

開水路を用いた津波による航路埋没に関する水理実験

秋田大学 学生会員 ○熊谷祐二
正会員 高橋智幸

1 はじめに

航路は船舶などが海上または河川を航行するための水路であり、そこに土砂が流れて埋まる現象のことを航路埋没現象という。一般的には波浪による漂砂が主な原因となるが、津波による流砂も航路埋没を起こすと考えられる。津波は波浪と違い、大きな外力が発生するため、航路の埋没が短時間で生じる。津波によって航路埋没が発生した際、災害後の救援、復旧用の船舶に支障をきたすことが懸念されている。よって、二次災害を引き起こさないために航路埋没防止策が必要である。本研究では、航路埋没現象のメカニズムと、埋没防止策を水理実験で明らかにしている。

2 実験方法

2-1 実験装置

実験では長さ 6m、幅 8cm、高さ 21cm の開水路と砂面計、プロペラ式流速計、豊浦硅砂 6 号 (2.65g/cm^3) を使用した、水路の側面図を図-1 に示す。水路の上流端から中央付近まで、ベニヤで底上げし、これを固定床とした。その下流側に硅砂で水平部と傾斜部を作りこれを移動床とした。傾斜部の勾配は 1:2 であり、模型縮尺は 1/100 である。プロペラ式流速計は、移動床から十分な距離をあげ、上流側に設置した。砂面計の測定範囲は移動床の中央か下流側 100 cm までである。以下、斜面下端から下流側 36cm を原点とし、水平方向に x 軸（上流向きを正）、鉛直方向に y 軸（上向きを正）をとった座標で説明を行う。

2-2 実験方法

(1) 下流端に堰を設置して、水路に水をためた。その後、砂を水槽にいれ、斜面を含めた移動床をつくり、水深は堰で調節した。(2) 砂面計で初期の砂面形状を測定した。その後、

水を流し、流速を測定した。最後に水を止めて再び砂面形状を砂面計で測定した。(3) 同様の作業を図-2 に示す基本工および各ケース（埋没防止策）について行なった。なお、本実験に入る前に、図-3 に示すように実験データの信頼と再現性は確認している。

3 実験結果と考察

(1) 基本工（流速 80 cm/s）

航路に水が流れると、移動床の砂が削れ、安息角 (1:2) を保ちながら徐々に航路を埋没した。また、図-4 に示すように、50 秒を過ぎたあたりから、 $x=46\sim 49\text{ cm}$ の付近の砂が削れ、下流の方に流された。

(2) 基本工（流速 60 cm/s）

埋没過程は流速 80 cm/s のケースと同様であった。しかし、流速 80 cm/s の時とは違い、埋没のスピードが遅く、一度埋まった箇所が削れることはなかった。また、時間の経過に伴い、 $x=49\text{ cm}$ 付近で砂が堆積し、つまった状態となった。

(3) 基本工（流速 80 cm/s 傾斜部勾配 1:3）

水路に水が流れると 30 秒を過ぎたあたりから、徐々に傾斜部勾配が安息角 (1:2) に近づき、航路を埋没した。流速 80 cm/s のケースより、埋没するスピードが若干遅かったが、埋没量はほとんど同じであった。

(4) 工法① 砂利（流速 80 cm/s）

現在、航路に砂利を敷き詰めた埋没防止策はなく、ここでは一つの工法として実験を行なった。工法②も同様である。砂利の比重は 1.6g/cm^3 であり、粒径は 3~5 mm である。水が航路に流れると、砂利が剥がされ、砂の吸い出しを招き、かえって埋没する結果となった。波浪でも同様の結果が得られている（竹田ら,1981）

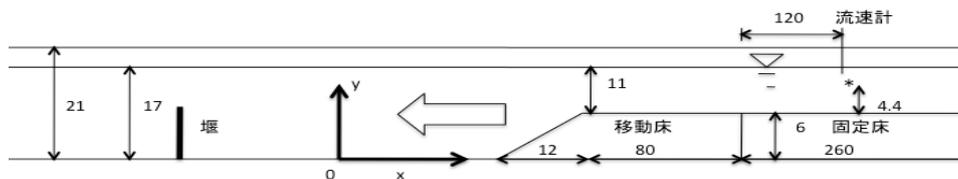


図-1 実験水路側面図 (単位: cm)

キーワード: 航路埋没

連絡先: 住所: 秋田県秋田市手形学園町1番1号秋田大学工学資源学部土木環境工学科 FAX: 018-889-288

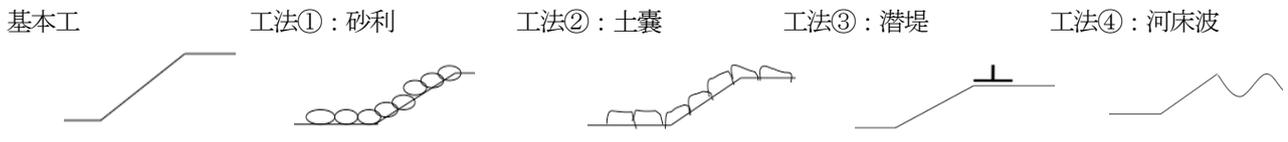


図-2

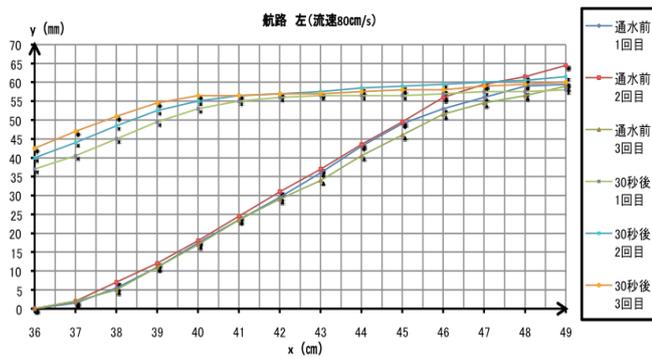


図-3 再現性と信頼性の確認

(5) 工法② 土嚢 (流速 80 cm/s)

3 cm×5 cmの土嚢袋に実験で使用している珪砂を入れ実験を行なった。水が流れてから、3秒たたないうちに土嚢が剥がされ、より埋没する結果となった。この工法は波浪に対して効果がある工法として取り上げられている(竹田ら,1981)

(6) 工法③ 潜堤 (流速 80 cm/s)

現時点で潜堤を用いて埋没を防止している航路はいくつか存在し、熊本港では大きな成果を上げている(黒田, 2004)。しかし、波浪には効果をあげているが、津波に対しては不明である。実験で用いた潜堤はコンクリートの逆T字で、比重は2.815g/cm³である。航路に水が流れると、潜堤は津波の強い外力に耐えられず、一瞬で砂面に流されてしまった。斜面で砂の進行を防いでいたものの、設置する前と設置した後の航路に大きな変化は見られず、埋没防止策の効果は望めなかった。設置の位置を変えたり、釘で固定しても同様の結果が得られた。

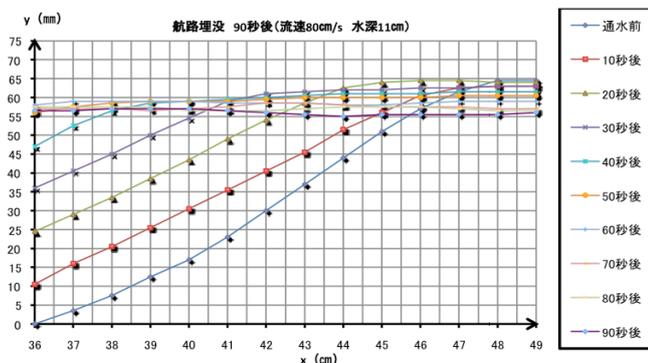


図-4 基本工の90秒間の埋没過程

(7) 工法④ 河床波 (流速 80 cm/s)

あらかじめ水を流す前に、移動床に河床波を形成してから、

実験を行なった。実験で用いた河床波は波長 10 cm, 波高 2 cm の砂漣である。また、河床波の波長と波高は実験値と理論値が一致したものを使用した。航路に水が流れると、徐々に河床波が平らなり、砂が巻き上げられてはいたが、航路の埋没は全く見られなかった。20秒を過ぎたあたりから、徐々に航路の埋没が始まったが、図-5に示すように30秒までは埋没を軽減出来た。しかし、30秒を過ぎると工法の効果が薄れていき、60秒を過ぎると工法の効果がなくなってしまった。よって、河床波は周期が短い近地津波には効果があるが、周期が長い遠地津波には埋没防止の効果は望めないと考えられる。

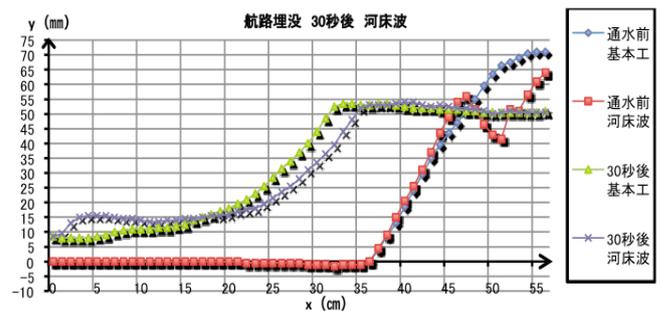


図-5 基本工と工法④の航路埋没の比較

4 おわりに

本実験では航路に直角方向に津波が作用する、最も厳しい条件、最も埋まる条件のもとで実験を行なった。現段階では、波浪に効果がある防止策も津波には効果がなく、津波襲来時に、航路の埋没を防止する策は見つかっていない。しかし、河床波は短周期の津波には効果があった。今後は、長周期の津波にも対応出来る埋没防止策の研究を進めていく。

5 参考文献

- (1) 竹田秀章, 高田稔年, 上西隆広 (1981) : 航路の埋没防止に関する実験的研究. 北海道開発局土木試験所月報 344号
- (2) 黒田祐一 (2004) : シルテーションによる港湾施設の埋没の技術的対策について, 平成16年度国土交通省国土技術研究会下関技調レポート Vol.9
- (3) 熊谷兼太郎, 小澤敬二 (2006) : スリランカに置けるインド洋津波被害の現地調査. 平成18年度国土技術政策総合研究所資料 No.304