B-30

高層 RC 造の圧送施工における管内圧力の測定結果報告

Report on Pumping Pressure in Construction of High-Rise RC Structure

○宮田敦典 [1]，中田善久 [1]，大塚秀三 [2]
*Atsunori Miyata[1]，Yoshihisa Nakata[1]，Shuzo Otsuka[2]

Abstract: This Paper Investigates Pressure in Pipe of Concrete to High Level Locations by Distributor Methods. As a Result, Pressure on Vertical Direction 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に加わる圧送負荷や輸送管にかかる管内圧力を的確に把握することが重要となる．

コンクリートポンプに加わる圧送負荷や輸送管にかかる圧力の算定は，多くの場合がこれまでの施工実績に基づいて算出し，施工実績がない場合は，圧送実験や日本建築学会「コンクリートポンプ工法施工指針・同解説」[1]（以下，ポンプ指針とする）などから算定することが一般的である．しかし，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異なることが報告されている [2], [3]．

そこで，本研究は，高所圧送時における圧送圧力を明らかにするために，建物高さ 170m を超える超高層建築物工事において，鉛直管の複数箇所で管内圧力を測定することとした．なお，本研究は，調査対象とした超高層建築物工事がディストリビュータ工法を採用しているため，施工階にブームが接続されている圧送事例について報告する．

２．試験および測定の概要

輸送管の構成を **Figure 1**. に示す．管内圧力，スランプおよび空気量は，18F(57.5m)，26F(89.0m)，46F(146.6m) および RF(174.2m) の打込み時に測定・試験することとし，管内圧力の測定は **Figure 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た．また，ブーム先端からの延長配管は，水平換算距離で 14.4 ～ 35.4m 程度であった．なお，荷卸し地点（圧送前）および筒先（圧送後）におけるコンクリートのスランプおよび空気量は **Table 1**. に示すとおりである．

３．測定結果および考察

3.1 管内圧力

水平換算距離と管内圧力の関係を **Figure 2**. に示す．なお，ここでは，鉛直方向の管内圧力を複数箇所において測定した 46F および RF 打込み時の結果のみ示

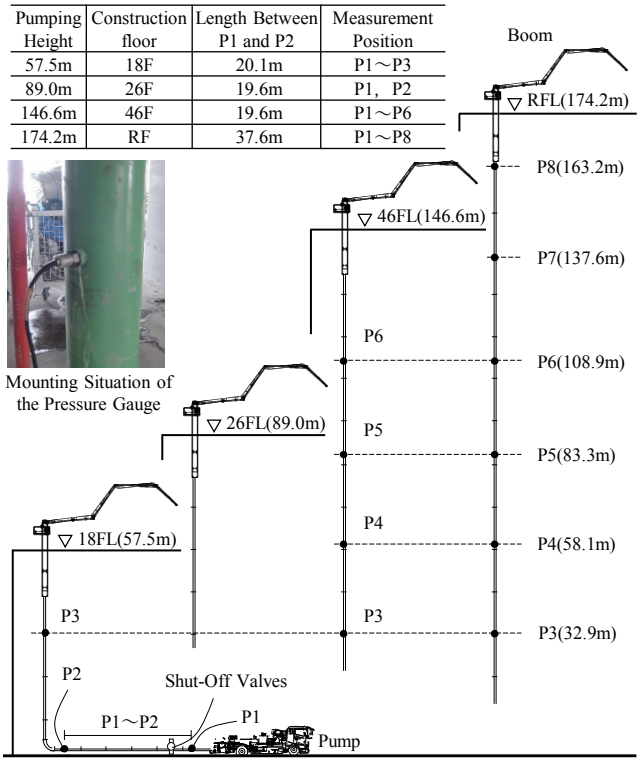

Figure 1. Overview pipeline

Table 1. Quality Variation in Placing Concrete

Pumping Height	Design Strenght (N/mm²)	W/C (%)	Slump (cm)		Air-volume (%)	
			Before	After	Before	After
57.5m	36	42.6	18.5	16.5	4.3	4.1
89.0m	30	50.0	22.0	18.5	4.6	5.0
146.6m	30	50.0	21.0	18.0	5.1	5.5
174.2m	30	50.0	21.0	17.0	4.7	4.5

1: 日大理工・教員・建築　2：ものつくり大・教員・建設

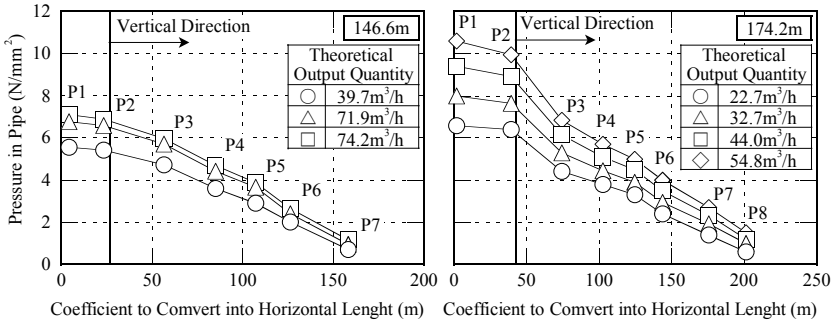

Figure 2. Behavior of Pressure in Pipe

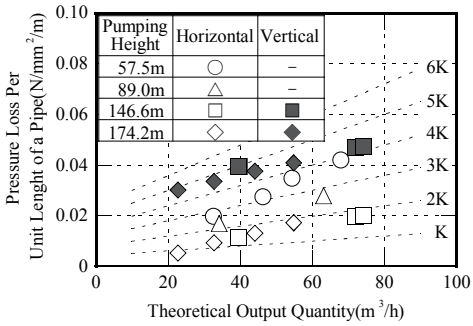

Figure 3. Relation of Theoretical Output Quantity and Pressure Loss Per Unit Lenght of a Pipe

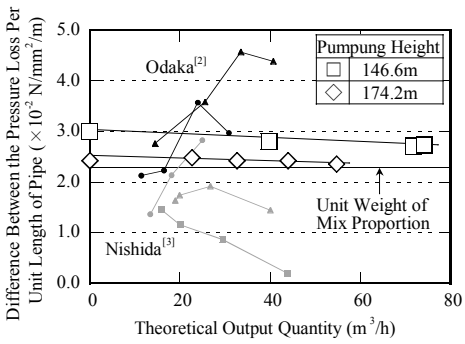

Figure 4. Relation of Theoretical Output Quantity and Pressure Loss Per Unit Lenght of a Pipe

している．管内圧力は筒先に近いほど小さくなり，吐出量が大きいほど各測定点における管内圧力が大きくなった．また，RF 打込み時において，管内圧力は，P2 ～ P3 において圧力損失 (グラフの勾配) が大きくなる結果であり，これは，P2 の直後に立上りのベント管が接続されているため，ベント管による圧力損失とコンクリートの自重による影響していると考えられる．しかし，同様に P2 の直後において立上りのベント管を接続している 46F 打込み時の管内圧力は，下引き配管 (ポンプ根元から立上りまでの配管) が異なるものの，同様の傾向は見られなかった．

3.2 管内圧力損失

理論吐出量と管内圧力損失の関係を **Figure 3**. 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 または P3 ～ P8 の管内圧力から算出した鉛直管の管内圧力損失に区分して示している．水平管の管内圧力損失は，いずれの場合も，ポンプ指針に示されている 4K 以内であり，概ね標準的な傾向であった．また，圧送高さ 146.6m および 174.2m の管内圧力損失に着目すると，水平管のとき概ね K ～ 2K の範囲であるのに対して鉛直管は概ね 4K ～ 5K の範囲であった．

理論吐出量と鉛直方向と水平方向の管内圧力損失の差 (以下，管内圧力損失の差とする) の関係を **Figure 4**. に示す．なお，管内圧力損失の差は，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，圧送停止中の管内圧力損失の差は理論吐出量を 0m^3/h としてプロットしている．

管内圧力損失の差は理論吐出量が大きいほど小さくなる傾向を示し，いずれの場合も筒先において測定したコンクリートの単位容積質量の実測値よりも大きい結果であり，この傾向は，小高 [2] らの傾向と異なる傾向であった．また，管内圧力は，圧送停止時，すなわちコンクリートの単位容積質量のみが圧送負荷として加わる場合においても理論値よりも大きくなる傾向を示し，水平管の管内圧力損失の値を用いてポンプ指針の圧送負荷の算定式から圧送負荷を算出すると危険側になる可能性があることが示唆された．

４．まとめ

本調査で得られた知見を以下に示す。

（１）管内圧力損失の差は理論吐出量が大きいほど小さくなる傾向を示し，いずれの場合も筒先において測定したコンクリートの単位容積質量の実測値よりも大きい結果を示した。

（２）鉛直方向の圧送負荷を水平管の管内圧力損失の値を用いて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が示唆された。

５．参考文献

[1] 日本建築学会 : コンクリートポンプ工法施工指針・同解説 ,2009.2

[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