

付録 - 5 健全度評価事例

1 健全度評価事例

海岸保全施設の健全度評価事例を以下に示す。

事例は、海岸保全施設延長 216.5m の海岸護岸で、構造が異なる a～d 区間毎に健全度評価を行ったものである。

海岸護岸 L=216.5m

a 区間 L= 26.8m

b 区間 L=124.5m

c 区間 L= 35.3m

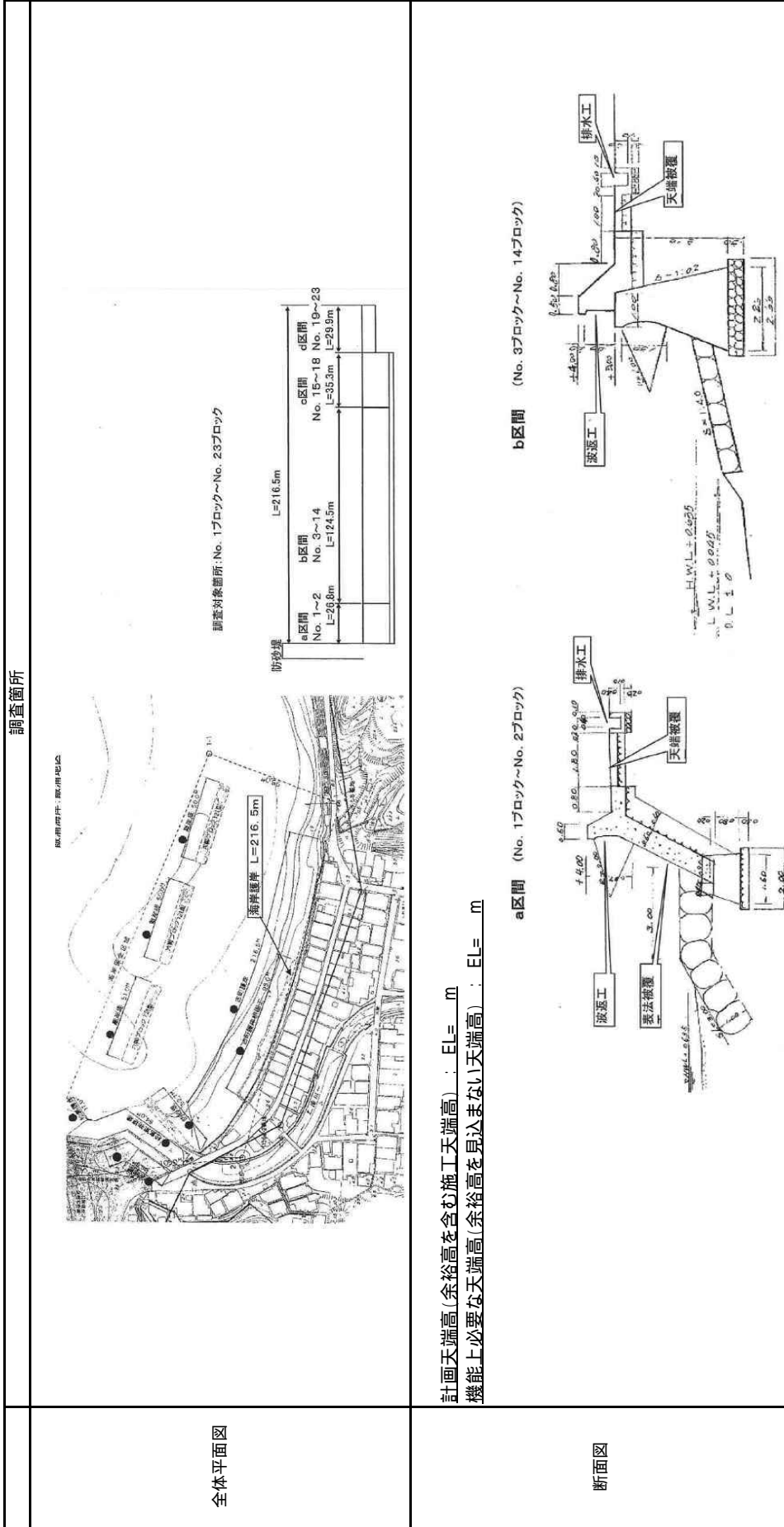
d 区間 L= 29.9m

健全度評価結果を図表 5.1.1に、施設の健全度判定表を図表 5.1.2～図表 5.1.7に示す。

図表 5.1.1 健全度評価結果

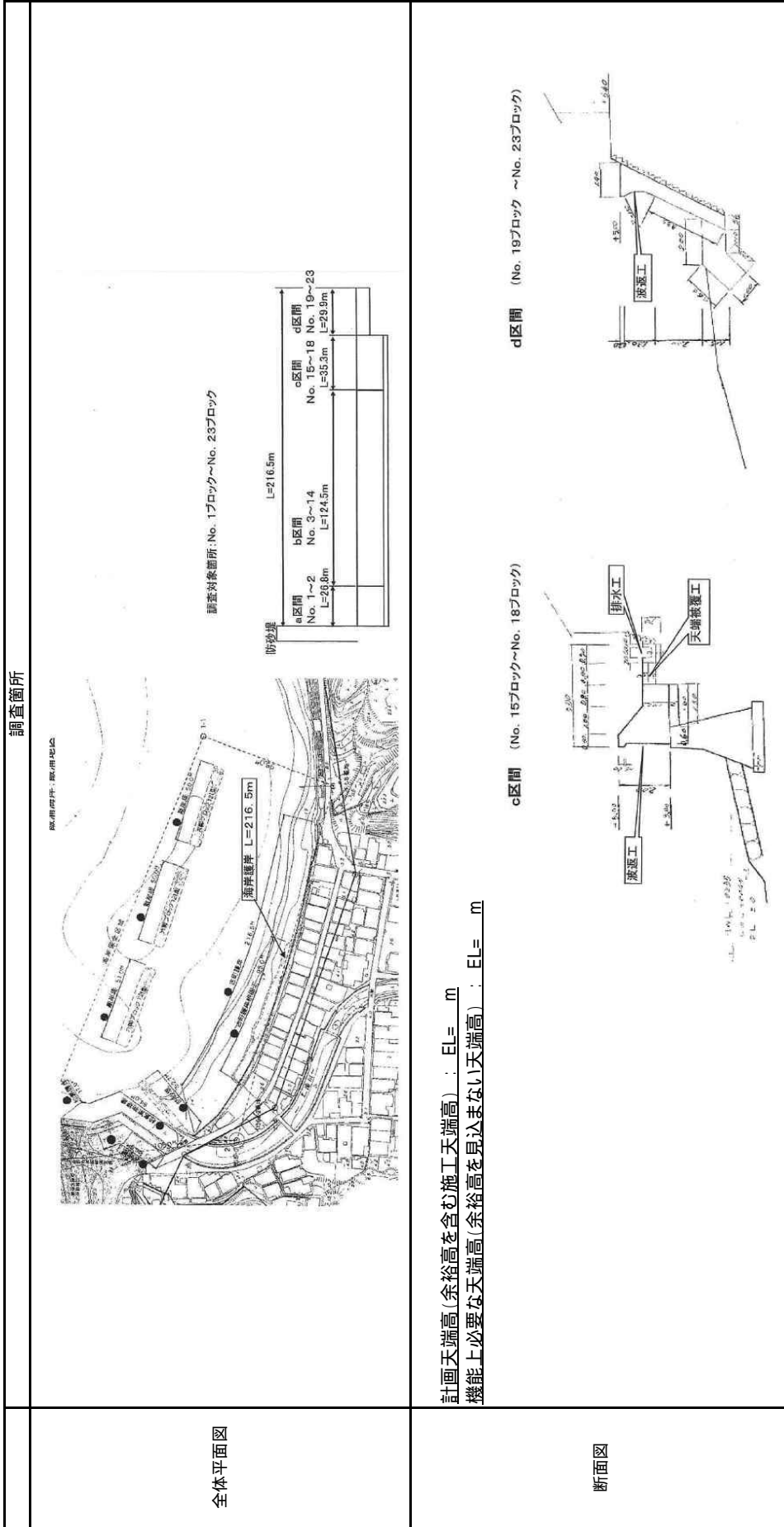
| 区 間 | 健全度の 判定ランク | 判定理由 | 備 考 |
|------|---------------|-----------------------|-----|
| a 区間 | B | 8 割程度の変状現象が b ランクである。 | |
| b 区間 | A | a+ランクの変状現象が 1 つ以上ある。 | |
| c 区間 | C | A、B、D ランク以外である。 | |
| d 区間 | C | c ランクのみである。 | |

| | | | | | | | |
|-------|----|-------|----|-----|------------|------|----|
| 海岸名 | 海岸 | 地区名 | 地区 | 施設名 | 堤防 | 建設年度 | 年度 |
| 調査者氏名 | | 調査者所属 | | | 調査を実施する全範囲 | | |



図表 5.1.2 健全度評価事例全体図(a・b区間)

| | | | | | | | |
|-------|-------|-----|----|-----|------------|------|----|
| 海岸名 | 海岸 | 地区名 | 地区 | 施設名 | 堤防 | 建設年度 | 年度 |
| 調査者氏名 | 調査者所属 | | | | 調査を実施する全範囲 | | |



図表 5.1.3 健全度評価事例全体図(c・d区間)

図表 5.1.4 健全度判定表(1)

| 対象施設 | 調査位置 | 調査項目 | 調査方法 | 変状 | 変状のランク | 確認される変状の程度 | スパン毎の変状ランク No.1 No.2 | 施設の健全度判定 | |
|-------|--------------------|----------------------|--|--|-------------|--|-------------------------|----------|---|
| 護岸・堤防 | 波返工 (および胸壁の埋体上) | ひび割れ 剥離・剥落・欠損 | 目視及び計測 | ひび割れの長さ、ひび割れの幅 | a1 | 部材背面まで達するひび割れ・亀裂が生じている(5mm相当)。 縦断方向に幅 3~5mm 程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。 | b | b | |
| | | | | 1 方向に幅 1~3mm 程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。 | c | | | | |
| | | | | 1mm 以下のひび割れが生じている。もしくは変状なし。 | d | | | | |
| | | | | 広範囲(10%以上)に部材の深部まで剥離・損傷が生じている。 表面だけでなく部材の深部まで剥離・損傷が及んでいる。 | a+ | | | | |
| | 鉄筋の露出 | 鉄筋の有無と鞅鉄筋露出の長さ | 目視及び計測 | 鉄筋の有無と鞅鉄筋露出の長さ | b | 広範囲(10%以上)であるが、剥離・損傷の発生が部材の表面で留まっている。 | a | b | |
| | | | | ごく小規模の剥離・損傷が生じている。もしくは変状なし。 浮き錆が多く、鉄筋表面の大部分あるいは全周に亘る露食が広範囲に認められる。 | c | | | | |
| | 天端撤護工 | ひび割れ | 目視及び計測 | 隣接スパンとの高低差、ずれ、目地の開き | a1 | 隣接スパンとの高低差、ずれ、目地の開きが大きく、口地より水の浸透がある。 | b | b | B |
| | | | | 沈下・陥没 | b | 沈下による凹部が目立つ。 | | | |
| | | | | ひび割れの長さ、ひび割れの幅 | c | 部分的な沈下が見られる。もしくは変状なし。 部材背面まで達するひび割れ・亀裂が生じている(5mm相当)。 巻数方向に幅 3~5mm 程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。 | | | |
| | | | | 1 隅の隣接スパンとの高低差、ずれ、開き | d | 1mm 以下のひび割れが生じている。もしくは変状なし。 日脚部、打継ぎ部のずれが大きく、躯体土砂の流出が見られる。 | | | |
| 剥離・損傷 | 剥離・剥落の深さと範囲 | 目視及び計測 | 剥離・剥落の深さと範囲 | a+ | 剥離・剥落の深さと範囲 | b | b | | |
| | | | ごく小規模の剥離・損傷が生じている。もしくは変状なし。 浮き錆が多く、鉄筋表面の大部分あるいは全周に亘る露食が広範囲に認められる。 | b | | | | | |
| | | | 剥離・剥落の深さと範囲 | c | | | | | |
| | | | 剥離・剥落の深さと範囲 | d | | | | | |

図表 5.1.6 健全度判定表(3)

| 対象施設 | 調査位置 | 調査項目 | 調査方法 | 変状 | 変状のランク | 確認される変状の程度 | | | | スパン毎の変状ランク | | | | 施設の健全度判定 | | |
|-------------|----------------|---------------------|---------------|--|---------------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|------------|---|---|---|----------|--------|--------|
| | | | | | | a+ | b | c | d | a+ | b | c | d | | No. 15 | No. 16 |
| 護岸・堤防 | 波返工(および胸壁の堤体工) | ひび割れ | 目視及び計測 | ひび割れの長さ、ひび割れの幅 | a+ | 部材背面まで達するひび割れ・亀裂が生じている(5mm相当)。 | | | | | | | | c | d | d |
| | | | | | b | 複数方向に幅3~5mm程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。 | | | | | | | | | | |
| | | | | | c | 1方向に幅1~3mm程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。 | | | | | | | | | | |
| | | | | | d | 1mm以下のひび割れが生じている。もしくは変状なし。 | | | | | | | | | | |
| | 鉄筋の腐食 | 目視及び計測 | 剥離・剥落・欠損 | a+ | 広範囲(10%以上)に部材の深部まで剥離・損傷が生じている。 | | | | | | | | c | c | c | |
| | | | | b | 表面だけでなく部材の深部まで剥離・損傷が及んでいる。 | | | | | | | | | | | |
| | | | | c | 広範囲(10%以上)であるが、剥離・損傷の発生が部材の表面で留まっている。 | | | | | | | | | | | |
| | | | | d | ごく小規模の剥離・損傷が生じている。もしくは変状なし。 | | | | | | | | | | | |
| | 目地の開き、相対移動量 | 計測 | 鉄筋の有無と範囲露筋の長さ | a | 浮き錆が著しく、鉄筋断面積の有意な減少が全域に亘っている。 | | | | | | | | c | c | c | |
| | | | | b | 浮き錆が多く、鉄筋表面の大部分あるいは全周に亘る腐食が広範囲に認められる。 | | | | | | | | | | | |
| | | | | c | 錆汁が多く、鉄筋腐食が広範囲に認められる。 | | | | | | | | | | | |
| | | | | d | 一部に錆汁、点錆のみられる。もしくは変状なし。 | | | | | | | | | | | |
| 沈下・陥没 | 計測 | 隣接スパンとの高低差、ずれ、目地の開き | a+ | 転倒あるいは欠損がある。 | | | | | | | | c | c | c | | |
| | | | b | 移動に伴う目地の開きが大きく、目地より水の浸透がある。 | | | | | | | | | | | | |
| | | | c | 目地ずれがあるが、水の浸透はない。 | | | | | | | | | | | | |
| | | | d | 目地部にわずかなずれ、段差、開きのみみられる。もしくは変状なし。 | | | | | | | | | | | | |
| 天端被覆工 | 目視及び計測 | 沈下・陥没 | a+ | 陥没(落ち込んで穴があくこと)がある。または、沈下による3cm以上の沈下(段差)がある。 | | | | | | | | c | b | c | c | |
| | | | b | 沈下による凹部が目立つ。 | | | | | | | | | | | | |
| | | | c | — | | | | | | | | | | | | |
| | | | d | 部分的な沈下が見られる。もしくは変状なし。 | | | | | | | | | | | | |
| ひび割れ | 目視及び計測 | ひび割れの長さ、ひび割れの幅 | a | 部材背面まで達するひび割れ・亀裂が生じている(5mm相当)。 | | | | | | | | c | c | c | c | |
| | | | b | 複数方向に幅3~5mm程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。 | | | | | | | | | | | | |
| | | | c | 1方向に幅1~3mm程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。 | | | | | | | | | | | | |
| | | | d | 1mm以下のひび割れが生じている。もしくは変状なし。 | | | | | | | | | | | | |
| 目地部、打継ぎ部の状況 | 目視及び計測 | 4隅の隣接スパンとの高低差、ずれ、開き | a+ | 目地部、打継ぎ部のずれが大きく、埋体土砂の流出が見られる。 | | | | | | | | d | d | d | d | |
| | | | b | 目地部、打継ぎ部より水の浸透がある。 | | | | | | | | | | | | |
| | | | c | 目地部、打継ぎ部にずれがあるが、水の浸透はない。 | | | | | | | | | | | | |
| | | | d | 目地部、打継ぎ部問わずなずれ、段差、開きが見られる。もしくは変状なし。 | | | | | | | | | | | | |
| 剥離・損傷 | 目視及び計測 | 剥離・剥落の深さと範囲 | a | 広範囲(10%以上)に部材の深部まで剥離・損傷が生じている。 | | | | | | | | d | d | d | d | |
| | | | b | 表面だけでなく部材の深部まで剥離・損傷が及んでいる。 | | | | | | | | | | | | |
| | | | c | 広範囲(10%以上)であっても表面の剥離・損傷が生じている。 | | | | | | | | | | | | |
| | | | d | ごく小規模の剥離・損傷が生じている。もしくは変状なし。 | | | | | | | | | | | | |

図表 5.1.7 健全度判定表(4)

| 対象施設 | 調査位置 | 調査項目 | 調査方法 | 変状 | 変状のランク | 確認される変状の程度 | | | | | スパン毎の変状ランク | | | | | 施設の健全度判定 |
|-------|--------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--|---|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|--------|--------|----------|
| | | | | | | No. 19 | No. 20 | No. 21 | No. 22 | No. 23 | No. 19 | No. 20 | No. 21 | No. 22 | No. 23 | |
| 護岸・堤防 | 液返工 (および胸壁の堤体工) | ひび割れ | 目視及び計測 | ひび割れの長さ、ひび割れの幅 | a1 | 部材背面まで達するひび割れ・亀裂が生じている (5mm相当)。 | c | c | c | c | c | c | c | c | C | |
| | | | | b | 複数方向に幅 3~5mm 程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。 | c | c | c | c | c | c | c | c | | | |
| | | c | 1方向に幅 1~3mm 程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。 | d | 1mm 以下のひび割れが生じている。もしくは変状なし。 | c | c | c | c | c | c | | | | | |
| | | d | 1mm 以下のひび割れが生じている。もしくは変状なし。 | a1 | 広範囲 (10%以上) に部材の深部まで剥離・損傷が生じている。 | | | | | | | | | | | |
| | | a1 | 剥離の範囲、剥落・欠損の深さと範囲 | b | 表面だけでなく部材の深部まで剥離・損傷が及んでいる。 | | | | | | | | | | | |
| | | b | 剥離の範囲、剥落・欠損の深さと範囲 | c | 広範囲 (10%以上) であるが、剥離・損傷の発生が部材の表面で留まっている。 | c | c | c | c | c | c | | | | | |
| | 天端被覆工 | 鉄筋の腐食 | 目視及び計測 | 錆汁の有無と範囲鉄筋露出の長さ | a | ごく小規模の剥離・損傷が生じている。もしくは変状なし。 | | | | | | | | | | |
| | | | | b | 浮き錆が多く、鉄筋表面の大部分あるいは全周に亘る腐食が広範囲に認められる。 | | | | | | | | | | | |
| | | c | 錆汁が多く、鉄筋腐食が広範囲に認められる。 | | | | | | | | | | | | | |
| | | d | 一部に錆汁、点錆がみられる。もしくは変状なし。 | | | | | | | | | | | | | |
| | | a+ | 隣接スパンとの高低差、ずれ、目地の開き | b | 転倒あるいは欠損がある。 | | | | | | | | | | | |
| | | b | 目地の開き | c | 移動に伴う目地の開きが大きく、目地より水の浸透がある。 | | | | | | | | | | | |
| 天端被覆工 | 沈下・陥没 | 目視及び計測 | 沈下・陥没の深さと範囲 | d | 目地部にわずかなずれ、段差、開きのみみられる。もしくは変状なし。 | c | c | c | c | c | c | c | c | | | |
| | | | a+ | 陥没 (落ち込んで穴があくこと) がある。または、沈下による3cm以上の沈下 (段差) がある。 | | | | | | | | | | | | |
| | b | 沈下による凹部が目立つ。 | | | | | | | | | | | | | | |
| | c | — | | | | | | | | | | | | | | |
| | d | 部分的な沈下が見られる。もしくは変状なし。 | | | | | | | | | | | | | | |
| | a+ | ひび割れの長さ、ひび割れの幅 | b | 部材背面まで達するひび割れ・亀裂が生じている (5mm相当)。 | | | | | | | | | | | | |
| 天端被覆工 | ひび割れ | 目視及び計測 | ひび割れの長さ、ひび割れの幅 | b | 複数方向に幅 3~5mm 程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。 | c | c | c | c | c | c | c | c | | | |
| | | | c | 1方向に幅 1~3mm 程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。 | | | | | | | | | | | | |
| | d | 1mm 以下のひび割れが生じている。もしくは変状なし。 | | | | | | | | | | | | | | |
| | a+ | 1 隅の隣接スパンとの高低差、ずれ、開き | b | 目地部、打継ぎ部のずれが大きく、堤体土砂の流出が見られる。 | | | | | | | | | | | | |
| b | 目地部、打継ぎ部より水の浸透がある。 | c | 目地部、打継ぎ部にずれがあるが、水の浸透はない。 | | | | | | | | | | | | | |
| c | 目地部、打継ぎ部にわずかなずれ、段差、開きが見られる。もしくは変状なし。 | d | 目地部、打継ぎ部にわずかなずれ、段差、開きが見られる。もしくは変状なし。 | | | | | | | | | | | | | |
| 天端被覆工 | 剥離・損傷 | 目視及び計測 | 剥離・剥落の深さと範囲 | a+ | 剥離 (10%以上) に部材の深部まで剥離・損傷が生じている。 | | | | | | | | | | | |
| | | | b | 表面だけでなく部材の深部まで剥離・損傷が及んでいる。 | c | 表面だけでなく部材の深部まで剥離・損傷が生じている。 | c | c | c | c | c | | | | | |
| c | 剥離 (10%以上) であっても表面の剥離・損傷が生じている。 | d | ごく小規模の剥離・損傷が生じている。もしくは変状なし。 | | | | | | | | | | | | | |

付録 - 6 変状連鎖

1 一般海岸保全施設の変状連鎖

海岸保全施設の主要な変状連鎖を以下に示す。

変状連鎖とは、変状の発生原因、変状の発生と顕在化、変状の結果生じる影響、そして機能の低下へと変状が進行してゆく過程を整理したものであり、変状の進行には、地震等により短期間に変状が生じる突発型と地盤沈下や材料の劣化等により時間の経過とともに徐々に変状が進行する進行型及びその複合型がある。

以下に護岸・堤防の変状連鎖を示す。

1)消波工なしの護岸・堤防の突発型変状連鎖

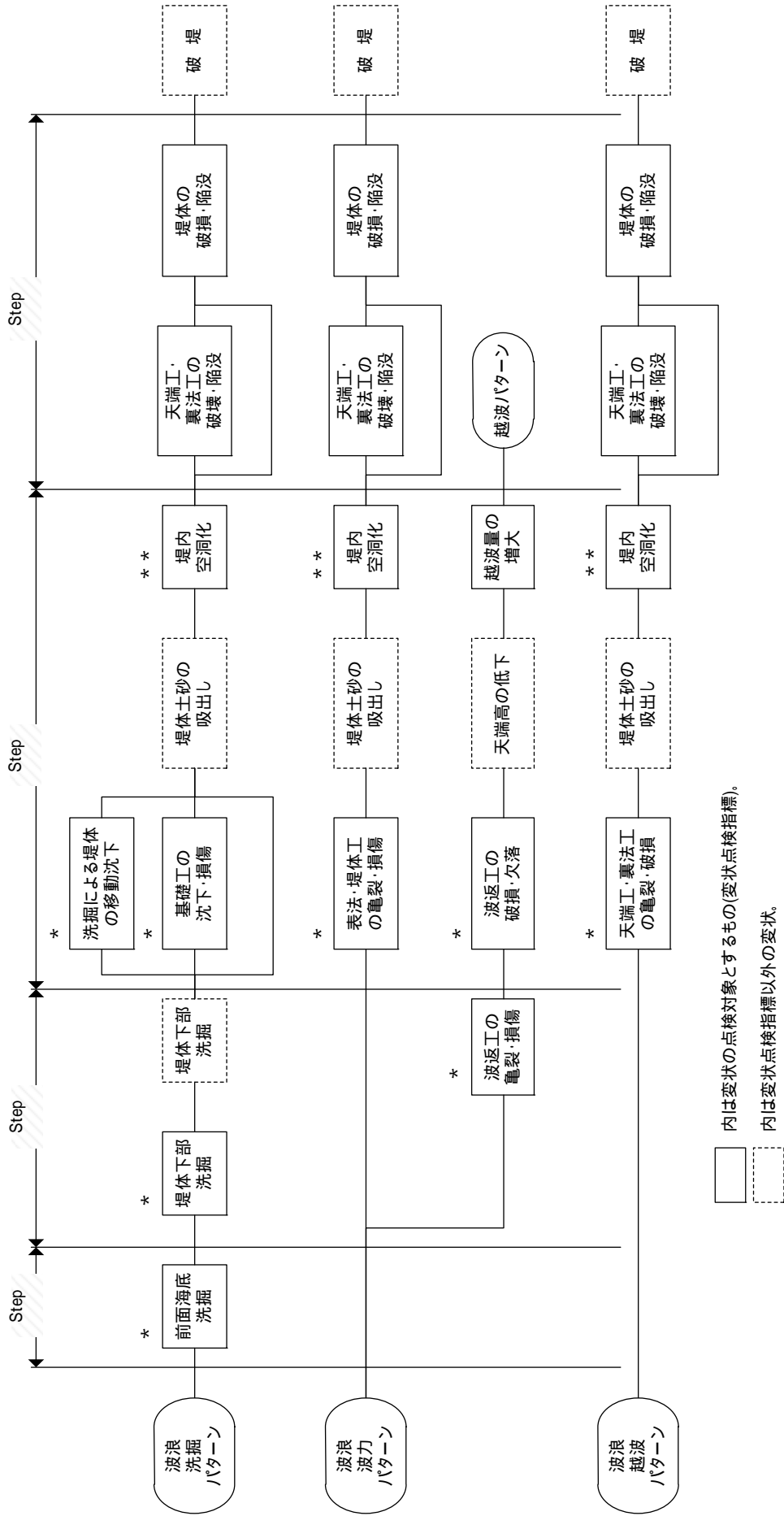
護岸・堤防の代表的な変状現象の進行過程としては、

波浪によって、堤体前面から堤体下部が洗掘され、堤体や基礎工が損傷を受け、堤体土砂が吸い出され、さらに堤体が破壊されてゆくもの、

波浪によって、表法工、堤体工、天端工、裏法工などが損傷を受け、堤体土砂が吸い出され、堤体が破壊されていくもの、

波浪によって波返工が損傷を受け、天端高が低下していくもの等がある。

代表的な堤防の変状現象と変状連鎖図を図表 6.1.1に示す。



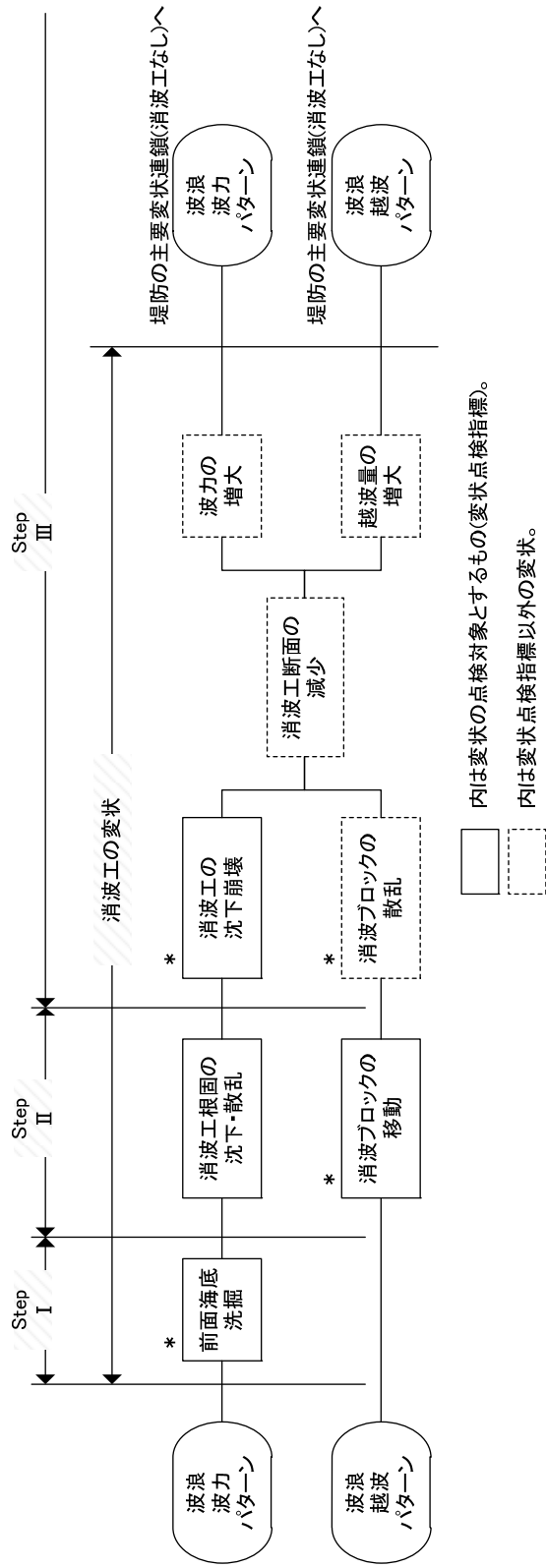
注)「土木学会；海岸施設設計便覧、2000年版、p518」より抜粋

図表 6.1.1 堤防(消波工なし)の主要変状連鎖

2)消波工被覆の護岸・堤防の突発型変状連鎖

護岸・堤防が消波工で被覆されている場合、そのほとんどの変状がまず消波工に発生している。その代表的な変状現象の進行過程としては、波浪によって、前面海底が洗掘され、消波工・根固め工が散乱・沈下を生じ、消波工断面が増大し、越波量波力が増大し、堤体の破損が生じるもの、波浪によって、消波ブロックの移動が生じた後、さらに散乱・崩壊が起こり、消波工断面を減少させ、越波量波力が増大し、堤体の破損が生じるもの、砂礫海岸では、波浪による砂礫の移動で、消波ブロックの重量減少により、移動が生じ散乱・崩壊が起こることもある。

代表的な変状連鎖図を図表 6.1.2に示す。



注)「土木学会；海岸施設設計便覧、2000年版、p519」より抜粋

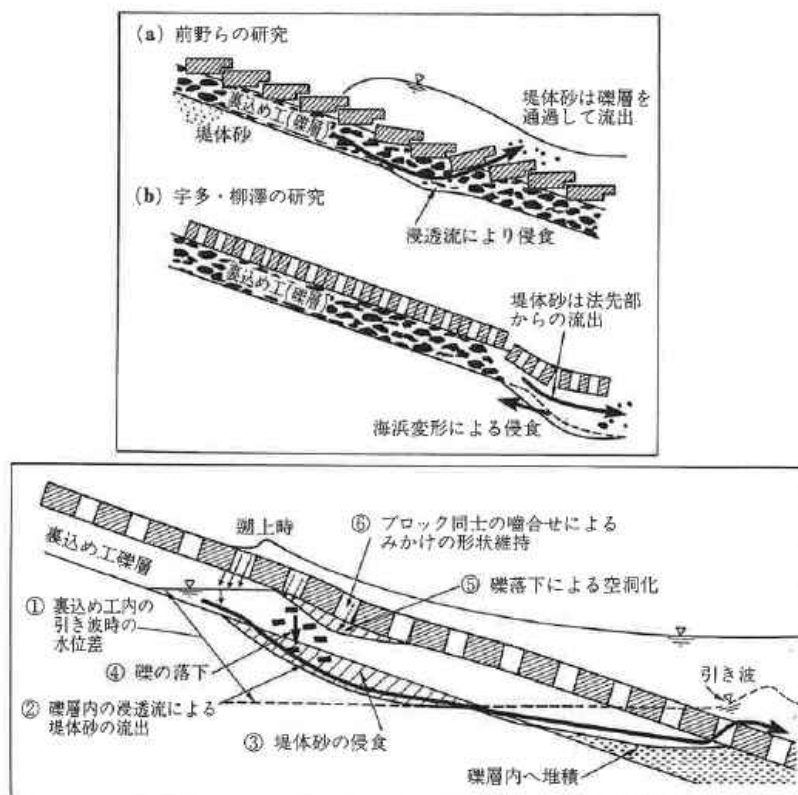
図表 6.1.2 護岸・堤防(消波工被覆)の主要変状連鎖

3) 緩傾斜護岸の突発型変状連鎖

緩傾斜護岸は、堤体盛り土法面に裏込め工を設置し、その表面をコンクリートブロックで被覆した法勾配 1 : 3 より緩い護岸であり、変状現象の進行過程は、

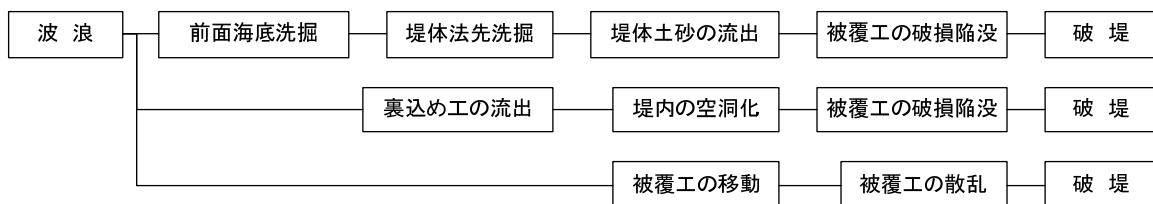
波浪により、前面の海底が洗掘され、護岸法先部が侵食を受け、堤体が法先部より流出し、被覆ブロックの移動散乱、堤体の崩壊へとつづくもの、
 波浪により、被覆ブロックのめくれまたは移動が生じ、下層の裏込め層が侵食を受け、堤体砂を流出し、被覆ブロックの散乱、崩壊に至るもの、
 遡上した波浪が、被覆ブロック下の裏込め層内を流下して堤体砂を侵食、裏込め礫が落下し、堤体内に空洞を生じ、その後被覆ブロックの移動沈下、崩壊が生じるものがある。

緩傾斜護岸の変状現象図と変状連鎖図を図表 6.1.3、図表 6.1.4に示す。



注) 「土木学会；海岸施設設計便覧、2000年版、p520」より抜粋

図表 6.1.3 護岸・堤防の進行型変状連鎖



注) 「土木学会；海岸施設設計便覧、2000年版、p520」より抜粋

図表 6.1.4 緩傾斜護岸の変状連鎖

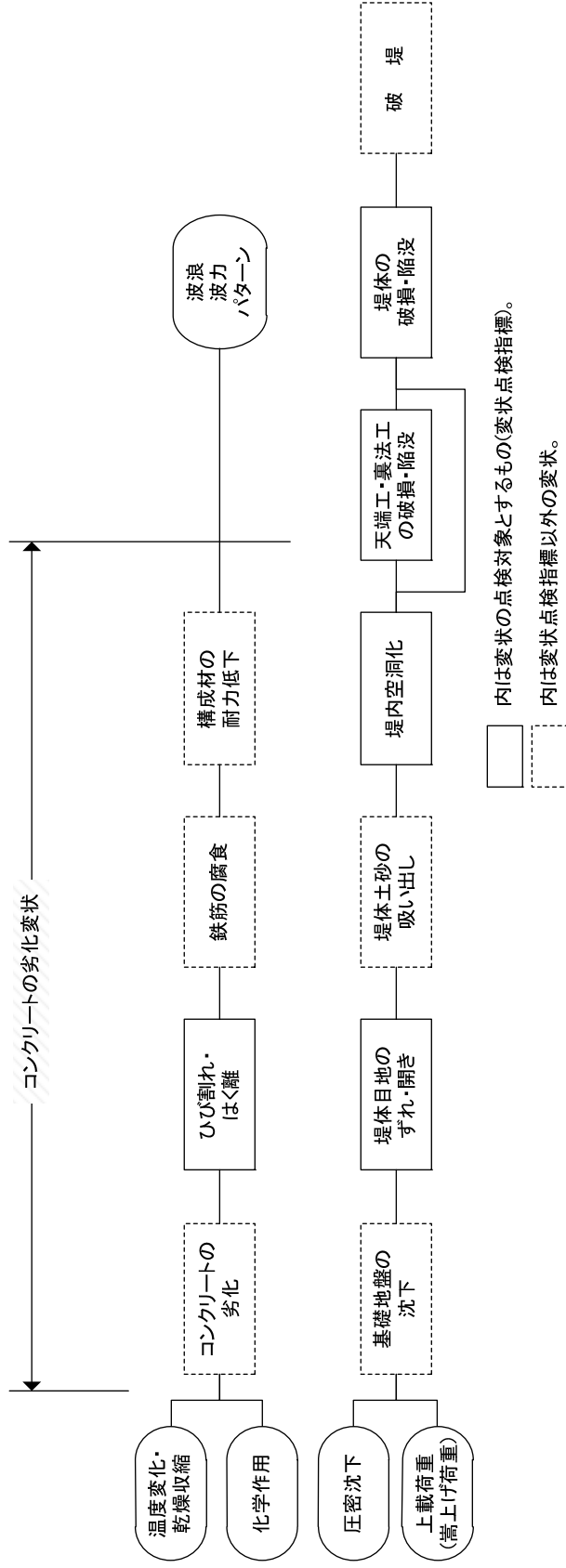
4) 護岸・堤防の進行型変状連鎖

護岸・堤防の進行型の変状としては、コンクリートの劣化や、地盤の圧密沈下によるものがある。

コンクリートの劣化により構成材(護岸・堤防の表法被覆工、堤体工、波返工など)に細かなひび割れや剥離が生じ、コンクリートの中性化(炭酸化)、塩分の部材内侵入、これらに伴う鉄筋の腐食、腐食による鋼材膨張のためコンクリートの亀裂、剥離の増大、といった順序で変状が進行して、コンクリート部材の外力に対する抵抗力を徐々に失っていく場合、あるいはコンクリート強度そのものの低下による亀裂損傷の発生に連鎖する場合などがある。

基礎地盤に粘性土層を持つ施設では、築堤後、堤体の重みで圧密沈下が進行していき、堤体の目地部にずれ・開きが生じ、その部分から水の浸入、吸い出しを生じて堤体内空洞化、堤体被覆工等の破損・陥没、さらに破堤へと連鎖していく場合がある。

このような変状連鎖を图示したものが、図表 6.1.5である。



注) 「土木学会；海岸施設設計便覧、2000年版、p521」より抜粋

図表 6.1.5 護岸・堤防の進行型変状連鎖

2 琉球政府護岸の変状連鎖

1)変状の状況

琉球政府護岸で数多く見られる石積護岸の変状は、次のようなものである。



写真 6.2.1 表法被覆工の石材の抜け
(東海岸伊是名地区)



写真 6.2.2 表法被覆工の石材の抜け・ずれ
(豊見城海岸瀬長島地区)



写真 6.2.3 天端被覆工の沈下・陥没、石材の抜け
(中城湾海岸佐敷地区)



写真 6.2.4 裏法被覆工の石材のずれ
(中城湾海岸佐敷地区)



写真 6.2.5 裏法被覆工の石材のずれ
(北谷海岸北前その1地区)



写真 6.2.6 根固工の石材の抜け
(桃原漁港海岸)

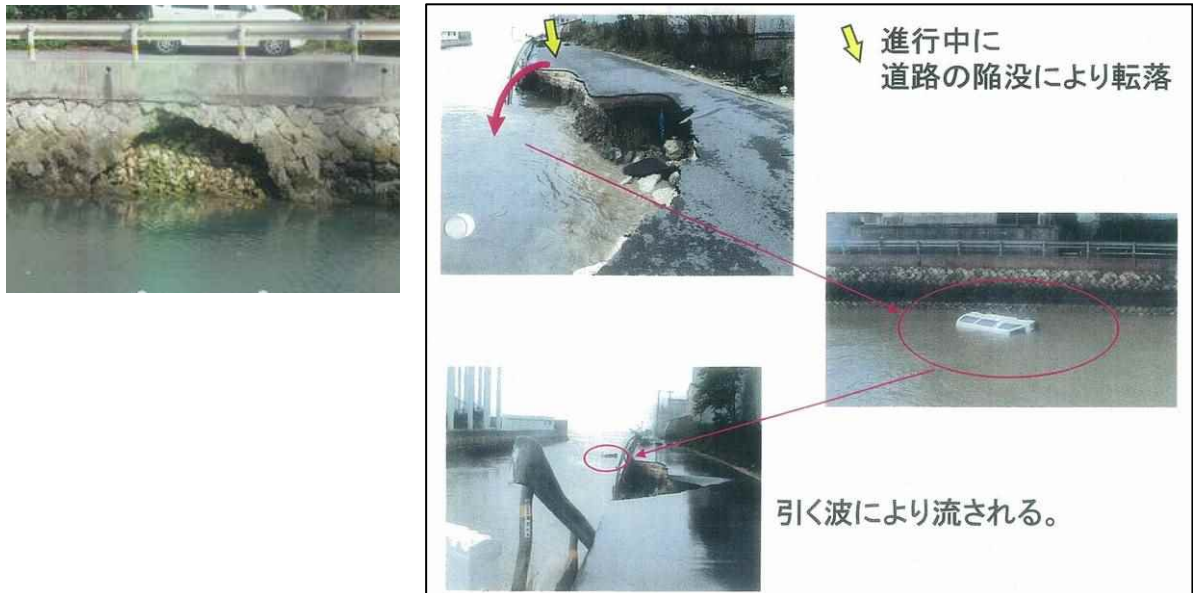
2)過去の被災事例

過去の被災事例は次のとおりである。

(1)港川海岸護岸

浦添市港川地区の護岸であり、平成11年の台風18号により護岸が決壊し、道路の一部も破損、また、護岸部に大きな空洞や亀裂が発生した。

河口部であり、対岸側からの反射波の影響もあったものと想定される。



(2)金武湾港(平敷屋地区)護岸

うるま市勝連平敷屋に位置する金武湾港平敷屋地区の護岸であり、平成13年9月の台風16号により、護岸の一部が決壊した。



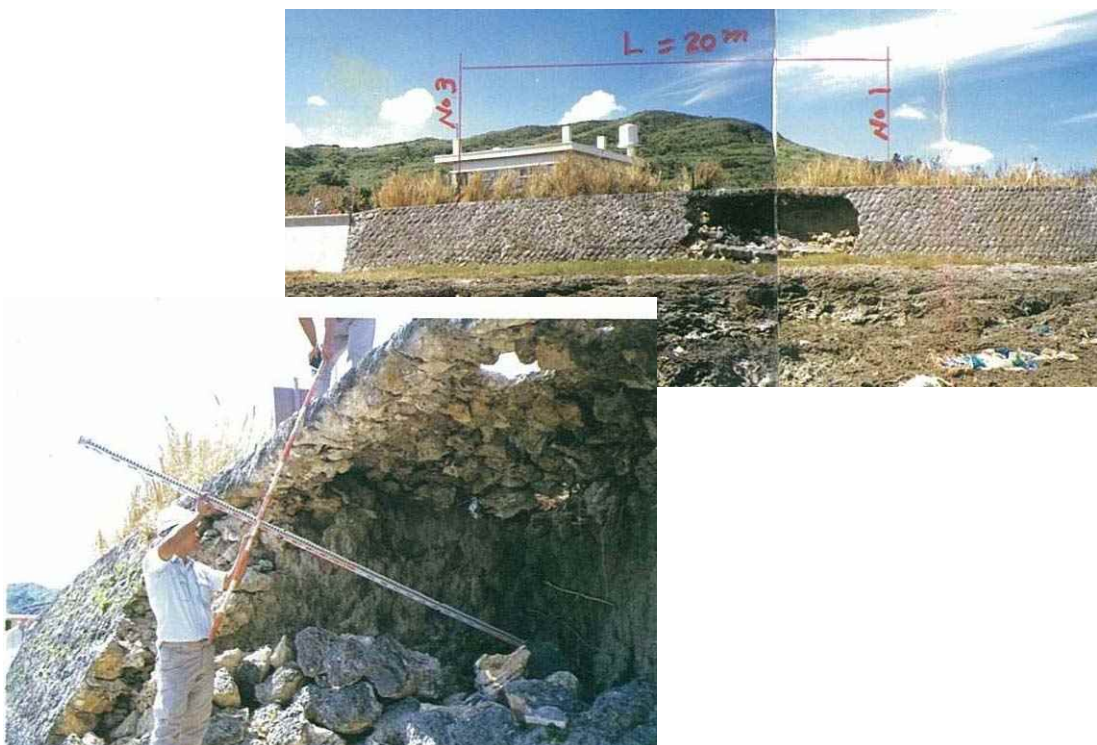
(3)中城湾港(安座真地区)護岸

南城市安座真に位置する中城湾港安座真地区の護岸であり、平成9年8月の台風13号により護岸が決壊した。



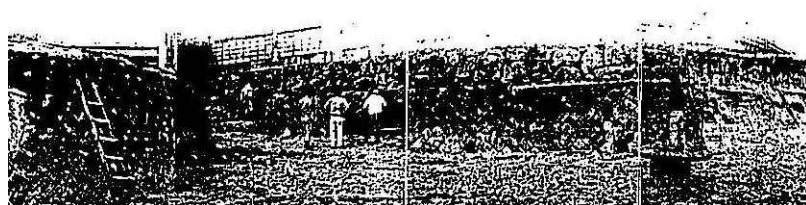
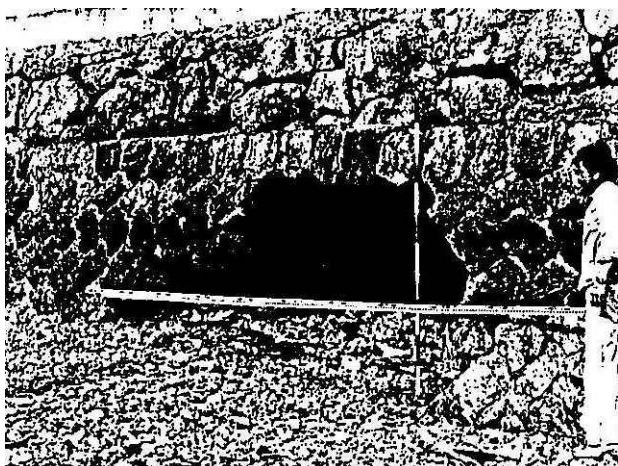
(4)板良敷海岸板良敷地区護岸

与那原町板良敷に位置する護岸であり、昭和58年9月の台風10号により洗掘されて欠損した。



(5)与那原海岸護岸

与那原町与那原に位置する与那原海岸の護岸であり、昭和 55 年 10 月の台風 19 号により洗掘されて決壊した。



3)琉球政府護岸(主に石積式護岸)の変状の連鎖について

琉球政府護岸の破堤に至る変状の連鎖についての資料はないが、上記事例より推定すると次のとおりである。

破堤に至る変状は、大別すると2つのパターンが見られる。一つは、表法被覆工或いは根固工の石材の抜けや移動が発生、築堤材が吸い出され、堤体内部の空洞化が進行する。これに伴い護岸天端の沈下やひび割れが発生している場合もある。ここに台風などによる強大な波浪が作用して、一気に石材や築堤材の抜け(吸出し)が進行して破堤するパターンである。完全に破堤せずに表法被覆工に堤体の空洞部が出現するだけというものもある。これは、港川海岸護岸、板良敷海岸護岸、与那原海岸護岸などが該当するものと思われる。

なお、港川海岸のような被覆工の石材の抜けや移動から築堤材が吸出される現象は、被覆材の背後に吸出防止の対策(例えば、吸出防止材)が何ら講じられていないことによるものと考えられる。

今ひとつは、表法被覆工や天端被覆工の石材の抜けやずれが発生し、堤体の強度が低下しているところへ台風による強大な波浪が作用して、堤体が上部から一気に持って行かれるパターンである。このパターンの場合はもともと天端が低く越波が発生しやすくなっていたようである。これは、平敷屋護岸、安座真護岸などが該当するものと思われる。

一方、破堤に至っていないパターンとしては、今回調査の中城湾海岸の佐敷地区や川田地区の事例がある。これらの護岸では、石材の抜けやずれ或いは、天端被覆工の沈下

等が見られるが、そうした状態を長年保っているものである。

こうした変状が発生した要因として、干潟奥にあるため波浪の影響が小さく、波浪の外力による吸出し等で石材の抜けやずれが発生したとは考えにくい。また、設置場所が干潟であるため地盤が軟弱なことから、地盤沈下が発生したことによるものかとも考えられるが、例えば、佐敷地区では護岸の表法被覆部には沈下による変状が見られずに天端被覆部のみで沈下や陥没等の状況が発生していることから単純に地盤沈下によるとは断じ難く、こうした護岸の石材の抜けやずれの発生原因は、現段階では特定できない。

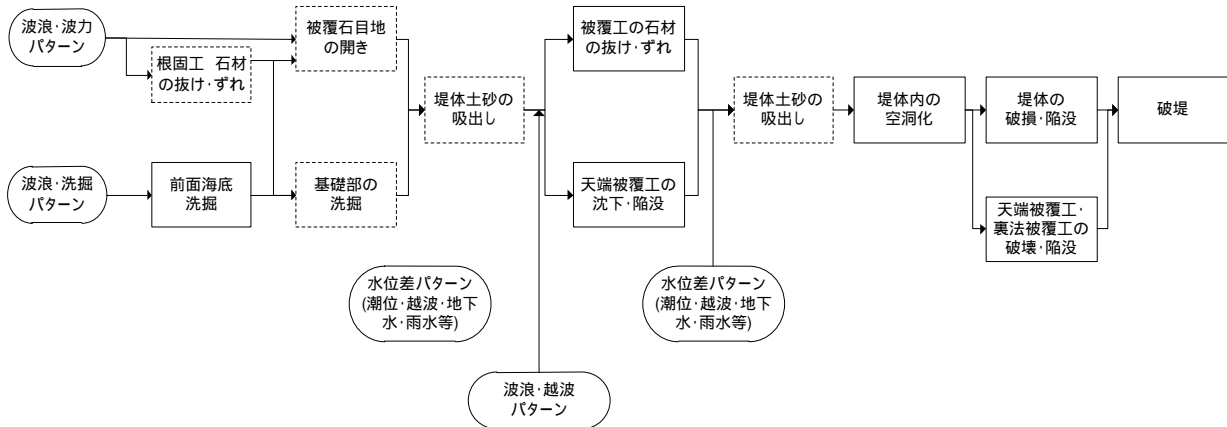
以上の護岸の破壊の違いは、波浪による越波及び潮位による水位の影響を受けやすい、或いは受けにくいことの違いによるものと考えられる(これを位置に置き換えるとH.H.W.L 或いは H.W.L よりも石の抜け等の変状が上にあるか下にあるかによる)。

また、堤体内部を見ると空洞化が進行している部分もある。

以上より、石材に関連する変状をパターンとして示すと以下のように区分できるものと考えられる。

(1)石材の抜け等が水位の影響を受けやすい位置にある(H.W.L よりも下にある)場合

事例：港川海岸、板良敷海岸、与那原海岸、豊見城海岸



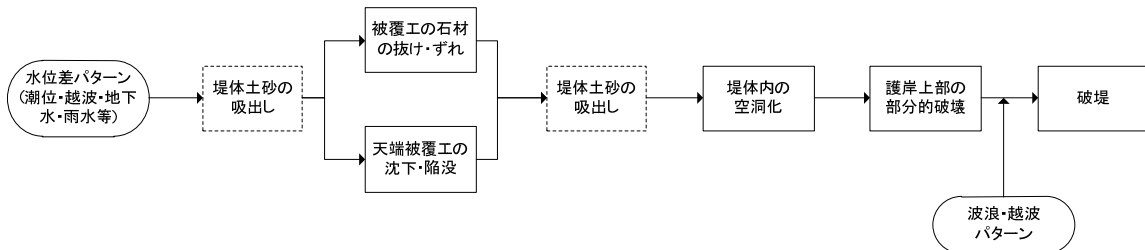
図表 6.2.1 変状連鎖(その1)

相対的に石抜け等の変状が H.W.L よりも下にあった場合には、変状の進行が早いように見られる。

また、波浪の影響が大きい場合には、破堤に至る進行が早くなるものと考えられ、応急対策の必要性が高いものと考えられる。

(2)石材の抜け等が水位の影響を受けにくい(H.W.L よりも上にある)場合

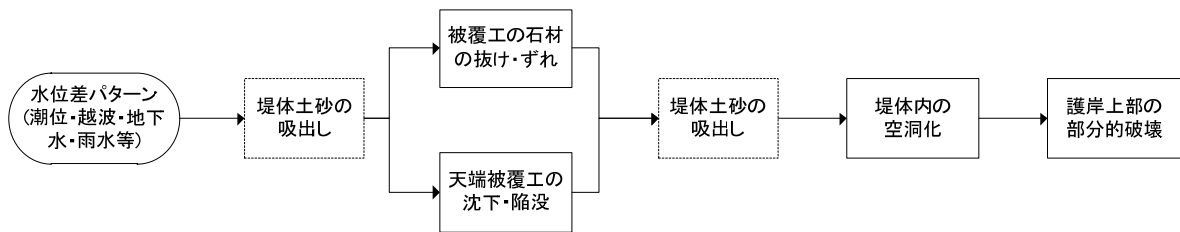
事例：平敷屋海岸、安座真海岸



図表 6.2.2 変状連鎖(その2)

(3)石材の抜け等が水位の影響を受けにくい(H.W.L よりも上にある)場所にあり、かつ波浪の影響がとりわけ小さい場合

事例：佐敷海岸、川田海岸



(ただし、被覆工の石材の抜け・ずれや天端被覆工の沈下・陥没の原因はまだ特定できない)

図表 6.2.3 変状連鎖(その3)

この他、コンクリートの劣化変状による破堤(図表 6.1.5)は、今回の調査では見られなかった。これは扶壁式護岸等鉄筋コンクリートを用いた護岸が琉球政府護岸の中でも比較的新しいものであり、それほど老朽化が進んでいないこと、材料の品質や部材寸法等も比較的現在の基準に近いかほぼ同じものであることによるものと考えられる。

また、圧密沈下によると思われる変状は見られなかった。

付録 - 7 老朽化調査及び老朽化対策計画策定のポイント

老朽化調査及び老朽化対策計画策定のポイントを以下に示す。

1 施設概要等の整理

1)対象施設の概要

対象施設の概要は、老朽化調査の調査計画や老朽化対策工法の検討を行う上で必要となるため、建設年次、平面図、標準断面図や後背地利用等の情報をできるだけ多く収集し、整理する。

2)文献等の整理

文献等の整理は、対策方針の決定、対策目標の設定や老朽化対策工法の検討における制約条件等の設定に必要となるため、自然・社会・環境条件や、海岸保全施設が備える多面的機能(レクリエーション、漁場等)に関する情報も収集し、整理する。

2 老朽化調査

1)一次点検

一次点検シートは、二次点検実施時において、変状位置を速やかに確認できるように作成することが望ましい。また、同一構造で施工延長が長い場合の点検間隔の設定は、建設年次等を目安に適宜設定してもよい。

2)二次点検(簡易)

過去に変状が生じた箇所は、変状が進行する可能性が高いと考えられるため、経年的な変状の進行状況等が、次回の点検で確認できるように丁寧に記載することが望ましい。

砂浜の侵食等が目視により判断しがたい場合は、通年的な観測により判断することが望ましい。

目地部、打継ぎ部からの水の浸透は、降雨後に点検を行うと確認しやすい。

また、同一構造で施工延長が長い場合の点検間隔の設定は、建設年次等を目安に適宜設定してもよい。

3)健全度評価

健全度評価は、点検位置毎の変状ランクを施設毎に集計し、施設全体の健全度を評価するものである。

また、同一構造で施設延長が長い場合の施設の単位は、建設年次等を目安に設定してもよい。

4)二次点検(詳細)

健全度の判定ランクが B ランクであっても、二次点検(詳細)の結果により大規模な空洞やコンクリート強度が設計基準強度未満であることが確認された場合は、施設の健全度判定ランクを A ランクとし、周辺利用状況、背後の財産、管理者の財政状況等を考慮して、老朽化対策工事の実施時期を検討することが望ましい。

3 老朽化対策計画

1)対策方針の決定

健全度評価結果がAランクと判定された施設でも、背後地の利用状況、財政的状況、施設の重要度等を考慮し、老朽化対策工事の実施時期を適宜判断するものとする。

2)対策目標の設定

施設の重要度等を考慮して防護水準を決定した上で、老朽化対策後の供用期間の設定や老朽化対策工法の設定をすることが望ましい。

なお、防護水準は、越波流量より設定することを基本とする。

3)対策方針の設定

対策方針は、健全度及び防護水準の状況により次の8ケースになる。

| | | 健全度 | | | |
|----------|-----|---------------|----------------|----------------|----------------|
| | | Aランク (要対策) | Bランク (重点監視) | Cランク (重点点検) | Dランク (問題なし) |
| 防護 水準 | OUT | ケース1 | ケース3 | ケース5 | ケース7 |
| | OK | ケース2 | ケース4 | ケース6 | ケース8 |

以下に各ケースの対策方針(案)を示す。

ケース1

本海岸の琉球政府護岸は、防護水準を満足していないことから改良・更新が必要である。また、健全度評価では断面Aの健全度がAランクで対策が必要である。

また、整備の優先順位も高いため、早急に老朽化対策を実施する必要がある。老朽化対策(改良・更新)を実施するまでは、重点監視を目的として点検計画(二次点検を毎年実施)を実施することを原則とする。

この点検において、変状の進行が発見された場合は、緊急措置的な対策を検討する。

ケース2

本海岸の琉球政府護岸は、防護水準を満足していることから改良・更新は不要である。しかし、健全度評価では断面Aの健全度がAランクで対策が必要である。

そのため、LCCを考慮した老朽化対策(維持補修工事)を、早急に実施するものとして、それまでの間、重点監視を目的として点検計画(二次点検を毎年実施)を実施することを原則とする。

この点検において、変状の進行が発見された場合は、緊急措置的な対策を検討する。

ケース3

本海岸の琉球政府護岸は、防護水準を満足していないことから改良・更新が必要である。また、健全度評価では断面Aの健全度がBランク以下で重点監視が必要である。

老朽化対策(改良・更新)を実施するまでは、LCCを考慮のうえで、現時点での対策工法が有効か検討し、必要が認められれば老朽化対策を実施する。それまでの間は経過観察を目的として次の点検計画(二次点検を毎年実施)を実施することを原則とする。

老朽化対策の必要性が低ければ、定期的(3年に1回)に二次点検を実施する。

この点検において、変状の進行が発見された場合は、緊急措置的な対策を検討する。

ケース4

本海岸の琉球政府護岸は、防護水準を満足していることから改良・更新は不必要である。一方、健全度評価では断面Aの健全度がBランク以下で重点監視が必要である。

そのため、詳細な計測による二次点検(詳細点検)が必要かを検討し、必要ならば二次点検を実施、再度健全度を評価し、Aランクと評価されたならば、LCCを考慮の上で老朽化対策の実施を検討する。

Cランクと評価されたならば、重点監視を目的として定期的(3年に1回)に二次点検を実施することを原則とする。

この点検において、変状の進行が発見された場合は、緊急措置的な対策を検討する。

ケース5

本海岸の琉球政府護岸は、防護水準を満足していないことから改良・更新が必要であり、健全度評価では断面Aの健全度がCランク以下で重点点検が必要である。

老朽化対策(改良・更新)を実施するまでは、定期的(3年に1回)に二次点検を実施することを原則とする。

この点検において、変状の進行が発見された場合は、緊急措置的な対策を検討する。

ケース6

本海岸の琉球政府護岸は、防護水準を満足していることから改良・更新は不必要である。また、健全度評価では断面Aの健全度がCランク以下で重点点検が必要である。

そのため、重点監視を目的として定期的(3年に1回)に二次点検を実施することを原則とする。

この点検において、変状の進行が発見された場合は、緊急措置的な対策を検討する。

ケース7

本海岸の琉球政府護岸は、防護水準を満足していないことから改良・更新が必要であり、健全度評価では断面Aの健全度がDランク以下で問題はない。

老朽化対策(改良・更新)を実施するまでは、定期的(3年に1回)に一次点検を実施することを原則とする。

この点検において、変状の進行が発見された場合は、緊急措置的な対策を検討する。

ケース8

本海岸の琉球政府護岸は、防護水準を満足していることから老朽化対策(改良・更新)は不必要である。また、健全度評価でも全ての断面の健全度がDランク以下で問題がない。

このため、定期的(3年に1回)に一次点検を実施することを原則とする。

4)対策工法の基本的検討

対策工法の基本的検討は、対象施設の変状の種類や程度を踏まえて行うものとし、最適な老朽化対策工法を採用するものとする。

5)対策後の調査計画

施設の延命化やライフサイクルコストの最小化を図るために、調査計画を老朽化対策工事の実施段階で策定することが望ましい。

6)その他の事項

施設及び前面全面海域等の利用状況や老朽化対策工法に関する要望を把握するために、周辺住民や利用者の意見等を確認することが望ましい。

また、建設年代が近代(幕末～昭和20年代)に完成したもの、或いは近世以前に完成したものの場合、歴史的建造物の可能性があるため、老朽化対策の整備計画を検討する段階で地域の要望(地域自治体や住民の意見)や記念碑等の状況を調査し、その対処方法を検討する。

(参考：桃原漁港海岸、金武湾港海岸等)

昭和6年頃に整備された石積護岸であり、地元うるま市与那城に護岸整備記念碑・真境名安明氏(護岸整備に尽力した県会議員)銅像があり、うるま市市勢要覧に人物伝が記載されている。

人物伝

護岸整備の必要性を訴え続けた、立役者

真境名 安明 (まじきな あんめい) 1884～1935 県会議員 *Anmei Majikina*



安定した人々の暮らしを目指して

与勝の守り人と慕われる真境名安明氏は、医師として与勝地域の住民の健康管理を担う一方、昭和4年県会議員に当選。与那城、勝連地域は、長い海岸線に位置しているが、当時は護岸施設もなく沿岸地域の田畑は毎年のように来襲する台風や豪雨などに見まれ、その被害は惨状を極めていた。真境名氏は、周辺地域の農耕地の保全を図るため堅固な護岸、堤防の築造対策に立ち上がり、昭和8年から実施された「沖縄県振興15カ年計画」を当地域に誘致し、与那城地域の海岸線全域の護岸工事、耕地整理事業、土農道、河川工事等に尽力した。

In Search for Better Living Standards
Anmei Majikina, also called the "Guardian of Yokatsu" with affection, was a doctor in the Yokatsu region who was elected as a member of the prefectural assembly in 1929. Although the Yonashiro and Katsuren regions are located along a lengthy coastline, there was no seawall back then and every year the farmlands near the coast were badly damaged from typhoons and heavy rainfall. To end this vicious cycle, Majikina stood up and built sturdy banks and seawalls for protection, and was instrumental in getting Yokatsu included in the "Okinawa Prefecture 15-Year Promotion Plan" of 1933. He also had a hand in projects like the seawall construction along the entire coast of the Yokatsu area, land consolidation, road construction, and river conservation works.



付録 - 8 琉球政府護岸の特徴

前期(昭和 20 年代頃まで)の琉球政府護岸の特徴としては、直立型石積式護岸が多用されていることである。

石積式護岸にコンクリートの上部工を設けていたものも見られるが、築造当初からのものは不明である。さらに天端高の不足を補うため、石積式護岸の上部にパラペット形状の上部工を設置している事例もある。

また、昭和 30 年代以降に多用された鉄筋コンクリート傾斜式扶壁護岸は、表法被覆工を鉄筋コンクリート造としたもので、前期の石積式護岸と比べると構造的には強固となったとされている。

1 直立型石積式

直立型石積式は、琉球政府護岸の中で整備年次としては、一番古い構造形式で、谷積工法としての石積式護岸は、1933 年頃から建設されている。

直立型石積式では、表法被覆工での変状が最も多く約 47%を占めている。次いで、天端被覆工の変状が多く 36%を占め、両者で全変状の 80%以上となる。

表法被覆工では、被覆石の抜け・ずれ、目地の開き、植生の異常(繁茂等)が石積式特有の変状で、約 70%以上を占めている。

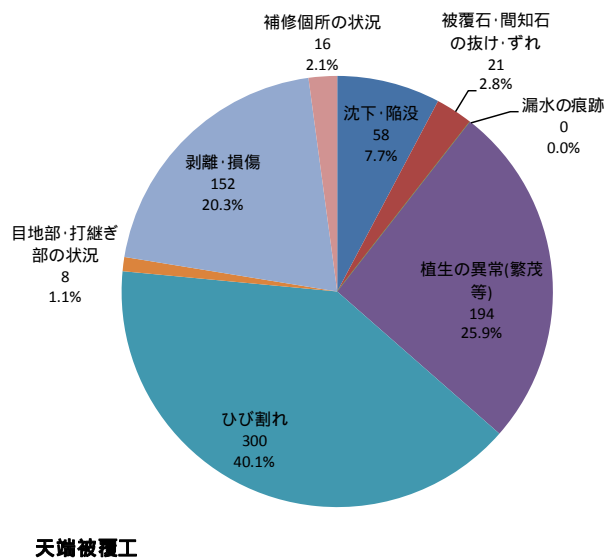
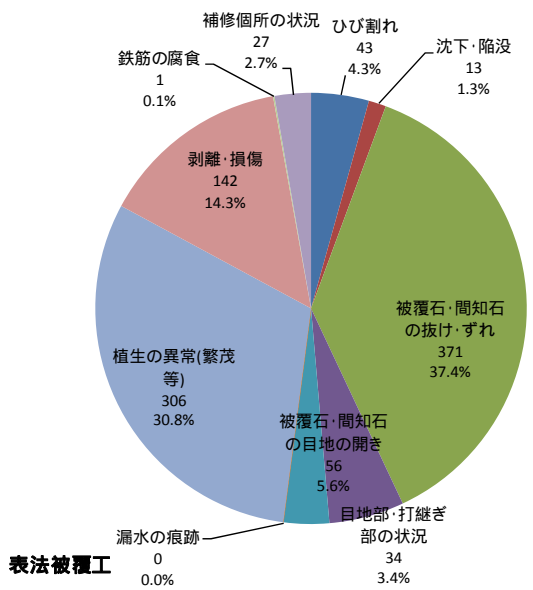
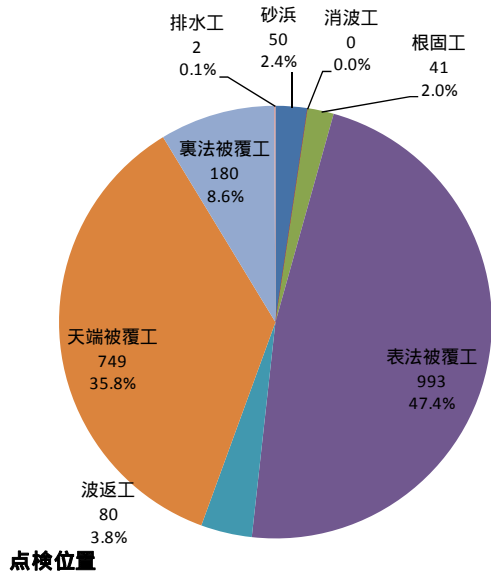
また、天端被覆工では、ひび割れが最も多く、植生の異常(繁茂等)、次いで剥離・損傷と続いている。



表法被覆工における変状例
(被覆石の抜け・ずれ)
竹富東港海岸



天端被覆工における変状例
(植生の異常、沈下・陥没)
中城湾港海岸富祖崎地区



図表 8.1.1 直立型石積式の変状箇所

変状連鎖としては、波浪(波力、洗掘)及び水位差による堤体土砂吸い出し、被覆材の抜け・ずれと、それに伴う天端被覆工の沈下・陥没であると思われる。



天端被覆工における沈下・陥没事例

琉球政府護岸の直立型石積式は、石積が空積みまたは裏込めが不十分な練石積みである

可能性があり、堤体土砂吸い出しが生じやすい構造と思われる。

桃原漁港海岸における表法被覆工の状況

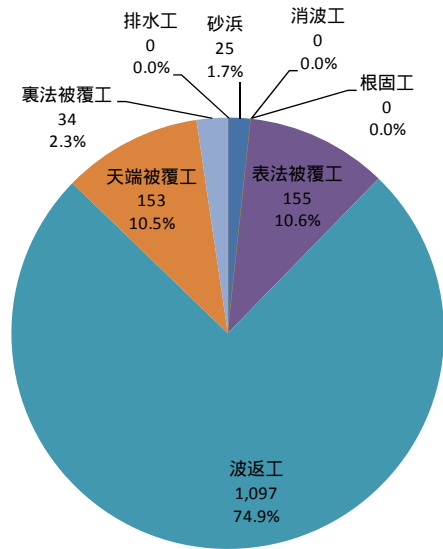


また、直立型石積式の上にコンクリートの波返しが設置されているものも琉球政府護岸の中にはあるが、この波返工は、ひび割れ、剥離・剥落・欠損が多く、点検当初から指摘されていたように巨石等を用いてコンクリートの嵩ましを行う等コンクリート上部工としての性能が当初から悪いものも多く見られる。

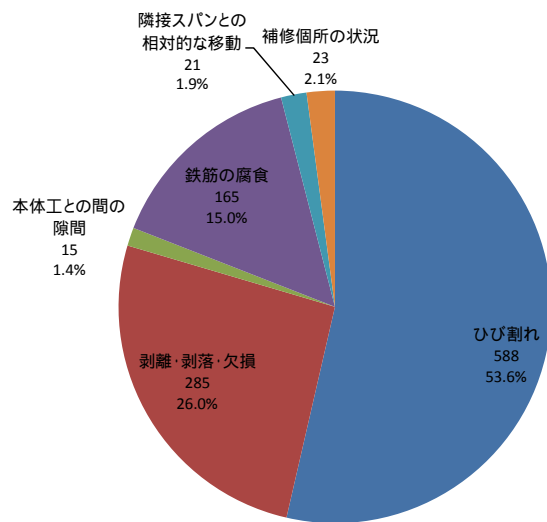


コンクリート上部工では、波返工での変状が約75%と多数を占め、表法被覆工と天端被覆工は同程度となっている。

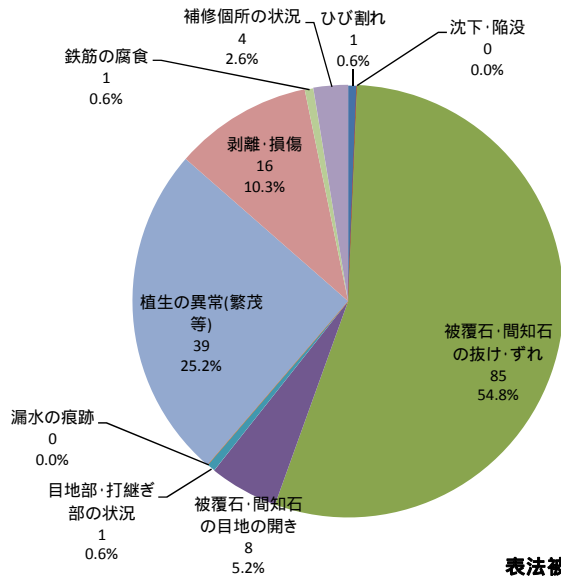
表法被覆工については、直立型石積式の場合と構造が同じため、変状箇所も似通ったものとなっている。



点検位置



波返工



表法被覆工

図表 8.1.2 直立型石積式+コンクリート上部工の変状箇所

2 コンクリート直立式

コンクリート直立式は、琉球政府護岸の中で整備年次としては、二番目に古い構造形式であり、1940～1950年代頃に建設されている。

現場発生の特規外石材の使用や巨石等を用いてコンクリートの嵩ましを行うなどの材料の初期不良、部材厚の小さい波返し等の構造的な初期不良も多く、コンクリートの劣化は、ひび割れより剥離・損傷・欠損の割合が、鉄筋コンクリート傾斜式扶壁と比較すると高い傾向にある。



表法被覆工のコア採取結果



コンクリートの剥離・剥落事例

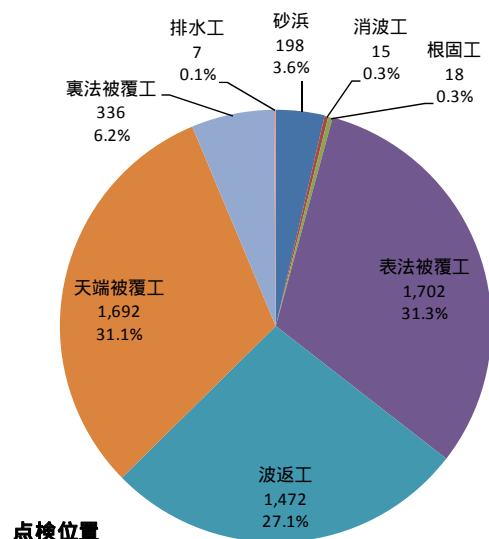
コンクリート直立式では、表法被覆工と天端被覆工での変状が最も多く、両者で全変状の60%以上となる。

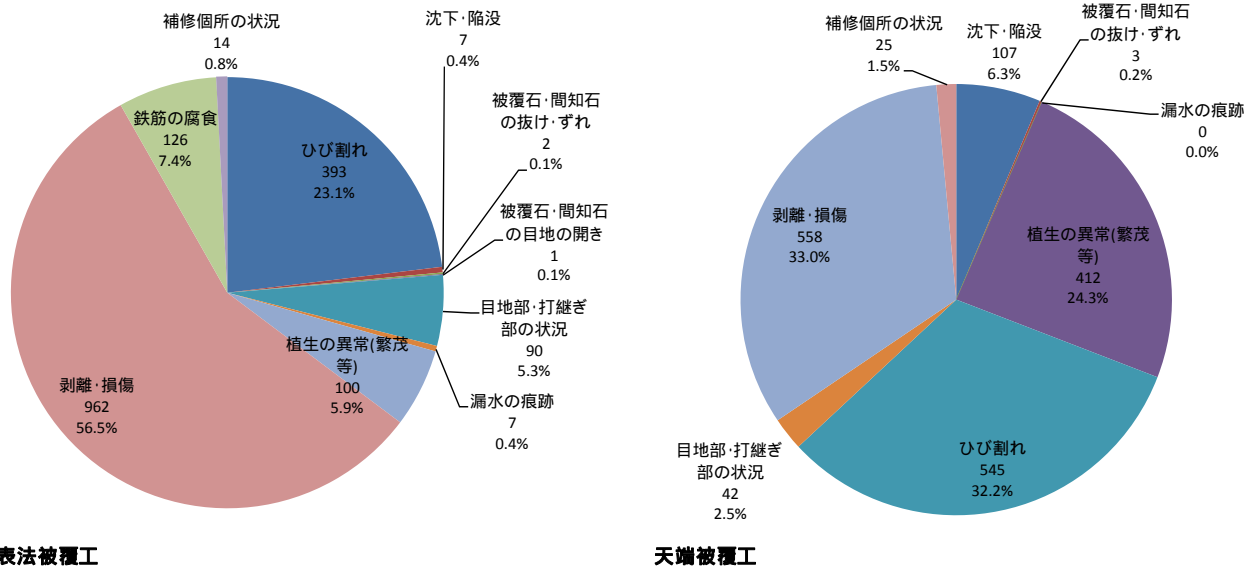
表法被覆工では、剥離・損傷、ひび割れで約80%を占めている。

また、天端被覆工においては、剥離・損傷、植生の異常及びひび割れで多数を占め、約90%となっている。

コンクリートのひび割れの原因は、現場発生の特規外石材の使用や巨石の投入などの初期不良や施工目地の省略によるものもある。

また、コンクリートの剥離・剥落・欠損の原因としては、現場発生の特規外石材の使用や巨石の投入などの初期不良や水中部のコンクリートで水中コンクリートの対策を行わなかったものもあると思われる。





図表 8.2.1 コンクリート直立式の変状箇所

コンクリート直立式は、直立型石積式と比較して、天端被覆工の沈下、陥没の割合は、小さくなっていることから、堤体土砂吸い出しは生じにくい構造となっていることが推測されるが、表法被覆工のコンクリートの品質に問題があるものも多く、吸い出し・空洞化が進行していることが想定されるため、天端被覆工にひび割れや、沈下・陥没が発生している施設には注意が必要である。



天端被覆工の変状事例(沈下・陥没)

3 鉄筋コンクリート傾斜式扶壁

鉄筋コンクリート傾斜式扶壁は、琉球政府護岸の中で整備年次としては、もっとも新しい構造形式であり、1960年代以降に建設されているものが大半である。構造としては比較的強固で、材料、構造の初期不良も少ない。

鉄筋コンクリート式であるため、鉄筋の腐食によるひび割れや剥離・剥落が変状として現れている。



鉄筋の腐食



コア採取結果

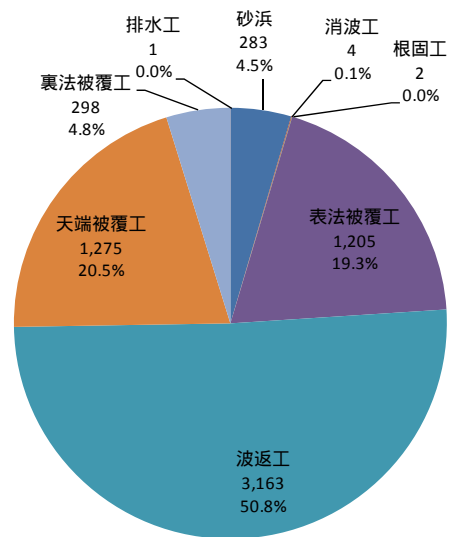
鉄筋コンクリート傾斜式扶壁では、波返工での変状が最も多く、次いで天端被覆工、表法被覆工となっている。

波返工では、ひび割れが約 41%、剥離・剥落・欠損が約 33%、鉄筋の腐食が約 22%となっており、この3つで90%以上を占めている。

鉄筋コンクリート傾斜式扶壁は、コンクリート直立式と比較して、コンクリートの変状の割合は、ひび割れが多くなり、剥離・剥落・欠損が少なくなっている。

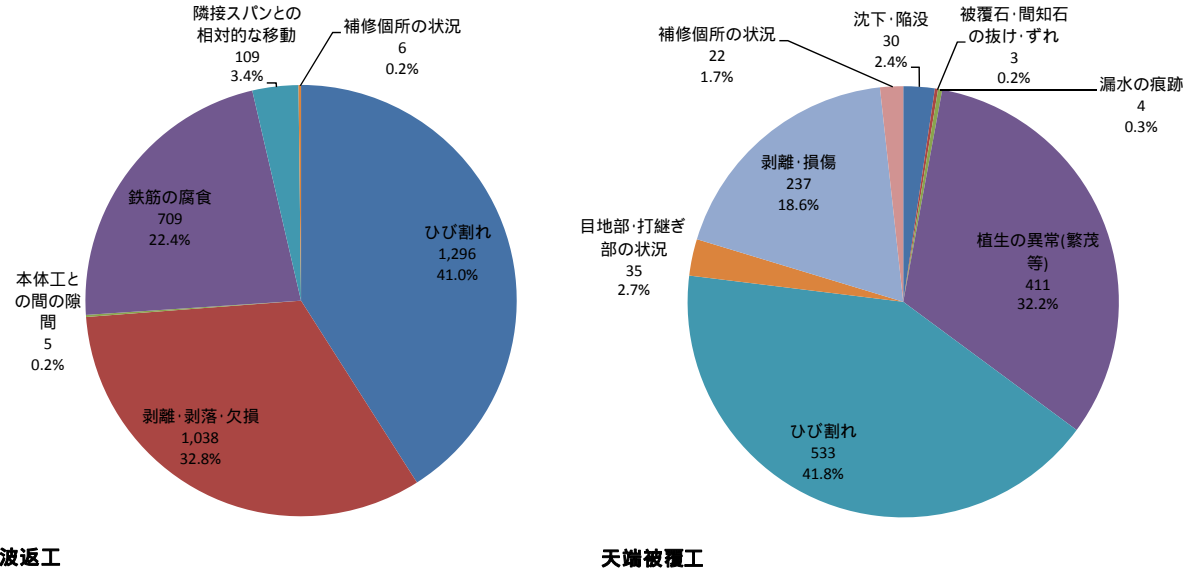
コンクリートのひび割れは、部材背面まで達しているものよりも部材表面でのひび割れが多いように感じられる。

また、コンクリートの剥離・剥落・欠損の原因としては、鉄筋の腐食や波浪外力、石や流木等の打ち上げによる衝撃によるものと推定される。



点検位置

天端被覆工では、ひび割れが約 42%となっているが、沈下・陥没は約 2%となっており、天端被覆工の沈下・陥没まで変状が進行しているものは少ない。よって、石積、コンクリート直立式と比較して、天端被覆工の沈下、陥没の割合は、さらに小さくなっていることから、堤体土砂吸い出しは生じにくい構造となっていることが推測される。



図表 8.3.1 鉄筋コンクリート傾斜式扶壁の変状箇所



ひび割れ事例

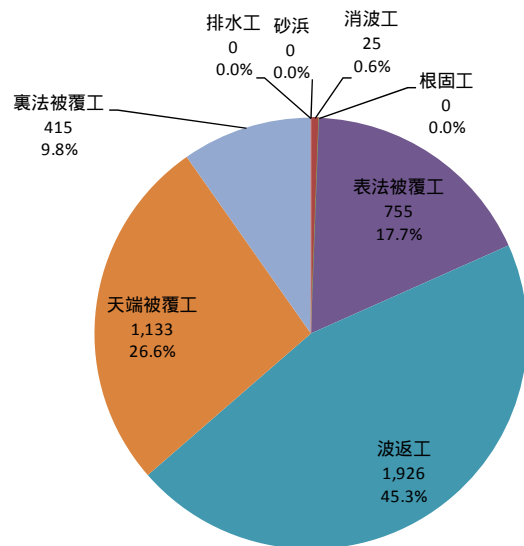


天端被覆工の事例

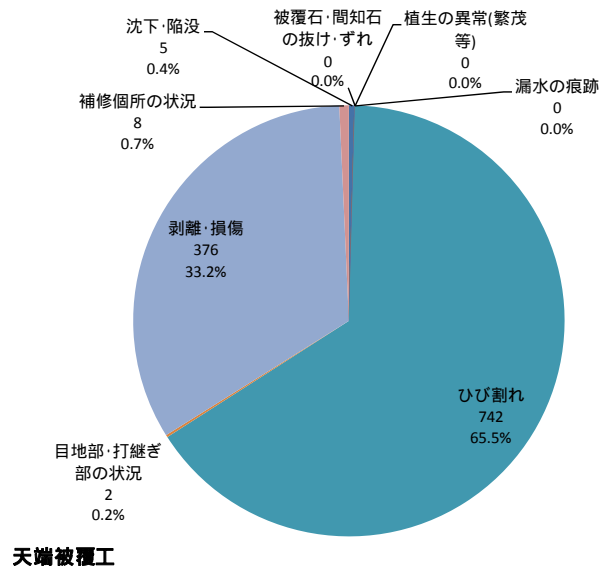
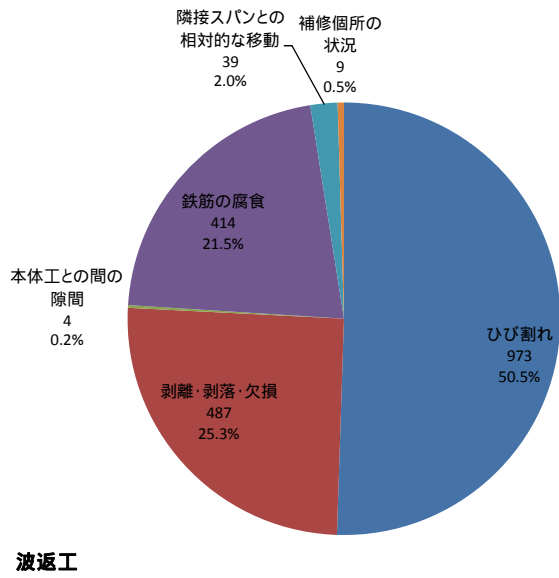
鉄筋コンクリート傾斜式扶壁+消波工では、波返工での変状が最も多く、次いで天端被覆工、表法被覆工となっている。

波返工では、ひび割れが約 51%、剥離・剥落・欠損が約 25%、鉄筋の腐食が約 22%となっており、この3つがほとんどを占めている。

天端被覆工では、ひび割れが約 66%となっているが、沈下・陥没は 0.4%となっており、天端被覆工の沈下・陥没まで変状が進行しているものは少ない。



点検位置



図表 8.3.2 鉄筋コンクリート傾斜式扶壁+消波工の変状箇所