高マウンドにおける上部斜面堤の波力特性に関する一考察

(独)土木研究所寒地土木研究所 正	三会員 〇)長谷 -	→矢
-------------------	-------	-------	----

- 正会員 山本 泰司
- 同上 北海道開発局農業水産部水産課 増田 享

1. はじめに

上部斜面堤は、①斜面部による水平波力の低減効果と鉛直下向きの波力による滑動抵抗力の増大,そして② 直立部の波力低減効果(低天端堤に類似した効果)により堤体断面の縮小を図った構造形式であり、大水深領 域を中心に全国的にも数多くの施工実績を有する優れた防波堤である。上部斜面堤の波力算定法は、森平ら (1979),細山田ら(1994)により提案されている.後に片山ら(1998)による不規則波実験で両者の適用性を検証し ているが、その中でマウンド形状や波浪条件により衝撃砕波力が作用する場合においては、両式による波力評 価が難しい事を指摘している.本研究では、高マウンドにおける上部斜面堤の波力特性を水理模型実験により 調べ、衝撃砕波力が作用する場合の波力算定法について考察した.

2. 実験方法と細山田式

2 次元断面水路(長さ 27m×幅 0.6m×高さ 1.2m) に勾配 1/30 のモルタル床を製作し、表-1に示す混成堤(Type0)とマウンド 高さが異なる上部斜面堤(Type1, Type2, Type3)に不規則波を作 用させ、堤体が受ける波圧の測定を行った.また、Type1~3

については堤体質量を変化させた滑動実 験を行い,滑動限界質量も求めた.(1)式 _ は細山田らが提案する波力算定式である. ここで、F_{SH}:斜面部水平波力、F_V:直立 部波力, F₁:斜面部と同じ高さの直立壁に 作用する合田式から求まる波力の内の斜 面部区間の波力,同じく F2:直立部区間 の波力, えsL':斜面部の波力低減係数, λ_V : 直立部の波力低減係数, θ : 斜面傾 斜角, d_C:斜面下端高さ(水面下方向が正) である. 揚圧力 F_U : 合田式と同じとして いる.



表-1 実験模型及び実験波の条件

	混成堤	上部斜面堤						
	Type0	Type1		Type2		ТуреЗ		
	dc/L=0	dc/L=0.008	dc/L=0	dc/L=0.008	dc/L=0	dc/L=0.008		
d/h	0.543	0.569	0.543	0.697	0.678	0.746		
B_M/L	0.075	0.073	0.075	0.065	0.066	0.065		
h _c /H _{1/3}	0.964	0.976	1.120	0.976	1.120	1.086		
H _{max} /h	0.724	0.682	0.724	0.682	0.724	0.667		
h/L	0.130	0.134	0.130	0.134	0.130	0.135		

$$F_{SH} = \lambda_{SL} F_1 \sin^2 \theta$$

 $\lambda_{st} = \min \left[\max \{ 1.0, -23 \text{H/Ltan}^{-2} \theta + 0.46 \tan^{-2} \theta + \sin^{-2} \theta \}, \sin^{-2} \theta \right]$ $F_{v} = \lambda_{v} F_{2}$ $\lambda_{V} = \min[1.0, \max\{1.1, 1.1 + 11d_{o}/L\} - 5.0H/L]$ $\cdot \cdot \cdot (1)$

3. 高マウンドにおける波力特性

図-1は Type0~3 の滑動合成波力最大時における波圧分布と、それを含む2秒間の時系列データ(滑動合 成波力,斜面部水平波力 F_{SH},直立部波力 F_V,揚圧力 F_U)を示している.そして,図中には細山田式から求 まる波圧分布と、衝撃波力係数 a₁を考慮した直立壁の波圧分布を併せて示している.

最も高マウンドである Typel において直立部に衝撃砕波力が作用していることが確認できる.比較の為に実 施した混成堤(Type0)の波圧分布と比較すると概ね一致しており、上部斜面堤の特徴である直立部の波力低減 効果が得られていないことがわかる. Type2, Type3 とマウンドが低くなるにつれて衝撃砕波力の作用は弱ま り、Type3の波圧分布は細山田式と良く一致している.一方、斜面部の波力 FsHについては、Type1~3の時系 列データによると、何れの Type も細山田式と良く一致しており、衝撃砕波力の影響は見られない.

キーワード 衝撃砕波力,上部斜面堤,波力算定法,波圧低減係数

〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 (独)土木研究所寒地土木研究所 TEL011-841-1684 連絡先



4. 波力算定法の考察

図-1 波圧分布と波力変化

波力実験結果に示したように, 高マウンドでの波力が細山田式 による計算値と合わない理由は, 衝撃砕波力が作用する場合にお ける直立部の波力低減効果を適切に表現できていないためと考え られる. 図-2は直立壁の波力算定式における砕波力に係る係数 $\alpha^{*}(=\max\{\alpha_{2}, \alpha_{1}\})$ と細山田式における直立部の波力低減係数 λ_{v} の関係を示している.ここで、 α_2 は合田式中の係数、 α_1 は高橋 ら(1992)が提案する衝撃波力係数. んvは, 滑動実験から得た滑動 限界質量から滑動合成波力を計算し、細山田式の計算波力がこれ に一致するように Avを逆算して求めた. 各 Type とも、細山田式 では $\lambda_{v=0.6}$ 程度となるが、実験結果は α *が増加するにつれて、 言い換えると衝撃砕波力の作用が大きくなるにつれて、*Av*も増加 する傾向にある. データ数は少ないが図に示す様に近似直線を引 くと a *>0.13 の時に Av は細山田式より大きくなる. Av=1.0 は直 立壁の波力を意味することから,既存の設計思想からすると Av は1.0を超えない、本実験条件に限定されるが、図-2の結果に基 づき ん の補正式を示すと、(2)式の様になる.

 $\lambda_{v} = \min[1.0, \max\{1.1, 1.1 + 11d_{c} / L\} - 5.0H / L] \quad (\alpha^{*} < 0.13)$ $\lambda_{v} = \min\{1.0, 3.97\alpha^{*} + 0.12\} \quad (\alpha^{*} > 0.13) \quad \cdot \quad \cdot \quad (2)$



図-2 砕波力と波力低減係数



5. 主要な結論

高マウンドにおける上部斜面堤の波力特性を調べた結果,上部斜面堤の特徴である直立部の波力低減効果が 十分に得られない場合があることが明らかとなった.その場合の波力を適切に評価するため,細山田式におけ る直立部の波力低減係数 *2 v*を(2)式により補正する方法について検討した.図-3は,本実験の滑動合成波力 に着目して計算値と実験値(滑動実験結果に基づく)を比較したものである.*2 v*を補正したことにより,波 力算定精度が向上している.今後は更に広範に実験を行い,波力算定式を一般化したいと考えている.