

造波機による不規則波形の再現性について(その1)

関西電力総合技術研究所 正員 長澤清昭
 同 上 山本正和
 新日本技術コンサルタント 正員 陳 活雄

1. はしがき 海岸構造物に作用する波浪外力の不規則性を構造物の設計に導入する試みについては、これまでに種々の知見が得られて来たが、不規則波自体の性質や変形について不明な点が多いため適用法についてはまだ、よくわかっていないと考えられる。著者らは今度、不規則波造波装置が設置されたのを機会に、実用的見地から波の不規則性を構造物の設計に導入する方法の研究に着手した。本報告は、設置された造波機の造波特性について紹介するとともに、現地波浪の模型への再現性について若干検討した結果について述べたものである。

2. 造波装置および造波システム (1) 造波装置 造波装置は、平面水槽、造波機、制御装置およびデータの収録解析装置から成るが、平面水槽の規模は正味で長さ：15m、幅：8m、深さ：0.7mの大きさであり、造波機は油圧駆動で造波形式はベンジラムタイプを取り入れた。これらの配置は図-1に示す通りである。また、造波機の制御は手動又はコンピュータ制御されるが、そのハードシステムの概念フローを図-2に示す。造波機の機能としては最大波高30cm、周期0.3～4.0secを目標に設計されており、また、正弦波による一定時間駆動により規則波実験も可能である。

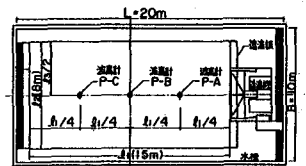


図-1 造波水槽

(2) 造波システム 不規則波を発生させる方法には種々考えられて開発されているが、ここでは与えられたパワースペクトルより造波板変位のスペクトルに変換し、これをフーリエ逆変換して時系列の波形信号を発生させる方式を採用した。これによれば単一成分の波の発生が容易である。アルゴリズムを図-3に示す。図中の目的パワースペクトルは、周波数とパワーの対で入力するが入力された各点の周波数とパワーを更に0.02Hz刻みで補間し、0～10Hzのパワースペクトルを決定できるようにしている。

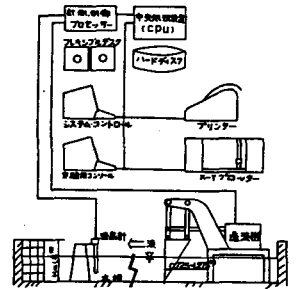


図-2 造波機制御装置

3. 造波特性 造波特性は、造波機自体の機械的問題に加えて水槽の規模、水深、造波板前面地形等の影響を受けるが問題は、反射や共振の現象による波の安定と考えられる。この点を規則波によつて若干検討した。対象とした波の条件および実験結果を表1に集約した。波高測定は図-1のP-A, B, Cの地点で行つたが、検出点はP-B点に設定した。反射が現われる可能性をあらかじめ微小振幅波理論で検討し、波数を限定して一応反射以外の要因に

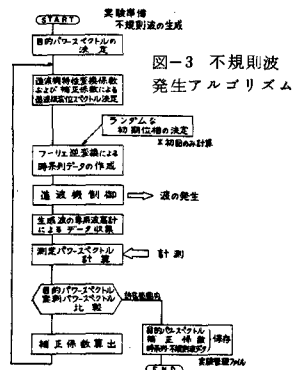


図-3 不規則波発生アルゴリズム

よる造波特性をみた。図-4に波の伝播・反射の関係を示す。これによると、波の周期と水深との組合せにより横波の発生がみられること、又波の変形が著しく波形が安定しないようである。理由の一つに水槽の固有周期と波の周期との関係があると考えている。 $T \leq 1$ secで波高10cm程度の場合比較的稳定した波が得られた。実験波の波形の一例を図-5に示す。反射については、水槽末端の消波装置を種々工夫し、現在表-1の比較的稳定した波の得られる波の条件ではほとんどが反射がない状態にしているが、まだ検討の余地を残している。

表-1 規則波による造波特性

波の周期 T(sec)	発生波高 H(cm)測点 P-B, D-C
2 (ASH)	R 7.4~7.7 1.42~1.45 S 5.0~5.3 1.35~1.38
1 (I)	R 2.6~2.7 0.8~0.8 S 3.7~3.3 0.3~0.9
0.667(1.5)	R 2.4~2.6 6.9~7.2 S 2.0~2.1 3.6~3.8
0.5 (2)	R 2.1~2.0 4.3~4.1 S 2.0~2.0 4.3~4.1

R:水深 0.5m
S:水深 0.3m

波の影射は破線
横波又は振動異常

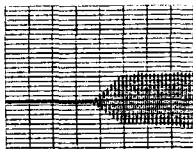


図-5 波形記録の一例
($T=1.0\text{ S}$, $h=0.5\text{ m}$)

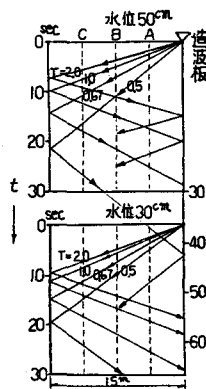


図-4 波の伝播・反射の関係図

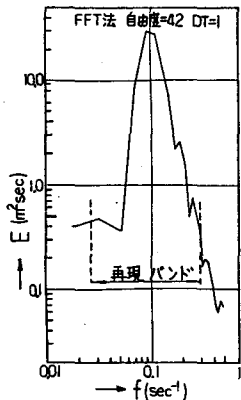


図-6 現地波浪スペクトル

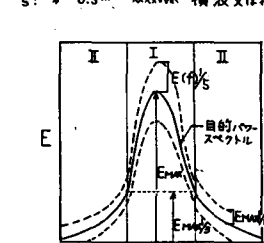


図-7 再現のための許容範囲のとり方

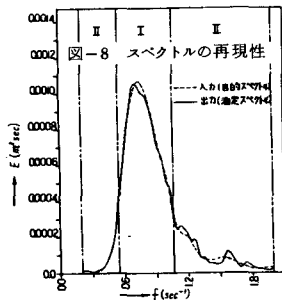


図-8 スペクトルの再現性

4. 不規則波形の再現実験 (1) 対象とした現地波浪 現地波浪記録のゼロアップクロス法で波別解析して求めた代表波特性は $H_{max} = 10.87\text{ m}$, $H\frac{1}{10} = 6.9\text{ m}$, $T\frac{1}{10} = 9.63\text{ sec}$, $H\frac{1}{3} = 5.56\text{ m}$, $T\frac{1}{3} = 9.92\text{ sec}$, $H_m = 3.59\text{ m}$, $T_m = 8.5\text{ sec}$ で示され、スペクトル性状は図-6のようである。なお、観測は水深30mでなされたものである。

(2) 模型で再現方法 縮尺化は長さの水平、鉛直縮尺を共に $\frac{1}{60}$ とし、フルード則を適用して行つた。目的スペクトルの周波数バンドは図-6の点線で示す範囲で設定した。この目的スペクトルを測点P-B(図-1)で作成するものとし、図-3のアルゴリズムに従つて造波機の制御と再現のための修正(補正係数の算出)を行つたが、その際の再現性の許容範囲は図-7に示す値をとつた。この範囲に測定スペクトルが入らないときは、補正係数を求めた後、造波板変位スペクトル変換にフィードバックし、修正をくり返すようになっている。修正回数は最大15回であるが、この方法によると概ね10回程度で収束する。

(3) 再現結果 図-8は、以上のように設定した目的スペクトルに対し、実際に造波機を制御して発生させた不規則波のスペクトルとを比較したものであつて、全体的には良好な一致がみとめられる。このとき代表波特性を実物値で示すと、 $H_{max} = 9.4\text{ m}$, $T_{max} = 10.0\text{ sec}$, $H\frac{1}{10} = 6.7\text{ m}$, $T\frac{1}{10} = 9.9\text{ sec}$, $H\frac{1}{3} = 5.40\text{ m}$, $T\frac{1}{3} = 9.75\text{ sec}$ である。

5. あとがき まだ造波装置システムの全般的理解と基本的性質を把握している段階ではあるが、再現性の問題について一応の目安を得た。今後更に基礎的検討を加えて実運用の見通しを得たいと考えている。なお、本検討に際し、大阪産業大学 重光教授に種々御討議頂いたことを付記し謝意を表する次第である。