

底樋改修時の盛土に発生するアーチ作用の定量的評価

Evaluation of Arching Action Generated in Embankment between Outlet Pipe and Existing Dam Body

○ 小林 範之*・吉武 美孝*・隅田 勇太郎**
Noriyuki KOBAYASHI, Yoshitaka YOSHITAKE and SUMIDA Yutaro

1. はじめに

既存ため池の底樋を改修する場合，堤体を掘削，樋管の設置，築堤という手順で施工が行われるが，コンクリート RC で巻立てられた樋管と既存の堤体に挟まれた盛土内部で応力の未発達状態，いわゆる，アーチ作用が発生する可能性がある．この現象は，その度合いが大きい場合には，水理的破壊や地震時のせん断破壊に発展する危険性がある．本研究では，掘削勾配，掘削幅をパラメータとしてアーチ作用の大きさを検討した．また，近年柔構造底樋として可撓管の設置が提案されており，底樋周辺の応力状態も検討した．

2. ため池改修時における築堤過程の解析

Fig.1 に解析モデル，Table1 に入力パラメータを示す．Fig.1 の①が基礎地盤，②が旧堤体，③が盛土，④が底樋である．①，②は弾性材料とし，③は弾塑性材料とした．③の盛土は，20 段階に分けて一層ずつ荷重をかけ，底樋隣接部の盛土に作用する応力状態を調べた．RC 巻立て底樋の場合 (Case1)，掘削勾配 θ を $25^\circ \sim 65^\circ$ まで 5° 刻み，掘削幅 L を $0\text{m} - 2\text{m}$ まで 0.5m 刻みで変えた 45 種類のモデルで解析した．

また，④の材料定数は $E=1.63 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$ ， $\nu=0.3$ ， $\gamma_t=23.03\text{kN/m}^3$ とした．可撓管の場合は (Case2)，④をビーム要素 ($I=1.44 \times 10^{-7}\text{m}^4$ ， $t=1.2\text{cm}$) で表現し，ダクタイル鋳鉄管 ($E=1.63 \times 10^7\text{kN/m}^2$) とポリエチレン管 ($E=7.65 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$) の 2 通りで解析した．また， $L=0.5\text{m}$ ， $\theta=45^\circ$ ， 65° とした．なお，③の弾塑性材料の構成則に関口・太田モデルを適用した．

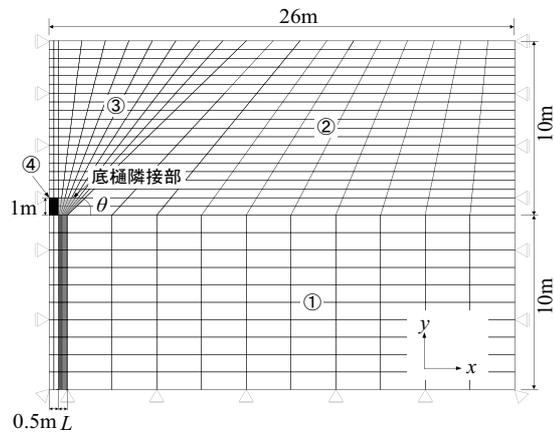


Fig.1 Definition sketch of embankment model

3. 解析結果と考察

3.1 アーチ作用の検討

Fig.2 に θ および L と底樋隣接部の土被り圧の関係を示す．図中の σ_y は Fig.1 に示したハッチ部における σ_y の平均値であり，土被り圧を示している．Case1 では， θ が大きく， L が小さいほど底樋隣接部における σ_y が小さくなり，アーチ作用が機能しやすい状態にあるといえる．Case2 でも θ が大きいほど σ_y が小さいが，その程度は Case1 と比べて小さく，柔構造底樋はアーチ作用が起こりにくいことがわかる．

Table1 Soil parameters

	共通	弾性材料		弾塑性材料									
	γ_t (kN/m^3)	E (kN/m^2)	ν	PI	M	Λ	D	ν'	K_0	σ_{v0} (kN/m^2)	α	λ	e_0
①	17.64	4,300	0.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
②	17.64	2,900	0.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
③	17.64	-	-	12.45	1.36	0.777	0.0289	0.329	0.49	9.8	0.00253	0.076	0.502

ここに， γ_t ：湿潤単位体積重量， E ：弾性係数， ν ：ポアソン比， PI ：塑性指数， M ：クリティカルパラメータ， Λ ：非可逆比， D ：ダイレイタンス係数， ν' ：有効ポアソン比， K_0 ：静止土圧係数， σ_{v0} ：初期応力（締固め時の応力を仮定）， α ：二次圧密係数， λ ：圧縮指数， e_0 ：初期間隙比， I ：断面 2 次モーメント， t ：管厚．

* 愛媛大学農学部；Faculty of Agriculture, Ehime Univ. キーワード；ため池，アーチ作用，盛土
** 松山市役所；Matsuyama City Office.

Fig.3 に $L=0.5\text{m}$ における底樋隣接部から天端までの σ_y 分布を示す．図中の破線は天端からの全応力 $\sigma_v(\gamma \cdot H$: 天端からの深さ) と常時満水位 (天端から 2m 下がり仮定) での水圧 σ_w である．アーチ作用のため，すべてのケースで底樋隣接部の σ_y が小さくなっていた．他の L でも同様の検討を行った結果，Case1 における底樋隣接部の全応力は， $L=1\text{m} - 2\text{m}$ の場合，満水位状態での水圧を上回ることがわかった．しかし， $L=0.5\text{m}$ かつ $\theta=65^\circ$ と $L=0\text{m}$ かつ $\theta=45^\circ$ 以上の場合，満水位状態での水圧を下回り有効応力が 0 以下となるため，水理的破壊の危険が高くなる．以上より，本モデルでは $L=0.5\text{m}$ 以上， $\theta=60^\circ$ よりも緩くする必要があることがわかる．一方，Case2 では水理的破壊を起こす危険性はなかった．

3.2 柔構造底樋下部の応力状態の検討

柔構造底樋は円形をしているためその下部にある土の締め固めは困難であり，応力が未発達になる可能性がある．Fig.4 に Case2 における σ_y 分布を示す． $\theta=65^\circ$ では底樋下部にある盛土の σ_y は小さいが， $\theta=45^\circ$ では σ_y は十分に発達している．Fig.5 は主応力図である． $\theta=65^\circ$ では応力の伝達がほぼ鉛直方向だけであるのに対し， $\theta=45^\circ$ では底樋下部に回り込むような応力の伝達があるため σ_y が大きくなっていると考えられる．

4. おわりに

底樋改修時において，掘削幅を適切にとり緩勾配で掘削をすれば，アーチ作用の影響は小さくなる．また，柔構造底樋はアーチ作用を軽減する効果があることがわかった．

柔構造底樋下部の盛土は，緩勾配であれば上載圧が回り込むように伝達し応力が大きくなるが，急勾配の場合は鉛直方向にしか上載圧が伝達しないため応力が小さくなる．

参考文献：

太田秀樹・飯塚敦・伊藤雅夫・杉浦研五・上出厚 (1965): 締め固め土の弾塑性構成パラメータ，第 21 回土質工学研究発表講演集，Vol.2，1753-1754．

飯塚敦 (1988): 軟弱地盤の変形・安定解析に関する基礎的研究，京都大学学位論文．

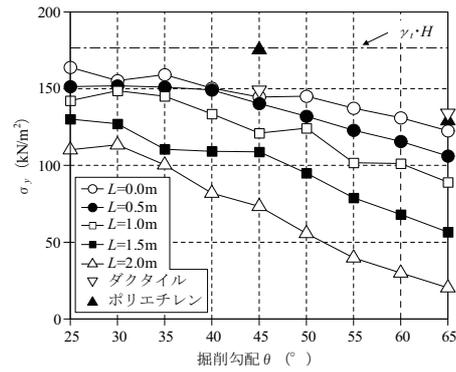


Fig.2 Relation between θ , L and σ_y

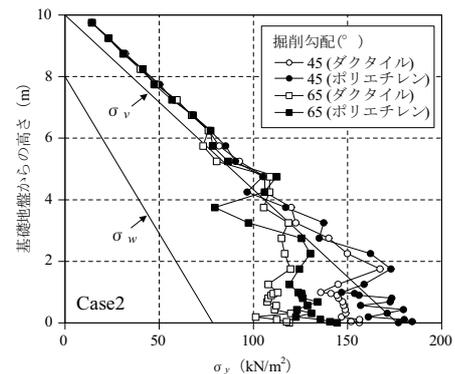
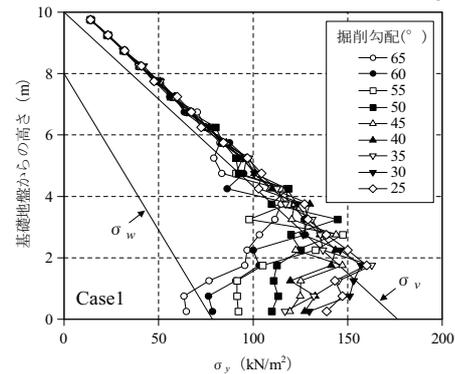


Fig.3 Relation between depth and σ_y

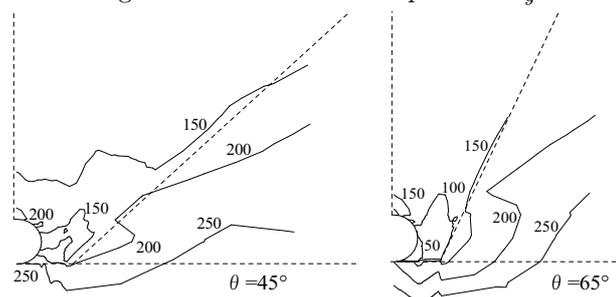


Fig.4 Distribution of σ_y

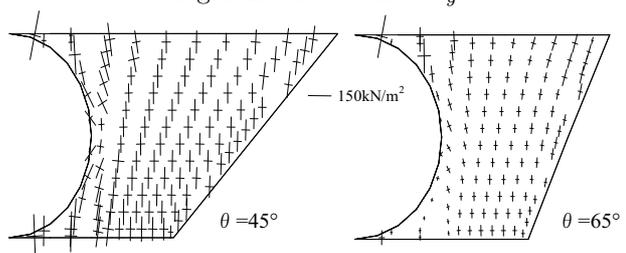


Fig.5 Principal stress beside outlet pipe