

シルテーションによる航路埋没現象に対するトレンチの効果に関する検討

長野 卓*・高山 知司**・的野 一郎***・井上 俊也****

* (一財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

** (一財) 沿岸技術研究センター 参与

*** 国土交通省 九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所 環境課 課長

**** 国土交通省 九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所 環境課 環境技術係長

底質がシルト・粘土層の海域においては、シルテーションによる航路埋没が問題となっている港湾が存在する。本検討では、こうしたシルテーションによる航路埋没対策として、トレンチによる対策の効果について、トレンチの設置後の深浅測量成果の解析と断面2次元モデルによる航路埋没のシミュレーション（数値実験）により検討を実施した。

キーワード：航路埋没対策，シルテーション，トレンチ

1. はじめに

底質がシルト・粘土層の海域においては、シルテーションによる航路埋没が問題となっている港湾が存在する。これまで、航路・泊地への埋没量を抑制するために潜堤等の構造物による対策が多く検討されてきた。構造物による対策は効果的であるが船舶航行への障害となる場合もあって調整が困難であり、対策工を設置できた事例は一部に限られる。一方、トレンチによる対策は構造物の設置を伴わないため関係者との調整がしやすく、対策工としての実現性が高いといえる。

そこで本検討では、トレンチによる航路埋没対策の効果について、トレンチの設置後の深浅測量成果の解析と断面2次元モデルによる航路埋没のシミュレーション（数値実験）により検討を実施した。

2. 深浅測量によるトレンチの効果の把握

2.1 概要

航路部におけるトレンチ設置前後の深浅測量成果を用いて、トレンチ設置前後の水深変化傾向を確認するとともに、両者の差からトレンチの効果を把握した。

2.2 深浅測量解析

航路部では、トレンチ設置前の平成16年～平成21年の5年間で、0.1～0.4m/年程度の堆積が生じている。トレンチ設置前の堆積は、航路両脇で多く航路中央で少ないものであり、最終地形はU字型となっている（図-1）。

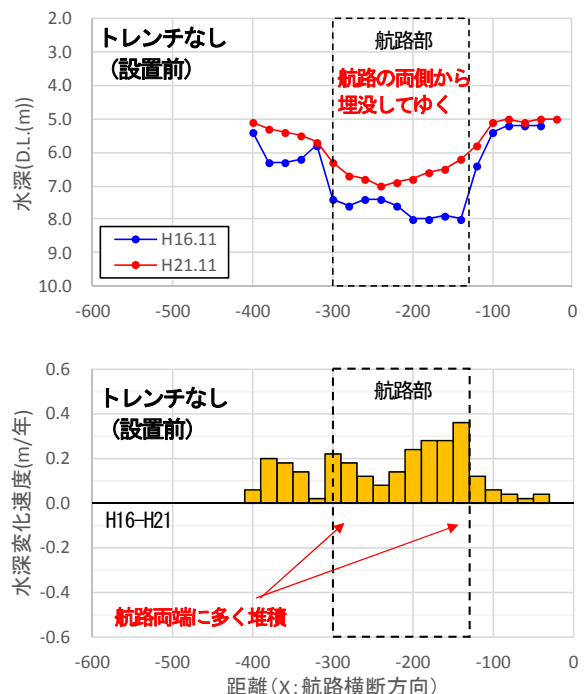


図-1 トレンチ設置前の水深変化

図-2 はトレンチ設置後の平成22年～平成24年の2年間における航路部付近の水深変化を示している、これによるとトレンチの設置部が顕著に堆積しており、トレンチ設置前の同一地点と比較して堆積量が多くなっている。一方、トレンチ外においては堆積量の減少が認められる。また、トレンチ脇については侵食も認められる。これらのことから、トレンチを設置することによって、トレンチ外の埋没量が減少する効果があるといえる。

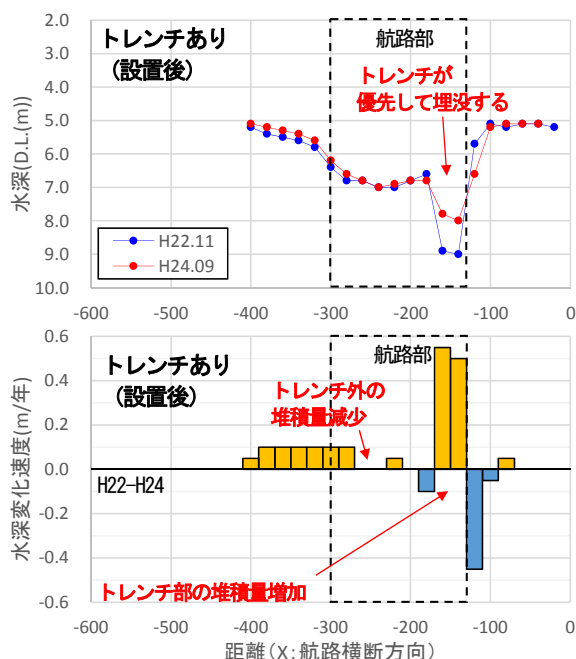


図-2 トレンチ設置後の水深変化

3. 埋没予測モデルによるトレンチの堆積パターンの再現

3.1 埋没予測モデルの概要

本検討では、『合成モデル』と呼ばれるモデルを用いてトレンチの堆積パターンの再現を試みた。『合成モデル』は、『港研モデル』と『四建モデル』を組み合わせで開発された埋没予測モデルである。各モデルの概要は次のとおりである。

(1) 港研モデル¹⁾

港研モデルは、1980年代に運輸省港湾技術研究所によって開発された埋没予測モデルである。埋没現象が『海水中の浮遊泥の移流・拡散』により生じるとの仮定のもとに、底泥の巻き上げ過程、移流拡散過程、沈降・堆積過程を多層レベルモデルによりモデル化したものである。港研モデルによる計算結果は、航路内の埋没量が過小評価となる傾向があることが知られていた。

(2) 四建モデル²⁾

四建モデルは、1980年代に運輸省第四港湾建設局によって開発された埋没予測モデルである。埋没現象が『海底面付近の高濃度浮泥層の流動』により生じるとの仮定のもとに、高濃度浮泥層が密度流として流動し、航路・泊地に堆積する過程を単層モデルによりモデル化したものである。四建モデルによる計算結果は、航路内の埋没量が過大評価となる傾向があることが知られている。

(3) 合成モデル

合成モデルは、埋没現象が『海水中の浮遊泥の移流・拡散』と『海底面付近の高濃度浮泥層の流動』の両者により生じるとの仮定のもとに、港研モデルに四建モデル

の高濃度浮泥層のメカニズムを加え、多層レベルモデルによりモデル化したものである。合成モデルによる計算結果は、港研モデルと四建モデルの中間的な計算結果となる傾向がある。

3.2 計算条件

(1) 地形条件

数値実験に用いる基本地形は、原地盤(D.L. -5.0m)と航路(深浅測量成果)で構成された水路とした。水路延長は3,300mとし、水路中央部が航路となるように設定した。合成モデルは準3次元モデルであるが、本検討では断面2次元による検討とした。

(2) 外力条件

検討外力は、波浪および潮流とした。波浪条件は、計算領域全域で一様とし、高波浪時として波高2.0m、周期6秒を与えた。潮流は、最大流速が50cm/s程度となるように、水路端に干満差1.5m、周期12時間、位相差12.67分の水位変動を与えた。

(3) 主な計算条件

計算格子間隔は10m、計算層は7層とした。また、底質の含泥率は50%、含水比は200%と仮定した。

3.2 再現結果

合成モデルにより、浮遊泥の移流・拡散に加えて高濃度浮泥による埋没現象(海底面付近で高濃度の浮泥がビンガム流体としてふるまい、底面せん断応力と重力の効果により移動する現象)を考慮することにより、航路部におけるトレンチの堆積パターンを定性的に再現することができた。ただし、トレンチ脇において侵食が生じる現象については再現することができなかった(図-3)。

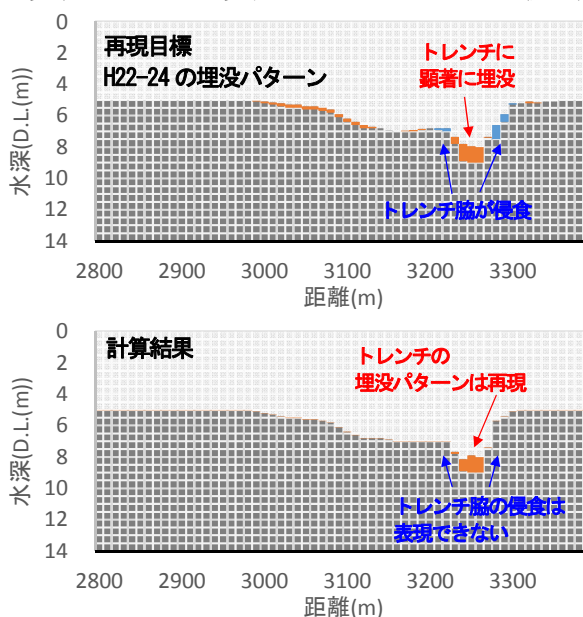


図-3 断面2次元モデルによるトレンチの堆積パターンの再現

4. トレンチの数値実験による

埋没対策効果の評価

4.1 数値実験の概要

トレンチの堆積パターンを再現したモデルを用いて、仮想航路を用いた航路埋没の数値実験を実施し、対策工の有無による埋没量の違いを比較した。また、航路の維持浚渫費用について、トレンチの有無による浚渫深の差から生じる浚渫効率の変化に着目した概算費用の検討を実施し、埋没量と浚渫コストの面からトレンチの埋没対策効果を評価した。

4.2 検討ケース

トレンチ形状の検討ケースは、図-4 に示す8ケースとした。

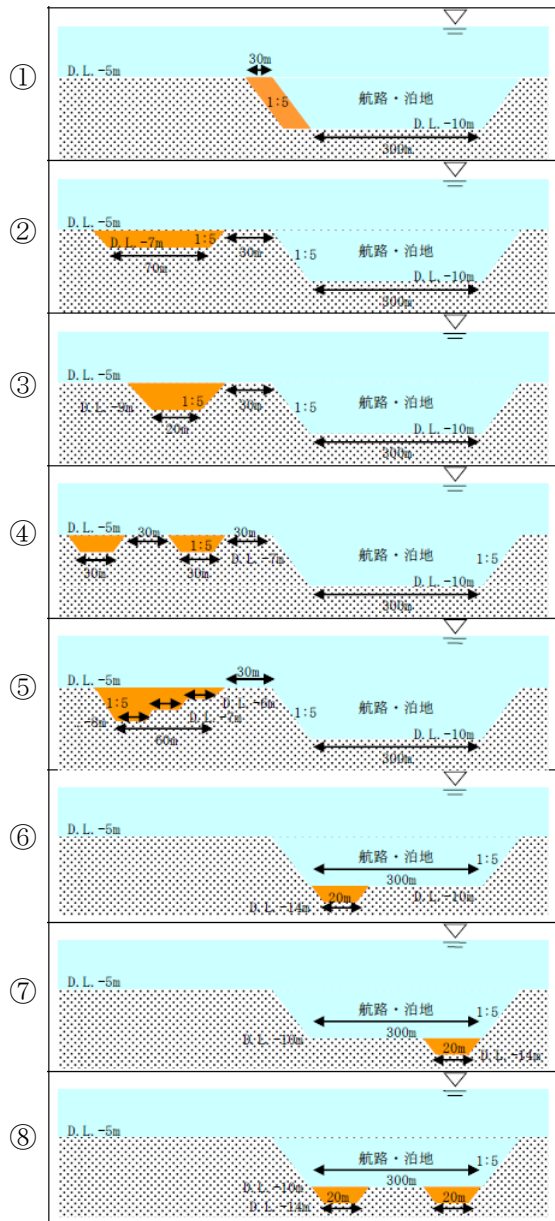


図-4 検討ケース (イメージ)

4.3 数値実験の実施

トレンチなしの仮想航路における堆積パターンは、航路部のトレンチ設置前のパターンと同様に、航路両端付近で多く堆積するパターンとなった (図-5)。

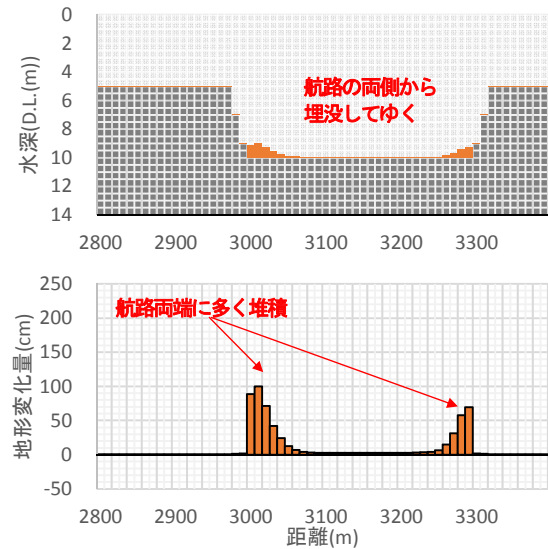


図-5 航路埋没の数値実験結果 (トレンチなし)

一方、航路内にトレンチを設置した場合の堆積パターンは、トレンチ内の堆積量が増加し、トレンチ外の堆積量が減少するものとなった (図-6)。

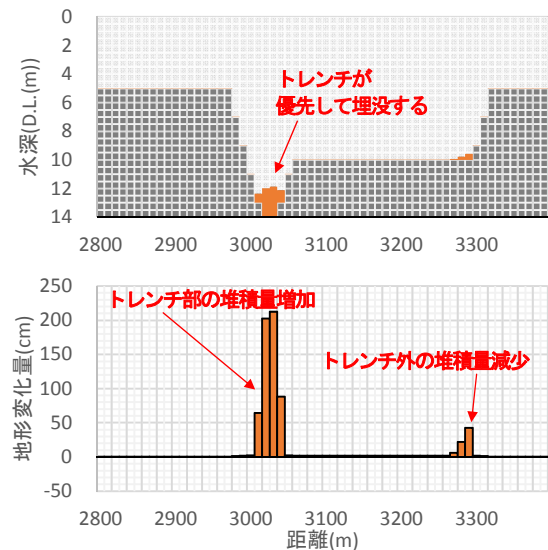


図-6 航路埋没の数値実験結果 (航路内トレンチ)

4.4 トレンチの効果の検討

(1) 埋没量の低減効果の検討

トレンチを設置した場合、全てのケースで航路内の埋没量は減少した。ただし、ほとんどのケース※で合計埋没量 (航路+トレンチ) は、対策なしと比較して増加傾向となるため、総合的な浚渫量はトレンチを設置した場合のほうが増加することがわかった (表-1)。

(※：合計埋没量は航路拡幅ケースで減少するが、これは有限な計算領域において巻き上げ範囲が減少する、計算上の問題によるものと考えられる)

表-1 埋没量の検討結果 (対策なしを 100 とする)

検討ケース	高濃度浮泥が卓越する場合		
	航路	トレンチ	合計
対策なし (航路のみ)	100.00	—	100.00
ケース 1 (航路拡幅)	53.26	43.95	97.20
ケース 2 (広く浅い)	20.44	80.95	101.39
ケース 3 (狭く深い)	20.54	82.88	103.42
ケース 4 (2線)	20.00	80.21	100.21
ケース 5 (階段状)	20.10	82.53	102.63
ケース 6 (航路内上手)	19.54	97.41	116.95
ケース 7 (航路内下手)	47.90	74.20	122.10
ケース 8 (航路内両側)	6.58	127.35	133.94

(2) 浚渫費用による評価

トレンチを設置すると総浚渫量は増加するが、浚渫厚の大きいトレンチを浚渫するほうが、浚渫厚の薄い航路を浚渫するよりも浚渫効率が高い。したがって、土捨費用を除いた浚渫費用は、トレンチを設置した場合には全てのケースで対策なしよりも低減できることがわかった。また、最も浚渫費用の低減効果が高いのは、航路外に深く狭いトレンチを設置した場合であった (表-2)。

表-2 浚渫費用の検討結果 (対策なしを 100 とする)

検討ケース	航路	高濃度浮泥が卓越する場合				
		浚渫費用 (B／C)		浚渫間隔		評価
対策なし	－	×	100.00 (1.00)	×	1.00	－
ケース 1（航路拡幅）	外	○	79.11 (1.26)	△	1.88	(5)
ケース 2（広く浅い）	外	○	78.26 (1.28)	○	4.89	(3)
ケース 3（狭く深い）	外	◎	69.29 (1.44)	○	4.87	(1)
ケース 4（2線）	外	○	77.29 (1.29)	○	5.00	(2)
ケース 5（階段状）	外	○	79.05 (1.26)	○	4.97	(3)
ケース 6（航路内上手）	内	○	76.84 (1.30)	○	4.21	(1)
ケース 7（航路内下手）	内	△	91.55 (1.09)	△	1.72	(3)
ケース 8（航路内両側）	内	△	81.50 (1.23)	◎	9.83	(2)

(3) その他

本稿には埋没メカニズムとして『高濃度浮泥による埋没が卓越する場合』の検討結果のみを掲載しているが、検討においては『浮遊泥による埋没が卓越する場合 (高濃度浮泥なし)』の場合の検討も実施しており、この場合には、トレンチの設置による浚渫費用の低減効果は認められなかった。なお、実際の港湾における埋没メカニズムは『高濃度浮泥』の効果と『浮遊泥』の効果の複合であり、その寄与率は港湾や航路の位置により異なるも

のと考えられる。

5. 課題

本検討では、トレンチを浚渫した直後のトレンチの効果を基準として、埋没量の削減効果や浚渫費用の低減効果を評価した。しかし、トレンチは埋没が進み、原地盤との水深差が小さくなれば、埋没対策効果は小さくなるものと想定される。したがって、トレンチの機能の維持には維持管理 (維持浚渫) が必要不可欠である。

これまで、トレンチ工法について、維持管理手法に関する検討は実施されていないことから、今後は維持浚渫を実施する最も効果的なタイミング等についても検討してゆく必要があると考えられる。

また、実際の港湾における埋没メカニズムは『高濃度浮泥』と『浮遊泥』の効果の複合であると考えられることから、トレンチ工法を検討する際には、現地観測 (測量や浮泥流動調査) 等により、両者の寄与率について把握する必要があると考えられる。

5. おわりに

今回の検討においては、港湾におけるシルテーションによる埋没対策の高度化を図るため、有識者による委員会を開催し、そこでの意見を踏まえながら技術的検討を実施した。

本検討結果は、トレンチ工法をシルテーションによる埋没対策に活用するための重要な一歩であり、今後、トレンチの維持管理に関する検討を進めることにより、各港湾においてトレンチによる有効な対策がとれるものとする。

本工法の特徴が十分に理解され、適切に適用され、我が国のシルテーションによる埋没の低減の一助になることを切に願う。

謝辞

本稿は、国土交通省九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所発注の埋没対策高度化検討調査の成果の一部をまとめたものである。

調査にあたっては、埋没対策高度化検討会 (委員長：九州大学大学院 橋本典明教授) の各委員、九州地方整備局 港湾空港部の関係者の皆様から貴重なご意見、ご指導をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 鶴谷広一, 村上和男, 入江功: 多層レベルモデルによる港湾埋没の数値計算モデルの開発, 港湾技術研究所報告, Vol. 29, No. 1, 1990.
- 運輸省第四港湾建設局 下関調査設計事務所, 新日本気象海洋株式会社: 埋没予測シミュレーション調査 報告書, 1990.