

京都大学防災研究所 正会員 河田 恵昭
京都大学防災研究所 正会員 土屋 義人

1. 緒言 浅海における栈橋の建設に当りては、橋脚周辺に生ずる局所洗掘が大きな問題となることは周知の通りである。しかし、この局所洗掘に関しては、十分な知識が得られておらず、栈橋建設後著しい局所洗掘が発生し、大きな問題を提起してきた。ここでは、浅海における栈橋橋脚の局所洗掘について若干の研究を行うとともに、単杭と群杭の局所洗掘の機構を検討して、可能な限り一般的にこの洗掘現象と考察する。

2. 栈橋の局所洗掘の現状 近年建設された観測用栈橋としては、米国海岸工学研究センター(CERC)の観測用栈橋および我が国では建設省土木研究所阿字ヶ浦漂砂観測用栈橋などがあるが、いずれも著しい局所洗掘が起こり、観測上かなりの支障をきたしている。たとえば、1977年に建設されたCERCの観測用栈橋(FRF)は、延長651mで、並列した2本の直径0.92mの鋼パイプで支えられ、先端の深さは当初6.5mであった。しかし、建設後間もなく栈橋先端部より始まった洗掘は現在、栈橋全体に及び、図-1によれば、最も深い箇所は栈橋の先端部および中央部にあり、それぞれ約1.5および3m以上洗掘されている。そして、この影響は栈橋周辺の

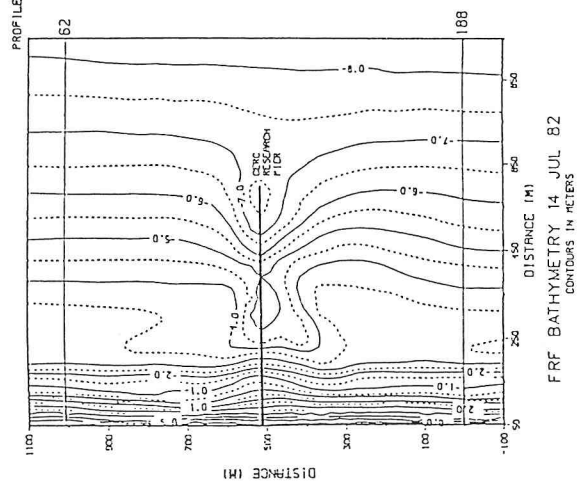


図-1 CERC栈橋周辺の海底地形の変化

なりの範囲に及んで海底地形を変え、等深線は著しく浅海部へ湾入し、等深線が平行な往時の一様海床の面影は失われている。このほかに、前述した阿字ヶ浦の栈橋でも同様の傾向が見出されている。

3. 単杭の局所洗掘機構 1本の杭と波の場に置いた場合の実験結果では、まず局所的に底面が洗掘されるが、一般に砂れんが発生すると、その洗掘は砂れんの規模と同じ程度になる。すなわち、通常の水理実験の規模では、砂れんの波長は数cm程度であり、これに対して橋脚の直径は一般にその数分の1程度になるが、現地では砂れんの波長より橋脚の直径の方が大きいので、そこに縮尺の効果が存在するものと想像される。写真-1は局所洗掘の発生過程についての基礎実験の1例であり、一様流によりゆる clear water scour の状態のもとで波を作用させた結果である。洗掘は急速に進行し、洗掘深も洗掘孔も速やかに拡大していく。すなわち、波の作用によって形成された渦によって、杭の前後面に底質が周期的に浮遊するが、そのままでは著しい洗掘は起こらず、浮遊した底質が流れによって運ば去られると、次第に洗掘孔が拡大し、さらに強力な渦に発達してこの過程を助長していくためであろうと思われる。いかにいへば、浅海において構造物周辺が洗掘される原因は2つあって、その1つは波の作用そのものであり、いま1つは波と流水の相乗作用であって、この相乗作用こそ著しい洗掘を引き起こしていると考えられる。

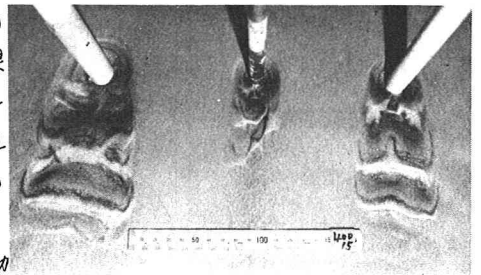


写真-1 Clear water scour による洗掘形状

4. 群杭の局所洗掘機構(群杭効果) 2本以上の杭または柱状の構造物がかなり近接して設置された場合には、それぞれの杭周辺に起こる局所洗掘が相互に重なり合っており、あたかも群杭効果ともいえる著しい局所洗掘

が発生することがある。図-2~4 は Herbich らの実験結果の一部を再整理したもので、まず、図-2 より、流速 12.3cm/sec では洗掘は起こっていないが、ここに波と作用させると、急速に洗掘が進行することがわかり、波と流れとの相乗作用の大きいことが理解される。図-3 は無次元最大洗掘深 $Z_{\max}/D$ (D : 杭径) の杭数との関係と、図

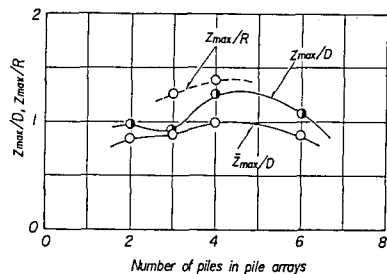
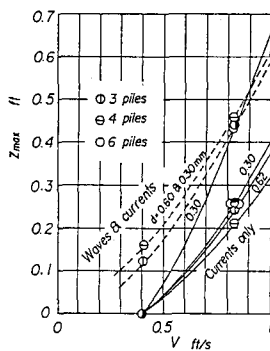


図-3 無次元最大洗掘深の杭数による変化

図-4 は無次元最大洗掘深の場所的変化 図-2 最大洗掘深に及ぼす流れの効果を示し、いずれも前述の流速が波に付加されると、4本杭の場合が最大洗掘深が大きくなり、2本の場合より3本の方が洗掘は少ないことがわかる。また、図-4 から3本と4本の群杭の場合には、かなり洗掘の特性が相違することが見出される。図-5 は2および3本杭の場合における無次元杭間隔 B/D (B : 杭間隔) と無次元洗掘孔の大きさの関係を示したものである。これから、2本杭の場合が3本杭に比べて無次元洗掘孔の大きさが若干大きくなっていることがわかり、その差は杭の後流渦の発達と隣接杭のレヤ開・縮流との相互作用の結果によって生ずると考えられる。図-6 は2および3本杭の場合について、2重円を表わした杭の沖方向と沿岸方向の洗掘孔の半径を示し、図中の曲線はその平均値と範囲のものである。沖側の杭は破壊点に一致するように波高と調整し、周期は 1.43 sec 、現地と模型の縮尺比は $50:1$ である。この図から、杭の直径の組合わせが相違する場合も含めて、2本杭の方が3本杭に比べて洗掘径が大きいたことが見出される。なお、同じ3本杭の場合でも沖側に2本並んだ方が1本の場合よりも洗掘径が小さくなることもわかる。

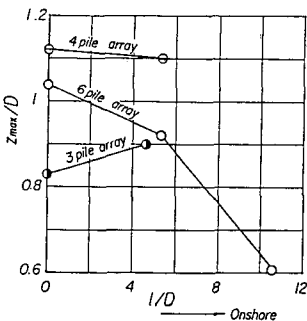


図-4 無次元洗掘深の場所的変化

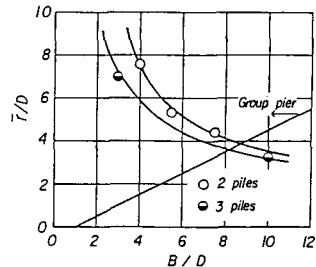
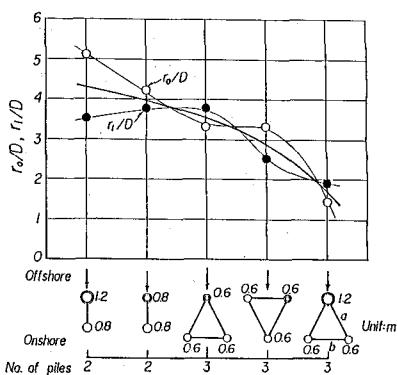


図-7 は群杭効果が現われる限界の杭間隔について考察したものである。図-5 杭間隔と洗掘孔径との関係

いま、群杭を構成する各単杭の洗掘孔を重ね合わせたとき、群杭効果が現われるとすれば、その最小間隔 $B_{\min}$ は、 $B_{\min}/D = 2r/D$ で表わされる。この関係



を無次元洗掘孔 図-6 杭の沖および沿岸方向の洗掘孔径の半径を用いて計算し、上、下限とともに図中に示す。これから、群杭効果の現われる限界杭間隔はほとんど杭径に比例することがわかる。

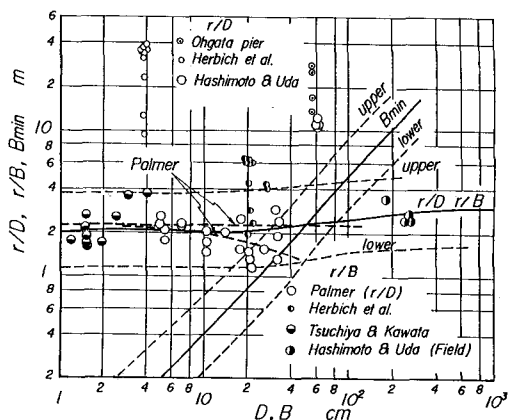


図-7 無次元洗掘孔径と杭径および杭間隔の関係

5. 結 語 以上、杭間隔の減少によって発生する著しい局所洗掘を群杭効果として取り扱うことが出来ることを示したが、今後さらに系統的な実験を行って詳細に明らかにしたいと考えている。