

ソリトン分裂波を考慮した津波シミュレーション

応用地質㈱ ○大藪 剛士
 応用地質㈱ 日吉 智

1. はじめに

ソリトン分裂波とは、津波が溯上して行く過程で、波形や水深などの条件により、周期の短い複数の波に分裂し、波高が増幅する現象である。特に、河川のような遠浅の場所を津波が溯上する場合に発生しやすく、高さを増した津波が河川管理施設に被害を与える可能性が懸念されている。

本報は、ソリトン分裂波を考慮した津波シミュレーションを行うことで、対象河川においてソリトン分裂波が発生する箇所を特定し、ソリトン分裂波による津波水位と施設計画上の津波水位を比較することで、現在計画中の河川管理施設に対して安全性を検討した事例を紹介する。

2. ソリトン分裂波の事例

国内の既往津波では、1983年日本海中部地震¹⁾および2003年十勝沖地震でソリトン分裂波(波状段波)が確認され、写真あるいはビデオに記録されている。

写真-1に1983年日本海中部地震において撮影されたソリトン分裂波を示す。また、写真-2に2003年十勝沖地震において撮影された十勝川を遡上する津波のソリトン分裂波を示す。

1983年日本海中部地震津波では、ソリトン分裂波が重さ4tの波消ブロックを散乱させる程の被害が発生しており、河川管理施設に対する被害が懸念されている。



写真-1 ソリトン分裂波(1983年日本海中部地震)²⁾



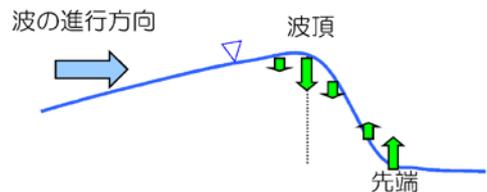
写真-2 ソリトン分裂波(2003年十勝沖地震、

陸上自衛隊北部方面隊撮影, 2003年9月26日 AM6:25頃)

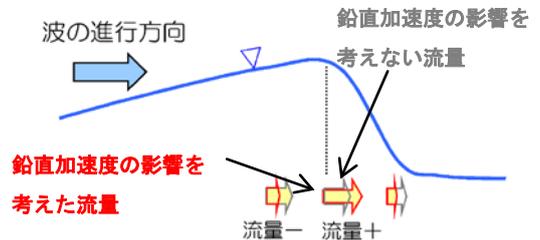
3. ソリトン分裂波の発生・発達の過程

波頭部分における鉛直方向加速度の働きによってソリトン分裂波は発生する。ソリトン分裂波の発生および発達過程は以下のように説明できる。

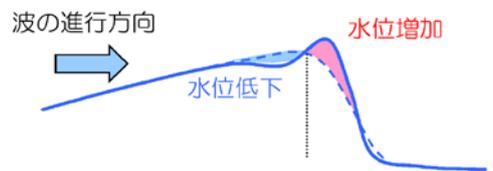
- ① 波頭が切り立ってくると、波の先端部で上方方向の加速度が、波頂部で下方方向の加速度が働く。細かく見ると、波頂部でも場所により鉛直加速度が変化する。



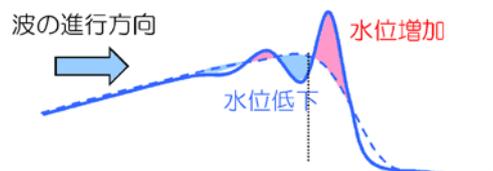
- ② 鉛直加速度が加わることで、波頂部で水圧の増減が生じる。水圧の差は水平方向の流量の時間変化と比例するので、波頂部の進行方向側で局所的に流量が増大する。一方、波頂部の背後側では流量が減少する。



- ③ その結果、波頂部前側の水位が高まり、波頂部の後方は水位が低下する。そうすると、更に鉛直加速度の働きが強まるためソリトン分裂波に成長する。



ソリトン分裂波に成長する



4. 計算方法

津波計算の基本方程式には、非線形長波理論式と非線形分散長波理論式がある。このうち、津波のソリトン分裂波を表現するためには、非線形分散長波理論式を用いる必要があり、適用にあたっては津波シミュレーションを行う際の計算メッシュサイズを小さくする必要がある。このため、遥か沖合にある津波の波源から河道内までを全て小さいメッシュサイズで計算した場合、多大な時間を要することになる。よって、本検討では外洋から対象河川の河口域までは、メッシュサイズを段階的に2,430m~10mまで小さくし、非線形長波理論式により計算した。また、河口域から河道内については、ソリトン分裂波が表現できるように非線形分散長波理論式を適用し、計算メッシュサイズを2mとした。図-1にソリトン分裂波を考慮した津波シミュレーションの概要図を示す。

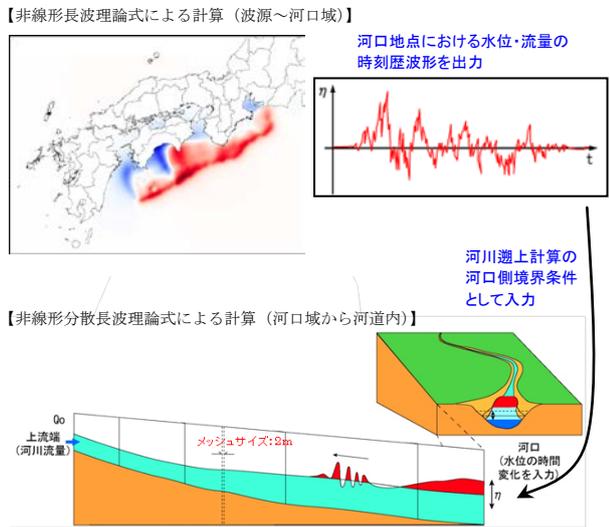


図-1 ソリトン分裂波を考慮した解析の概要図

5. 計算結果

本検討では、津波に対する河川管理施設の安全性を検討することが目的であることから、津波波源モデルには、当該河川において設定されている施設画面上の津波と同じ波源モデルを用いた。なお、施設画面上の津波とは、津波対策工の諸元を決定するために設定される津波のことで、津波対策においては施設画面上の津波水位に対して堤防を越流することがないように堤防高が決められる。

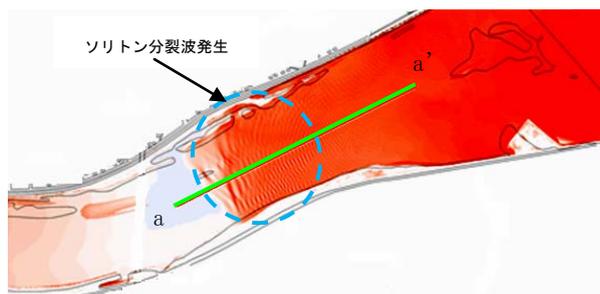


図-2 ソリトン分裂波の発生箇所

図-2に対象河川におけるソリトン分裂波の発生箇所を示す。ソリトン分裂波は、河口からほど近い河道が湾曲する手前で発生することが予想された。なお、河道の湾曲部より上流域ではソリトン分裂波は発生しなかった。

図-3および図-4にソリトン分裂波が発生した際の津波水位縦断の時系列図を示す。なお、同図には当該河川で設定されている施設画面上の津波水位を示す。当該河川においてソリトン分裂波は、2度発生すると予想された。時系列図から、1度目、2度目ともに引き波による水位低下後の後続波（押し波）による急激な水位上昇に伴い、ソリトン分裂波が発生していることが分かる。また、ソリトン分裂波の発生時の水位は、施設画面上の津波水位を下回ることが確認できた。このため、当該河川において設定されている施設画面上の津波水位は、津波対策において安全性が担保された外力になっていることが確認できた。

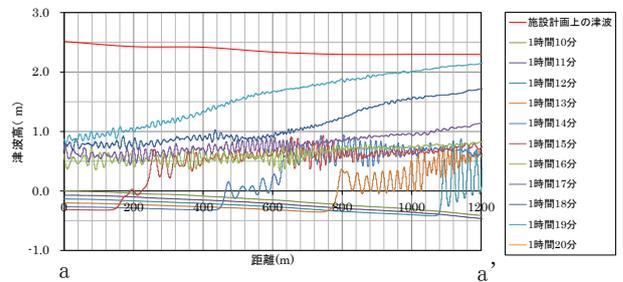


図-3 津波水位縦断の時系列図(1度目)

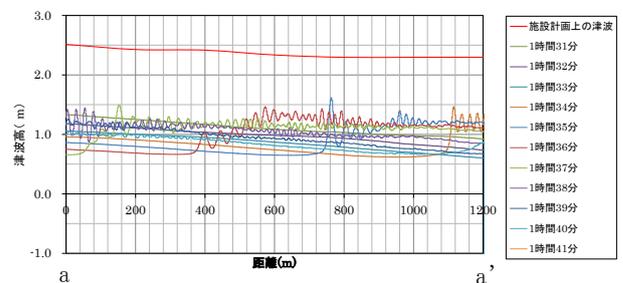


図-4 津波水位縦断の時系列図(2度目)

6. おわりに

ソリトン分裂波では、波高を増幅した波が破碎されるため、波力が急激に大きくなることが予想される。今後は、ソリトン分裂波による波圧に対しての河川管理施設の安全性を検討していく必要があると考えている。

《引用・参考文献》

- 1) 首藤伸夫：秋田県北部海岸における日本海中部地震津波，津波工学研究報告，第1号，pp.12~26，1984。
- 2) 東海大学海洋学部：昭和58年日本海中部地震写真報告集，p.64，1984