

地中連続壁打込み時の地山とコンクリートの摩擦力

清水建設（株）土木東京支店
清水建設（株）広島支店
清水・大成・熊谷共同企業
清水建設（株）技術研究所

正会員 平井 孝典
正会員 古川 治
徳田喜久男
正会員 木村 克彦

1. はじめに

大規模工事では、山留め壁として地中連続壁（以下、連壁）が用いられることが多く、コンクリート打込み時の側圧の面から打込み速度を制限して施工するのが通常である。側圧を精度よく予測できれば仕切り板の設計および打込み速度を適切に設定でき、設計・施工の合理化に寄与する。しかし、側圧の精度よい予測方法は十分に確立されていないのが現状である。そこで、本研究では、室内試験および実機において側圧、鉛直圧などを測定し、側圧予測において重要な要因である地山と打込まれたコンクリートの摩擦力について検討した。

2. 試験および測定概要

2.1 コンクリートの配合

コンクリートは、スランプ23cmで、その配合を表-1に示す。使用したセメントは高炉セメントB種で、混和剤にはポリカルボン酸系の高性能AE減水剤を用いた。

2.2 側圧測定およびデータ整理方法

コンクリート側圧は、室内試験では丸形の試験装置¹⁾を用い、実機では深度約GL-18.8mに設置した土圧計により鉛直圧および側圧を測定した。打込み速度の目標を約6.0m/h、1回あたりの打込み高さ1.7m、打込み間隔15分とした。

側圧および鉛直圧は土圧計の測定値とする。側圧を式（1）で与え、鉛直方向の力の釣り合いから式（2）が得られる。 P_v 、 P_t は実測値であるから ΣP_f は、式（3）から求められる。室内では載荷直前および載荷直後の測定結果から P_f を算定し、実機の鉛直圧は動的圧も含んだものであるため、ここでは P_f を動的圧の影響を除くために打込み直後の摩擦力を直前の測定値から算定する²⁾。なお、打込み直後のステップの摩擦力増分は零とし、実機では摩擦力は各ステップの総和として与える。

$$P_h = K_0 \cdot P_v \quad (1)$$

$$P_v = P_t - A_h/A_t \cdot P_f \quad (2)$$

$$\Sigma P_f = (P_t - P_v) \cdot A \quad (3)$$

ここに、 K_0 ；側圧係数、 P_h ；測定された側圧（kPa）、 P_t ；側圧測定深度での上載圧（kPa）（ $= (\gamma_c' \cdot g) \cdot H$ ）、 P_v ；側圧測定深度での鉛直圧（kPa）、 H ；着目点より上のコンクリートの高さ（m）（以下、打込み高さ）、 γ_c' ；コンクリートの水中密度、 g ；重力加速度（9.8m/s²）、 ΣP_f ；摩擦力の総和（kN）、 P_f ；装置とコンクリートの単位面積あたりの摩擦力（kPa）、 A_h/A_t ；側圧算定時点での周辺摩擦力が作用している面積と底面積の比、 A ；連壁の断面積（m²）

3. 試験・測定結果および考察

スランプおよびスランプフローの経時変化を図-1に示す³⁾。

室内および実機での側圧の経時変化を表-2に示す。側圧の最大値 $P_{h,max}$ は、室内で83.0kPa、実機で97.2kPaである。室内の $P_{h,max}$ は、実

表-1 コンクリートの配合

スランプ [°] (cm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
				W	C	S	G
23	49.2	4.5	50.9	185	376	860	840

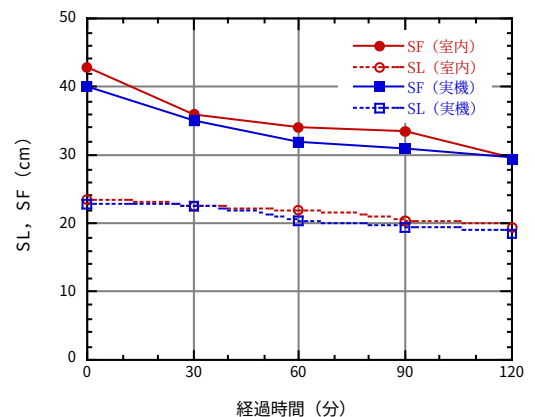


図-1 スランプの経時変化

キーワード；地中連続壁，コンクリート側圧，摩擦力

〒272-0127 市川市塩浜3丁目17-4 TEL 047-397-1311

表-2 側圧測定結果

区別	$P_{t,max}$	$P_{v,max}$	$P_{h,max}$	t_{max}
室内	139.1	83.3	83.0	100
実機	77.8	90.1	97.2	59

注) $P_{t,max}$; 最大側圧時の上載荷重 (kPa)
 $P_{h,max}$; 最大側圧 (kPa)
 t_{max} ; 最大側圧を示した時間

機より小さく、 $P_{h,max}$ を示した時点での上載荷重は、139.1kPa、および77.8kPaで、鉛直荷重は、83.3kPaおよび90.1kPaである。

室内試験の周辺摩擦力 P_f を式(2)で求め、 P_f の経時変化および P_f と上載圧の関係を図-2および図-3に示す。図から P_f は、経過時間および上載圧の単調増加関数として与えられることがわかる。そこで、これらの関係を式(4)の指数式で回帰し、その結果を表-3に示す。回帰式の寄与率は、いずれも0.99と非常に大きく回帰精度がよい。

$$P_f = a * t^b \text{ または } P_f = a * P_v^b \quad (4)$$

P_f は、室内試験では摩擦が作用する層が同一ステップであるので測定結果から直接求められるが、実機における各打込みステップごとの P_f は、それぞれの層に土圧計を設置して鉛直圧を測定していないために算定できない。そこで、実機の P_f を式(5)で与えられる単位底面積あたりの平均摩擦力 $\Sigma P_f/A$ (以下、平均摩擦力、 P_f')として求めて室内試験と比較した結果を図-4に示す。図中の添字 t , s , h は、それぞれ室内試験、実機および補正後であることを意味する。なお、式(4)の a に対する補正係数を1.2とした。

$$P_f' = \Sigma P_f/A = (P_t - P_v) \quad (5)$$

図より P_f' は、約1時間後から単調に増加しているが、それ以前は5kPa以下と小さい。 P_f' が増加し始める時点でのトレミ先端位置は、測定点より約3m上部で、トレミによりコンクリートが打込みまれた時にコンクリートが約3m下部まで侵入し、常にフレッシュなコンクリートが供給されるため P_f が小さくなると考えられる。これらのことは、従来の実績とも一致する。室内試験からの P_f の予測値は、実機に比べて幾分小さい傾向にあり、これを補正した予測値は実機の約85%である。なお、比較は P_f' が10kPa以上の範囲で行った。予測値は、コンクリート温度が実機に比べて幾分小さいこともあり P_f' が小さくなっている。このように室内試験結果から得られた P_f を用いて周辺摩擦力を精度よく予測できると考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた主な結果はつぎのとおりである。(1) 周辺摩擦力 P_f は、経過時間および上載圧の単調増加関数(指数式)で精度よく与えられる。(2) 室内試験結果から得られた P_f を用いて実機の周辺摩擦力を精度よく予測できる。

参考文献

- 1) 木村克彦ほか：地中連続壁コンクリートの側圧低減方法に関する一考察，コンクリート工学年次論文集，Vol.22，投稿中，
- 2) 藤田淳ほか：地中連続壁打込み時の動的圧力，第55回土木学会年次講演会講演概要集 V，投稿中，
- 3) 古川治ほか：地中連続壁の側圧係数 K_0 に関する一考察，第55回土木学会年次講演会講演概要集 V，投稿中

表-3 回帰結果

経過時間		上載圧	
回帰式	相関係数	回帰式	相関係数
$P_f = 0.0018 * t^{1.85}$	0.996	$P_f = 0.00138 * P_v^{1.796}$	0.995

注) t ; (分)，上載圧 ; (kPa)，摩擦力 ; (kPa)

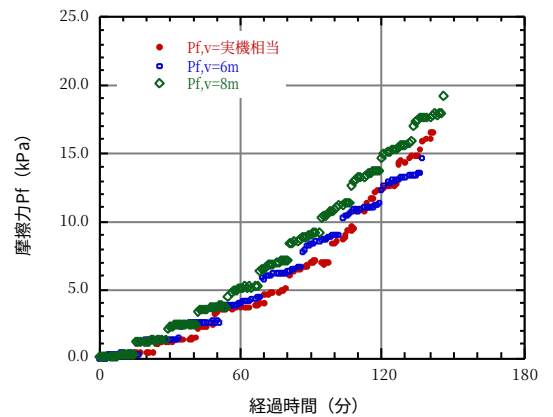


図-2 周辺摩擦力の経時変化

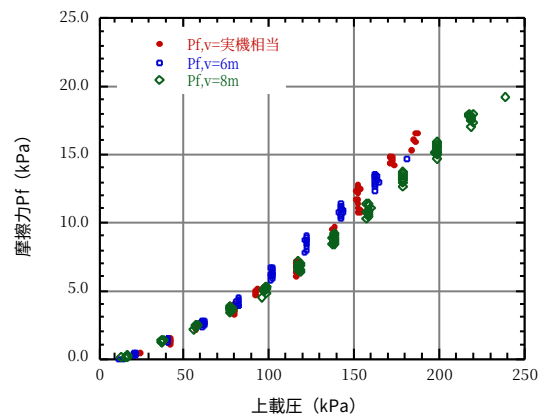
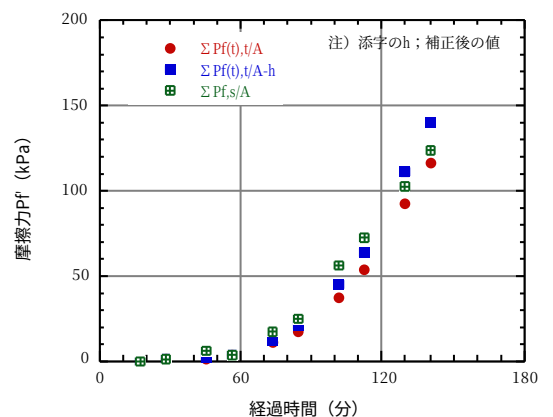


図-3 周辺摩擦力と上載圧の関係

図-4 実機での平均摩擦力 P_f' の経時変化