

大深度円形立坑の本体側壁に作用する側圧に関する一考察

（株）熊谷組 土木事業本部 正会員 ○山口哲司
早稲田大学 正会員 岩波 基

1. はじめに

近年、リニア新幹線や外環の大深度トンネルプロジェクトが進行しており、シールド工事用の立坑として大深度円形立坑が多く計画されている。大深度の立坑は構造的に有利であることから円形立坑が採用される事が多く、開削工法を採用した場合には、地下連続地中壁（以後、連壁とする）が仮設の土留め壁として一般的に用いられる。一方、NATM工法では一次覆工が本体構造で、二次覆工が一般に荷重を負担しない化粧巻きコンクリートと考えている。円形立坑も同様に連壁が一次覆工、その内部に構築する本体構造を二次覆工と考えることができるが、NATMによるトンネルは導水構造であることから水圧が作用しない点と、地震による影響は一般に考慮しない点が異なる。

そこで本研究では、円形立坑においては土圧を一次覆工である連壁が受け持ち、水圧および地震時荷重を本体構造で受け持つような合理的な設計を目的として、本体壁に設置された鉄筋計の計測結果をもとに本体壁に発生している断面力を算出し、本体壁に作用する側圧及び要因の推定を行う。

2. 計測結果および発生断面力

本研究に用いた大深度立坑は雨水貯留管構築用の発進立坑本体壁で、外径32.0m、内径28.0m、深さ57.32mの円形立坑である。また、本立坑はφ14.0mの2つのシールドトンネル開口を有する。円形立坑の断面図を図-1に、平面図を図-2に示す。

本報告では、土留め壁外面の土圧計データと水圧計データ、本体壁内の中心部の温度データ、本体壁の鉄筋計ひずみデータが揃っている13リフト（AP+18.48m）とシールドトンネル開口部の9リフト（AP-0.77m）を検討対象とする。鉄筋計をもとに算出した軸力を表-1に、13リフトの水圧計の計測結果を表-2示す。

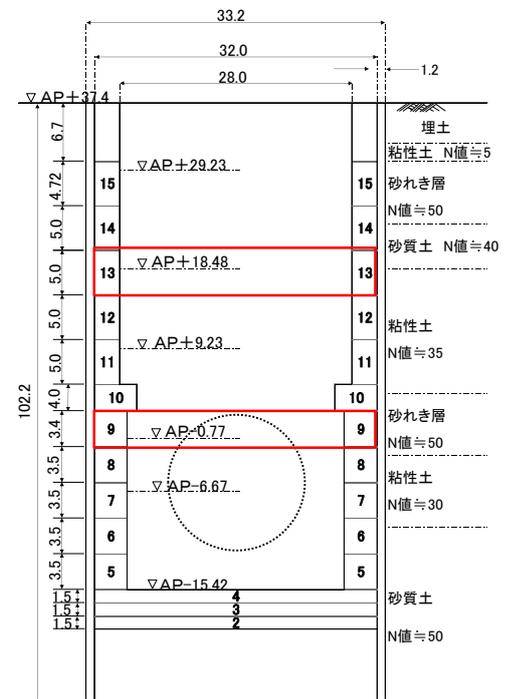


図-1 本体壁断面図

表-1 鉄筋計より算出した軸力 (単位：kN)

		2002年		2003年				
		5/31	7/31	3/31	4/30	5/31	6/30	7/31
13リフト	A (0°)	—	-4,777	-404	-2,065	-3,583	-4,315	-3,654
	B' (240°)	—	-1,633	7,567	4,685	3,960	3,527	4,311
	C (105°)	—	-3,167	-2,374	-3,674	-3,516	-3,869	-3,686
9リフト	A (0°)	-1,886	2,019	5,328	6,479	8,825	7,902	4,774
	B' (240°)	-3,708	-4,418	-3,621	-4,564	-6,246	-6,957	-7,297
	C (105°)	-4,068	-4,764	1,035	-755	-3,170	-4,081	-4,104

表-2 水圧計 (単位：MPa)

		2002年	2003年				
		7/31	3/31	4/30	5/31	6/30	7/31
13リフト	A (0°)	0.136	0.137	0.137	0.137	0.139	0.140
	B' (240°)	0.147	0.138	0.139	0.143	0.149	0.154
	C (105°)	0.138	0.141	0.140	0.141	0.143	0.144

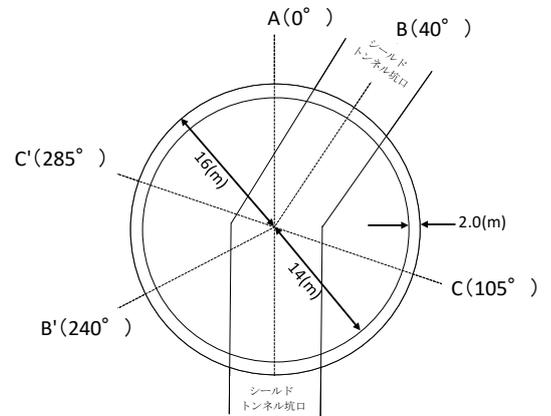


図-2 本体壁平面図

キーワード：大深度円形立坑、地中連続壁、本体壁、側圧、温度応力

〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 ・TEL 03-3235-8622 ・FAX 03-3266-8525

表-1, 表-2に示すように水圧等の本体壁に作用する側圧に大きな変動は無いが, 計測された軸力は変動していることが確認できる. そこで, 軸力の変動は温度応力に起因するものと考え, 温度応力解析を実施した. 温度応力解析結果と計測された軸力の経時変化図を図-3に示す. また, 塗り潰しは13リフトを白抜きは9リフトの計測結果を示す.

3. 作用側圧の推定

本研究では表-2に示す13リフトの水圧計の計測結果をもとに地下水位をAP+32.4mとし, 静水圧のみが本体壁に作用するものと仮定して, 構造解析を行った. また, 本体壁は約φ14.0mのシールドトンネル開口を有する円形立坑であることから, ノンテンション地盤バネに支持された3次元シェルモデルによりモデル化を行った. 本研究に用いた解析モデルを図-4に, 水平方向の軸力コンター図を図-5に示す.

4. 考察

水和反応による軸力の変化が収束した2003年3/31以降に着目する. 図-3に示すように2003年3/31~7/31の経時変化を見ると, 計測結果・解析結果ともに本体壁コンクリートの温度上昇に伴い軸力が増加(－:圧縮)していることが確認できる. ただし, 9リフトのA(0°)測点における軸力は他断面の傾向と異なることから他の要因が大きく影響しているものと考えられ, 13リフトのB'(240°)測点においても計測値の初期補正に不具合があったものと考えられることから, 本論ではこれら2測点を除いて考察を行う.

表-3に2003年7/31の計測結果と計測結果から温度応力による影響を控除したもの, 及び, 3次元シェルモデルによる解析結果を示す. 表-3に示すように13リフトの温度応力による影響を控除した計測結果は, 静水圧のみを作用させた解析結果とほぼ同じ軸力となっている. また, 図-5に示す水平方向の軸力コンター図よりシールドトンネル開口の影響が少ない区間においては, 同深度では同程度の軸力が発生していることが確認できるが, 9リフトのシールドトンネル開口付近では, シールドトンネル開口やかまち梁の影響で同深度においても水平方向の軸力にバラツキがあることが確認できる. これは, 実際の計測結果においても確認されており, 同じ傾向であった.

5. まとめ

本研究では, 円形立坑本体壁に設置した鉄筋計の計測結果を基に軸力を算出し, そこから温度応力による軸力を控除することによって本体壁に発生している側圧に伴う軸力の算出, 及び, 本体壁に作用する側圧の推定を行った. 新たに得られた知見を以下に述べる.

- ・計測された本体壁の軸力の経時変化は, 温度変化が影響しているものと考えられる.
- ・立坑本体壁に作用する主な外力は, 水圧によるものだと推定される.

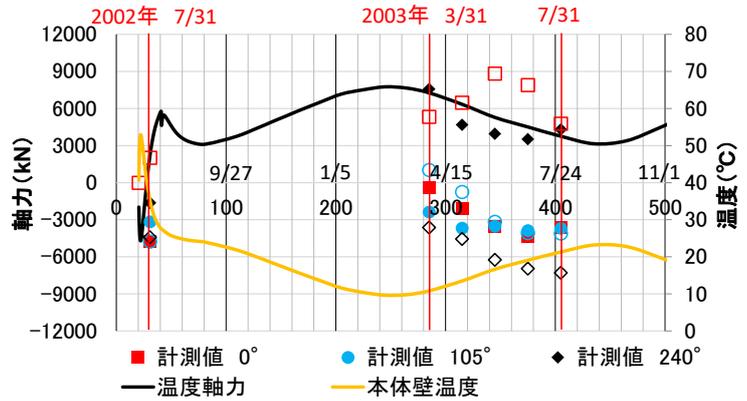


図-3 軸力の経時変化図

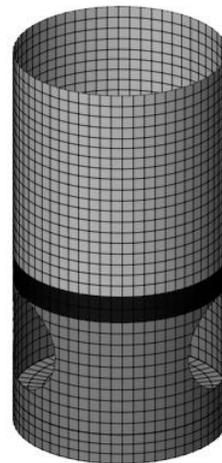


図-4 解析モデル図

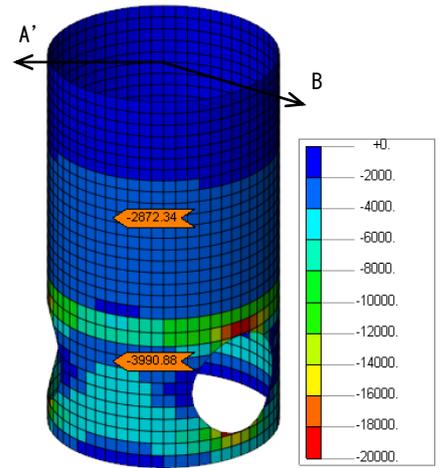


図-5 軸力コンター図 (単位: kN)

表-3 計測結果と解析結果の比較 (単位: kN)

		計測結果		解析結果
		7/31	温度軸力控除	静水圧
13リフト	A (0°)	-3,654	-2,485	-2,575
	B' (240°)	—	—	—
	C (105°)	-3,686	-2,516	-2,872
9リフト	A (0°)	—	—	—
	B' (240°)	-7,297	-6,127	-5,249
	C (105°)	-4,104	-2,935	-3,991