

掘込式貯水池隅角部擁壁の設計

○与那嶺昇・高嶺哲夫・金田一男

株式会社ホープ設計 技術管理部 (〒902-0064 沖縄県那覇市寄宮 3 丁目 3 - 5)

キーワード：貯水池，隅角部擁壁，二隣辺固定二辺自由板，コンクリート (RC 構造)

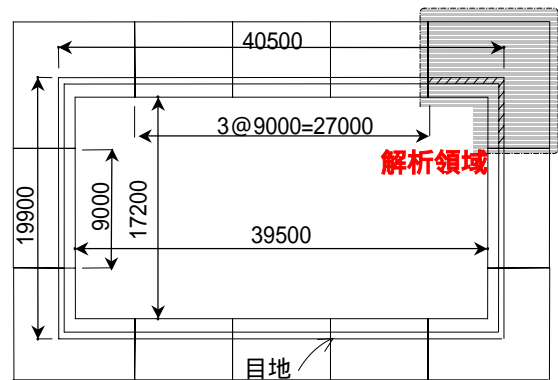
1. はじめに

土地改良事業において、農作物の栽培に必要な水源確保の目的に貯水池が築造される。一般に貯水池の形式は地上式、掘込式、地下式に分類され、地盤への根入れ深さによって決定される。貯水池の構造形式は、容量および有効水深等を目安に使い分けられ¹⁾、本県では逆 T 式擁壁構造による掘込式貯水池が各地域において多数築造されている。

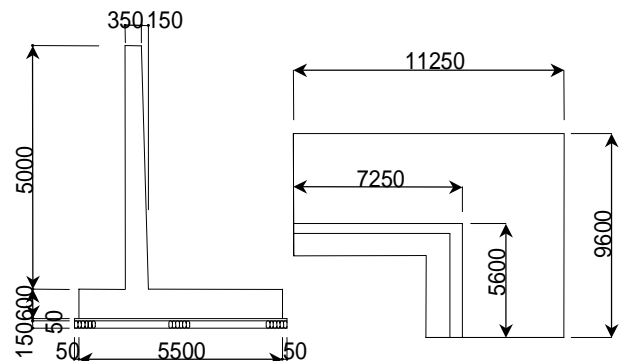
貯水池の設計は、通常、土地改良事業設計指針ファームポンド²⁾(以下:「ファームポンド」と呼ぶ)に準じて行い擁壁として各部材の設計計算を行う。また、コンクリートの乾燥収縮による有害なひび割れが入らないよう 1 ブロック 9 m 程度として伸縮目地を設けて計画される³⁾。

貯水池のような矩形形状の施設には隅角部が生じるが、隅角部擁壁の取り扱い及びブロック長等の明確な考え方は示されていないのが現状である。一般部と同様に設計された既存の貯水池隅角部においては、埋戻し完了後たて壁にひび割れが発生した事例報告があった。

本報では、このような擁壁構造における掘込式貯水池の隅角部の設計について、損傷事例を基に破壊機構を検証し、隅角部擁壁の取り扱い及びブロック長等の考え方について金田らが提案した土圧を受ける二隣辺固定二辺自由板の解析手法⁴⁾を用いて考察を加え、本解析結果に基づいて設計した事例を報告する。



(a) 貯水池平面図



(b) 隅角部一般図

図 - 1 RC 掘込式貯水池

2. 掘込式貯水池隅角部擁壁設計上の問題点

2.1 既存貯水池の損傷事例

図 - 1 は、県内にて施工された鉄筋コンクリート擁壁の掘込式貯水池の 1 例を示す。貯水池を構成する擁壁は 1 ブロックの長さ 9m で配置されており、隅角部の形状寸法は同図(b)に示すとおりである。

このような貯水池の隅角部擁壁は、壁背面の埋戻し完了後に図 - 2 に示すようなひび割れが発生し、その原

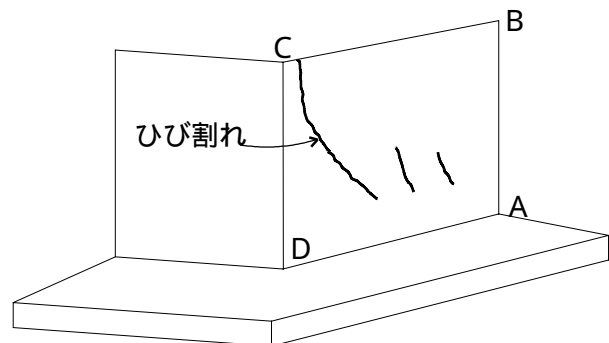


図 - 2 たて壁ひび割れ状況

因の究明と設計手法の改良が求められている。

2.2 隅角部擁壁の破壊機構

隅角部擁壁に発生したひび割れは、図-1に示すようにたて壁の高さと長さのバランスに問題が考えられ、水平方向に生じた過大な曲げモーメントによるものと思われる。

そこで、隅角部に発生したひび割れの原因を検証するためにFEM解析を試みた。FEM解析による擁壁の応力分布を図-3に示す。

図-3において白～赤色の部分が引張応力の大きい箇所を表す。FEMの解析結果から次の事項が判明された。

- (1) A～C点を斜めに結ぶ線以下に引張応力の高い領域が存在する。
- (2) A～D点、C～D点上に沿って引張応力が大きくなっている。
- (3) E領域では、鉛直と水平方向の応力が同時に生じている。

以上の事から、縦の固定辺付近に作用している水平方向の応力及び中央付近に生じている合成応力がひび割れ発生原因の一つであることが検証できた。

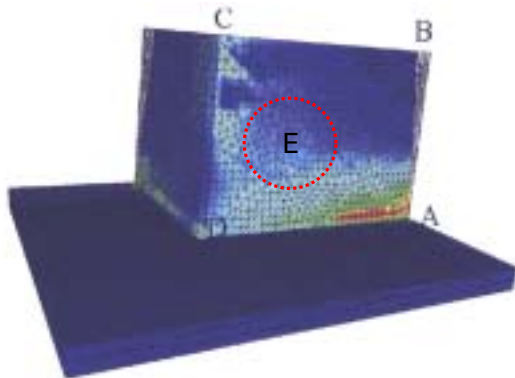


図-3 主応力分布

2.3 設計手法の現状

一般に擁壁の設計においては、躯体の安定計算にて形状寸法を決定した後、たて壁および底版について片持ち梁として断面力を算出し、軸方向主鉄筋を決定する。その際、水平方向の鉄筋は応力度計算を行わず、通常、配力筋として主鉄筋の1/6以上の鉄筋量を規定に従い配筋している。

しかし、隅角部に同様な手法を適用した場合、水平方向の応力に対して配筋量不足が生じ、ひび割れ発生の要因となる。

3. 土圧の作用を考慮した隅角部擁壁の設計

3.1 二隣辺固定二辺自由板の理論解析

隅角部のたて壁は、部材支持条件から二隣辺固定二辺自由板となり、土圧のような荷重を受ける場合の構造解析が複雑である。そのために、橋台側壁タイプの翼壁部材の設計に関しては、道路橋示方書・同解説 下部構造編⁵⁾に簡便な設計手法が提案されている。本方法は部材の壁長が長くなると、不経済な設計になりやすいことが指摘されている。

金田らは、図-4に示す解析モデルに対し、土圧のような三角形、台形の分布荷重を受ける二隣辺固定二辺自由板の解析解を誘導し、固定辺に生じる断面力の算定図表などを提示した。

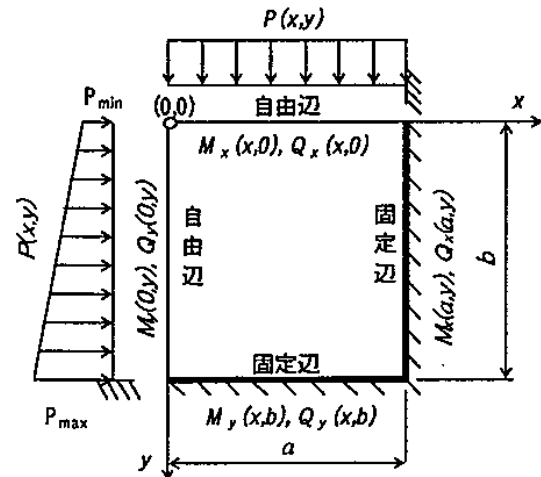


図-4 解析モデル図

3.2 二隣辺固定二辺自由板の断面力

隅角部擁壁の最適長を求めるために、図-5に示す形状にて擁壁高とブロック長を変化させた各ケースを設定し、二隣辺固定二辺自由板の解析により、各ケースの固定辺における断面力を求めた。

隅各部擁壁の最適長は、片持ち梁としてたて壁付根で決定した軸方向主鉄筋量の1/6の配筋量で水平方向の部材断面応力度が許容値を満足する長さとした。

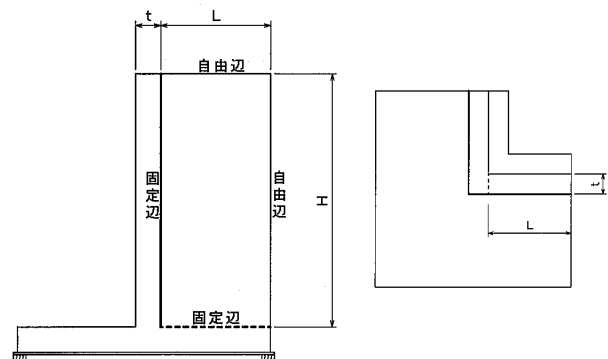


図-5 形状・寸法

各ケースの設計条件は、裏込め土の単位体積重量 $=19\text{kN/m}^3$ 、内部摩擦角 $=30^\circ$ 、「ファームポンド」に規定された試行くさび法による主働土圧係数をそれぞれ採用した。また、活荷重による上載荷重 $q=10\text{kN/m}^2$ を考慮した。

以上の条件にて、算出した曲げモーメント $M(\text{kN}\cdot\text{m})$ 、せん断力 $S(\text{kN})$ を表 - 1 に示す。

表 - 1 断面力一覧

(単位 M ; $\text{kN}\cdot\text{m}$, S ; kN)

壁高 部材厚 辺長L 断面力	H=5.0m		H=6.0m		H=7.0m		
	t=0.5m		t=0.6m		t=0.7m		
	鉛直	水平	鉛直	水平	鉛直	水平	
H / 4	M	17.91	13.18	30.05	22.32	46.71	34.34
	S	61.56	26.94	86.08	37.68	114.66	50.19
H / 2	M	47.14	28.62	79.10	48.02	122.94	74.64
	S	88.11	40.53	123.21	56.68	164.13	75.50
3 · H / 4	M	74.66	40.04	125.28	70.14	194.70	105.71
	S	102.64	42.44	143.52	59.34	191.19	79.04
H	M	95.43	57.23	160.13	96.03	247.87	149.25
	S	107.55	47.06	150.39	65.80	200.34	87.65

3.3 隅角部擁壁の最適長

二隣辺固定二辺自由板の解析にて算出された断面力を用いて、鉄筋コンクリート(RC)単鉄筋部材として、応力度照査を行い、隅角部擁壁の最適長さを検討する。

検討条件は、コンクリートの設計基準強度 $ck=21\text{N/mm}^2$ 、鉄筋材質 SD295A をそれぞれ採用した。また、各材料の許容応力度は、「ファームポンド」の規定値を準用した。なお、各ケースにおける部材断面の配筋量を表 - 2 に示す。

表 - 2 たて壁付根の断面力及び配筋量

(単位 M ; $\text{kN}\cdot\text{m}$, S ; kN)

		H=5.0m	H=6.0m	H=7.0m
たて壁 付根	M	133.87	224.62	349.09
	S	80.32	112.31	149.61
	鉛直	D22@125	D25@125	D29@125
	水平	D16@250	D16@250	D19@250

表 - 1 及び表 - 2 に示した断面力及び水平方向配筋量を用いて隅角部擁壁の最適長の検討を行った。

表 - 3 に応力度照査結果一覧を示す。表中の s は擁壁主鉄筋の引張応力度(N/mm^2)を示し、 σ は全断面有効とした場合のコンクリートのせん断応力度(N/mm^2)を示す。

表 - 3 より、次の事項が判明した。

(1) 壁高 $H=5\text{m}$ の場合、ブロック長が壁高の $3/4$ 倍を超えると、応力度が厳しくなる。

(2) 壁高 $H=6\text{m}$ 、 7m の場合、ブロック長が $1/2$ 倍を超えると、応力度が厳しくなる。

以上のことから、壁高 H に対してブロック長が $1/2 \sim 3/4$ 倍を超えると応力度が厳しい状態となる。

表 - 3 応力度照査一覧

(単位 N/mm^2)

壁高 部材厚 辺長L	H=5.0m		H=6.0m		H=7.0m		
	t=0.5m		t=0.6m		t=0.7m		
	計算値	許容値	計算値	許容値	計算値	許容値	
H / 4	s	44.7	160	35.5	160	76.7	160
	σ	0.07	0.42	0.05	0.42	0.08	0.42
H / 2	s	97.1	160	129.40	160	117.60	160
	σ	0.10	0.42	0.11	0.42	0.13	0.42
3 · H / 4	s	135.8	160	188.9	160	166.6	160
	σ	0.11	0.42	0.12	0.42	0.13	0.42
H	s	194.1	160	258.7	160	235.2	160
	σ	0.12	0.42	0.13	0.42	0.15	0.42

従って、実務上では、最適ブロック長 L は $H/2$ を目安として計画を行えば良いという結果になる。

3.4 設計実施例及びその妥当性

隅角部のブロック長について、二隣辺固定二辺自由板の解析結果より得られた壁高の $1/2$ を目安に計画実施した掘込式貯水池の事例を図 - 6 に示す。また、同貯水池の施工状況を写真 - 1、写真 - 2 に示す。

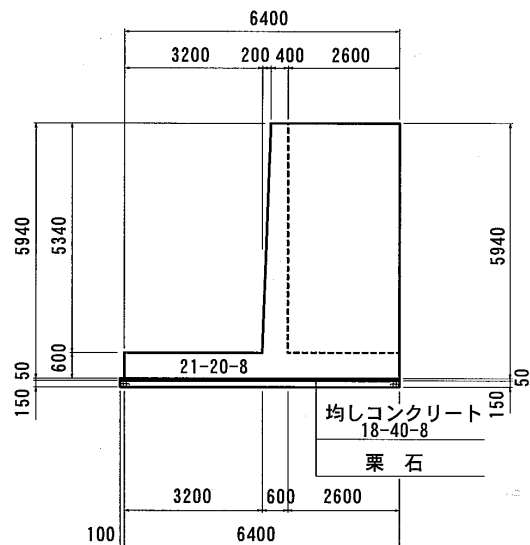


図 - 6 隅角部一般図

写真 - 1 は、擁壁背後の埋戻し完了直前の状況及び隅角部擁壁天端や基部の変位測定状況を示し、写真 - 2 は

施工完了後の貯水状況を示す。

施工時における測定結果より、今回、設計した貯水池については隅角部ブロック長Lを短くすることにより、天端における水平変位は小さく、擁壁背後にひび割れも発生していないことが確認できた。また、同様な設計手法を用いて計画した箇所の施工も完了し、現在は灌漑用水の貯水池として、その機能を果たしている。



写真 - 1 掘込式貯水池施工状況



写真 - 2 貯水状況

4. おわりに

本報は、既存の隅角部擁壁の問題点を見出し、擁壁背後に生じるひび割れの発生原因をFEM解析手法等を用いて解明した。

さらに、金田らにより提案された二隣辺固定二辺自由板の解析手法を用いて、掘込式貯水池隅角部擁壁の最適長の検討を行い実施したものである。

検討結果より、たて壁軸方向主鉄筋量の比によって水平方向の配筋が計画された擁壁の隅角部最適長は、壁高のH/2が望ましいという目安値が得られた。このような設計手法を用いて計画した箇所の施工も完了し、現在は灌漑用水の貯水池として、その機能を果たしている。

今後は、隅角部擁壁における擁壁高、土質条件、壁長に対する配筋の標準化について検討していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 農林水産省構造改善局建設部: 土地改良事業設計指針ファームpond, pp.6~7, 1999
- 2) 農林水産省構造改善局建設部: 土地改良事業設計指針ファームpond, pp.148~160, 1999
- 3) 農林水産省構造改善局: 土地改良事業標準設計図面集擁壁工, p.25, 1999
- 4) 金田一男, 高嶺哲夫, 知念嘉明, 伊良波繁雄: 土圧を受ける二隣辺固定二辺自由板の解析解とその応用, 土木学会構造工学論文集(2004年3月), (投稿中)
- 5) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 下部構造編, pp.210~212, 2002

(2003年10月20日受付)