

III-222

深い配管立坑における中詰砂荷重の分配機構について

大阪ガス（株） 北部幹線部○正員 松田隆之 正員 古川洋之
（株）大林組 技術研究所 正員 上野孝之 正員 佐藤 哲
（株）大林組 本店土木部 正員 村上洋二

1. まえがき

大阪ガス（株）では、近畿圏のガス供給体制整備の一環として、幹線ガス導管の敷設を行なっている。この管路の一部には75mの立坑を有するガス管専用のトンネルがあり、ガス管設置後、砂で埋戻しを行なう。中詰砂の土圧および沈下により立坑覆工とガス管に水平方向力、軸方向力が作用するが、このように深く埋戻しする事例は過去にほとんどなく、また定められた設計方法もない。そこで、実際の立坑の一区間を利用して実験工事を行ない、中詰砂荷重の分配機構を検討した。本報告では、実験概要と計測結果について述べる。

2. 実験概要

立坑は深さ75m、内径2.6m、覆工コンクリート厚さは20cmである。実験は立坑の下端から18mの区間を利用して行なった。ガス管は長さ18m、外径60.96cm、肉厚12mmの鋼管で、表面にはポリエチレンの被覆が施されている。ガス管を立坑の中心に建て込み、中詰砂を埋戻しながら覆工コンクリート、ガス管に作用する力等を測定した。中詰砂の一回の埋戻しは9m³とし、中詰砂投入ごとに水平・鉛直振動による締固めを行なった。締固め後の中詰砂の平均密度は1.522ton/m³であった。計測項目を表-1に示す。コンクリート覆工に作用する側圧は受圧版直径15cmの土圧計で測定し、鉛直および周方向ひずみは埋込み型ひずみ計で測定した。ガス管の先端伝達荷重は荷重計で測定し、鉛直および周方向ひずみはガス管内面に貼り付けたひずみゲージで測定した。中詰砂の沈下は立坑下端から8.53mの位置に設置した層別沈下計で測定した。中詰砂の鉛直圧力は立坑下端にコンクリートの受け盤を設け、中詰砂全荷重を受ける構造にして荷重計で測定した。立坑の試験工事区間の断面と計器の設置位置を図-1に示す。中詰砂は7号砕石を用いた。その物理的・力学的性質を表-2に示す。また、中詰砂～覆工コンクリートおよび中詰砂～ガス管の被覆材の間の摩擦係数を大型一面せん断試験機を用いて求めた。それぞれの摩擦係数を表-3に示す。

表-2 7号砕石の物理的・力学的性質

比重	2.718	最小密度	1.315 t/m ³
最大粒径	10.0 mm	最大密度	1.63 t/m ³
60% 粒径	3.6 mm	最適含水比	5.0 %
10% 粒径	2.6 mm	内部摩擦角	38.65°
均等係数	1.38	粘着力	0.5kg/cm ²

表-3 摩擦係数

中詰砂～覆工コンクリート	0.8
中詰砂～ガス管の被覆材	0.5

表-1 計測項目

計測対象	計測項目	検出器	計測点数
コンクリート	ひずみ	ひずみ計	軸・周方向×4点×4断面
覆工	側圧	土圧計	4点×1断面
ガス管	ひずみ	ひずみ計	軸・周方向×4点×5断面
	荷重	荷重計	ガス管の下端
中詰砂	沈下	沈下計	3点×1断面
	荷重	荷重計	中詰砂の最下端

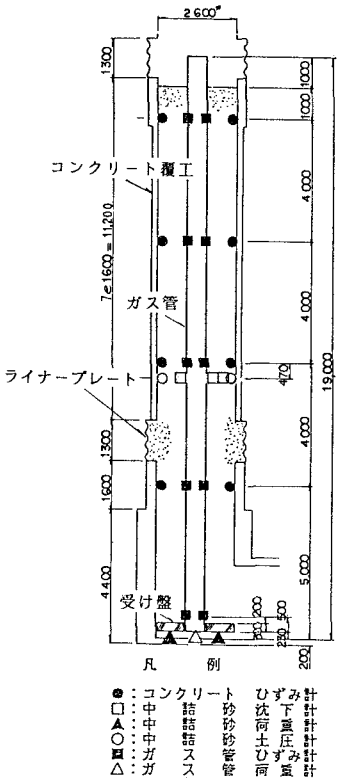


図-1 立坑の断面と計器の配置

3. 実験結果と考察

図-2、図-3に鉛直圧力と水平圧力の実測値を示す。これらの値と深いサイロにも適用できるといわれているヤンセンの式と比較する。

$$P_v = \frac{\gamma \cdot R_i}{\mu_r \cdot K} \left(1 - e^{-\frac{\mu_r \cdot K \cdot x}{R_i}} \right) \dots (1)$$

$$P_h = K \cdot P_v \dots (2)$$

ここに P_v ; 深さ x での単位面積当りの鉛直圧力、 P_h ; 深さ x での単位面積当りの壁面水平圧力、 γ ; 中詰砂の密度、 R_i ; 立坑半径、 μ_r ; 壁面摩擦係数、 x ; 表面からの深さ

(1)、(2) 式より P_v, P_h を算定するためにはランキン定数 K を決める必要があるが、サイロ内の内容物の応力状態や壁面の粗滑の程度により異なり定説はない。図-2に K をパラメータとして求めた P_v を示す。 K が大きくなるにつれて P_v は小さく評価される。図-3に $K=0.5$ として求めた P_h を示す。実測値にはバラツキがあるが両者の水平圧力分布の形はよく近似している。ガス管に伝達される荷重を推定するため立坑における中詰砂荷重の分配機構を以下のように考えた。中詰砂の荷重 (W) をコンクリート覆工とガス管の摩擦力 (F_c, F_s) である程度分担し、残りの荷重 (P_v) が下方へ伝達する。そこで、 F_c は(2) 式にコンクリート覆工と中詰砂の摩擦係数を乗じて積分することにより求め、 $F_s = W - F_c - P_v$ の関係からガス管の摩擦力 (軸力) を求めると図-4のような分布になる。この値は実測値と良い一致を示している。ちなみに中詰砂全重量の約87% がコンクリート覆工に、約4%がガス管に、残りが下方へ伝達されている。図-5にガス管荷重および中詰砂荷重と中詰砂高さの関係を示す。振動を加えるとガス管荷重は瞬時に減少し、これに対応して中詰砂荷重は増加する。この現象は振動により中詰砂とコンクリート覆工およびガス管との摩擦力が減少するためと考えられる。なお、コンクリート覆工のひずみは微小であり、ガス管のひずみは被覆材の影響で複雑な挙動を示したため、各々ひずみから側圧および軸力分布は評価できなかった。

4. あとがき

鉛直圧力および側圧の実測結果とヤンセンの計算式が良く一致した。また、中詰め砂全重量の各部への分配機構がほぼ明らかになった。このことは同様な条件で立坑に埋設されるガス管等の設計法に一つの方向性を与えるものと考えられる。

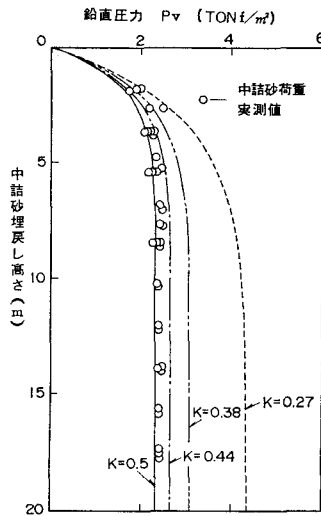


図-2 鉛直圧力

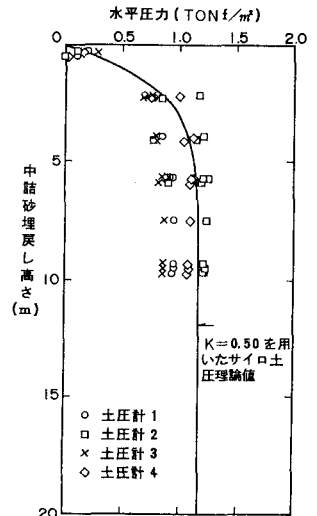


図-3 水平圧力

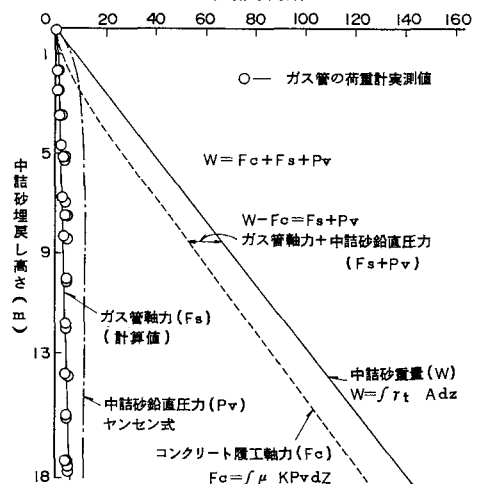


図-4 中詰砂荷重の分配

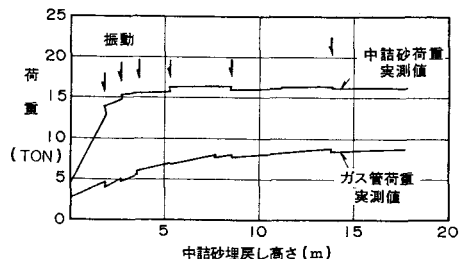


図-5 ガス管荷重、砂荷重～中詰高さ