

ケーソン連結目地内における流体共振特性に関する研究

金沢大学大学院 学生員○荒木孝之

金沢大学工学部 正会員 斎藤武久・石田 啓

1. はじめに 悲しく痛ましい事故となった、平成 13 年の大蔵海岸陥没事故¹⁾では、事故原因は、ケーソン護岸目地の陸側に敷設された防砂板の破損に伴う背後砂の流れ出しによると報告されている。この中で、防砂板の破損理由には、海側に対して開放された目地内に進入する波の繰り返し運動に伴う、防砂板の変形および磨耗が挙げられている。通常、このような砂の流出問題は、ケーソン前面での水圧変動に連動した陸側地盤内の液状化問題と関連して注目されてきていたが、今回の調査報告では、連結部目地のような微小間隙部での波動運動が、例えば防砂板の破損や、特異な陸側地盤内の間隙水圧の変化といった、重大な災害を引き起こす原因となることを示している。しかし、目地といった微小な空間であるため、微小間隙内での流体運動がこれまで技術的に論じられることは少なかった。一方、著者ら^{2),3)}は、近接ケーソン間の微小間隙内において、流体共振現象が発生することを数値解析および理論解析により明らかにし、実験⁴⁾によって、微小間隙内における流体共振現象の発生を確認している。本研究では、上述の実験を発展させ、間隙幅の変化を考慮して詳細な実験を行い、流体共振現象の発生範囲、入射波高の変化に対する間隙内波高の変化特性を検討する。

2. 実験装置および実験方法 図-1 に実験装置の概要を示す。水槽中央部に長さ $L=77\text{cm}$ 、幅 $B=38.5\text{cm}$ の 2 つの亚克力製ケーソンを設置することにより、目地を入射波側および透過波側ともに開放し、かつ入射波に対向して無限列となるケーソンの配置を想定した。この際、水槽側面とケーソンとの間に亚克力板を挿入することにより、間隙幅を $a=3, 2.6, 2, 1.4\text{cm}$ として変化させた。実験では、水深を 20cm に固定し、入射波周期 $T=0.83\sim 2\text{s}$ 、入射波高 $H=0.8\sim 2.3\text{cm}$ とし、合計約 150 ケースを実験の対象とした。間隙内部および間隙外部の水位の時間変化は入射波の進行方向に平行な水槽の中心線上の 27 箇所において容量式波高計を用いて計測した。このとき、間隙内部では 1 つ、間隙外部では 3 つの波高計を移動しながら、造波開始直後に 160s 間の計測を行うことによって、計測位置の異なる計測データの同期をとった。後述する平均波高の空間分布の算定では、計測された水位の時間変化データの中で、後半の 100s 間のデータを用いて計算を行った。また、間隙内部の水面変動は水槽側面に設置した高速度ビデオカメラ (500 コマ/s) で、造波開始後 60s 経過後から撮影を行った。なお、共振発生域の判定では、 $H=1.5\text{cm}$ 以下の入射波高に対して、入射波周期を変化 (入射波の周波数を 0.01Hz 間隔で変化) させ、間隙内最大波高 H_g が入射波高の 4 倍を上回る入射波周期の範囲を共振発生域とした。さらに、共振発生時の入射波高の変化に対する間隙内波高の変化は、上述の結果から得られた間隙内最大波高の中で、最も波高が大きかった入射波周期の場合を対象とした。

3. 実験結果および考察 写真-1 に間隙内で流体共振が発生した場合の水面形状を例示⁴⁾する。写真より、水面変動は、間隙中央を中心とした左右対称形であり、間隙両端を節とする 1 次モードの流体共振現象に極めて近い変動特性を示していることが分かる。また、間隙内の水面変動の周期は、入射波の周期と一致していることを確認している。なお、同様な間隙中央部で波高が極値をとる水面変動の発生は、平面波浪場に 2 つの矩形断面柱体を近接設置させた場合の数値解析³⁾でも確認されている。図-2 に、間隙幅が 2cm の場合の波高の空間分布を例示する。図中において、 $x=-77\text{cm}\sim x=0\text{cm}$ の位置が間隙内部に相当する。図より、ケーソン前面では、重複波が発生し、間隙内の波高は、 $T=1.27\text{s}$ で値が極めて大きくなっていることが分かる。一方、 $T=1\text{s}$ および 2s の場合、間隙内の波高は、ケーソン前面の重複波の波高を超えることなく、ケーソンの間隙背後端およびケーソン背後では波高がゼロとなっていることが分かる。次に、間隙内での流体共振現象の発生範囲を図-3 に示す。図中、横軸 kL は、入射波周期および水深により線形波理論から求めた波数 k とケーソンの長さ L との積からなる無次元波数であり、縦軸は、間隙内最大波高 H_g と入射波高 H との比を表す。図より、本研究で定義した H_g/H が 4 倍を超える流体共振現象の発生範囲は、間隙幅の変化によって多少変化するものの、

