

港湾構造物水中部劣化診断装置

(独) 土木研究所寒地土木研究所
技術開発調整監付
寒地機械技術チーム 五十嵐 匡
(igarashi-t@ceri.go.jp)

従来の水中構造物点検方法

潜水士による目視で変状を確認しているが、水中の濁度などが作業効率に大きく影響している。



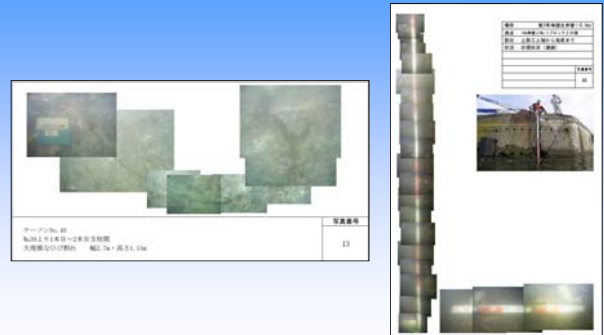
潜水士による点検

潜水士に頼らない効率的な水中構造物点検技術が求められていた。

港湾構造物水中部劣化診断装置

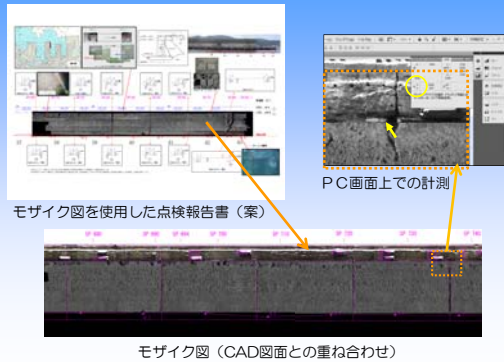


従来の点検報告書



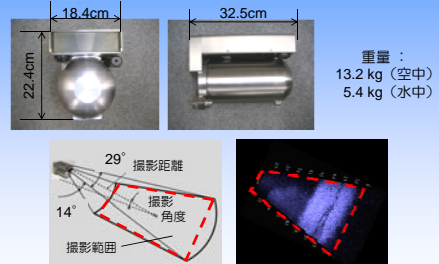
従来の点検報告書

モザイク図を使用した点検報告書



音響カメラ

超音波を使用しており、被写体に発射した音波の反射強度により画像化する。



海水の濁度や周囲の明暗に関係なく撮影することができる。

土研新技術ショーケース2013in札幌 7/23

モザイク図の作成 (画像解析ソフトウェア)

撮影画像の各フレームを重ね合わせて、モザイク図を作成する。

撮影画像の各フレームを水平方向に繋ぎ合わせて作成する。(繋ぎ合わせ①)
1測線分の画像を垂直方向に繋ぎ合わせ、モザイク図を作成する。(繋ぎ合わせ②)

CERI 独立行政法人 土木研究所 電地土木研究所 2013/1/17

土研新技術ショーケース2013in札幌 8/23

モザイク図の作成 (画像解析ソフトウェア)

モザイク図の作成方法には、①「幾何学的接合」と②「画像マッチング処理」がある。

方法① 音響カメラの位置情報、姿勢情報等より、対象構造物との相対的な位置関係を用いて幾何学的に接合を行う方法 (位置精度が高い)
→位置情報、姿勢情報等をリアルタイムに計測することが必要
方法② 得られた画像のみから接合を行う方法 (動揺の影響が小さい)

画像マッチング処理

画像解析ソフトウェアでは両者の利点を組み合わせてモザイク図を作成している。

CERI 独立行政法人 土木研究所 電地土木研究所 2013/1/17

土研新技術ショーケース2013in札幌 9/23

撮影方法

高い分解性能で岸壁面水中部全体を効率よく撮影する方法を検討した。

船舶 (音響カメラ) を移動させながら、水深に応じて繰り返し撮影した。

CERI 独立行政法人 土木研究所 電地土木研究所 2013/1/17

土研新技術ショーケース2013in札幌 10/23

架装装置の試作

撮影条件を満たすことができ、撮影時の水流抵抗に耐え、可搬性にも優れた架装装置を試作した。

CERI 独立行政法人 土木研究所 電地土木研究所 2013/1/17

土研新技術ショーケース2013in札幌 11/23

艦装用架台の試作

艦装用架台全体図

CERI 独立行政法人 土木研究所 電地土木研究所 2013/1/17

土研新技術ショーケース2013in札幌 12/23

計測機器類

音響カメラでの撮影で得られる各画像データが岸壁面までの位置の画像であるかを把握するため、音響カメラの位置情報、姿勢情報を計測した。

CERI 独立行政法人 土木研究所 電地土木研究所 2013/1/17

土研新技術ショーケース2013in札幌 13/23

撮影試験（①架装装置・艦装用架台の評価）



艦装用架台（当初）



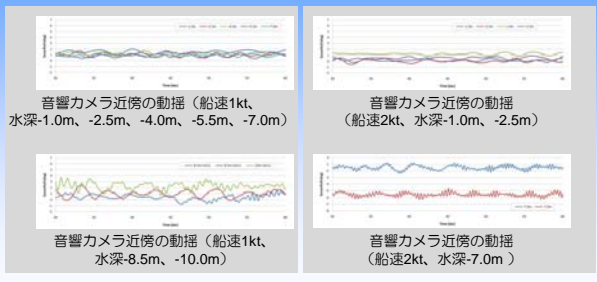
架装装置、艦装用架台（試作）



土研新技術ショーケース2013in札幌 14/23

撮影試験（①架装装置・艦装用架台の評価）

音響カメラ近傍の動揺（ロール値）を計測した。




音響カメラ近傍の動揺（船速1kt、水深-1.0m、-2.5m、-4.0m、-5.5m、-7.0m）

音響カメラ近傍の動揺（船速2kt、水深-1.0m、-2.5m）

音響カメラ近傍の動揺（船速1kt、水深-8.5m、-10.0m）

音響カメラ近傍の動揺（船速2kt、水深-7.0m）

架装装置（及び艦装用架台）の試作、改造、検証を実施し、船速1ktでカメラ位置水深-10.0m迄の撮影が可能となった。



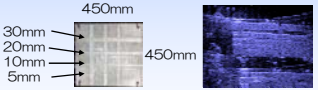
土研新技術ショーケース2013in札幌 15/23

撮影試験（②モザイク図の分解能及び位置精度の確認）

分解能及び位置精度を確認した。

分解能の確認方法：供試体（コンクリート平板に疑似クラックを施工）とその撮影画像を比較した。

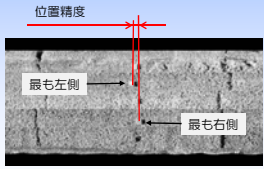
位置精度の確認方法：撮影試験時に各撮影水深で同位置に設置した供試体が、作成したモザイク図において、左右（水平）方向にばらつく範囲とした。



30mm
20mm
10mm
5mm

450mm 450mm

供試体（コンクリート平板に疑似クラックを施工）とその撮影画像




位置精度

最も左側

最も右側


位置精度



土研新技術ショーケース2013in札幌 16/23

撮影試験結果

- 架装装置の検証
架装装置（及び艦装用架台）の試作、改造、検証を実施し、船速1ktでカメラ位置水深-10.0m迄の撮影が可能となった。
- 分解能
撮影画像の分解能は、供試体の撮影画像と疑似クラックの比較から、約3cmの分解能を確認しており、潜水士の目視による判断程度を確保している。
- 位置精度
モザイク図作成における個々の撮影画像の位置関係について、各改善により、位置精度は10～20cm程度となった。



土研新技術ショーケース2013in札幌 17/23

確認試験（施工方法）

施工フロー

```

    graph TD
      A[機材搬入] --> B[架装装置及び艦装用架台設置  
機器取付]
      B --> C[撮影・計測（テストラン）]
      C --> D[撮影・計測]
      D --> E[架装装置及び艦装用架台撤去  
機器取外]
      E --> F[機材搬出]
      F --> G[報告書作成]
  
```


（スライドショーにて表示）



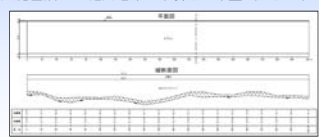

土研新技術ショーケース2013in札幌 18/23

確認試験（実施箇所）

前項の施工方法にて、実運用を見据えた現地試験を実施した。



実施箇所・・・稚内港第1埠頭地区岸壁（-5.0m）

平面図（上）、縦断面図（下）



横断面図



土研新技術ショーケース2013in札幌 19 / 23

確認試験（調査結果）

潜水調査による点検結果

保善船舶を避けて撮影したため未測

モザイク図を使用した点検報告書（案）

○印は、モザイク欠損箇所。海名地盤は参考値。

CERI 独立行政法人 土木研究所 専ら土木研究所 2013/1/17

土研新技術ショーケース2013in札幌 20 / 23

確認試験（調査費の比較）

日当り撮影面積を算出するため、撮影区間、撮影回数を決定した。

作業形態

撮影区間	撮影回数	撮影区間 (m)	撮影回数 (回)	撮影区間 (m)	撮影回数 (回)	撮影区間 (m)	撮影回数 (回)	撮影区間 (m)	撮影回数 (回)	撮影区間 (m)	撮影回数 (回)	撮影区間 (m)	撮影回数 (回)	撮影区間 (m)	撮影回数 (回)	撮影区間 (m)	撮影回数 (回)	撮影区間 (m)	撮影回数 (回)
1	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1
2	2	200	2	200	2	200	2	200	2	200	2	200	2	200	2	200	2	200	2
3	3	300	3	300	3	300	3	300	3	300	3	300	3	300	3	300	3	300	3
4	4	400	4	400	4	400	4	400	4	400	4	400	4	400	4	400	4	400	4
5	5	500	5	500	5	500	5	500	5	500	5	500	5	500	5	500	5	500	5
6	6	600	6	600	6	600	6	600	6	600	6	600	6	600	6	600	6	600	6
7	7	700	7	700	7	700	7	700	7	700	7	700	7	700	7	700	7	700	7
8	8	800	8	800	8	800	8	800	8	800	8	800	8	800	8	800	8	800	8
9	9	900	9	900	9	900	9	900	9	900	9	900	9	900	9	900	9	900	9
10	10	1000	10	1000	10	1000	10	1000	10	1000	10	1000	10	1000	10	1000	10	1000	10
11	11	1100	11	1100	11	1100	11	1100	11	1100	11	1100	11	1100	11	1100	11	1100	11
12	12	1200	12	1200	12	1200	12	1200	12	1200	12	1200	12	1200	12	1200	12	1200	12
13	13	1300	13	1300	13	1300	13	1300	13	1300	13	1300	13	1300	13	1300	13	1300	13
14	14	1400	14	1400	14	1400	14	1400	14	1400	14	1400	14	1400	14	1400	14	1400	14
15	15	1500	15	1500	15	1500	15	1500	15	1500	15	1500	15	1500	15	1500	15	1500	15
16	16	1600	16	1600	16	1600	16	1600	16	1600	16	1600	16	1600	16	1600	16	1600	16
17	17	1700	17	1700	17	1700	17	1700	17	1700	17	1700	17	1700	17	1700	17	1700	17
18	18	1800	18	1800	18	1800	18	1800	18	1800	18	1800	18	1800	18	1800	18	1800	18
19	19	1900	19	1900	19	1900	19	1900	19	1900	19	1900	19	1900	19	1900	19	1900	19
20	20	2000	20	2000	20	2000	20	2000	20	2000	20	2000	20	2000	20	2000	20	2000	20
21	21	2100	21	2100	21	2100	21	2100	21	2100	21	2100	21	2100	21	2100	21	2100	21
22	22	2200	22	2200	22	2200	22	2200	22	2200	22	2200	22	2200	22	2200	22	2200	22
23	23	2300	23	2300	23	2300	23	2300	23	2300	23	2300	23	2300	23	2300	23	2300	23
24	24	2400	24	2400	24	2400	24	2400	24	2400	24	2400	24	2400	24	2400	24	2400	24
25	25	2500	25	2500	25	2500	25	2500	25	2500	25	2500	25	2500	25	2500	25	2500	25
26	26	2600	26	2600	26	2600	26	2600	26	2600	26	2600	26	2600	26	2600	26	2600	26
27	27	2700	27	2700	27	2700	27	2700	27	2700	27	2700	27	2700	27	2700	27	2700	27
28	28	2800	28	2800	28	2800	28	2800	28	2800	28	2800	28	2800	28	2800	28	2800	28
29	29	2900	29	2900	29	2900	29	2900	29	2900	29	2900	29	2900	29	2900	29	2900	29
30	30	3000	30	3000	30	3000	30	3000	30	3000	30	3000	30	3000	30	3000	30	3000	30

(H22.11.24 800~1600)

CERI 独立行政法人 土木研究所 専ら土木研究所 2013/1/17

土研新技術ショーケース2013in札幌 21 / 23

確認試験（調査費の比較）

日当り調査面積を下記のとおりに算出した。

潜水調査（従来の水中構造物点検方法）
 $1,200 \text{ m}^2 / 2 \text{ 人} \cdot \text{日}$
 維持管理計画書策定のための現地調査費（暫定案）
 ：国土交通省による

撮影調査（港湾構造物水中部劣化診断装置）
 （撮影幅）×（撮影区間）×（撮影回数）
 $1.5 \text{ m} \times 150 \text{ m} \times 17 \text{ 回} / \text{日}$
 $\approx 3,800 \text{ m}^2 / \text{日}$

但し、海象条件や航行状況、架装装置の振動などの影響で撮影画像や計測データが後の画像解析装置での処理に適さないと判断される場合は再測を行い、これらの時間的損失で撮影面積は減少する可能性がある。

CERI 独立行政法人 土木研究所 専ら土木研究所 2013/1/17

土研新技術ショーケース2013in札幌 22 / 23

確認試験（調査費の比較）

従来の点検方法（潜水調査）と本技術（撮影調査）の調査費、所要日数を比較した。

撮影面積当りの直接業務費

撮影面積当りの所要日数

施工費を試算した結果、本技術は撮影1回当りに必要な費用（固定費）が割高であるが、撮影1日当りの調査面積が大きく、業務当りの調査面積が大きければ全体的な施工費は潜水調査に比べ安価となった。

CERI 独立行政法人 土木研究所 専ら土木研究所 2013/1/17

土研新技術ショーケース2013in札幌 23 / 23

まとめ

- 撮影画像の分解能は、供試体の撮影画像と疑似クラックの比較から、約3cmの分解能を確認しており、潜水士の目視による判断程度を確保している。
- モザイク図作成における個々の撮影画像の位置関係について、各改善により、位置精度は10~20cm程度となった。
- 港湾構造物水中部の劣化状況（経年変化）が監督員の目で見ることができ、的確な健全度判断が可能となり、ストックマネジメントを進める上で必要な情報を得ることが可能となった。
- 施工費を試算した結果、本技術は撮影1回当りに必要な費用（固定費）が割高であるが、撮影1日当りの調査面積が大きく、業務当りの調査面積が大きければ全体的な施工費は潜水調査に比べ安価となった。

CERI 独立行政法人 土木研究所 専ら土木研究所 2013/1/17