

セントルに設置した圧力計によるコンクリート打設高さ検知システム

(株)奥村組 正会員 ○齋藤 隆弘 正会員 張 志瑄
正会員 小野 緑 正会員 浜田 元

1. はじめに

覆工コンクリートの打設高さの管理は、従来、複数の検査窓からの目視確認により行っているが、狭隘なセントル内の移動を伴うため労力を要しており、集中管理できるシステムの必要性が高まっている。ここでは、フレッシュコンクリートの側圧が一定の高さまで液圧で作用することを利用し、圧力計の数値からコンクリート高さを換算し、比較的少ないセンサーの数で打設高さを集中管理するシステムを構築した。実大規模の覆工コンクリート打設において本システムの適用性を確認したので、結果を報告する。

2. コンクリート打設高さ検知システム

コンクリート打設高さ検知システムは、セントルに設置した圧力計、データロガー、パソコン、専用ソフトにより構成されている。セントルに設置した圧力計の配置を図-1に示す。測定断面はセントルスパン中央付近とし、この断面に圧力計を左右対称に配置した(図は片側のみを表示)。圧力計の高さ方向の間隔は、文献¹⁾を参考に、1.3～1.5mとした。圧力計の仕様は外径100mm、容量200kPaである。

本システムの表示例を図-2に示す。本システムでは、圧力計を基準にした打設高さを、測定した圧力から以下の式により換算し求める。なお、同式は、コンクリートが水と同様、液状と仮定した場合の関係式である。

〔圧力計を基準にしたコンクリート高さの換算値〕

$$= \text{〔測定した圧力値〕} \div \text{〔コンクリートの単位体積重量〕}$$

コンクリートの打設高さ(打設高さの換算値)は、トンネル底盤を基準に管理するため、以下の式により求める。

〔打設高さの換算値〕 = 〔圧力計のトンネル底盤からの高さ〕

+ 〔同圧力計を基準にしたコンクリート高さの換算値〕

ここで、打設高さの換算に用いる圧力計は、打設高さに応じ、順次、上方の圧力計へ自動で切り替えた。なお、圧力計の自動切替えは、測定精度と誤作動防止の観点から、測定した圧力値が1kPaを超えた時点とした。

3. 実験方法

実験は2車線道路トンネル相当の断面積(78m²)を有する模擬トンネルで行った。コンクリート種が打設高さの換算値に及ぼす影響を確認するため、表-1に示す4種類のコンクリートを用いた。コンクリートの打ち上がり速度は、実験No.1,2,3で1.2～1.5m/hr、実験No.4で1.0m/hrを目安とした。また、締固めは、コンクリート種に応じた方法で行った。

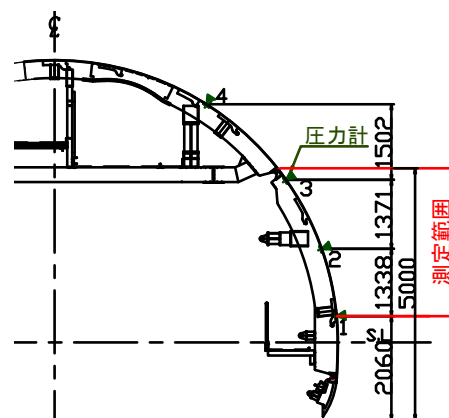


図-1 圧力計の配置



図-2 システムの表示例

表-1 コンクリートの配合

実験No.	コンクリートの種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					単位体積重量 (tf/m ³)	備考
				セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤※1		
1	普通コンクリート (21-15-40N)	58.5	40.5	265	155	763	1129	2.65	2.31	Gmax40
2	普通コンクリート (21-15-25N)	58.5	46.9	282	165	864	986	2.82	2.30	Gmax25
3	中流動コンクリート (24-21-20N)	50.0	54.3	350	175	956	811	4.20	2.29	NEXCO T3-4(Ad) 繊維混入率0.3%/V※2
4	高流動コンクリート (40-60-20N)	40.5	54.3	433	175	919	779	5.85	2.31	自己充填ランクⅡ

※1 普通コンクリートの混和剤: AE減水剤(Ⅰ種)、中流動コンクリート、高流動コンクリートの混和剤: 高性能AE減水剤(Ⅰ種)

※2 使用繊維: ポリプロピレン繊維(NEXCO仕様書における種類及び記号: PP-3種-A)

キーワード 覆工コンクリート、打設高さ、圧力計、セントル、実大実験

連絡先 〒300-2612 茨城県つくば市大砂 387 (株)奥村組 技術研究所 TEL 029-865-1521

打設高さの換算値について精度を確認するため、検査窓を基準にレーザー距離計を用い、打設高さを実測した。なお、打設高さの実測の限度は、トンネルの断面形状により、打設高さ 5m 付近までである。そのため、打設高さの換算値と実測値の比較は、一番下の圧力計（底盤から高さ 2m）から打設高さ 5m 付近までの範囲とし、測定時刻をもとに両者を照合した。

4. 実験結果

実験 No.1～No.4 の打設高さの換算値と実測値の関係を図-3 に示す。なお、いずれの実験ケースとも、コンクリート温度は 28～32℃であり大きく変わっていない。

まず、普通コンクリート（実験 No.1 と No.2）使用時の結果を考察する。No.1 の結果では、換算値は、実測値よりも小さな値を示すことが多く、換算値と実測値の差（換算値－実測値）の絶対値の平均値（以下、平均絶対誤差を称す）は 329mm、差の絶対値の標準偏差は 239mm となった。一方、実験 No.2 の結果では、平均絶対誤差は 98mm、差の絶対値の標準偏差は 84mm であり、No.1 よりも換算値と実測値の差およびそのばらつきが少なくなっている。ここで、スランプはコンクリート受入れ時に、実験 No.1 で 15.5cm、実験 No.2 で 14.5cm とほぼ同様であり、打設中に性状変化は認められない。平均絶対誤差が実験 No.1 と No.2 で異なる傾向を示したのは、骨材の最大寸法およびセメント量の違いにより、No.1 の場合でコンクリートの圧力分布が大きくばらついたためと推測される。

次に、中流動コンクリート（実験 No.3）と高流動コンクリート（実験 No.4）使用時の結果を考察する。平均絶対誤差は、実験 No.3 で 97mm、実験 No.4 で 105mm であり、両者は大きく変わらない。また、差の絶対値の標準偏差は、No.3 で 82mm、実験 No.4 で 69mm であり、No.2 と同様、換算値と実測値の差が少なく、ばらつきの少ない結果となった。

これらの結果から、本システムによる打設高さの誤差範囲（平均絶対誤差+2 σ ：発生確率 95%）は、普通コンクリート（Gmax25）、中流動、高流動コンクリートで 270mm 以下となった。打ち上がり速度、左右の打設高さの偏り、配管切替時期の判断などの管理に適用することを想定すると、Gmax25 の普通コンクリート以上のワーカビリティを有する配合であれば必要な精度を有していると考えられる。一方、Gmax40 の場合では換算式や圧力計のピッチを見直す等により、精度を改善する必要がある。

5. おわりに

実大規模の覆工コンクリート打設により、本システムによる打設高さの推定精度を確認し、実工事への適用性を明らかにした。今後は、本システムの精度と使用性の向上を図りつつ、現場適用を進めたい。

【参考文献】

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書「施工編」，pp.147-151，2017

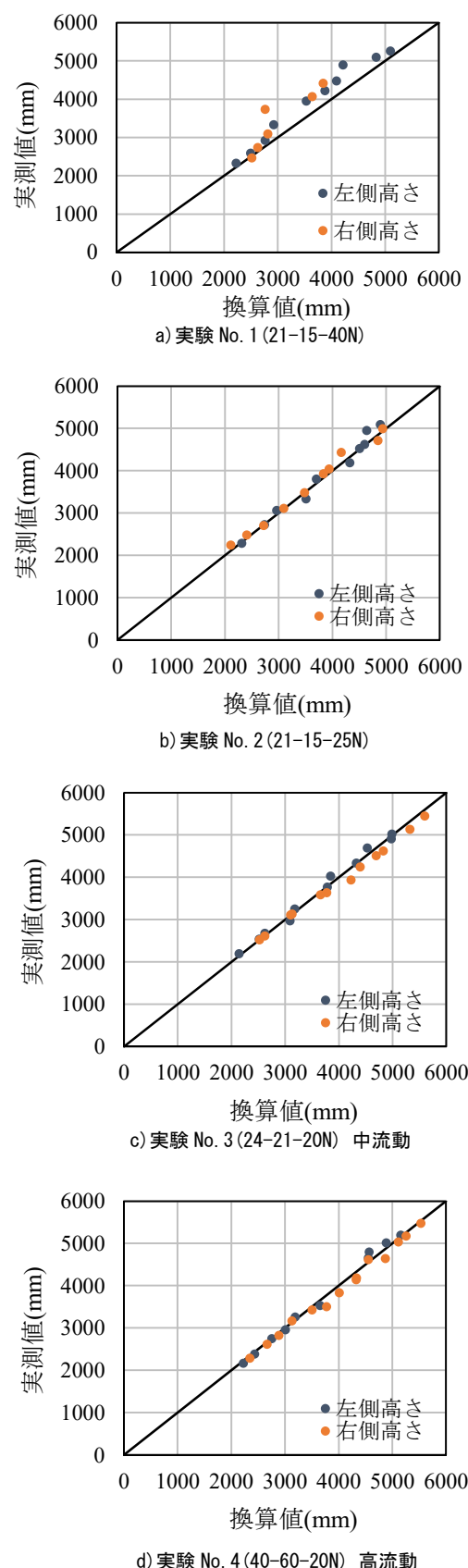


図-3 打設高さの換算値と実測値
(左右はセントルの進行方向に対する表記)