

III-484 ケーソンに作用する動的土圧の特性

運輸省港湾技術研究所 会員 稲富隆昌

運輸省港湾技術研究所 会員 風間基樹

1. はじめに

近年、港湾施設の再開発によって、古くなった護岸（旧護岸）の前面に新しい護岸（新護岸）を建設する機会が多くなった。新護岸と旧護岸の間が十分に広ければ、新護岸に作用する外力、特に地震時土圧は、新設の護岸のそれと同じと考えて良い。しかし、旧護岸の前面に十分な幅の埋土地盤を確保できない場合、新護岸に作用する地震時土圧は、旧護岸の影響により、新設護岸の土圧と異なると考えられる。本報告は、このような既設のケーソン護岸の前面に建設した新しいケーソン護岸に作用する動的土圧の特性を模型実験によって検討したものである。

2. 模型振動実験

模型の一例を図-1に示す。新護岸の模型はケーソンタイプで、高さは0.8mである。実験は、新護岸のケーソン模型を旧護岸の側壁と見なした振動箱の側壁から順次離して行った。新護岸と旧護岸の側壁間、すなわち埋土幅（ L ）は、 $L=0.2, 0.4, 0.6, 1.0, 1.5$ mとした。埋め土材料は、秋田港の浚渫土砂で、気乾状態で使用した。加振外力は正弦波外力で、振動数は5 Hz、加速度は20, 50, 100, 200, 300 Galとした。ケーソン模型には荷重計によって受圧板が取り付けられており、深さ方向の土圧分布とその土圧合力が計測できるようになっている。また、ケーソンと埋土の砂層には加速度計を設置した。なお、振動実験を行う前に、振動数30 Hz、加速度300 Galの正弦波加振を行い、振動実験時に残留土圧がなるべく発生しないようにした。

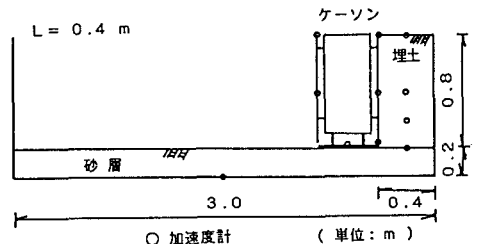


図-1 模型（埋土幅：0.4 m）

3. 実験結果

1) 加振前の静的土圧

図-2は、加振実験前の静的土圧の深さ方向の分布を示したものである。例外的なデータはみられるものの、埋土幅に係わらず、土圧は深さ方向に直線的に増加し、現行設計法の土圧と同じ分布形状を示している。また、埋土幅が静的土圧に与える影響は、小さいこともわかる。加振実験前（20 Gal実験前）の土圧合力は、埋土幅0.4mの合力を除き、80~90 kgfであった。加振前の静的土圧係数 K_0 は、土圧が三角形分布であることを考慮すると、 $K_0=0.36\sim0.41$ である。一方、砂の内部摩擦角（ $\phi=40^\circ$ ）から求められる静止土圧係数は、 $K_0=0.36$ であった。土圧合力から求めた静的な土圧係数と砂の内部摩擦角から求めた静止土圧係数は、ほぼ等しいことがわかった。

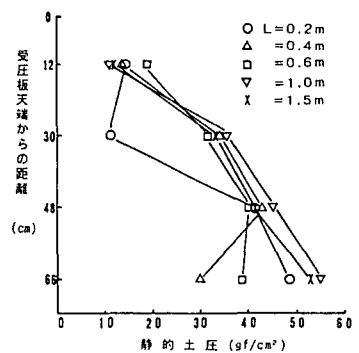


図-2 静的土圧

2) 動的土圧

埋土幅 L が異なる新護岸に作用する動的土圧の深さ方向の分布の例を図-3、4に示す。土圧の大きさを整理する方法は色々あるが、本報告では、ケーソンの慣性力の向きが海側のときの土圧とした。したがって、動的土圧の符号が負であるということは、慣性力と動的土圧の位相が逆で、加振時の土圧は、静的土圧より小さいことを意味している。図-3は加振外力が50 Galの結果であるが、動的土圧は埋土幅の大きさに係わらず、深さ方向に凹状になっている。このような土圧分布形は、ケーソンがロッキング振動をしている

ことを示している。土圧分布から、埋土幅が小さくなるほど、負の土圧は大きくなる。すなわち、埋土幅が小さいほど、地震時土圧（静的土圧＋動的土圧）は小さいということがわかる。図-4は加振加速度が300 Galのときの結果である。埋土幅が小さい場合、動的土圧は負で、かつ深くなるほど直線的に増加している。一方、埋土幅が広くなると、動的土圧の深さ方向の形状は凸状になり、ケーソン下端の土圧の符号が正に変わっている。加振加速度が300 Galとなっても、埋土幅が小さい場合、地震時土圧は静的土圧より小さいことがわかる。しかし、埋土幅が広くなると、地震時土圧は静的土圧を超える可能性があることを示している。

3) 物部・岡部式の土圧との比較

図-5は、ケーソンの慣性力の向きが海側の時の地震時土圧合力を物部・岡部による地震時主働土圧（現行土圧）と比較したものである。現行土圧を求める際、ケーソンからの主働崩壊面が背後の振動箱の側壁と交わる場合の土圧は、試行くさび法によって求めた。現行土圧は、設計震度が同じであれば埋土幅が小さいほど小さい。実験結果を現行土圧と比較する際の加振前の静的土圧は、動的土圧の特性をより明らかにするため、前述の静止土圧係数($K_0=0.36$)から算定した。実験結果によると、加振加速度が100 Galまでの地震時土圧は、埋土幅の大きさに

係わらず静的土圧より小さく、その減少割合は埋土幅が小さいほど大きい。加振加速度が更に大きくなり、特に埋土幅が1.0m以上で300 Galになると、地震時土圧は静的土圧以上の土圧になる。この結果は、動的土圧と慣性力が同位相になったこと示す。実験結果によると、この加振加速度においてケーソンは滑動していた。この時、地盤は塑性平衡状態に達したと考えられる。実験結果と現行土圧を比較すると、埋土幅が小さいほど、小さいという傾向は一致している。実験の土圧は静的土圧からの減少、現行土圧は常時主働土圧からの増加となっている。また、滑動したときの地震時土圧は、現行土圧に近い値を示している。

4. 結論

旧護岸の前面に新護岸を建設した場合の新護岸に作用する土圧を実験によって検討した。主な結論はつぎのとおりである。1) 加振加速度が小さいと、ケーソンの慣性力と動的土圧は逆位相の関係にある。2) 埋土幅が小さいほど、地震時土圧は小さくなる。これは、物部・岡部式の土圧の傾向と同じである。3) 加振加速度が増大し、埋土幅が広くなると、地震時土圧は増加し、静的土圧以上となり、物部・岡部式の塑性平衡状態の土圧に近づく。

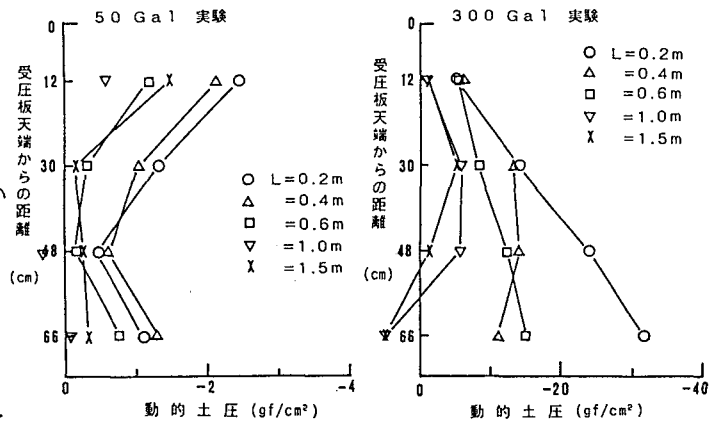


図-3 動的土圧(50Gal)

図-4 動的土圧(300Gal)

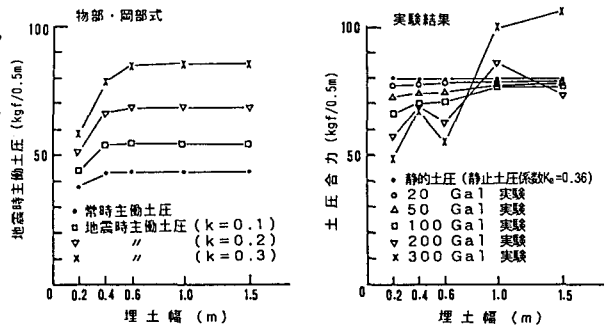


図-5 現行土圧と土圧合力