

中性子散乱法を用いたタンク底板下基礎地盤形状の非破壊検査法

石油タンクの安全性についての評価は、主として開放検査時に実施される外観目視検査、板厚測定及び磁粉探傷検査等の非破壊検査によって行なわれているが、底板と基礎地盤との空隙や基礎地盤表面形状を知ることは、石油タンクの安全性を検討する上で重要な項目の一つである。

元来、底板と基礎地盤との空隙を知る方法としては、底板にドリルで穴を開け実測するか、あるいはハンマで叩くことによって行なわれてきた。

本測定法は、微量の放射線源から放出される放射線の散乱を利用することによって、底板上から非破壊的に底板と基礎地盤との空隙を定量的に測定することが出来る。

タンク開放検査時には底板表面の凹凸状況を把握するための底板表面形状測定が行なわれるが、この底板表面形状測定位置と同一測定点において空隙距離を測定することで、当該位置での基礎地盤表面の標高を知ることができ、タンク全般における基礎地盤の形状変化（局部沈下や不等沈下等）を把握することが出来る。

1. 中性子散乱法と他法との比較

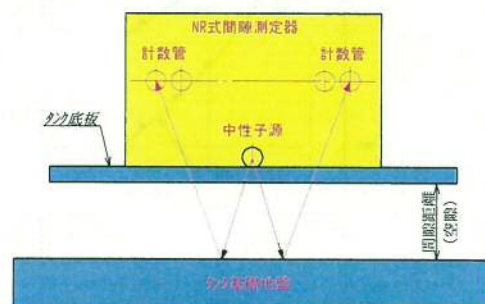
方法	計測量	鋼板への検査媒体の入射	鋼板から空隙への媒体の伝播	背面コンクリートからの戻り	空隙との相関性	有効性	備考
打音（打撃）	音色	○	○	—	—	—	
超音波	時間	○	—	—	—	—	
音波	時間	○	△	○	○	△	適当な周波数で可能性
マイクロ波	時間	×	—	—	—	—	
熱（サーモグラフィ）	温度	△	△	○	△	△	温度勾配があれば可能
ガンマ線	数	○	○	○	○	○	
中性子線	数	○	○	○	○	○	

2. 測定原理

本測定法は、中性子源から放出される中性子が鋼板を透過し裏面で散乱され、再び鋼板を透過して戻ってくる性質を利用したものである。

中性子源から放出された中性子が鋼板を透過し裏面の基礎地盤で散乱され、再び鋼板を透過して戻ってくる中性子の数は、鋼板の厚さ及び裏面の基礎地盤構成物質に大きく依存し、さらに空隙距離と密接な関係がある。

したがって、この空隙距離と基礎地盤から後方散乱で戻ってくる中性子の数との関係（校正曲線）をあらかじめ求めておくことによって、基礎地盤から戻ってくる中性子の数を測定することで、測定点での空隙を知ることが出来る。



空隙測定法の原理概念図

3. 中性子散乱法の特徴

- ・ 空隙に水がないケースおよびある場合の両方に適用できる。
- ・ ガンマ線法に比較すると鋼板厚の影響を受けにくく、厚板にも適用できる。
- ・ 中性子源から放出される中性子は、物質との相互作用により次第にエネルギーを失い「熱中性子」となる。「熱中性子」になる確率は原子番号の小さい元素、すなわち水素元素が存在するか否かで大きく左右される。したがって、「熱中性子」を測定することで水分の存在を知ることが出来る。本測定器には「速中性子」と「熱中性子」の両方を検出するための計数管が装備されていることから、空隙と水分の有無を同時に測定できる。

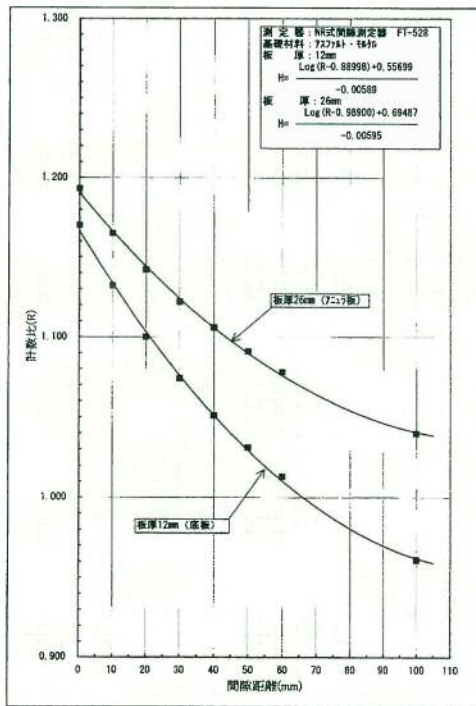
4. 測定器の仕様及び測定器

中性子散乱式測定器の仕様			
測定方法	散乱型速中性子方式 散乱型熱中性子方式		
測定範囲	間隙の測定：0～200mm		
放射線源	中性子線源： ^{252}Cf (カリフォルニウム) 3.7MBq(μクレ) 半減期 2.6年 ステン製カプセルに密封したものを計器本体中央部に装備		
検出器	速中性子用： ^3He (ヘリウム-3)管	4本	
	熱中性子用： ^3He 管	2本	
計数範囲	0～999999 cpm		
測定時間	任意に設定（通常 60秒）		
使用温度	0～45℃		
電源	内部電源：内蔵バッテリー DC6V 6AH 外部電源：AC100V		
その他	プリンター、ICカード内蔵		
本体寸法	W300XD400XH310 mm	重量	37.5kg
標準体寸法	W320XD440XH100 mm	重量	22.0kg
架台寸法	W320XD440XH350 mm	重量	2.5kg



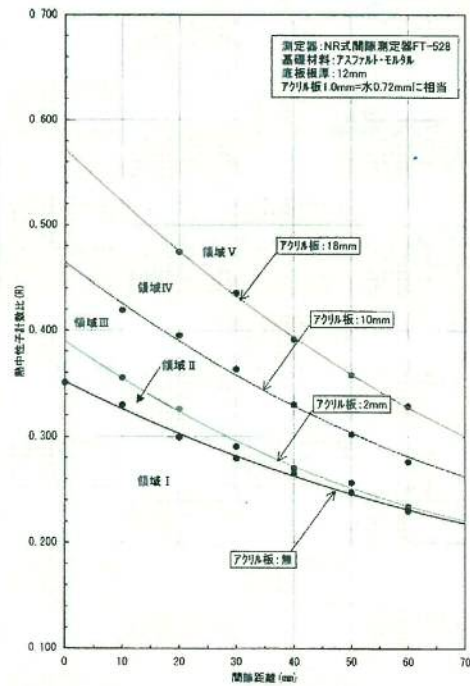
中性子散乱式間隙測定器

5. 校正曲線の一例



間隙距離測定のための校正曲線

空隙測定用校正曲線



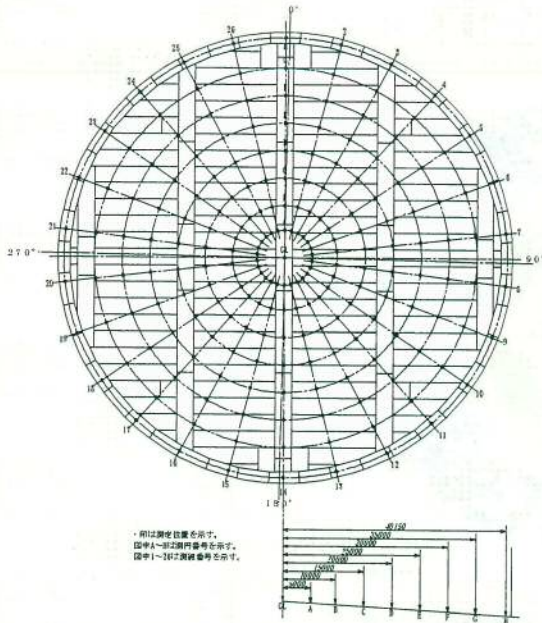
水（又は油）溜まり測定用校正曲線及び各測定位置における熱中性子の分布

水分の有無測定用校正曲線

6. 現場適用上の注意点

- ・測定値は平均間隙を表す（局在空隙は正しく測定できない⇒実際より小さく換算される）
- ・測定精度には以下の要因が影響すると考えられるが、これらの要因を考慮した場合の測定誤差は最大で5mm程度である。
 - 1)放射線の統計的変動
 - 2)減肉等による底板厚の変動
 - 3)基礎地盤の密度及び含水素量のバラツキ
 - 4)測定時における底板のタワミ（測定器の自重及び測定者の体重による）
- ・水や油溜まりが存在する場合、その溜まり方は容易に想定することが出来ないことから、本測定法においても水（又は油）溜まりを定量的に測定することは難しい。また、水か油かを区別することも困難である。
- ・空隙にレタスなど密度の小さな物が充填していれば空隙として測定される。

7. 原油タンクでの実施例



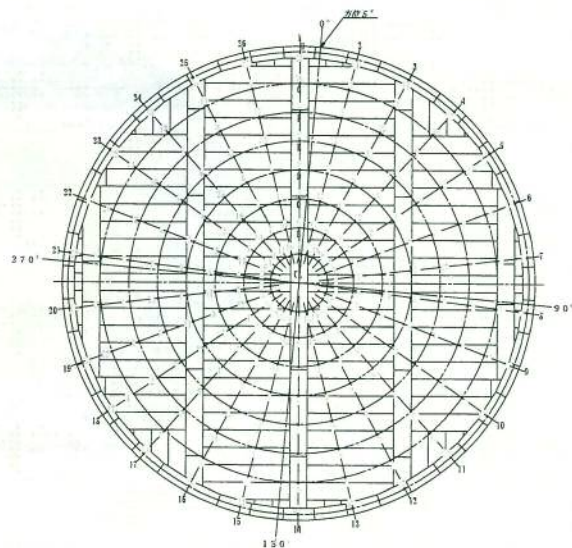
タンク内での測定状況の一例

113,000KL タンクの測定ポイントの一例

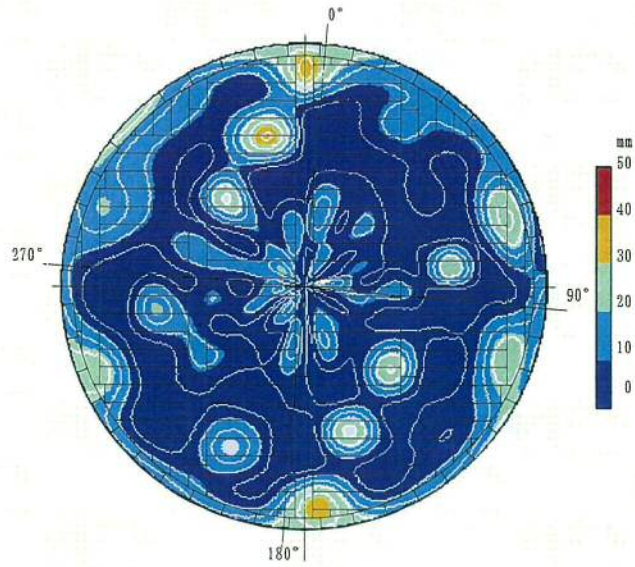
表1-1 間隙距離測定結果

測定位置	計数率(R) (cpm)	計数比 (R)	間隙距離 (mm)	底板厚 (mm)	測定年月日: 測定器: FT-528 標準体での計数率: 70204 (cpm)	
					底板積高 (mm)	基礎積高 (mm)
A-1	81046	1.154	4	12	-15	-31
A-2	80851	1.152	4	12	-17	-33
A-3	78216	1.114	16	12	-12	-40
A-4	79523	1.134	9	12	-14	-35
A-5	81085	1.155	3	12	-15	-30
A-6	80676	1.149	5	12	-9	-26
A-7	77384	1.102	20	12	6	-26
A-8	78483	1.118	14	12	4	-22
A-9	79983	1.139	8	12	-5	-25
A-10	81089	1.155	3	12	-12	-27
A-11	79963	1.139	8	12	-12	-32
A-12	79228	1.129	11	12	-6	-29
A-13	79372	1.131	10	12	-12	-34
A-14	80636	1.149	5	12	-10	-27
A-15	79698	1.135	9	12	-11	-32
A-16	79152	1.127	12	12	-6	-30
A-17	77708	1.107	18	12	-3	-33
A-18	80420	1.146	6	12	-8	-26
A-19	79979	1.139	8	12	-1	-21
A-20	77585	1.116	17	12	4	-25
A-21	78885	1.124	13	12	-5	-30
A-22	79030	1.126	12	12	-3	-27
A-23	77191	1.100	21	12	7	-26
A-24	78056	1.112	16	12	3	-25
A-25	79282	1.129	11	12	-7	-30
A-26	79572	1.133	10	12	-10	-32
セクター	80727	1.150	5	12	0	-17

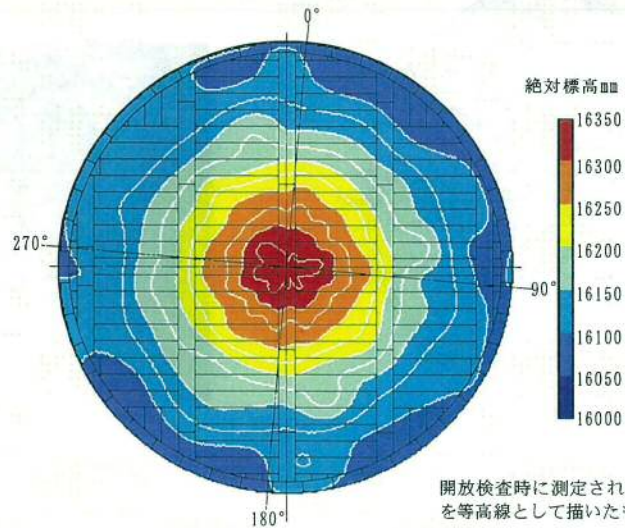
底板積高は、タンク中心を0mmとした相対積高値



間隙距離の分布の一例

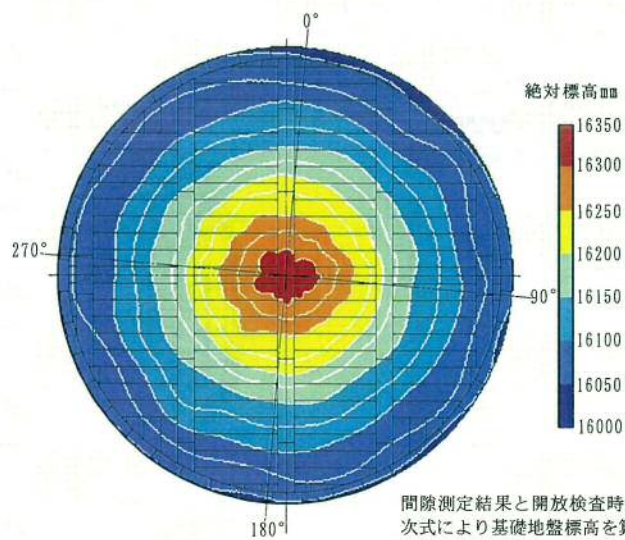


間隙距離等高線図の一例



開放検査時に測定される底板形状測定結果を等高線として描いたもの

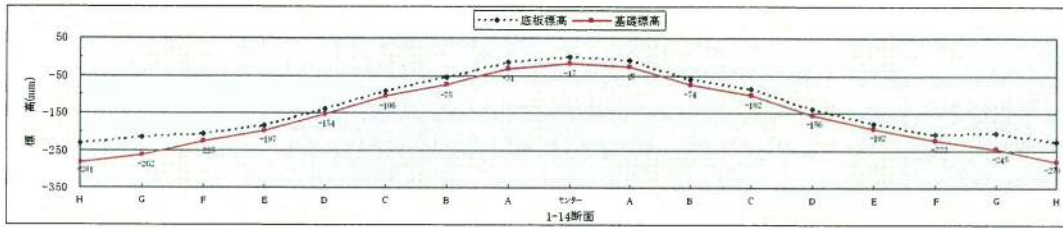
底板表面標高等高線図の一例



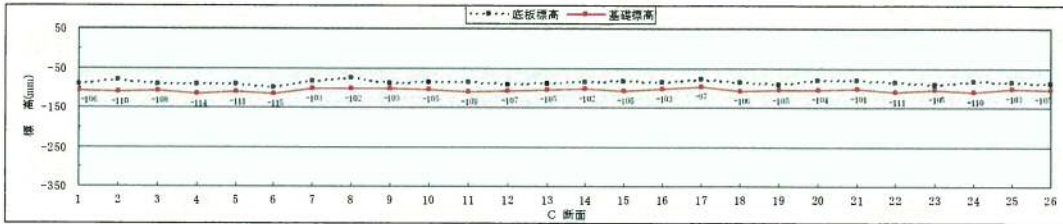
間隙測定結果と開放検査時に測定された底板形状測定結果から次式により基礎地盤標高を算出し等高線として描いたもの

$$\text{基礎地盤表面標高} = \text{底板表面標高} - (\text{底板厚さ} + \text{間隙距離})$$

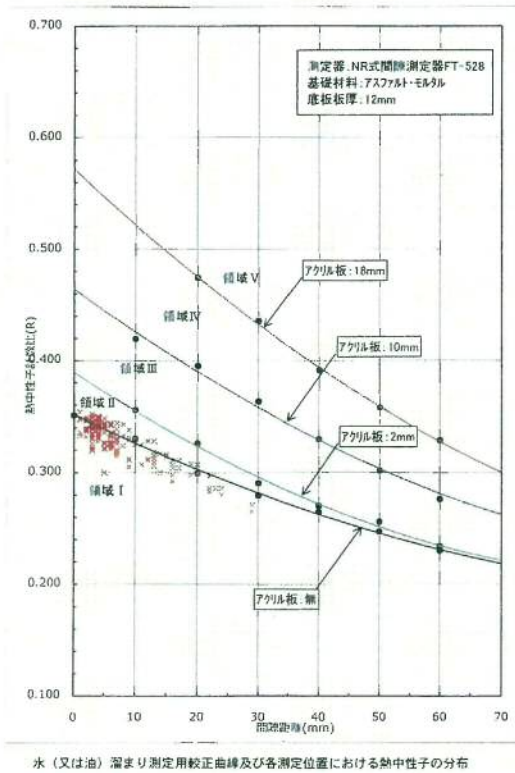
基礎表面標高等高線図の一例



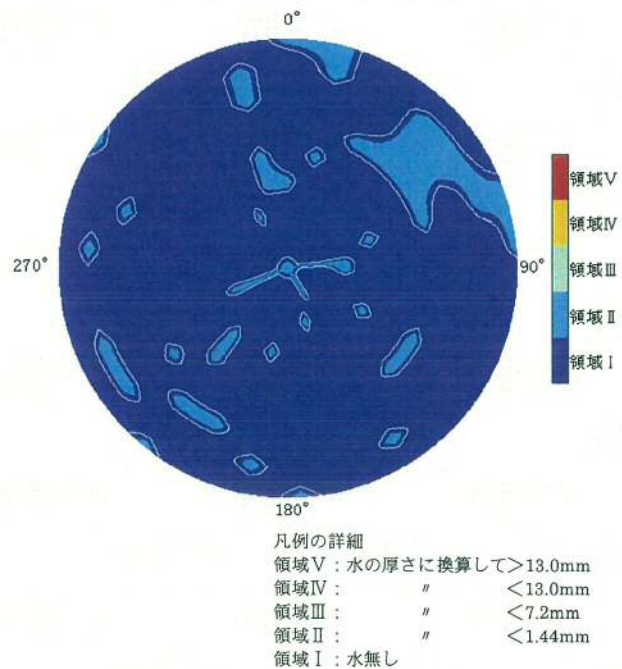
測線方向における底板表面と基礎地盤表面の断面形状の一例



測円方向における底板表面と基礎地盤表面の断面形状の一例



熱中性子の分布の一例



水 (又は油) 溜まりの分布図の一例

問合せ先 〒551-0023
 大阪市大正区鶴町2-15-26
 株式会社カナデビアエンジニアリング 技術コンサルティング事業本部
 TEL:06-6555-7054 FAX:06-6555-7062