

II-66 手取川河口における洪水流によるテラスの形成と波による砂州の復元

建設省土木研究所

正会員 宇多 高明

建設省金沢工事事務所

中田 真一郎

同 上

内田 清英

1. まえがき

洪水時、河口部は強い流れの作用を受けるが、その後は長期間にわたって波の繰り返し作用を受ける。直観的には、河口部では波と流れの作用が常に重合した形で作用していると思われる。なぜなら、洪水の作用は非常に短い期間に集中し、沖向きの強い流れのある場合、河道内への波浪の侵入は阻止される一方、外海に面してかなり強い波浪の作用を受ける河口では、平水時の河川の流速は潮位偏差が特に大きくない限り小さく、流れの作用は弱いからである。この考えが成立すれば、種々のモデルの単純化が可能である。その場合、洪水流と波による河口地形の応答形態と応答速度が問題となる。そこで、本研究では現地データをもとにこのような問題について考察する。事例としては、石川県の手取川の河口を取り上げる。

2. 洪水と波による河口部地形変化の実態

手取川は石川県の白山を源流にもち、日本海に注ぐ流域面積732km²の一級河川である。この川では、1981年7月3日と1983年4月20日にそれぞれピーク流量2515m³/s、1475m³/sの洪水が発生し、河口部の堆積土砂が洪水流により大きくフラッシュされた。本研究ではこれらのデータをもとに、洪水流による河口土砂の流出とその後の波による地形変化について考察する。

図-1は、1981年7月9日の河口部深淺図である。この当時、河口の左岸導流堤の建設工事は始められたばかりであり、延長163mの右岸導流堤のみが伸びていた。このような斜めに向いた片側導流堤が存在する条件で2515m³/sの洪水が発生した。洪水は河口で狭窄する低水路に集中して流下したため、河口で加速され、美川漁港の直下流で細長い形状を有する著しい局所洗掘が生じ、最大洗掘深は5mに達した。これと同時に左岸側ではあたかも左岸導流堤が造られたかのように細長く砂州が伸びるとともに、沖合には舌状に土砂が堆積した。土砂の堆積は-6mまでが顕著であって、それより沖では堆積状況は不明瞭となる。また舌状のテラス状地形の南側斜面は北側と比較して前置層の勾配が急である。これは手取川が河口部で左に湾曲しているため、まず美川漁港の直下流が水衝部となった後、洪水流がやや左に湾曲しつつ沖合へ流出したことによると考えられる。洪水のフラッシュはあったものの、河口沖では-8mの等深線で囲まれた大きなトラフがそのまま残されている。このような河口沖でのテラス地形の形成と、河口部での局所洗掘の発生状況

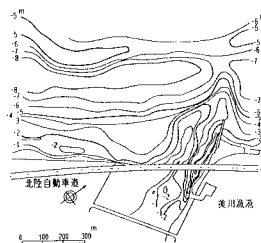


図-1 手取川における洪水直後の河口部海底地形 (1981年7月9日)

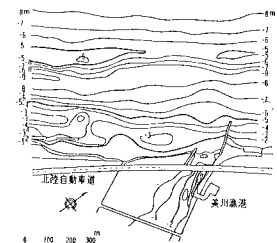


図-2 波浪の作用により平滑化された海底地形 (1981年12月28日)

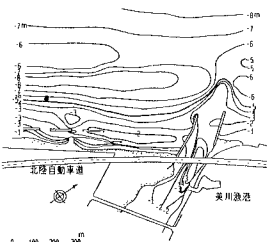


図-3 洪水直後の河口部海底地形 (1983年8月11日)

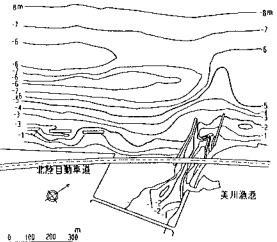


図-4 波浪の作用により平滑化された海底地形 (1983年11月10日)

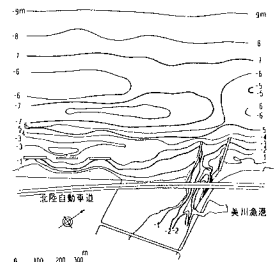


図-5 波浪の作用により平滑化された海底地形 (1983年12月8日)

は同じく日本海に面した阿賀野川での観測結果（宇多ほか、1995）と非常に良い一致を示している。

洪水による地形変化は一般に極く短い時間のうちに完結する。これに対して、波による地形応答はかなり長い時間がかかる。以下ではこの点について検討する。図-2は、洪水より178日の経過した1981年12月28日の深浅図である。この時点までに、沖に大きく突出した舌状地形は消失し、沿岸方向にほぼ平行な等深線形となった。このことは、洪水によって形成された舌状地形が平坦となるまでの応答時間は少なくとも約6ヵ月以内であることを示している。

第2回目の洪水は1983年4月20日に発生した。洪水後の深浅図を図-3に示す。この時まで、約290mの長さをもつ河口砂州の先端部において延長250mの左岸導流堤が伸ばされ、中導流堤方式の河口処理が行われた。その理由は、河口の安定化を図ると同時に、河道内の右岸側にある美川漁港の漁船等の航路維持を図ることも目的としたためである。この洪水では、洪水の規模が減少したため、河口沖への舌状の土砂堆積の範囲は狭くなったが、導流堤沖にほぼ同様な地形変化が生じた。舌状の堆砂域の沖側限界は-4mであり、図-1の-6mと比較するとかなり浅い。また、河道内の右岸側近傍での局所洗掘の状況も図-1の場合と非常によく似ている。しかし、洪水の規模が小さかったため、河口導流堤沖を除く周辺部での地形変化はほとんどない。図-4は洪水後204日の経過した、1983年11月10日の深浅図である。手取川は日本海に流入しているため、夏季は静穏であるが、冬季には冬季風浪の作用が厳しい。図-4の段階ではまだ本格的な冬季風浪の作用を受けていないと考えられるが、すでにこの時まで、大きく沖に突出していた-3~-5mの等深線のうち-3、-4mの等深線は沿岸方向にほぼ平坦となり、河口導流堤内では洪水時に形成された深みが沖側より埋め戻されつつあり、導流堤間の中央部に砂州が形成された。この地形変化からただちに沖合の浅海部の土砂が河道内へとうちあげられたと結論することはできないが、沖の舌状に突出した等深線のうち-4m以浅の等深線が平滑化されたこと、また河道内に土砂が砂州を形成して堆積したことから、比較的波高が低い堆積性の波により地形変化が起こったと考えられる。その後、約1ヵ月が経過した1983年12月8日の海底地形が図-5である。この段階までには、沖合の突出した等深線は全て平坦となり、洪水前の状態に戻った。平坦な等深線形に戻るまでの経過時間は、約4ヵ月である。1981年洪水の場合には、もとの海底地形の復元に要する期間は約6ヵ月であり、約2ヵ月長かったが、生じた海底地形変化の規模が1981年洪水の方が大きかったことから、両者はほぼ対応していると考えられる。いずれにしても、洪水規模にはよるものの、手取川ではもとの地形の復元に要する期間は数ヵ月以内と言える。また、河道内の地形を見ると、右岸側から左岸に向かって砂州が伸びている。そして、図-3と比較して美川漁港の直下流に形成された深みの形状には大きな変化は生じていない。このことは、図-5の段階では導流堤間で海側より堆砂が進みつつあったこともわかる。

3. 考察

現地実測データより得られた重要な特徴は、次のように要約される。①洪水時、河口の狭窄部では河道の蛇行状況に応じて左右岸のいずれかに局所洗掘が生じ、洗掘された土砂は沖合に流出する。②流出した土砂は三角形状で、上面が平坦なテラス状地形を形成して堆積する。③このテラスの沖側の縁辺には前置層が形成され、その勾配はかなり急となる。そして前置層と洪水前の海底面とを分ける水深は、洪水の規模に依存し、洪水規模が大きいほど深くなる。④河口沖に形成されたテラス状地形は波浪の作用で消失し、平坦な等深線形状に戻るが、それに要する期間は、手取川の場合ほぼ数ヵ月である。河口から上流へ向けた洪水時の不等流計算を行う場合、河口から11°の角度で川幅が広がると同時に、河口断面が沖方向に単調に増加すると仮定して計算が行われるが、実際には上述のような地形変化が起こるので洪水時の計算については河口部の地形をより忠実に表現する必要があると考えられる。また、河口部付近の海浜地形変化シミュレーションなどでは洪水流による短期的な地形変動に対して、かなり長い期間波を作用させ、その間での海浜への堆砂などが検討される。本研究で示した河口部の地形応答は、数ヵ月のオーダーである。したがって、この種のシミュレーションの計算時間はこのような時間スケールを念頭において設定する必要がある。