

1 問題の背景

洪水時における橋脚周辺の洗掘に基づく災害のあとを絶たない。被災橋脚のうちでは、河岸に隣する橋脚が注目される。昭和57年の富士川洪水では、国鉄東海道本線の橋脚低水路左岸側が倒壊して重大問題となった。このとき、万葉橋側道、21km付近の右岸橋脚が倒壊流失、富嶺橋側道、26km付近の左岸橋脚が上流側へ傾斜、および目見橋側道、56km付近の左岸から2番目の橋脚が上流側へ流下傾斜するなどの被害が発生した。河岸付近の橋脚の被災例は、富士川の例に限らず、一般的にみえるようである。なお、河川管理施設等構造令では、橋脚を河岸低水路河岸を含む又は堤防の法先並びに低水路の法肩から10m計画流量が50%以下のとき(5m)以上離す(ただし、適切な措置が講ぜられているときはこの限りでない)こととしている。このことは、河岸を護る立場から規定されたものであり、現実の橋脚の設置位置がこの程度離されていることを意味している。ここでは、以上のよう背景を踏えて、橋脚周辺の洗掘現象に及ぼす河岸構造物の影響について考察を行う。

2 原因に関係を有する事項

河岸付近の橋脚が被災しやすい原因について考察を行うことと、統計処理より重要である。一般的被災原因として考えられる事項としては、根入れ不足(全般的に河床低下)、橋脚保護対策の不適、みお筋位置の変化(蛇行モード数の減少、蛇行強度の増大、砂州・砂礫堆長の減少に伴うピア一軸に対する流れの斜め入射、水衝部位置の変化(橋脚設置時に砂州部の橋脚の根入れは、古い橋脚の場合は一般に浅い)、洪水流量の増大、粗度係数の減少(流速の増大)、大径砂礫の減少、護岸前面の洗掘抵抗係数の増大、護岸沿いの洗掘前延長の波及などがある。これらの諸原因は単独に作用するのではなく、多くの場合に複合して現われるので、橋脚被災の原因を明確にすることは容易でない。したがって、被災事例を単独に統計処理するよりは、個々の事例毎の研究を積みあげていくことが当面重要であると思われる。

河岸付近の橋脚周辺の流れとしては、馬つり形渦とカルマン渦に加えて、河岸渦、河岸斜昇流、腰角部流れ、護岸前面の走り流れ、護岸による流れの反射などがある。大規模な渦の流れには間欠性が存在する。また、これらの各種の流れの間には相互干渉があり、複雑な流れとなる。さらに、複断面河道の場合には、低水路から高水敷に乗り上げる流速の大きい流れや、高水敷から低水路へ落ち込む流れなどが存在することもある。

流砂の運動は、以上のような複雑な流れの存在によって、3次元的な運動を行い、通常区間での掃流砂が滞留することもある。一般に洗掘が深くなる。また、粒度分布やアーミングに注目すべきである。

つぎに、河道条件として直線部河道、ゆるい曲部河道、交互合流部河道、派川分岐部河道、狭窄部河道、河口部河道(低水路の流れと無関係に、波の条件によって砂州が形成することもある)などの平面形状の条件、断面変化部などの縦断条件、および複断面形などの横断条件によって洗掘現象は異なる。また、砂礫採取に際しての掘削し部(橋脚保安距離)による砂州の固定化に基づく蛇行角度の増大と流れの集中の現象には留意する必要がある。

河川構造物としては、護岸、根固、水刺および床固等の効果について考慮する必要がある。護岸では、法勾配と粗度が重要である。橋脚としては、形状、径、フーチングの位置と径などにより、水理量収束とフルード数等に応じた洗掘現象が生じる。

以上のように、橋脚洗掘現象に関係する要因が多いため現象は複雑である。洗掘位置は橋脚前面、側面、護岸前面であり、後2者の干渉がひとつのポイントである。

3. ひとつの実験例

複断面河道において低水路内の流速がほぼ一様分布のとき、橋脚の設置位置による洗掘深さの変化を示す例を

図-1にあげる。これによると、護岸法尻から橋脚中央までの距離が図で30m、20m、10mの点と並びくはるにしたが、初期河床からの洗掘深が、5.0m、5.5m、7.5mと増大している。なお、この実験は縮尺 $\frac{1}{50}$ としマフルード則に基づいて換算している。ニゴズいう洗掘深とは、模型で60分程度でほぼ安定形状が得られるので、90分経過後の洗掘深とした。橋脚形状は幅3.5m、長さ9m、上下流端は半円形である。また、初期水深8m、流速5.5m/s、フルード数 $F=0.6$ 、平均粒径30mm程度の水理量を与えている。護岸は1.5割の法勾配を有し、初期河床より2m下までをそのまま延長し、それより下部を鉛直とした。この模型は図-2に示すように、わずかに弯曲しているの、橋脚がいの場合にも90分後の河床は低下する。この分を差引くと、上記の値は、4.1、4.4、6.1程度の値となる。

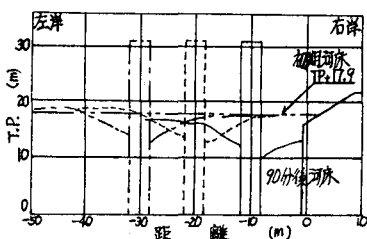


図-1

図-3はA-A断面の横断図である。橋脚位置による横断の河床形状の影響を受けることとわかる。図-4は洗掘孔のコンター図である。いずれの場合も、最大洗掘が生じる点は橋脚の右岸側の点である。これは護岸の効果の現れであると思われる。

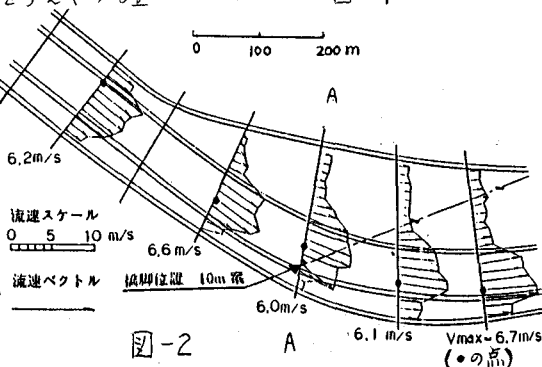


図-2

橋脚にフーチングが存在すると洗掘深はさらに増大する。距離10mの場合で計画河床より2m下までの径10mのフーチングを設置したときは、同じ水理量に対して9.5mと、フーチングがない場合の7.5mに対して2m深掘した。なお、河岸に護岸がなく、洪水流による侵食を受けるときには、橋脚周辺の洗掘深は軽減される。また、根固工を設置すると、橋脚周辺の洗掘が変化する。20m離す橋脚の場合、計画河床以下に幅10mの根固工を設けると、洗掘深は6mであり、根固工がない場合に比して0.5m増大した。この根固工も約3m沈下している。なお、橋脚の設置に伴い、水衝部位置が変化するのが通例であるので、護岸の立場においては留意する必要がある。

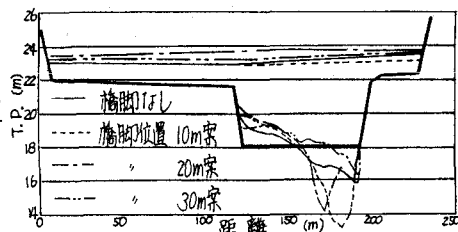


図-3

4 おわりに

横断面内における最大流速が生じる点は、橋脚位置を右岸から離すにしたがって左岸側へ寄り、それと共に護岸前面の最大洗掘が生じる点は下流側へずれる。このように、橋脚周辺の局所現象にとどまらないことが明らかとなった。この実験は単なる一例に過ぎないが、一般的にも軽視できない問題と考えねばならない。

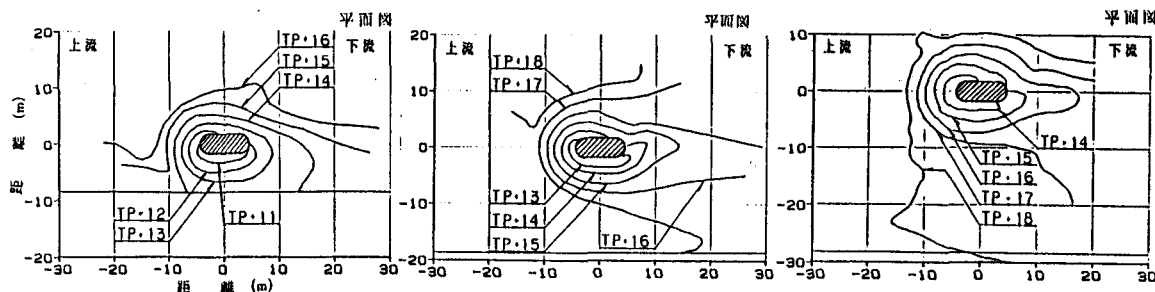


図-4