

土圧計の設置に伴う埋戻しが測定値に与える影響

独立行政法人 水資源機構 正会員 ○ 波多野 圭亮
 独立行政法人 水資源機構 正会員 佐藤 信光
 独立行政法人 水資源機構 正会員 曾田 英揮
 独立行政法人 水資源機構 正会員 富田 尚樹
 (株)地盤解析研究所 正会員 大森 晃治

1. はじめに

土圧計による観測にあたっては、土圧計埋戻し部と周囲の盛立面の剛性差により土圧設置箇所に局所的にアーチング現象が生じ、測定誤差が生じることが松鶴ら¹⁾や Aufleger²⁾によって報告されており、鉛直方向の土圧計測が受ける影響について検討されている。本報告では、ロックフィルダムにおけるコア内に設置された3面土圧計(図-1参照)について、埋戻しによる最大主応力と最小主応力の補正について検討を行った。

2. 検討方法

検討は、図-2の紫色の土圧計設置位置(ゾーン3)および盛立面(土圧計の下側をゾーン1、上側をゾーン2)をメッシュ化し、弾性有限要素法解析を用いて、各ゾーンに弾性係数を与え、図-2の拡大図に示す土圧計設置位置における土圧3成分の計算値を比較することで行った。解析領域は、縦27m、横30mで、土圧計設置部分の形状は上幅6m、下幅3m、高さ1.5mである。荷重載荷は、盛土の単位体積密度を2g/cm³とし、上面に1ステップ30kPaの分布荷重を合計で104ステップ(3,120kPa:盛土高さとして156mに相当する荷重)載荷した。なお、静止土圧計数0.6、ポアソン比は0.375とした。

実際に設置される土圧計は、周辺に土質材料以外が配置されたり、基礎岩盤に近かったりなどの影響を受け、一般的に正しい測定が難しいとされる部分もある。これらの計測箇所でも周辺の状況を考慮したFEM解析を実施することにより補正が可能であると考え、図-3に示す様に、盛土中に設置される場合(ケース2)、岩盤上に設置される場合(ケース3)、横にフィルター部がある場合(ケース4)、岩盤とフィルターが近くにある下面隅部を想定した場合(ケース5)、および比較のためにすべてのゾーンの剛性を等しくした場合(ケース1)の合計5ケースの断面を考慮した。岩盤部やフィルター部は盛立面の10倍の剛性と仮定し、埋戻し部は盛立面の1/3~1/30まで順次剛性を低下させた計算を行った。

3. 計算結果

図-4に埋戻し部の剛性を盛立面に対して3分の1としたときの鉛直応力 σ_v と水平応力 σ_h の分布を示す。各図の中央付近の土圧計設置位置でアーチング現象により応力が低下していることが判る。

図-5に3つの土圧計設置位置の応力から求めた最大主応力と最小主応力の低下度合いを示す。横軸に埋戻し部のキーワード ロックフィルダム 土圧計 動態観測 埋戻し 剛性低下 土圧の補正

連絡先 〒338-0812 さいたま市桜区大字神田936 総合技術センター試験・解析グループ TEL048-853-1785

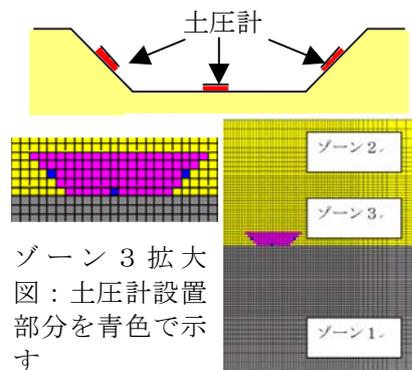


図-2 検討に用いた FEM メッシュ図

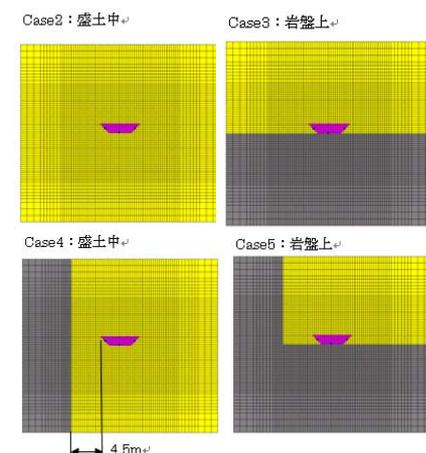


図-3 土圧計設置位置と解析ケース

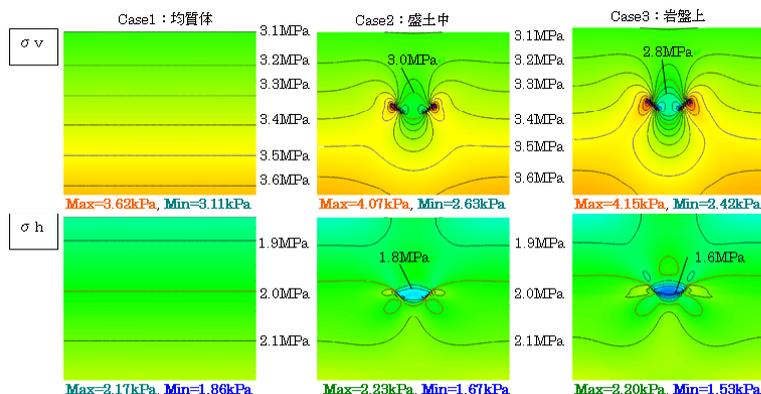


図-4 土圧計の埋戻しが鉛直応力と水平応力に与える影響

剛性を盛立面に対して相対的に低下させた割合を示し、縦軸に埋戻し部の剛性を盛立面に対して低下させない場合を1としたときの主応力の低下度合いを示す。埋戻し部の剛性を低下させた場合、最大主応力の低下度合いよりも最小主応力の低下度合いが大きくなっており、また土圧計の設置位置(ケース2~ケース5)でも低下の度合いは異なっている。

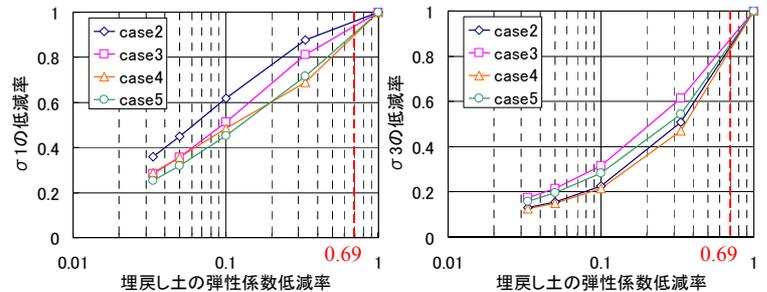


図-5 埋戻し土の剛性低下が主応力に与える影響

表-1 埋戻し土部分の現場管理試験結果

	湿潤密度 ρt(t/m ³)	乾燥密度 ρd(t/m ³)	含水比 wn(%)	飽和度 (%)	備考
フィルター	2.152	2.016	6.757		-40mm
	標準偏差 0.053	標準偏差 0.051	1.114		
コア	2.128	1.890	12.614	83.0	-50mm
	標準偏差 0.048	標準偏差 0.044	0.816	7.6	

4. Tダム土圧計の観測値の補正

次の4つの手順で補正を考える。(1)築堤材料、埋戻し材料の現場密度確認、(2)築堤材料全般の圧密特性検討、(3)図-5による弾性係数低下率の算定、(4)弾性係数低下率に基づき実測値の補正の手順とする。

(1)Tダムでは土圧計設置後の埋戻し部の物性値が測定されている(表-1)。この試験結果から求めた埋戻し部の間隙比と盛立面での平均的な間隙比の差は0.033となった。(2)0.033の間隙比の差がもたらすコア部の剛性低下については圧密試験結果を用いて推定した。図-6は圧密試験の体積圧縮係数から求めた弾性係数と間隙比との関係である。(3)この図で間隙比の差が0.033ある場合の剛性低下量を求めると、表-2に示すように間隙比の大きさによって低下量は異なるが平均して埋戻し部が盛立面の1.44分の1程度(69%)低くなった。(4)埋戻し部の剛性が盛立面の69%となった場合の主応力の低下度合いは、図-5の弾性係数低減率0.69(赤点線)における各ケースの応力低減率の値を読み取ることと求めることができる。このとき各応力の低減率は表-3に示す値となった。

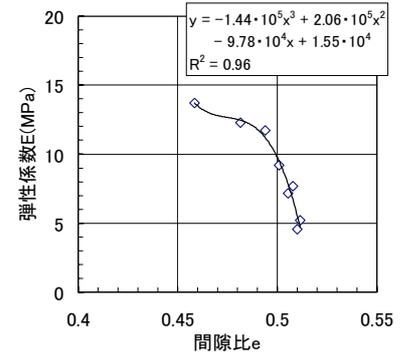


図-6 圧密試験結果から求めた間隙比と弾性係数の関係

表-2 埋戻し土の剛性低下量

埋戻し部		盛立面		弾性係数比
間隙比	弾性係数(MPa)	間隙比	弾性係数(MPa)	
0.450	17.188	0.483	14.749	1.165
0.460	15.388	0.493	13.943	1.104
0.470	14.886	0.503	11.573	1.286
0.480	14.816	0.513	6.774	2.187
平均弾性係数比				1.436

表-3 埋戻し土主応力の低減率

	最大主応力の低減率	最小主応力の低減率
ケース2	0.96	0.85
ケース3	0.94	0.88
ケース4	0.88	0.84
ケース5	0.90	0.85

以上から、図-7に図中3カ所の土圧計について補正した結果を示す。最大主応力については約5%、最小主応力については約15%の補正量となった。

5. おわりに

土圧計の設置に伴う埋戻し部の剛性低下により最小主応力の計測値が実際より約1.5割低下する可能性があることが数値解析と土質実験から判った。今後、検討を進め、湛水時のダムの安定性について評価を行いたい。

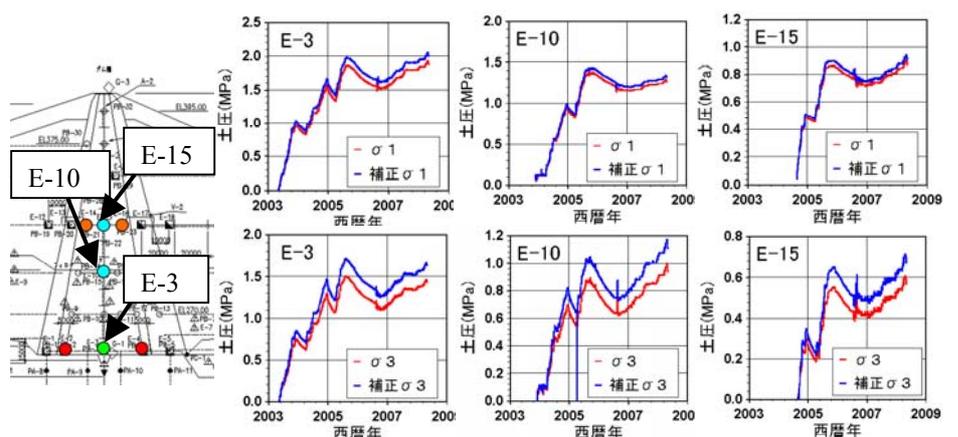


図-7 土圧計の観測値と補正值の違い(σ1、σ3)

参考文献

- 1) 松鶴正則、高橋章、内田善久、太田秀樹：中央土質遮水型ロックフィルダムにおける土圧計測精度の改善について、第41回ダム技術講習検討会、pp.63-71、2009。
- 2) M. Aufleger：Uncertainties in earth pressure measurements in embankment dams, 73rd Annual Meeting of ICOLD, 163-S6, 2005。