

橋梁建設に伴う仮設計画について

新垣 政弥、賀数 博一

株式会社 沖縄建設技研（〒901-2126 沖縄県浦添市宮城三丁目7番5-103号）

キーワード：仮設土留工、仮設支保工、硬質地盤

1. はじめに

仮設構造物は工事を進める上で重要な構造物で、工事完了後には撤去されるものであるが、その良否は工事全体に大きな影響を与える。そのため、合理的かつ経済的な構造と簡便で迅速な施工が要求される。また、特定される設計施工条件、短い供用期間、経済性等から永久構造物に比べて、安全率は低く設定されておりリスクを減らすためには計画、設計、施工で豊富な経験と高い技術力が求められる。仮設構造物は、比較的自由度が高く、現場に適した構造形式を選択し、創意工夫することでコスト縮減に配慮することができる。仮設工事の設計者、施工者は種々の制約条件下で環境、安全等に配慮した独自の施工計画を立案し、合理的な設計・施工方法を取入れることが重要である。

ここでは、一般国道において橋梁建設に伴う仮設計画についての事例を紹介する。

2. 設計概要

写真-1 に示すように当該橋梁は、沖縄県北部の海岸線沿いに整備された一般国道の一部である。河川を跨ぐ道路橋であり、その規模は橋長が 16.8m であった。



写真-1 対象橋梁の位置

また、図-1 に示すように、対象橋梁は側道橋に隣接しており、橋梁の前面は河川護岸、側面は海岸護岸が整備されていた。また、護岸の構造形式は共に、重力式直立護岸であった。

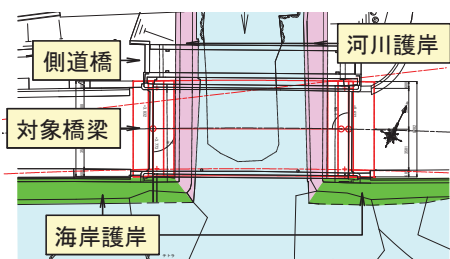


図-1 橋梁計画の平面図

対象橋梁は塩害の影響により、コンクリートのうき・剥離などの損傷を受けたため、昭和 63 年に上部構造を主体に断面修復および表面保護塗装が行われた。しかしながら、その後再劣化が進み、再び損傷を受けている状況にあったため架替とされた。

架替計画は、上部構造を PC プレテンション方式単純中空床版橋、下部構造は逆 T 式橋台とされた。その概要を図-2 に示す。架替計画の特徴として、既設橋梁のフーチングを残置し、一部をコンクリートで打ち増しすることで、置換コンクリートとして利用することであった。その結果、橋台の高さを抑えることが可能となり、コスト縮減に配慮していた。

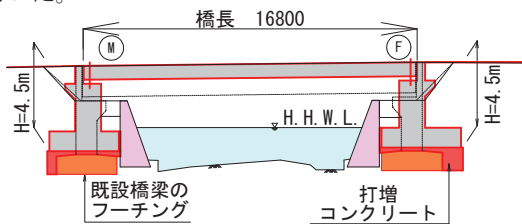


図-2 架替する対象橋梁の一般図

図-3 に示すよう土質状況は、上方に平均 N 値=8 の盛土層が 2.5~4.0m 程度、その下方に海浜砂礫層および砂岩風化層が薄く堆積していた。また、N 値 50 以上の硬質な砂岩粘板岩互層を支持層としていた。地下水位は、比較的深い位置にあり、隣接する護岸の効果もあって、止水の必要はなかった。

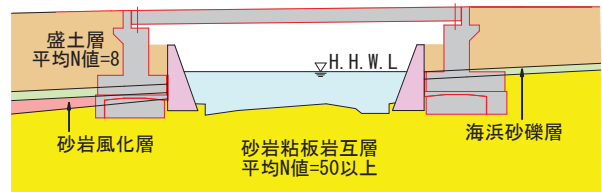


図-3 計画対象地の推定土層断面図

3. 仮設計画の問題点

仮設計画を立案するうえで、次の 3 つの問題点が考えられた。

(1) 仮設土留工の構造形式

図-4 に示すように、下部工の施工はオープン掘削のう

え構築することとし、必要な掘削深さは、H=5.5m 程度であった。しかし、計画の変更があり、道路に情報ケーブルが埋設されたことから、オープン掘削では埋設物に影響を及ぼすことが判明した。したがって、埋設物を考慮した仮設土留工(以下、土留工と称す)が必要となった。

土留工の構造形式の選定にあたっては、埋設物へ影響を及ぼさない工法を選定する必要があった。

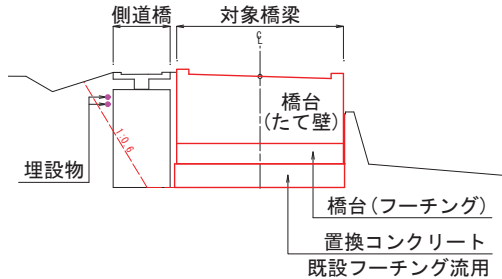


図-4 オープン掘削における埋設物への影響

(2) 硬質地盤を対象とした土留杭の施工

土留杭の施工機種の選定表を、表-1 に示す。これによると、最大 N 値が $100 \leq N_{max} \leq 180$ の条件の下では、施工方法はウォータージェット併用施工が選定され、その規格は「14.7MPa、325ℓ/min×2台」となっている。

表-1 土留杭の施工機種の選定

施工方法	パイプロハンマ単独施工	ウォータージェット併用施工		
	最大N値	$N_{max} < 50$	$50 \leq N_{max} < 100$	$100 \leq N_{max} \leq 180$
打込長	15m以下	60kW		90kW
	25m以下	90kW		
杭打ち用ウォータージェット	-	14.7MPa 325ℓ/min×2台 (14.7MPa 325ℓ/min×1台)(注1)		

また、対象地盤の N_{max} が 50 を超えるものについては、(式-1)により換算 N 値を求めたうえで適用することになっており、当該地盤の場合を算出すると 207 となった。

$$(式-1) \text{ 換算 } N \text{ 値} = \frac{1500}{\text{落下 } 50 \text{ 回当たり貫入量(cm)}}$$

したがって、標準的な工法の適用範囲を超えた硬質な地盤に対して、土留杭の施工方法の選定が問題点となった。

(3) 荒天時における既設護岸の安定性

写真-2 に示すように、計画対象地は波浪条件が厳しく海岸護岸(以下、既設護岸と称す)は荒天時には大きな波圧を受ける状況にあった。



写真-2 計画対象地の荒天時の状況

このような波浪条件の下で、既設護岸の背後を掘削し、自重のみで自立している場合の安定性について評価した。

波浪条件は、既往の 1/50 年確率波を換算した 1/10 年確率波を用いた。表-2 に、既設護岸の安定性評価における設計条件を示す。

表-2 既設護岸の安定性評価における設計条件

構造形式	重力式直立護岸
壁高 H	5.6m
有義波高 $H_{1/3}$ (50年)	2.3m
有義波高 $H_{1/3}$ (10年)	$2.3m \times 0.85 = 2.0m$
最大波高 H_{max}	$2.0m \times 1.8 = 3.6m$
設計潮位	H. H. W. L EL+1.40m
地盤との摩擦係数	0.70
上載荷重	考慮しない

表-3 に、既設護岸の安定性評価の結果を示す。滑動および転倒の安定率は、それぞれ 0.31、0.28 となり、計画安全率 1.20 を大幅に下回る結果となった。

表-3 既設護岸の安定性評価の結果

照査項目	結果	判定
滑動	$0.31 < 1.20$	OUT
転倒	$0.28 < 1.20$	OUT

したがって、荒天時における既設護岸の安定性を確保することが問題点となった。なお、支持地盤が $N \geq 50$ であるため、支持力の検討は割愛している。

4. 解決策

(1) 埋設物への影響を踏まえた工法の選定

構造形式の選定にあたって、代表的な土留工法の中から、次の3つを選定し、比較した。以下に各工法を概説する。

1) 第1案 自立式土留工

第1案の自立式土留工(以下、第1案と称す)は、切梁や腹起し等の支保工を用いず、主として掘削側の地盤抵抗によって、土留壁を支持する工法である。図-5 に標準断面図、表-4 に主要構造の概要を示す。

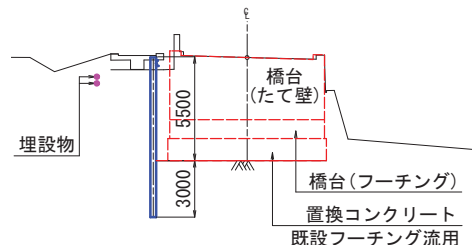


図-5 第1案の標準断面図

表-4 第1案の主要構造の概要

親杭規格	H-300×300×10×15(L=8.5m)
横矢板厚	t=7 cm
根入長	L=3.0m

2) 第2案 控杭タイロッド式土留工

第2案の控杭タイロッド式土留工(以下、第2案と称す)は、土留壁の背面地盤中にH形鋼などの控杭を設置し、土留壁とタイロッドをつなげ、これと地盤の抵抗により土留壁を支持する工法である。図-6に標準断面図、表-5に主要構造の概要を示す。

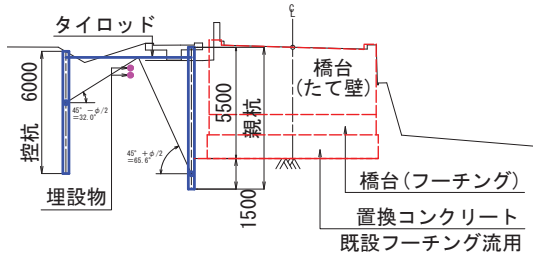


図-6 第2案の標準断面図

表-5 第2案の主要構造の概要

親杭規格	H-300×300×10×15(L=7.0m)
控杭規格	〃(L=6.0m)
タイロッド規格	タイロッド高張力鋼 440、φ42mm
横矢板厚	t=6 cm
根入長	L=1.5m

3) 第3案 アンカー式土留工

第3案のアンカー式土留工(以下、第3案と称す)は、第2案と同様な構造で、控杭に代わって掘削周辺地盤中に定着させたアンカーで土留壁を支持する工法である。図-7に標準断面図、表-6に主要構造の概要を示す。

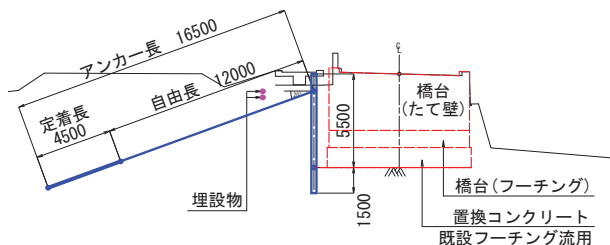


図-7 第3案の標準断面図

表-6 第3案の主要構造の概要

親杭規格	H-300×300×10×15(L=7.0m)
横矢板厚	t=6 cm
根入長	L=1.5m
アンカー自由長	12.0m
アンカー定着長	4.5m
アンカー長	16.5m
アンカー傾角	20°

4) 構造形式の選定

概説した比較工法のうち、第2案および第3案においては、土留壁の背後に控杭やアンカーを設置する敷地が必要であった。土留工が必要となった要因は埋設物の保護であるため、図-7および図-8に示すように埋設物に近接した

施工となり、埋設物への影響が懸念された。

これに対して、第1案は埋設物への影響が少ないものの掘削深さが5.5m程度となり、参考文献1)に示す自立式の場合の掘削深4.0mの適用範囲を1.5m超過していた。そこで、次に示す2段階の施工順序を踏むことで、壁高を抑えることとした。

① 施工順序1

図-8に示すように置換コンクリートの打設前は、土留工と杭頭部のオープン掘削を併用することとした。土留壁高は適用範囲内の4.0mに抑え、超過するH=1.5m部分はオープン掘削とし、設計計算においては上載荷重に γH を付加して評価した。

② 施工順序2

図-9に示すように置換コンクリートを打設後、一定の強度が発現された時点で、余掘分とオープン掘削部分を埋戻し、埋設物への影響を低減した。

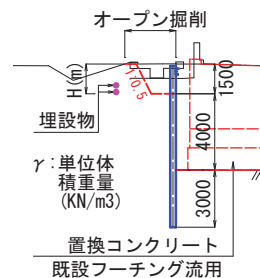


図-8 オープン掘削を併用した土留工の標準図

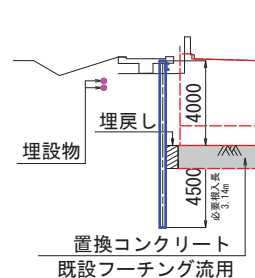


図-9 置換コンクリート打設後の土留工の標準図

以上の対応を行うことで、自立式土留工を選定した。

(2) 硬質地盤への対応

土留杭の施工方法を整理すると、図-10のような選定フローが考えられた。それによると、対象地盤の換算N値が180を超える場合は、ウォータージェット併用パイプロハンマ工法(ウォータージェット規格 14.7MPa、8950/min)、またはダウンザホールハンマ工法が選定される。以下に各工法を概説する。

1) ウォータージェット併用パイプロハンマ工法

ウォータージェット併用パイプロハンマ工法(以下 WJ工法と称す)は、土留杭にウォータージェット機を取り付け、杭本体を直接打ち込み、孔壁を保持しながら掘進する工法である。近年、高規格のウォータージェット機(14.7MPa、8950/min)が開発され、換算N値が最大1500程度、一軸圧縮強度 q_u が30N/mm²程度の硬質な地盤でも施工が可能とされており、県内の中南部地域における琉球石灰岩を対象とした施工実績も徐々に増えてきている状況にあった。ただし、高規格のウォータージェット機は、県内に保有台数は少ない状況にあった。

また、WJ工法は高圧水の効果に期待するもので、周辺の地盤を乱し、杭先端の地盤の抵抗と杭周面摩擦を弱めることがあるため、適用の際はその点を十分に考慮する必要があった。

2) ダウンザホールハンマ工法

ダウンザホールハンマ工法(以下、ダウンザ工法と称す)は、主として、永久構造物の基礎杭などに用いられることが多い工法で、ピストンの上下運動によって岩盤を打撃、破壊しながら掘削するパーカッション式掘削工法の一つである。ダウンザ工法は硬質な層で特に施工性がよく、騒音も比較的少ない点がメリットとして挙げられるが、工費が高くなる点がデメリットとなる。

また、ダウンザ工法はダウンザハンマ機で掘削したあと、一度、掘削機を取り出して杭を建て込む手順を踏むため、硬質な支持層の上に軟弱層が厚く堆積した場合、孔壁の保持が難しく、施工性が悪くなる場合があるため、適用の際はその点を考慮する必要がある。

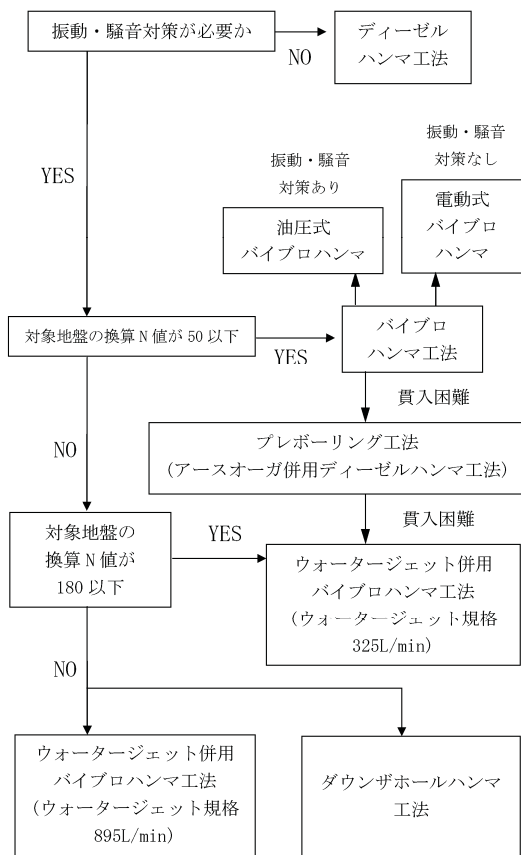


図-10 硬質地盤における土留杭の施工方法の選定フロー

3) 工法の選定

WJ 工法は、前述のとおり琉球石灰岩を対象とした施工実績は多数あった。これは、琉球石灰岩は換算N値が大きくても多孔質であるため、脆い部分もあることから当工法が適用できたものと考えられた。

当該地盤においては、密実な砂岩粘板岩互層であるため、これまでの事例と同じような条件とは言えず、土留杭を打ち込む際に、杭の変形等の不具合が懸念された。したがって、当該地盤においては、施工の確実性を重視し、周辺の施工実績を踏まえ、ダウンザ工法を採用することとした。

(3) 荒天時を踏まえた支保工の配置

荒天時の既設護岸に影響を及ぼす波圧に対して、既設護岸と土留工の間に切梁および腹起しによる支保工を設置し、安定を図る方法を計画した。

図-11 に示すように、護岸に三角形に作用する波圧に対し、護岸の目地位置や支保工の配置位置を考慮して波圧を分割し、支保工に必要な断面力を算定した。

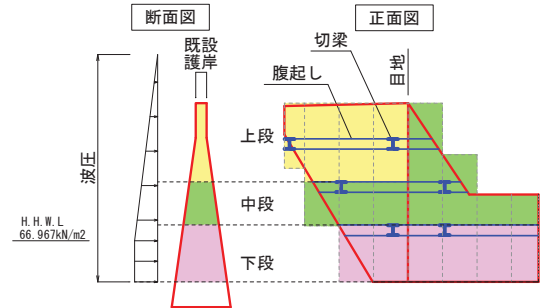


図-11 護岸に作用する波圧の分割図

表-7 に検討例として、最も条件の厳しい下段における支保工の安定性評価の結果を、写真-3 に設置状況を示す。

表-7 下段の支保工に対する安定性評価の結果

切梁規格		H-300×300×10×15	
切梁1本あたりに作用する波圧		288kN/本	
切梁に作用する軸力 (波圧+温度荷重)		438kN/本	
切梁に作用するせん断		22.5kN/本	
部材応力度(圧縮)に対する照査	0.41 < 1.0	OK	
部材応力度(せん断)に対する照査 (N/mm ²)	8.33 < 120	OK	
圧縮に対する安定照査	0.74 ≤ 1.0	OK	
座屈に対する安定照査(N/mm ²)	94.8 ≤ 210	OK	



写真-3 支保工の設置状況

5. おわりに

仮設構造物は既述のとおり、一時的なものであるために目的さえ達成すれば、できるだけ経済的に済ませることが重視されがちである。しかし、構造物の品質の確保や作業員の安全性に十分に配慮のうえ、創意工夫し、現場状況に最適な仮設構造物を計画することが重要である。また、最適な仮設構造物であればコスト削減にも繋がるため、問題点を十分に把握したうえで、計画することが必要であると考える。

参考文献

- 1) 道路土工-仮設構造物工指針, 1977年1月
- 2) 仮設構造物の計画と施工, 2010年10月
- 3) 土木工事標準積算基準書, 平成23年度