直管の管内圧力損失の傾向を報告したに過ぎず、鉛直管の管内圧力損失の算定方法の提案までは至っていない。

そこで、本研究は、高所圧送時における鉛直管の圧送負荷を明らかにするために、超高層建築物工事において、鉛直管の複数箇所にて管内圧力を測定し、さらに、既往の研究<sup>[1],[2]</sup>や前報の結果<sup>[3]</sup>を踏まえて鉛直方向の圧送負荷の算定方法を提案している。なお、本研究で管内圧力を測定した施工事例は、施工階にブームが接続されているディストリビュータ工法を採用している工事である。

Table 1. Quality of Placing Concrete

Code of Concrete	Nominal Strength	W/C (%)	Slump (cm)	Air (%)	Type of Cement
No.1	40-42	42.5-43.5	21	4.5	N
No.2	48	39.9	23	3.0	M
No.3	57	34.3	23	3.0	M
No.4	60-62	31.8-33.5	55	3.0	M

2. 管内圧力の測定の概要

圧送したコンクリートの品質を Table 1. に示し、輸送管の構成を Fig 1. に示す。管内圧力は、13F(57m), 25F(94m), 35F(129m) および 44F(170m) の打込み時に測定することとし、Fig 1. に示す位置において圧力計を取り付け測定した。施工階に設置しているブームの水平換算長は 52.0m であり、いずれの打込み時においても同様のものを使用している。

3. 測定結果および考察

3.1 管内圧力損失

理論吐出量と管内圧力損失の関係を Fig 2. に示す。ここでは、P1 ~ P2 の管内圧力から算出した水平管の管内圧力損失と P3 ~ P7 の管内圧力から算出した鉛直

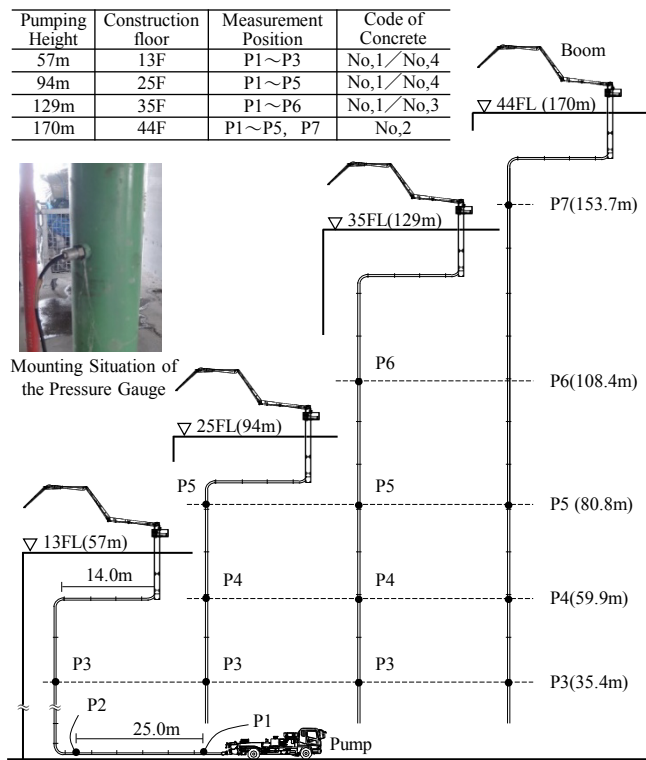


Fig 1. Overview Pipeline

1: 日大理工・教員・建築 2: ものづくり大・教員・建設

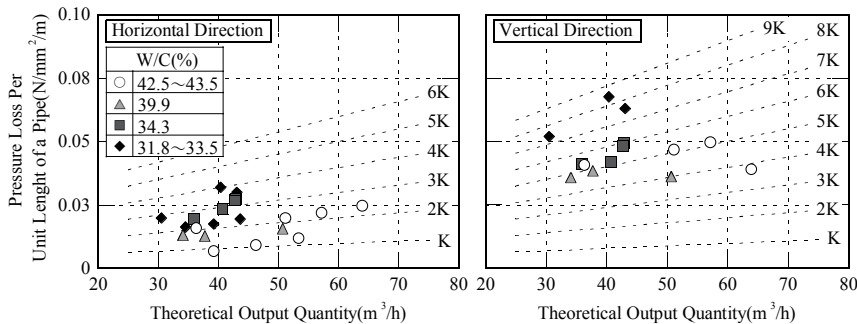


Fig 2. Relation of Theoretical Output Quantity and Pressure Loss Per Unit Length of a Pipe

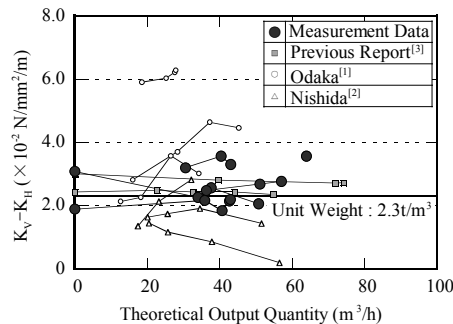


Fig 3. Relation of Theoretical Output Quantity and  $K_V-K_H$

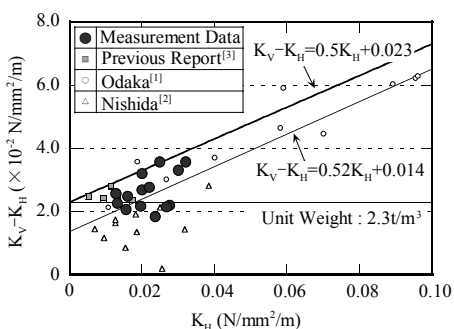


Fig 4. Relation of  $K_H$  and  $K_V-K_H$

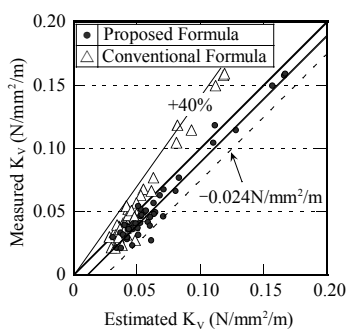


Fig 5. Comparison between Measured  $K_V$  and Estimated  $K_V$

管の管内圧力損失（以降、それぞれ  $K_H$  および  $K_V$  と表記する。）に区分して示している。  $K_H$  は、いずれの場合も、ポンプ指針に示されている  $K \sim 4K$  程度であり、概ね普通強度から高強度域の標準的な傾向であった。一方、  $K_V$  は概ね  $4K \sim 9K$  の範囲であり、  $K_H$  に対して  $1.5 \sim 3$  倍程度の値を示した。この値は、土木ポンプ指針における鉛直管の水平換算距離：4 として扱うと安全側で評価できることを示している。

理論吐出量と  $K_V-K_H$  の関係を Fig 3. に示す。なお、  $K_V-K_H$  は、管内圧力から算出したコンクリートの単位容積質量を示している。また、圧送停止中の  $K_V-K_H$  は理論吐出量を  $0m^3/h$  としてプロットしている。

$K_V-K_H$  は、概ねコンクリートの単位容積質量の  $2.3t/m^3$  程度の値であるものの、前報 [3] の理論吐出量が大きいほど  $K_V-K_H$  が小さくなる傾向は示さなかった。既往の研究において、吐出量と  $K_V-K_H$  の関係は、研究者によって様々であり、吐出量に伴って  $K_V-K_H$  が大きくなるとする報告や、反対に小さくなるとする報告がされている。これらを踏まえると、吐出量の観点から  $K_V-K_H$  を論じることは困難であると考えられる。

$K_H$  と  $K_V-K_H$  の関係を Fig 4. に示す。  $K_V-K_H$  は、  $K_H$  が大きくなると大きくなる傾向を示した。これは、  $K_H$  が大きくなるほど、管内圧力自身が大きくなるため、管内壁面におけるすべり摩擦抵抗が増大することが

要因の一つと考えられる。さらに、この傾向は、  $K_H$  が大きい場合にポンプ指針の算定式から算出すると危険側になる可能性があることを示唆している。この傾向を踏まえて、  $K_H$  に対応した  $K_V$  の補正を検討することとする。既往の報告を含めた  $K_H$  と  $K_V-K_H$  から回帰直線を求めると、その傾きは  $0.52$  であり、ここでは、算定の利便性を考

えて  $0.5$  とした。また、コンクリートの単位容積質量が約  $2.3t/m^3$  であること考慮して、本報告は下記の式を  $K_V$  の推定式とする。

$$K_V = 1.5 K_H + 0.023 H \quad (1)$$

$K_V$  の実測値と推定値の比較を Fig 5. に示す。ポンプ指針の算定式から算出した  $K_V$  は、大きいもので  $40\%$  程度実測値の方が大きくなっている。一方、本報の推定式で算出した  $K_V$  は概ね安全側に評価できており、実測値との差は  $0 \sim -0.024N/mm^2/m$  であった。これより、本報の推定式は、ポンプ指針の算定式に比べて精度良く、かつ安全側に評価できるものと考えられる。

#### 4. まとめ

$K_V-K_H$  は、  $K_H$  が大きいほど大きくなる傾向を示した。また、本報の推定式は、  $K_V$  を概ね安全側に評価できており、ポンプ指針の算定式に比べて精度良く、かつ安全側に評価できるものと考えられる。

#### 5. 参考文献

- [1] 小高茂央, 和美廣喜, 桜本文敏, 鈴木清孝, 柳田克巳: 高強度コンクリートのポンプ圧送実験 その2 圧力損失および流動特性値との関係, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.261-262, 1994.9
- [2] 西田朗, 黒田泰弘, 木村博, 山崎庸行: 高強度コンクリートのポンプ圧送性評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.523-524, 1999.9
- [3] 宮田敦典, 中田善久, 大塚秀三, 吉田兼治, 岡田太輔: ディストリビュータ工法を適用した高所圧送におけるコンクリートの圧送性に関する研究 (その2 管内圧力および管内圧力損失について), 日本建築学会学術講演集, pp.829-830, 2016.9