

リーフ上のコンクリート橋梁に作用する波力特性に関する実験的研究

Experimental study on wave force on concrete bridge constructed on reef

室蘭工業大学大学院 学生員 渡辺 元
 室蘭工業大学 正会員 木村 克俊
 (独)土木研究所寒地土木研究所 正会員 山本 泰司

1. はじめに

2004年9月8日北海道西岸を北上した台風18号により、積丹半島西岸を通る国道229号の大森大橋全長429mのうち、159mの区間が落橋する災害が発生した¹⁾。落橋した大森大橋の被災箇所の周辺地形と断面形状を図-1に示す。また、被災した大森大橋の状況を写真-1に示す。大森大橋はリーフ上に架設されたコンクリート橋である。落橋の原因は高波や橋梁周囲の水位の異常上昇などが考えられるが、詳しいメカニズムは明らかになっていない。

本研究においては、大森大橋を想定した2次元水理模型実験を行い、リーフ上に架設された橋梁に作用する波力の特性を明らかにする。

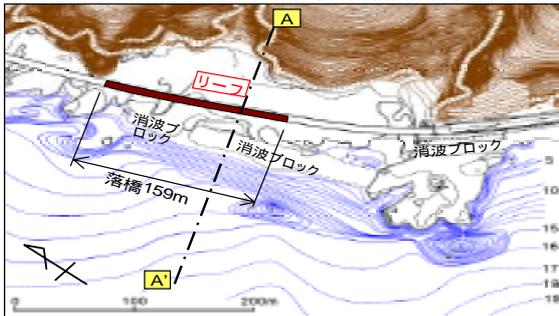
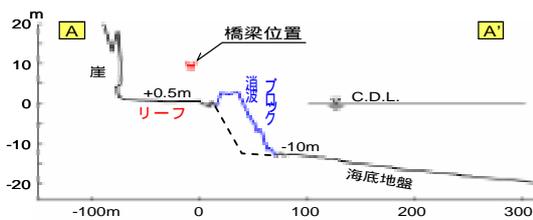


図-1 被災箇所の周辺図と断面形状



2. 実験方法

実験模型の断面形状を図-2に示す。実験断面は被災箇所の代表的な地形を再現したものであり、模型縮尺は1/25とした。海底勾配は1/20とし、これに続く勾配1:1のリーフ地形をモルタルで製作した。リーフ上から橋梁下端までの高さは20cmとした。リーフ前面から橋梁の中心までの距離は1.18mで一定とした。崖を模擬した勾配1:0.5の後壁を移動させ、後壁からリーフの先端までの距離 D を2.4mおよび2.8mの2種類に変化させた。 $D=2.8m$ の条件は図-1のA-A'断面に対応したものである。さらに後壁がない場合についても検討を行った。現地における水位の異常上昇を考慮し、実験でのリーフ上水位 W を8、12、16cmの3種類とした。なお、現象を単純化するため、現地でリーフ前面に設置されていた消波工は省略した。

実験はすべて規則波を用い、周期 T は2.4sで一定とし、沖波波高 H_0 を20~32cmまでの7種類に変化させた。実験対象波は、造波開始から第3波とし、第2波による反射波との重複波について着目した。

橋梁模型を2台の二分力計を用いて固定し、水平波力および鉛直波力を測定した。波力の時系列データをサンプリングタイム2msで取得した。

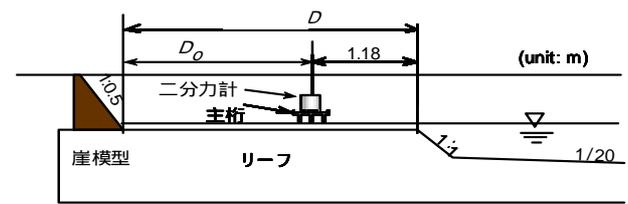


図-2 実験模型



写真-1 大森大橋の被災状況

3. 波力の発生パターン

図-3は、 $D=2.8m$ 、 $W=12cm$ の条件に対して、波高 $H_0=20cm$ 、26cm、32cmのときの橋梁の作用する波力の挙動を示している。 $H_0=20cm$ では橋梁の真下付近で重複波が発生し、ほぼ鉛直方向の波力のみが作用する。 $H_0=26cm$ では進行波成分が卓越した重複波が橋梁に作用し、水平方向および鉛直方向の波力が同時に作用する。 $H_0=32cm$ では、まず進行波が直接橋梁に衝突し、水平方向および鉛直方向の波力が同時に作用する。その後、重複波により鉛直方向の波力が再び作用する複雑な挙動を示す。

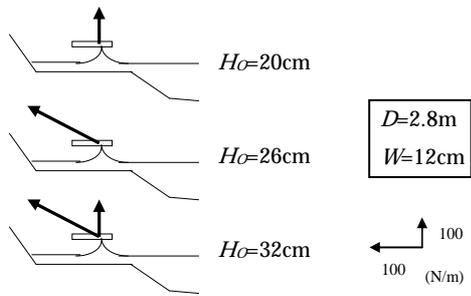


図-3 波高による波力の挙動の変化

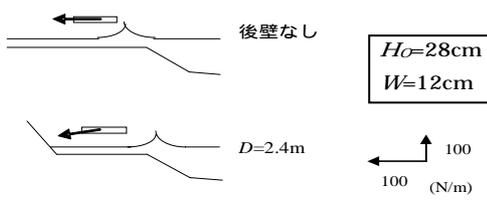


図-4 リーフ幅の変化による重複波の変化

図-4 は、 $H_0=28\text{cm}$ 、 $W=12\text{cm}$ の条件に対して、後壁位置を変化させたときの波力ベクトルを示している。後壁がない場合は進行波が直接橋梁に作用するため、水平波力が働く。また、後壁位置が沖側に移動した $D=2.4\text{m}$ の場合では重複波の発生位置も沖側に移動するため、水平波力が働く。

図-5 は波高 $H_0=28\text{cm}$ の条件に対して、後壁から橋梁までの距離 D_0 とリーフ上の波長 L の比を横軸に、橋梁に作用する鉛直波力 F_V を縦軸に示している。実験では鉛直波力が卓越する条件は $D=2.8\text{m}$ であり、これは現地換算したリーフ幅 70m に相当するものである。重複波によって鉛直波力が著しく増加する条件は D_0 がリーフ上の波長 L の 60% 程度であり、前述の図-1 に示した被災箇所のリフ幅もこれとほぼ一致している。

4. 波高と波力の関係

図-6 は、リーフ上水位 $W=12\text{cm}$ で一定としたときの各後壁位置における波高と水平波力 F_H の関係を示している。 $D=2.8\text{m}$ では水平波力は波高とともに増加する傾向が見られる。 $D=2.4\text{m}$ では、波高が大きい場合に水平波力が頭打ちになる傾向がある。後壁がない場合は、水平波力は波高とともにわずかに増加している。

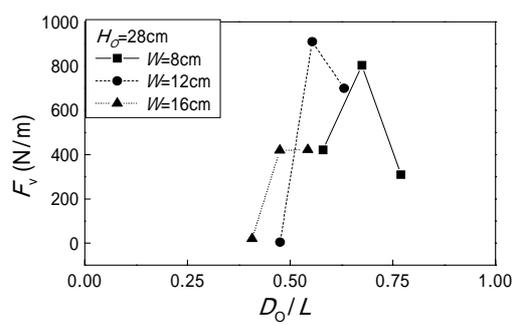


図-5 後壁位置と鉛直波力の関係

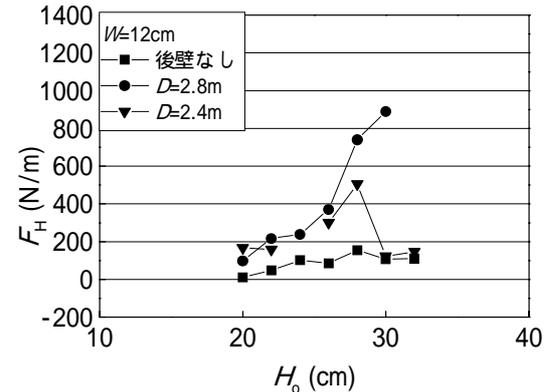


図-6 波高と水平波力の関係

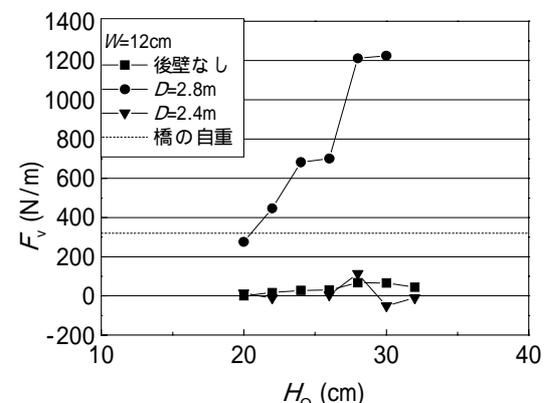


図-7 波高と鉛直波力の関係

図-7 は、図-6 と同様の条件に対して波高と鉛直波力 F_V の関係を示している。後壁がない場合と後壁位置 $D=2.4\text{m}$ の場合では橋梁に作用する鉛直波力がほとんど作用せず、下向きの力が作用する場合もある。これに対し $D=2.8\text{m}$ では、波高とともに橋梁に作用する鉛直波力が著しく増加した。現地における橋梁の自重は模型で 320N/m に相当するが、これを大きく上回る力が作用していることが明らかになった。

5. 結論

- 本研究で得られた結果は以下のとおりである。
- (1) 橋梁に作用する鉛直波力は、後壁から橋梁までの距離 D_0 がリーフ上における波長の 60% 程度のときに著しく増加する。
 - (2) 大森大橋の被災箇所が、実験において波力が著しく増加する条件とほぼ一致する。
 - (3) 地形条件によっては現地における橋梁の自重を大きく上回る鉛直波力が作用する場合がある。

参考文献

1) 本間大輔、窪内篤、山本泰司、木村克俊：波浪作用からみた大森大橋の被災原因の推定と復旧後の安全管理に関する実験的研究、北海道開発土木研究所月報、No.626、2005年7月。