

青宿地区における空洞調査について

片岡 仁

霞ヶ浦河川事務所 流域治水課 (〒311-2424 茨城県潮来市潮来3510)

霞ヶ浦河川事務所管内には、旧日本軍が設置したスロープが遺構として残されている。スロープ設置箇所の内2箇所については無堤部となっており、そのうちの青宿地区について、築堤を実施するため、スロープ部の調査として地中レーダーによる空洞調査を実施した。

本論文では、この空洞調査の調査結果を報告するものである。

キーワード 霞ヶ浦、空洞調査、地中レーダー探査、削孔調査

1. はじめに

霞ヶ浦河川事務所管内には、かつて旧日本海軍が霞ヶ浦にて航空隊の訓練を行っていたことから、霞ヶ浦の湖岸には3地区（青宿地区、釜谷地区、大山地区）に、水上機を搬入するためのスロープが設置されている。うち無堤部区間として青宿地区、釜谷地区の2地区が残されている。今回、青宿地区（茨城県阿見町、図-1）で堤防整備を計画している。堤防設置範囲の背後には陸上自衛隊武器学校が位置している（図-2）。陸上自衛隊武器学校とは、陸上自衛隊の各種装備品の整備員の養成や、不発弾の処理などの専門技術について全国から隊員を受け入れて教育を行う施設である。武器学校では、今後も引き続きスロープを使用する意向があり、スロープは存置する必要があるが、スロープは堤防法線上に設置されている。



図-1 青宿地区位置

青宿地区のスロープ（図-2）は、当時の設計根拠や図面等がないためどのような構造になっているか把握できていないが唯一、堤防整備が行われている大山地区のスロープについては、築堤工事の際に、コンクリート板の

下が沈下等によって空洞が生じていることが確認されている。

そのため青宿地区においても、堤防の基盤となるスロープ下に空洞がある恐れがあるため、スロープの管理者である陸上自衛隊武器学校の協力を得て空洞調査を実施した。

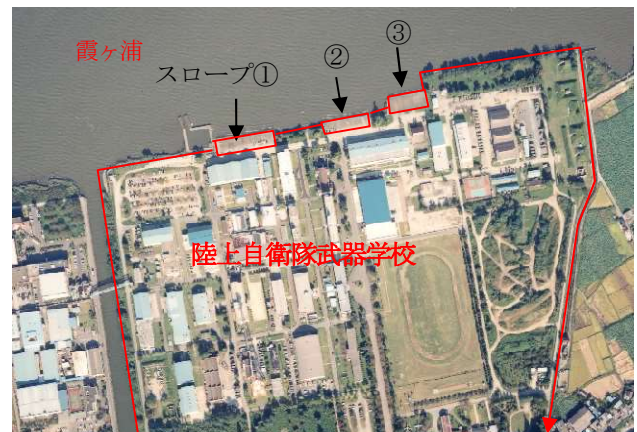


図-2 青宿地区スロープ位置

2. 地中レーダー探査

スロープ下の空洞量を推定し、コンクリートの充填量の把握をするため、地中レーダー探査を実施した。地中レーダー探査とは、地中に高周波のレーダーを照射し、その反射の波形から、地中の状態を把握することを目的とした調査手法である（図-3）。

スロープは陸上自衛隊武器学校敷地と隣接して3箇所存在しており（図-2）、全箇所調査を実施した。

スロープ①（図-9）、スロープ③（図-10）の測線の設置位置、及び次項で説明する削孔位置（上図）ならびに地中レーダー探査の調査結果（下図）を示す。図-9下図の黒い部分はコンクリートなど比較的反射の起きにく

い箇所当たり、白い部分は空洞や水面など比較的反射がしやすい箇所にみられる反応である。よってスロープ①～③の範囲で反射のしやすい白く表示されている箇所が広範囲に見られる結果から、広範囲に、空洞があることが推定された。この空洞については、大山地区のスロープのような沈下等により発生した空洞ではなく、構造的に空間があるものと考えられた。

反射パターンが異なることから、同一のスロープの範囲でもスロープ下の状況に差があることも確認できた。反射パターンとそこから推定されるスロープ下の状態を、表-1の6パターンに分類した。

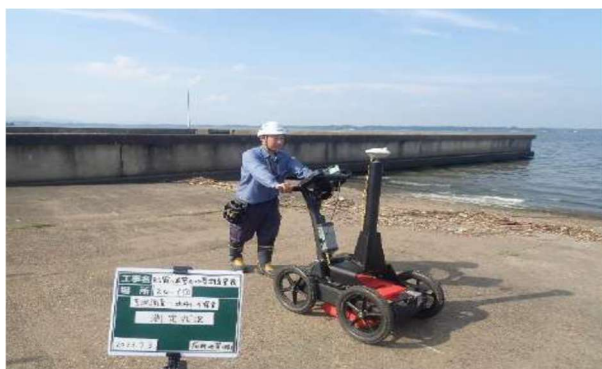


図-3 地中レーダー探査測定状況

表-1 反射パターンによる6分類

A	表層から深部まで反射波の振幅が強い、水面の可能性のある反射波を確認
B	表層から深部まで反射波の振幅が強い、護岸背面に空洞の疑いあり
a	深部の反射波の振幅が弱い、水面と考えられる反射波を確認
b	深部の反射波の振幅が弱い、護岸背面に空洞の疑いあり
b'	深部の反射波の振幅が弱い、護岸背面に空洞の疑いあり、護岸が特異的に厚い
c	深部の反射波の振幅が弱い、空洞の可能性のある反射波がほとんど見られない

3. 削孔調査

地中レーダー探査の結果から、スロープ下が当初予想された土で充填された構造ではないことが推定されたことから、スロープ下の構造把握及び状況観察を目的として、地中レーダー探査による6種類の反射パターンごとに各1点、削孔調査を実施した。削孔調査とは、ドリル等で削孔を行い実際に空洞があるかを確認する調査手法である。さらに、今回調査では削孔箇所にカメラを投入

し、スロープ内部の撮影も併せて実施した。削孔調査は、スロープ①では4箇所（図-9）、②では3箇所、③では5箇所（図-10）実施した。結果を表-2に示す。スロープ③-1では、大規模な空洞が確認された。スロープを構成している上面のコンクリート板を、柱で支える構造となっており、スロープの下に構造的な空間があることが確認された。また、地中レーダー探査の結果で示されたとおり、同一のスロープの範囲でも地下の状況に差があることも確認できた。

表-2 削孔調査の結果

スロープ番号	エリア番号	削孔No.	反射パターン	コンクリート厚(cm)	空洞厚(cm)	空洞のうち水没部分(cm)	軟弱層厚(cm)	孔底の堆積物	護岸分類
①	スロープ①-1	1	(B)	12.5	9.5	-	-	硬い細砂	護岸B
	スロープ①-2	-	(b)	スロープ①-4と同様					護岸C
	スロープ①-3	2	(A)	12.5	66.5	10	69	軟弱な粘土・細砂	護岸A
	スロープ①-4	3	(b)	12.5	4.5	-	-	栗石	護岸C
	スロープ①-5	-	(B)	スロープ①-1と同様					護岸B
	スロープ①-6	4	(c)	14.5	5.5	-	-	栗石	護岸C
②	スロープ②-1	-	(B)	スロープ②-5と同様					護岸B
	スロープ②-2	5	(c)	16	5.5	-	-	栗石	護岸C
	スロープ②-3	6	(A)	14	64	7	52	軟弱な粘土・細砂	護岸A
	スロープ②-4	-	(c)	スロープ②-2と同様					護岸C
	スロープ②-5	7	(B)	15	11.5	-	-	硬い細砂	護岸B
③	スロープ③-1	8	(a)	15	191	34	不明	粘土・細砂	護岸A
		12	(a)	19	106	63	不明	粘土・細砂	護岸A
	スロープ③-2	9	(A)	15	11.5	-	-	巨礫+砂	護岸C
	スロープ③-3	10	(b)	23	29	-	-	細砂	護岸B
	スロープ③-4	11	(B)	削孔不可、スロープ③-2と同様					護岸C

削孔調査結果からスロープ下部の構造について、以下のような分類分けを行った。

1) 護岸A

空洞が厚く一部水没（水が溜まっている）しており空洞の底面には粘土や細砂が堆積しているもの。

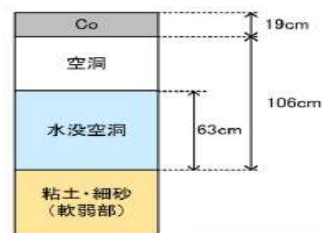


図-4 護岸Aの例（スロープ③-1）

2) 護岸B

空洞が比較的薄くコンクリート背面に広がっている。なお、空洞底面には細砂が詰められており軟弱層は存在しないもしくは薄いもの。

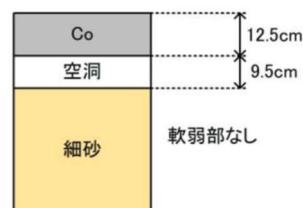


図-5 護岸Bの例（スロープ①-1）

3) 護岸C

空洞が比較的薄く、空洞底面には栗石または礫が堆積しているもの。

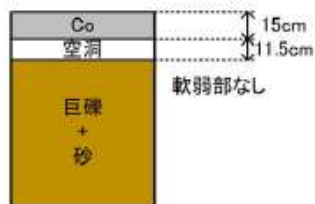


図-6 護岸Cの例 (スロープ③-2)

地中レーダー探査の反射パターンと、削孔調査による実際の構造（護岸分類）の関係を表-3に示す。例えば、スロープ③-2（削孔No. 9）においては、地中レーダー探査結果では水面だと思われる反射（反射パターンA）が見られていたが、削孔による確認では巨礫が堆積している（護岸C）ことが確認された。空洞一礫の間で多重反射したため反射が水面と類似したと推定される。

表-3 護岸分類と反射パターンの関係

	護岸分類	反射パターン
空洞が数十 cm～2m 程度と厚く、一部水没している。空洞底面には軟弱な粘土・細砂が堆積している。	護岸 A	A, a
空洞は 10cm～30cm 程度と比較的薄く、コンクリート背面に広がっている。空洞底面には細砂が堆積し、軟弱層は存在しない、もしくは薄い。	護岸 B	B, b'
空洞は数 cm～10cm 程度と薄く、範囲は局所的もしくは限定的である。空洞底面には栗石・礫が堆積しており、軟弱層は存在しない。	護岸 C	A, B, b, c

削孔箇所に投入したカメラでは、空洞内で梁と柱のようなものを確認することができた。スロープ①・③で確認された梁と柱を図-7に示す。

4. 考察

地中レーダー探査と削孔調査の結果からスロープの下部構造として、スロープが梁と柱により支えられている構造であることが確認できた。削孔調査で撮影したカメラ画像から、概ねのスロープ下の構造としては図-8のよ

うな構造であることが推定された。

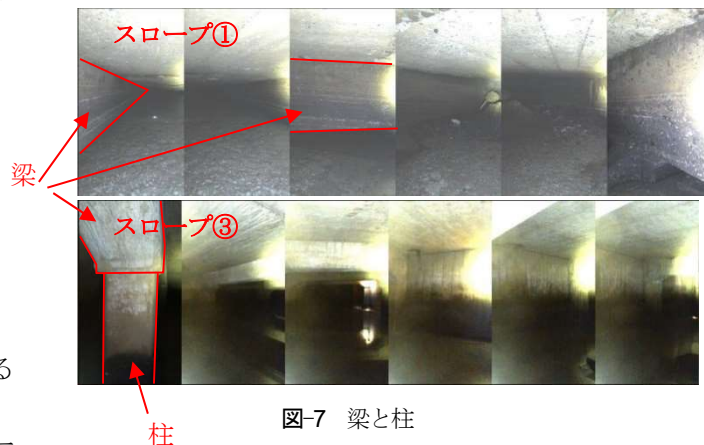
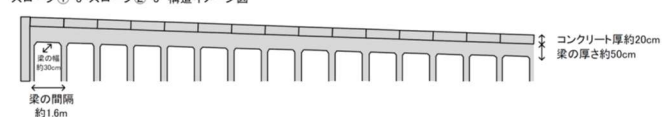


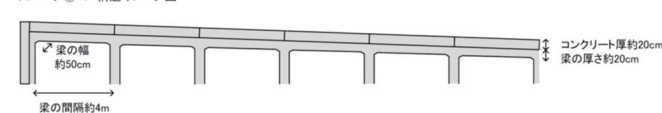
図-7 梁と柱

スロープ①・③・スロープ②-3 構造イメージ図



スロープ①

スロープ③-1 構造イメージ図



スロープ③

図-8 構造イメージ図

当該箇所の堤防設計の事前調査として空洞調査を実施した結果、スロープの下部に様々な状態があることが確認できた。地中レーダー探査で概ねスロープ下の状態を推定できることは確認できたが、状態によっては、レーダー探査のみでの判断では十分な推定が行えず、削孔調査により、調査結果を補完する事も重要と考えられた。

なお今回の調査では、水面から上の構造までしか分かっていないため、今後を設計するにあたり、必要に応じて水面から下の構造についても調査を続けていく。

5. 最後に

沈下等による空洞だと思っていた箇所が全く違う構造物のようになっていたり、地中レーダー探査の結果を見て元々水面だと予想して調査した箇所が巨礫が堆積しており空間一礫の多重反射を水面の反射と見誤ったりなど、実際に調査をしてみないと分からない事が数多くあることが本調査を通じて分かった。

これから設計を進めていくにあたり自分の技術力の面において至らない点が多く出てくると思うが、これからも色々な事に疑問を持ち業務に努めていきたい。

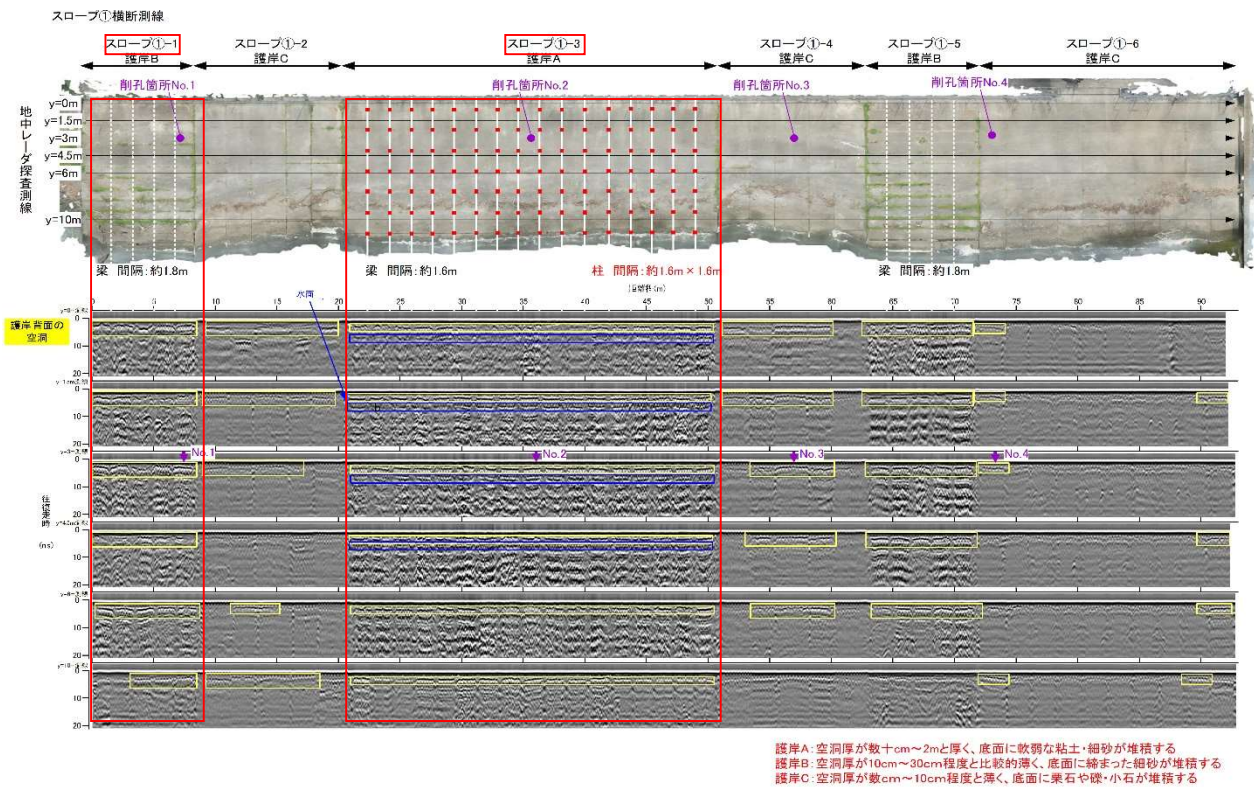


図-9 スロープ①の測線の設置位置・削孔位置（上図），地中レーダー探査の調査位置（下図）

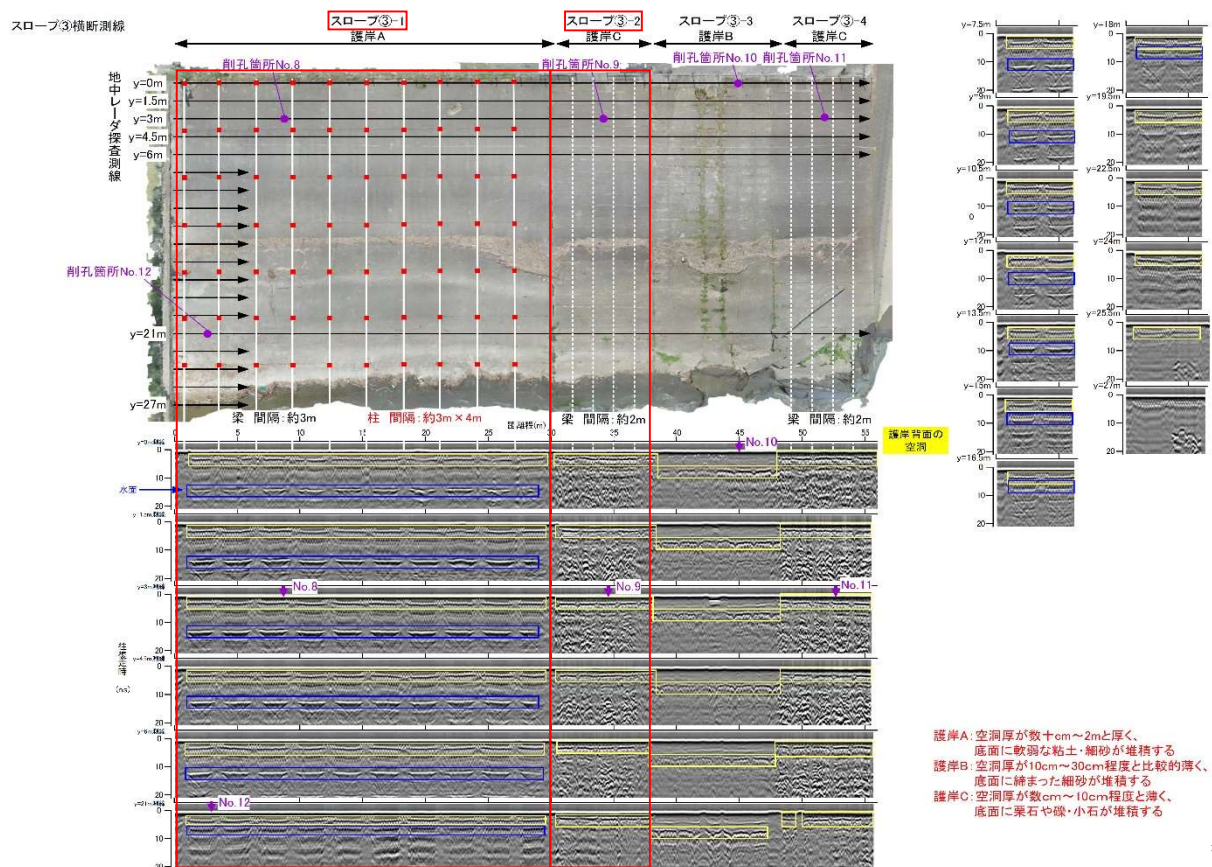


図-10 スロープ③の測線の設置位置・削孔位置（上図），地中レーダー探査の調査位置（下図）