

7面土圧計の設置について

名古屋大学工学部

正員 市原松平

〃

〃

桑山 忠

〃

学生員 〇西垣 康 允

1. まえがき 土中の応力は土中土圧計によって計測することができるが、7面土圧計は計測値が検証できることにより、より正しい応力を知ることができる。土中の正しい応力がわかれば、フィルダムなどの土構造物の安全な施工・管理が可能であることが実証されている。しかし、土圧計にと、て応力集中による計測誤差は避けがたく、この計測誤差を小さくするための埋設方法が試みられている。ここでは、7面土圧計の計測値をもとにして、応力集中に対する考え方、土中土圧計の埋設方法について検討した。この検討に使用した計測値は、北九州市にある苅田調整池ダム¹⁾と、四日市市にある山村ダム²⁾である。前者には7個の土圧計を鋼製フレームで固定した7面土圧計が埋設されており、後者には7個の土圧計が7面土圧計と同じ方向余弦を持つように個々に埋設し、全体として7面土圧計と同様な計測値が得られるように設置されている。

2. 7面土圧計³⁾ 7面土圧計は計測値の検証ができるように考案された三次元土圧計である。図-1および表-1は7面土圧計の形状と計測面の方向余弦を示したものである。この土圧計の計測値間には次式の関係があり、計測値の検証ができる。

$$\frac{1}{3}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) = \frac{1}{4}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4) \text{-----}(1)$$

3. 応力集中による計測値の補正 応力集中による計測誤差は弾性論の立場より、Tsitovitch と Baranov が導いた次式⁴⁾を使、て補正ができる。

$$\frac{P_e}{P_0} = \frac{\frac{B}{D} \cdot \frac{E_s}{E_g} - 1}{\frac{\pi(1-\nu_s^2)}{4} \cdot \frac{B}{H} \cdot \frac{E_s}{E_g} + 1} \text{-----}(2)$$

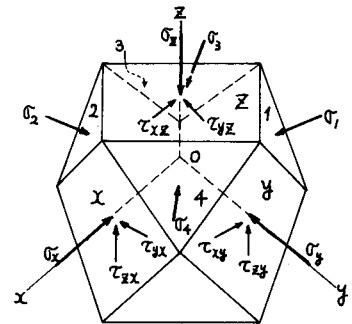


図-1 7面土圧計の各面と計測値の名称

ここで P_0 : 真の垂直応力 H : 土圧計の高さ
 P_e : 応力集中による計測誤差応力 E_g : 土圧計の変形係数
 B : 土圧計受圧面の有効径 E_s : 土の変形係数
 D : 土圧計の外径 ν_s : 土のポアソン比

式(2)は真の垂直応力を求めるときに使用できることが明らかにされているが、相対変位を算出するときは一軸圧縮状態という考え方に基いており、土中土圧計に適用するには十分に注意を要する。すなわち、7面土圧計の場合、図-1のような形状であるため、 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$ は鉛直面と45°の傾斜を持つことになり、受圧面にせん断応力の影響を受け、式(2)の誘導仮定と異なっている。このような問題点は名まれるが、計測値の補正にあたっては式(2)を用いた。なお、 σ_x, σ_y については、受圧面の法線方向の土の変位が他の面に比較して無視できると考えられることにより、応力集中による補正は行わないことにした。

表-1 各面の方向余弦

面	l	m	n
x	1	0	0
y	0	1	0
z	0	0	1
1	$-\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$
2	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$-\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$
3	$-\frac{1}{\sqrt{3}}$	$-\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$
4	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$

表-2 応力集中の補正に使用した値

面	河田調整池ダム						山村ダム					
	B(mm)	D(mm)	H(mm)	l_s	E_s/E_s	$P_0/(P_0+P_s)$	B(mm)	D(mm)	H(mm)	l_s	E_s/E_s	$P_0/(P_0+P_s)$
X, Y	—	—	—	—	—	1.00	—	—	—	—	—	1.00
Z	160	400	565	0.40	3.0	0.89	160	500	100	0.30	5.0	0.92
1,2,3,4	160	231	653	0.40	3.0	0.58	160	500	100	0.30	5.0	0.92

4. 計測値と補正值についての比較 鋼製フレームに組込まれた7面土圧計の応力集中による誤差は、鋼製フレームの形とその変形係数によって支配されるので、河田調整池ダムの計測値の補正には、このことを考慮して補正に必要な値を決めた。山村ダムの場合には、コンクリートによって個々の土圧計が固定されているので、D, Hはコンクリートも含めた値である。土圧計と鋼製フレームの変形係数は測定されていないので、松沢が求めた土圧計の変形係数を参考とし、 E_s/E_s で与えた。両ダムについての計測値の補正に使用した値は表-2に示してある。図-2は、 $A = \frac{1}{4}(G_1 + G_2 + G_3 + G_4)$ 、 $B = \frac{1}{3}(G_5 + G_6 + G_7)$ と置いて、AとBの変化について調べたものである。この図より、埋設方法に関係なく計測値に応力集中の補正を加えることにより、検証誤差は小さくなる。また、山村ダムの計測値は補正を加えなくても検証誤差は小さい。このことは、鋼製フレームに固定することによって、応力集中による計測誤差が大きくなることを示している。図によれば、鋼製フレームのある場合、応力レベルが小さいときには検証誤差が大きくなっているが、これは盛土を掘削して7面土圧計を設置したことにより、土圧計周辺の土の締固めが不均一になったと思われる。

5. あとがき 河田調整池ダムと山村ダムの7面土圧計による計測値と応力集中の補正を加えた値を比較することにより、応力集中の補正の必要性がわかる。また補正量を算定するために、土圧計あるいは鋼製フレームの変形係数を求めておくことが大切である。設置方法としては、鋼製フレームに固定せずに土圧計を個々に埋設する方がよいと思われるが、個々に埋設した場合には測定面の方向余弦が変ってしまうことが考えられるので、方向余弦を確認できる装置を設置した方がよいであろう。なお、計測値の解析には名古屋大学大型計算機センターFACOM230-60を使用した。

[参考文献] 1) 市原兼山, 多面土圧計によるスルダムの管理について, 土と基礎, Vol.22, No.11, pp17-25 2) 種村他, ダム用土としての泥岩について, 土と基礎, Vol.22, No.6, pp37-44 3) 市原他, 多面土圧計の研究, 運輸技術研究所報告, Vol.10, No.10 pp1-21 4) Tsitovitch-Batanov, On the Accuracy of the Method for Direct Pressure Measurements in Soils, Proc. of the 5th Int. Conf. on S.M.F.E., Vol.III, pp337-338 5) 松沢石井, 土中土圧計の埋設の目的に関する研究, 土木学会報告, Vol.203

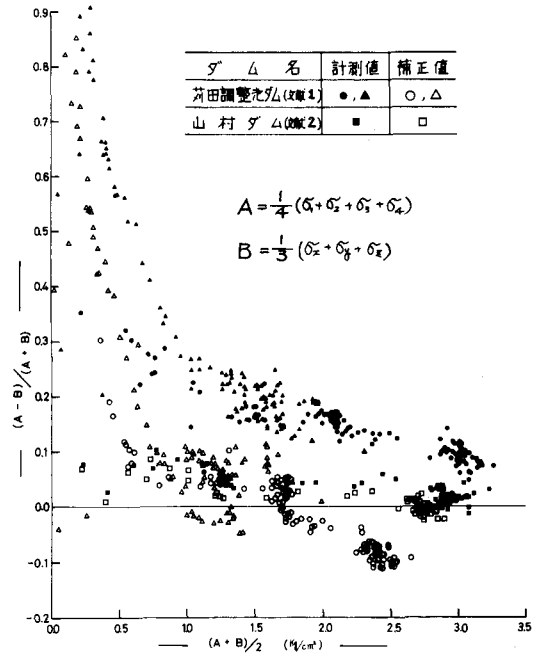


図-2 7面土圧計の検証値の変化