

VI-114 大深度ニューマチックケーソンの沈設管理システムについて

大阪ガス（株） 正会員 山下 修
 大阪ガス（株） 正会員 稲田 澄夫
 （株） 鴻池組 正会員 ○高田 晴夫

1. はじめに

大阪ガス（株）では、天然ガス輸送導管布設のため、堺市から大阪市に至る海底区間をシールド工法にて、建設を進めている。近年のシールド工事は、環境や立地条件上、ますます大深度になってきているが、本工事も、既設護岸を避ける必要上、大深度シールドとなり、発進立坑として深さ52mのニューマチックケーソンを採用した。

この大深度ケーソンを沈設するにあたっては、種々の摩擦低減対策を実施すると共に、各種の自動計測を中心とする沈設管理システムを導入し、無事、所定深度の沈設を完了した。

本論文は、この沈設管理システムの概要と得られた計測結果について報告するものである。

2. システムの概要

ニューマチックケーソンの沈設管理としては、図-1に示すように、沈下重量（ W_1 、 W_2 ）と沈下抵抗力（ F 、 U 、 R ）を把握する必要がある。従来では、沈下重量及び沈下抵抗力の U については明確であるのに対して、 F 、 R は未知であり、推測の域を出ず、沈設管理上問題が残されていた。

特に F については、大深度になるほど増大すると共に、ケーソンの傾斜の度合いによっても左右される。

このため、本システムでは図-2に示すように、各種の計測機器をケーソン輻体に埋め込み、自動計測、データ解析を行ない、ケーソン沈下関係図を自動作成させ、沈下バランスを正確に把握することにより、以後の沈設作業に対する具体的な方法を決定し、これにより適切な沈下管理を行なえるシステムとした。

3. 計測結果

1) 周面摩擦計測

周面摩擦計測の目的としては、①周面摩擦低減対策（ノンフリクション（NF）シート、ベントナイト泥水注入）の効果確認、②沈下バランスを検討する上での周面摩擦力 F の算出、および必要刃先抵抗 R の算出である。図-3に、周面摩擦力 f （t/m²）の経深変化を示す。

①について：第3ロットの計器位置がGL-9m（刃口深度GL-17m）付近より、急激に f が減少している。これは、この時点より開始したフリクションカット部へのベントナイト泥水注入による周面摩擦低減効果のあらわれだと思われる。第3ロットについては、NFシートのある面（3F計器）、およびない面（3G計器）について、それぞれを計測した。表-1に、これらの摩擦低減結果を示す。この表より、NFシートによる摩擦低減効果は、30%程度あり、ベントナイト泥水注入後は、NFシートとの相乗効果により

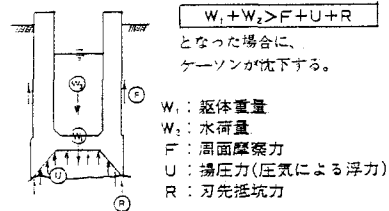


図-1 ニューマチックケーソンの原理

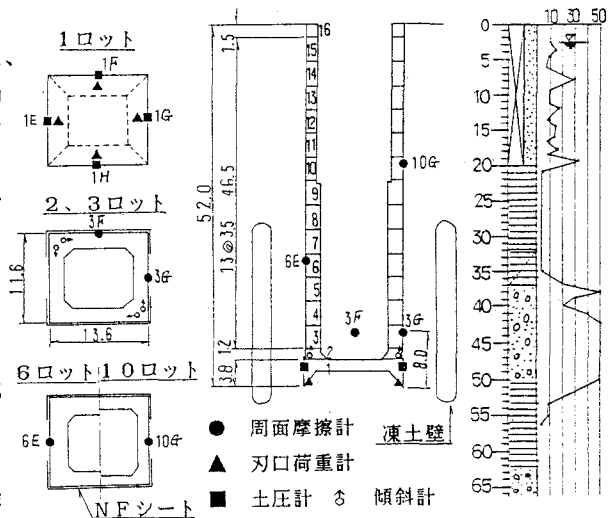


図-2 立坑概要と計測器の配置

70%程度もあることが認められた。

②について： 第3、6、10の各ロットの摩擦計計測結果より、各地層ごとの周面摩擦力 f の最新データを知ることができ、これに各周面面積を乗じることによって、沈設時の最も確からしい総周面摩擦力 $F(t)$ を算出した。また、この F より必要刃先抵抗 R を $R = (W1+W2) - (F+U)$ より算出し、刃口荷重計の計測値と対比した。

2) 刃口荷重計測

周面摩擦計測より算出した必要刃先抵抗 $R(t)$ と、刃口荷重計計測値 $r(t/m^2)$ より、必要支持面積を算出し、刃口付近の掘削方法を決定した。ただし、計測値が計器によりかなりのバラツキがあり、また同一計器についても刃口付近の土質や掘削状況により変動が大きく、この刃口荷重計計測結果のみで、ケーソン全体の総刃先抵抗を算定するのはやや無理があったと思われる。

3) 土圧計測

土圧計は、土圧と水圧の合計を計測するもので、この計測の目的としては、①ケーソン設計土圧、水圧との比較、②ケーソン外周の遮水のための凍土壁の確認、③周面摩擦計測値との関連の検証である。図-4に土圧計測値の経深変化を示す。

①について： ケーソン設計土圧、水圧および計測値との対比を図-5に示す。GLよりGL-30m付近までは、計測値と設計値は、深度と共に概ね平行に増加しており、計測値は設計値の60～70%程度となっている。

②について： 図-4より、洪積砂礫層の凍土区間での土圧計測値が急激に減少しており、凍土によりケーソン外周が完全に閉塞されていることが確認できた。GL-47m付近の粘性土層で急激に増加しているのは、上下を砂礫層で挟まれた粘性土の、凍結による膨張圧を測圧として計測した可能性が考えられる。

③について： 周面摩擦計測値との関連性をみるために、同深度での周面摩擦計測値と土圧計測値との相関係数 r を求めると、 $r = 0.64 \sim 0.98$ ($r \geq 0.75$ なら強い相関あり)となり、両者には相関が認められ、両計測値の信頼性が相互に検証された。

4. おわりに

52mの大深度ニューマチックケーソンの沈設管理として、自動計測システムを採用した。これにより、ケーソンの荷重バランスを正確に算定することができ、適切な沈下掘削を行なうことができた。また、周面摩擦低減効果の確認、土水圧の設計値との対比、周面摩擦～土水圧との関連についても検証することができた。凍土壁造成の確認を行なえたことにより、計画どおり管内圧を理論気圧よりも低減させることができた。これらのことより、余力を残して、ケーソンの沈設を完了することができた。

今後、今回の実績、経験を踏まえることにより、さらに大深度のニューマチックケーソンの沈設においても、十分対応できると確信する。

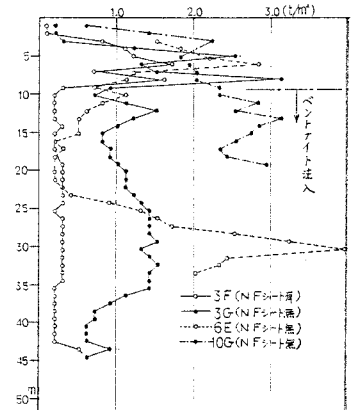


図-3 周面摩擦力 $f(t/m^2)$ 経深変化図

表-1 周辺摩擦低減効果（平均値）

	NFあり(3F)	NFなし(3G)	低減率
ベントナイト泥水注入前	1.0t/m ²	1.4t/m ²	30%
ベントナイト泥水注入後	0.3t/m ²	1.1t/m ²	70%

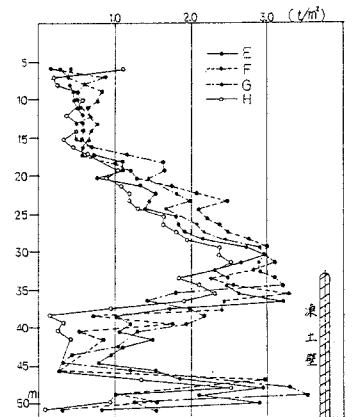


図-4 土圧計測値 $p(t/m^2)$ 経深変化図

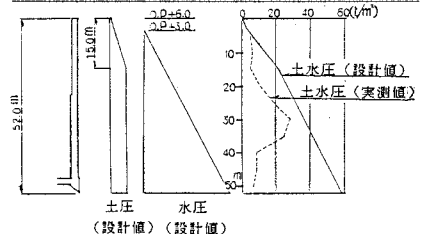


図-5 設計土水圧と計測結果