

港湾工事における長尺グラウンドアンカー工 施工上の創意工夫について

早田 秀人¹・澤田 鉄司¹

¹九州地方整備局 志布志港湾事務所 保全課 (〒899-7102 鹿児島県志布志市志布志町帖6617-182)

志布志港新若浜地区にある岸壁(-14m)は、南九州の国際物流拠点としての中心的役割を担う重要な施設である。その岸壁(-14m)を整備するにあたり施工上の工夫について発表する。

キーワード 志布志港, 港湾工事, 施工上の工夫, グラウンドアンカー工

1. はじめに

志布志港は、鹿児島県東部の大隅半島に位置し、鹿児島県及び宮崎県南部を主な背後圏とする重要港湾である。

1969年に重要港湾に指定されて以降、急速に港湾整備が進められ、2009年3月には、新若浜地区に5万トン級の大型船が接岸可能な国際コンテナターミナルが供用を開始し、アジアへ向けて定期コンテナ船が発着している。

近年では、コンテナ取扱貨物量が順調に増加しており、外貿コンテナ取扱貨物量では博多港や北九州港に次いで、九州第3位にまで成長するなど、南九州の国際物流拠点として重要な役割を果たしているが、取扱貨物量や就航便数の増加に伴い、2隻同時接岸のニーズが高まり、既存岸壁(-14m) L=280mを80m延伸する必要が生じた。



図-1 志布志港位置図

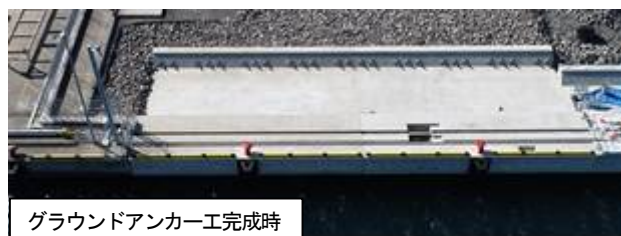
(1) 工事概要

志布志港(新若浜地区)岸壁(-14m)の80m延伸工事では、L1地震動における変動状態の安定性を確保するために、

グラウンドアンカー工を採用することとなったが、港湾工事での施工実績が少ない上に、その口径と長さは日本最大級であったことから、グラウンドアンカー工の施工において創意工夫した点について述べる。



着手前



グラウンドアンカー工完成時

図-2 着手前・完成時写真

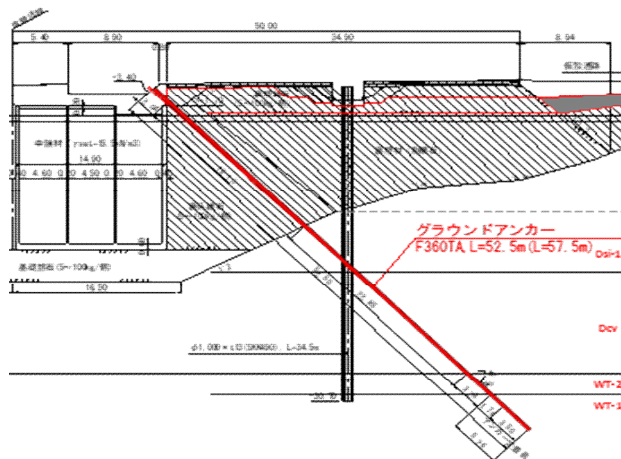


図-3 標準断面図

2. 構造諸元の検討及び決定

(1) 構造諸元の検討

現地にケーソンが既に設置されており、既設ケーソンは1999年の技術基準に基づき設計されている。

2007年技術基準では照査用震度が既設計時よりも大きくなる事から、変動状態の安定性が不足する結果となった。

既設ケーソンの安定性を満足する事を目的とし、既設ケーソンの改良検討を行った。

<変動状態において安定性が不足する項目>

- ◆堤体の滑動
- ◆端趾圧
- ◆基礎の支持力（偏心傾斜荷重）

表-1 性能照査結果

区分	1999年技術基準による性能照査結果（当初設計時）			
	クレーン荷重を考慮する		クレーン荷重を考慮しない	
	常時	地震時(kh=0.13)	常時	地震時(kh=0.13)
滑動	3.09 ≧ 1.00	1.15 ≧ 1.00	2.51 ≧ 1.00	1.00 ≧ 1.00
転倒	5.04 ≧ 1.00	1.78 ≧ 1.00	4.61 ≧ 1.00	1.74 ≧ 1.00
端趾圧	340.0 < 700	641.2 < 700	272.1 < 700	525.5 < 700
偏心傾斜	1.52 ≧ 1.00	1.03 ≧ 1.00	1.56 ≧ 1.00	1.00 ≧ 1.00
円弧すべり	1.46 ≧ 1.00	---	1.41 ≧ 1.00	---

区分	2007年技術基準による性能照査結果（今回設計時）			
	クレーン荷重を考慮する		クレーン荷重を考慮しない	
	永続	変動(kh=0.22)	永続	変動(kh=0.22)
滑動	1.63 ≧ 1.00	0.74 ≦ 1.00	1.32 ≧ 1.00	0.64 ≦ 1.00
転倒	3.81 ≧ 1.00	1.04 ≧ 1.00	3.43 ≧ 1.00	1.01 ≧ 1.00
端趾圧	357.47 < 700	2091.84 > 700	307.38 < 700	1948.35 > 700
偏心傾斜	1.22 ≧ 1.00	0.70 ≦ 1.00	1.28 ≧ 1.00	0.74 ≦ 1.00
円弧すべり	1.20 ≧ 1.00	---	1.16 ≧ 1.00	---

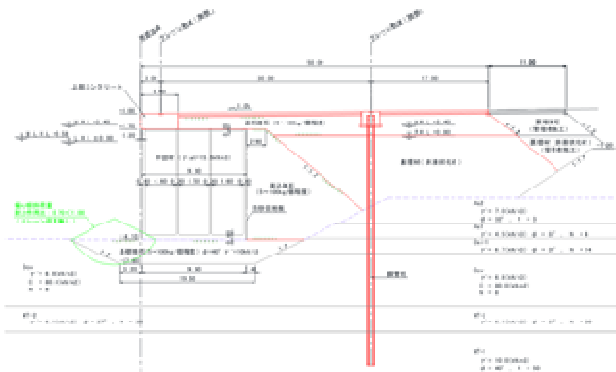


図-4 標準断面図

表-2 設計条件対比表

項目	当初設計時（2002年）	今回設計時（2017年）	備考
適用基準	港湾の施設の技術上の基準・同解説（1999年4月）	港湾の施設の技術上の基準・同解説（2007年7月）	
設計水深	-14.1m	同左	ブーティング無し
照査用震度	0.13 (地域別震度: 0.11)	0.22	

(2) 改良工法の抽出

既設ケーソン改良工法の抽出にあたっては、ケーソン式の改良原理「重量増大による滑動抵抗の増加（重量

増大）」、「作用土圧の低減（土圧低減）」、「構造物の新設・補強（新設・補強）」からそれぞれ一つずつ抽出した。

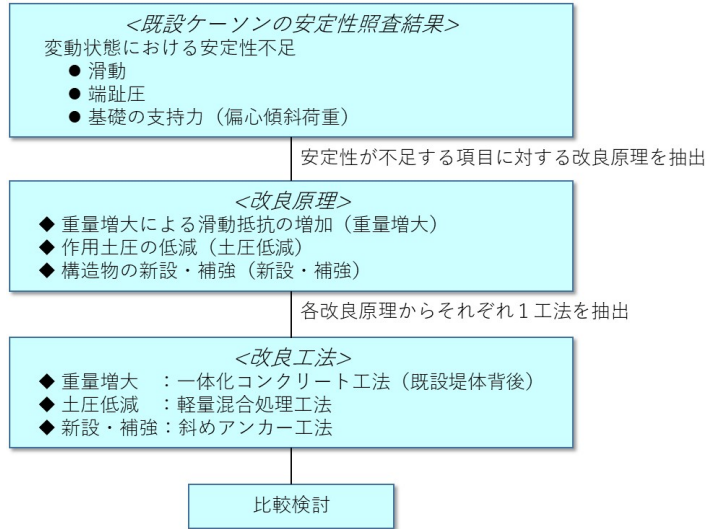


図-5 断面検討フロー

(3) 構造諸元の決定

抽出した改良工法の比較検討を行った結果、一体化コンクリート工法は、新設コンクリートと既設ケーソンとの一体化を図ることとなるが、偏心傾斜を満足させるためには、既設ケーソンの設置水深までの掘削が必要となり、施工箇所近接する既存コンテナバースに影響を及ぼすことから不採用となった。

軽量混合処理工法は、既設ケーソンの設置水深から改良を施したとしても、滑動及び端趾圧が満足できず、設計断面が成立しないことが判明したため不採用となった。

斜めアンカー工法は、陸側クレーンの基礎杭に干渉しないようグラウンドアンカーを設置する必要があるが、既存コンテナバースに影響を及ぼす事なく、設計断面として成り立ち経済性も優れることから、本工法を採用した。

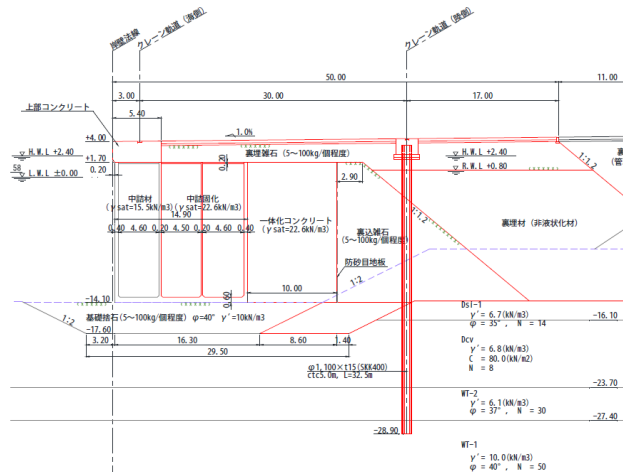


図-6 比較断面図（一体化コンクリート工法（既設堤体背後））

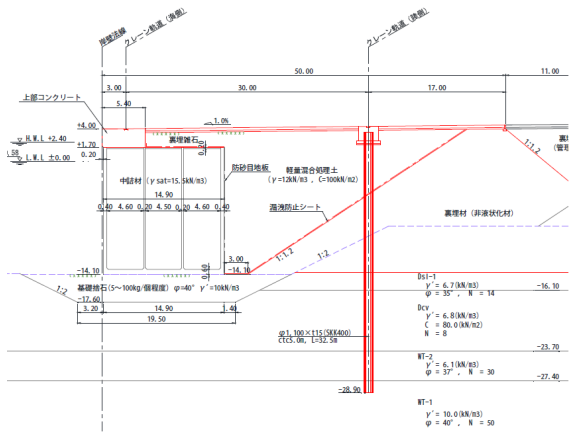


図-7 断面図(軽量混合処理工法)

3. 現場における問題点

(1) 長尺アンカーにおける施工精度の確保

本工事は係留岸壁延伸に伴う岸壁築造工事であるが、ケーソンは旧技術基準で製作・設置されており2007年技術基準においては変動状態の安定性が不足する結果となるため、不足する耐力分をアンカーで補うグラウトアンカー工法による改良を行う事になった。裏埋雑石、粘性土、礫質土、軟岩の複合土質の削孔および、狭隘な施設場所に対応するため、機械寸法が小さく、仮設材も最小となるロータリーパーカッション式・スキッド型の削孔機にてφ216mm、L=57.5m(最大)を削孔しグラウトアンカーを設置し、アンカーの緊張力を均等に地盤に伝達するために削孔時の施工精度の確保が重要であった。特に裏埋雑石通過時は雑石層(5~100kg/個程度)を通過する際のケーシングのズレによる削孔精度の低下が懸念された。

(2) ケーシング引抜不能対策

本施工開始1本目において、所定の深度まで削孔完了後アンカー材を挿入し、グラウト注入後にケーシング引抜を行ったところ、ケーシングが回転不能となり、引抜

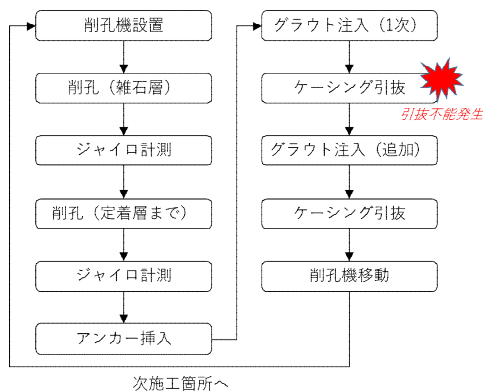


図-8 施工フロー

不能が発生した。アンカー材周辺にケーシングを存置したままでは、アンカー定着体と地盤との τ 値(抵抗値)の確保が出来ず必要な設計耐力が確保できない事態となる。

4. 工夫(改善点)と結果

(1) 長尺アンカーにおける施工精度確保

長尺アンカー施工時のアンカー定着体の施工精度を確保するために、削孔時におけるケーシング角度・方向の確保が課題となった。通常であればトランシット等にて誘導し、ズレが発生した場合は誘導員からオペレーターに無線等で連絡し修正するが、トータルステーションとズームカメラを一体化させた「遠隔TV監視システムジオモニ(KTK-100009-VE)」(以下「ジオモニ」という)を使用し、法線直角方向、法線平行方向の2方向よりケーシングを視準し、削孔機オペレーター手元にあるモニタにケーシングの映像と削孔基準軸(位置・角度)のラインを表示し、確認しながら正確な位置にケーシングをセットすると共に削孔し施工精度を確保した。



図-9 ジオモニ設置



図-10 ジオモニ設置(削孔機側モニター)

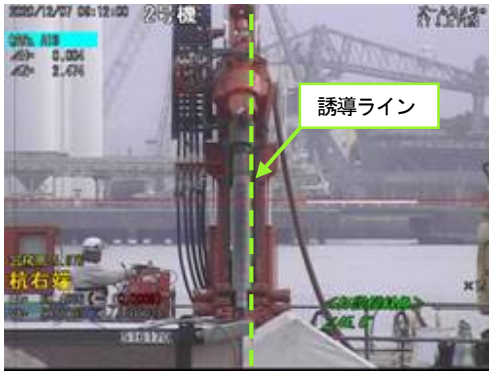


図-11 a)位置



図-12 b)角度

また、削孔精度の低下が懸念される雑石層通過時および削孔完了時において「挿入式ジャイロ」を使用してケーシング先端位置の確認を行った。



図-13 挿入式ジャイロ使用機械



図-14 挿入式ジャイロ計測状況

「挿入式ジャイロ」はケーブルの送り出し量およびジャイロの角度から演算して基準軸の設計値に対する偏心量を数値化し確認ができ、大きく逸脱したものについては再削孔を行うこととした。「ジオモニ」にてケーシング位置・角度を常時監視して施工を行ったことで、ジャイロ計測時において大きな誤差は計測されず、精度の高い削孔を実施することが出来た。

(2) ケーシング引抜不能に対する対策

本施工開始1本目において、ケーシング引抜が不可能となったことより、ケーシングを地中に存置することとなり設計耐力の確保が困難となった。よって、原因究明と対策の検討を行い、再施工を行った。

(3) 原因推定

ケーシング引抜不能の原因として、以下のようなことが想定された。

a) スライムの回収不足

通常削孔時においてスライム（削孔くず）は削孔水回収時にケーシングとインナーロッドの隙間より回収するが、本施工においては定着層直前までスライムの回収が悪く、ケーシング外側（ケーシングと地山の隙間）にスライムが廻り存置している可能性があり、ケーシング引抜の際ケーシング外側に存置したスライムが締まりケーシングの回転不能・引抜不能の原因となっていること。

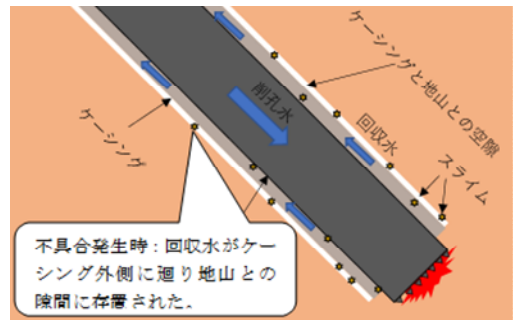


図-15 スライム回収イメージ（通常時）

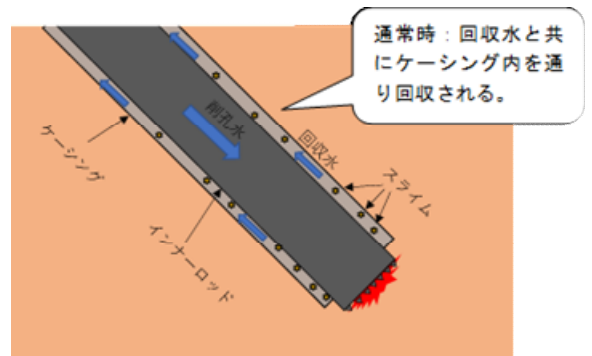


図-16 スライム回収イメージ（不具合発生時）

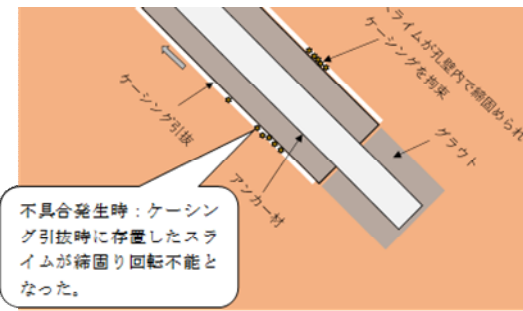


図-17 ケーシング拘束イメージ図

b) グラウトミルクの脱水（自重による）によるケーシングの締付け

今回のアンカーはL=57.5mあり、定着層が溶結凝灰岩層にあり、削孔直後は孔壁が綺麗な筒状に保持されていること。また、グラウトミルク先端部においては延長分の自重で約1.3tの荷重が作用しており、その自重によりケーシングと地山の僅かな隙間に廻り込んだグラウトミルクが急激に脱水しケーシングを拘束したこと。

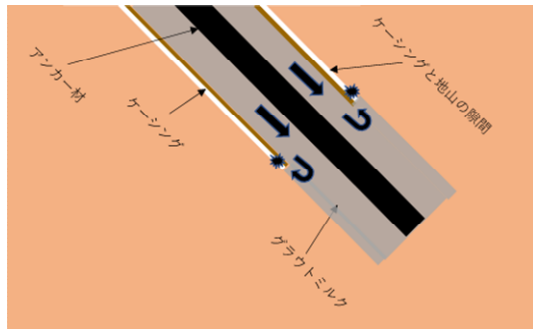


図-18 グラウトミルクによるケーシング拘束イメージ図

(4) 対策

a) 増粘剤の使用

スライムの回収不足を改善する目的で削孔水に増粘剤を添加しスライム回収効率の向上を図った。増粘剤を使用することでケーシング外側に存置していたスライムをケーシング内部に取り込み、ケーシング外側でのスライムの締固めによる詰まりを防止した。



図-19 添加状況



図-20 増粘剤によるスライム回収改善



図-21 削孔後別回収スライム

b) 抜管機の使用

ケーシング引抜時の引抜力不足が発生した場合の対策として抜管機(引抜力800 kN)を使用しての引抜を行った。ケーシング引抜に先立ち、抜管機を予めケーシングにセットしておくことで想定以上の引抜抵抗が発生した場合に早急な対応の取れる体制を整えた。



図-22 抜管機使用時フロー



図-23 抜管機設置状況

c) 削孔再開時

削孔が日を跨いだ場合等、削孔再開時にトルクが上がり負荷がかかっている場合は、ケーシング外側にスライムが堆積していることが想定されるので、裏埋雑石層までケーシングを引抜、スライム除去後再度削孔を行った。

(5) 結果

増粘剤を使用することによりスライムの回収効率の向上を図ることが出来た。

また、今回使用した機械の引抜力は削孔機152 kN、抜管機800 kNで抜管機は削孔機の約5倍の引抜力を有する。抜管機を予めセットしておくことで削孔機のみではケーシング引抜不能の場合でも即座に対応することが出来た。実際ほとんどのアンカーにて抜管機併用でないとグラウ

ト注入後の定着層部（溶結凝灰岩）の引抜が出来ず、抜管機の事前設置は有効な対策であった。

5. おわりに

今回施工したグラウンドアンカーは港湾工事での実績が少なく、施工精度の確保、確実な施工方法の確立が重要であった。施工精度の確保については、「ジオモニ」および「挿入式ジャイロ」を使用しケーシングの位置・角度を監視しながら削孔し所定の精度を確保する事が出来た。今回のような長尺アンカーの場合、削孔時におけるケーシング位置・角度の確認および施工精度の逸脱が懸念される箇所での削孔位置の確認が先端部での施工精度の確保において重要である。

また、今回施工当初に想定外の引抜抵抗による不具合が発生したが、再検討を行い、原因の究明と再発防止の対策を実施し、改善を図り再発防止に努めた結果、残りの施工については問題なく施工することが出来た。

今後の検討項目として今回の様な土質（溶結凝灰岩）での大口径・長尺アンカーの場合、グラウトミルクの自重による脱水もケーシング引抜に悪影響を及ぼす可能性があり（今回施工中もグラウト注入後の定着層のみ引抜抵抗が増大した）、グラウト配合を脱水し難い配合（減水剤使用等）に検討することも挙げられる。