

II-2 電気油圧式不規則波発生機について

京都大学工学部 正員 岩垣雄一

正員 村上仁士

京都大学大学院 学生員 酒井哲郎

学生員 木村晃

1. はしがき

海岸工学上の諸問題は、従来一様な規則波を対象として研究が行われ、それが計画設計に应用されている。しかし実際の海岸波は不規則波であって、その不規則特性は一般にスペクトルによって表現されるが、こうした波の不規則性がどの程度 海岸工学上の諸問題に影響をおよぼすかはほとんどわかっていないといつてよい。このような意味から昨年京都で開催された国際水理学会議においても、「不規則波の発生と解析」というテーマのセミナーが行われたのであるが、その際に不規則波の研究の必要性が議論され、発言者がすべて今後大いにその研究と進展させるべきであると主張していたことは注目すべきであった。不規則波発生機には 1) 風洞水槽による方法、2) 波起板を駆動させるモータの回転数と運動の振幅と時々刻々変化させる方法、3) 有限個の正弦波を合成する方法、4) ランダム波を発生させる方法、ほどもあり、昨年は 3) の方法によるものを紹介したが、ここでは 4) の方法による発生機を試作したので、その原理、構造、造波特性などについて述べる。

2. 不規則波発生機の原理と構造

不規則波発生機は 2 基のアクチュエータにより造波板に運動を与える駆動部、容量 40ℓ/min. の油圧ポンプを有する油圧源および本機に必要な制御回路を集めた制御装置の 3 つの独立したユニットから構成されている。図-1 に示すように、不規則波発生機の入力信号としては、超低周波振器、超低周波ランダムノイズ振器およびデータレコーダからの外部入力を使用

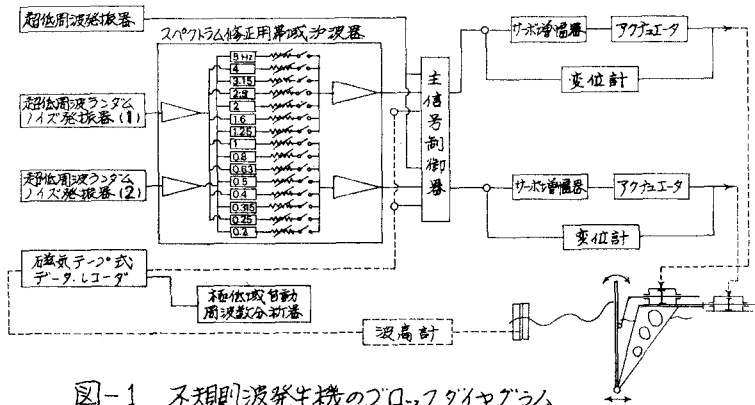


図-1 不規則波発生機のブロックダイアグラム

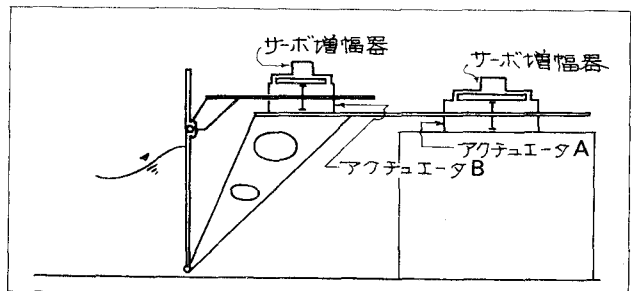


図-2 造波板の構造

して、正弦波、三角波、矩形波およびランダム波等の電気信号を発生させることができるようになっている。ランダムノイズ発振器からの出力はDC~200 Hzまで平坦なスペクトルを持ち、このうちの0.2~5 Hz (0.2~5 sec) を使用周波数範囲としている。この発振器の出力をスペクトラム修正用帯域濾波器に導き、ここでは0.2~5 Hzの範囲で1/3 oct. 幅に分割され、帯域濾波器が5本組み合わさって、しかもそれぞれフィルターの出力を調整できるようになっており、任意のスペクトルを得ることができるようになっている。この帯域濾波器によって1 Hz (1 sec) 以下のランダム波と1 Hz 以上の波に分割されて、2基のアクチュエータ駆動用のサーボ増幅器へ送られる。これらの電気信号は各サーボ増幅器により増幅されてサーボ弁に送られ、サーボ弁では油圧源から送り込まれる高圧油を入力信号にしなまって制御し、アクチュエータの往復動シリンダの左右の室に交互に送り込み、ピストンを高速に作動させ送波板を駆動させる。この時、低周波(1 Hz以下)の波形信号は図-3に示すように荷台を駆動するアクチュエータ(A)を作動させ、高周波(1 Hz以上)の波形信号は直接送波板を駆動するアクチュエータ(B)を動かす。したがって、2つのアクチュエータの動きと合成した送波板の運動はもとの入力信号と同一の波形とほぼ等しい。この時のピストンの運動は変位計によってとらえられ、変換器を通り電気信号として制御装置へフィードバックされ、入力信号との差が小さくなるように、すばぬれ検出信号が入力信号と異しくなるようにサーボ機構が動く。

3. 不規則波発生機の送波特性

1) 入力信号の特性 超低周波発振器は正弦波、三角波および矩形波を発生させるものであり、出力波の発振周波数および発振振幅を自由に選択できるようにになっている。図-3および図-4はそれぞれ正弦波および矩形波の入力信号(a)とそれによる送波板の変位(b)および発生波(c)の一例を示したものである。スペクトラム修正用帯域濾波器は1/3 oct. のバンドパスフィルター15本を中心として構成され、各バンドパスフィルターの出力にはそれぞれ振幅調整器と

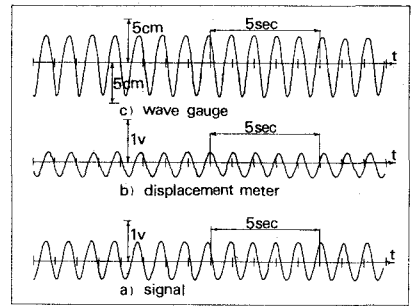


図-3 正弦波の入力信号、送波板の変位および水面波形

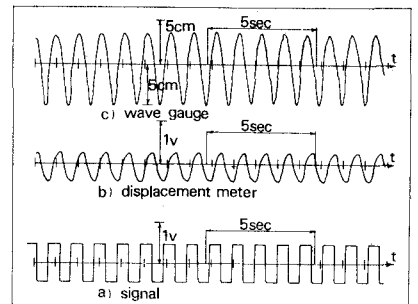


図-4 矩形波の入力信号、送波板の変位および水面波形

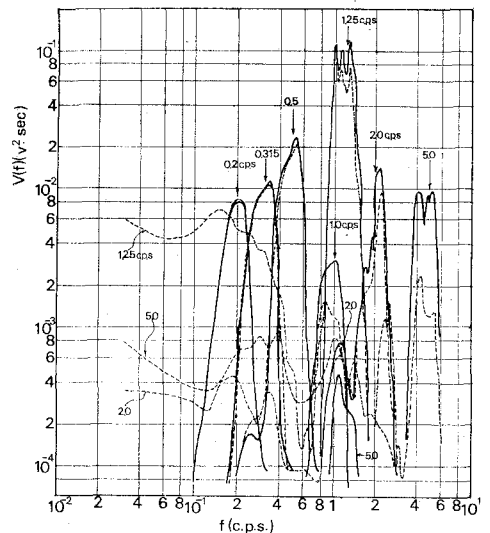


図-5 各帯域濾波器の周波数特性と送波板の変位スペクトル

備え、その出力を $0.2 \sim 1 \text{ Hz}$ ($1 \sim 5 \text{ sec}$)、 $1.25 \sim 5 \text{ Hz}$ ($0.2 \sim 0.8 \text{ sec}$) の 2 チャンネルに分け、それ
 をそれぞれアキュエータを通じて送波板の運動として合成されるようになっている。図-5 はそれぞれ
 0.2 、 0.315 、 0.5 、 1.0 、 1.25 、 2.0 Hz および 5.0 Hz のバンドパスフィルタを通した入力信
 号のスペクトル(実線)を送波板の変位のスペクトル(破線)と比較したものである。入力信号によるスペ
 クトル(実線)から、 2 Hz 以上にはたとえ低周波に2
 次ピークが現れていることがわかる。しかし、その絶
 対値は1次ピークの $1/10$ 以下であり、その影響はほと
 んど無視しうろと考えられる。図-6 は $0.2 \sim 5 \text{ Hz}$
 にわたり全バンドパスフィルタの振幅調整器を最大
 にした場合の入力信号のスペクトル(実線)と送波板
 の変位のスペクトル(破線)を示したものであり、
 (A) は $0.2 \sim 1 \text{ Hz}$ 、(B) は $1.25 \sim 5 \text{ Hz}$ の各チャン
 ネル別であることを示す。しかし図-5 からわかるよ
 うに、各バンドパスフィルタの通過特性に多少の差
 があるため、上端が平坦にはなっていないばかりの凹凸
 が生じている。

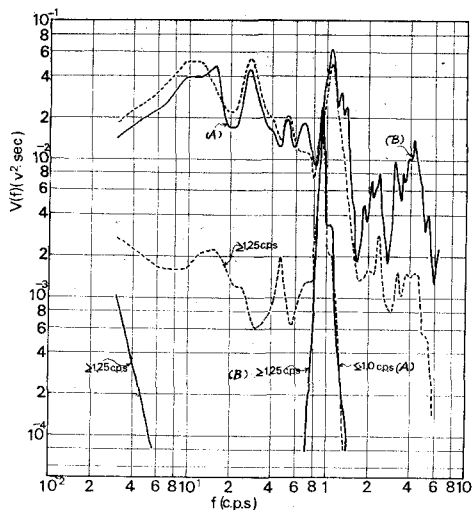


図-6 $0.2 \sim 1 \text{ Hz}$ および $1.25 \sim 5 \text{ Hz}$ 列
 の入力信号スペクトルと送波板変位スペクトル

2) 送波板の運動特性 図-3 および図-4 の (a) および (b) を比較すると入力信号
 に対し送波板の応答にわずかの時間遅れが生ずることがわかる。図-5 の破線によれば、 1.25 Hz (0.8 sec) よりも高周波の場合にはアキュエータ
 (B) のみが作用する機構になっているにもかかわらず低周波側に若干のスペクトル成分をもっている。こ
 の原因はよくわからぬ。しかし、低周波成分のパワ
 ースペクトルの絶対値そのものは大きくない。
 図-6 の破線から、入力信号に対する送波板の変位は
 1.6 Hz (0.625 sec) よりも高周波に行くと、応答
 特性がいくぶん悪くなる傾向がみられる。

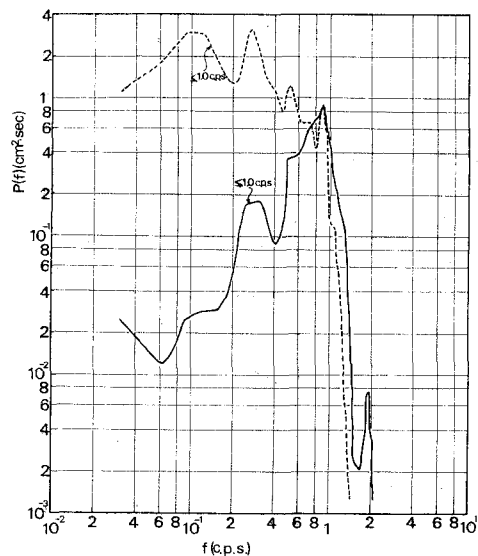


図-7 $0.2 \sim 1 \text{ Hz}$ の入力信号に
 対する送波板の変位スペクトルと
 水周波スペクトル

3) 発生波の特性 送波板の運動と発生
 波の関係を調べるために、幅 50 cm 、高さ 7.5 cm 、
 長さ 30 m の水槽を用い、水深を 30 cm として、送
 波板より約 10 m の点に波高計を設置して発生波を
 測定した。正弦波および矩形波に対する測定例と
 図-3 (c) および図-4 (c) に示している。
 図-7、図-8 および図-9 は、バンドパスフィルタ
 の振幅調整器を最大にして、それぞれ $0.2 \sim 1 \text{ Hz}$
 ($1 \sim 5 \text{ sec}$)、 $1.25 \sim 5 \text{ Hz}$ ($0.2 \sim 0.8 \text{ sec}$) の FCB

0.2~5 Hz (0.2~5 sec) の周の送波板の変位(破線)と発生波(実線)の関係とスペクトルで示したものである。図-7はアクチュエータ(A)のみが作用した場合であるが、低周波になると送波板の運動に対して波の発生がかたがり微細となる。図-8はアクチュエータ(B)のみが作用した場合であるが 2.5 Hz (0.4 sec) より高周波になると波がほとんど発生しはじめる。図-9は図-7と図-8を加えあわせたものに相当するものであるが、図-7と比較して低周波側が大きき値を示している。この原因は図-8の破線にあらわれている低周波側のエネルギーが加わったものと考えられる。

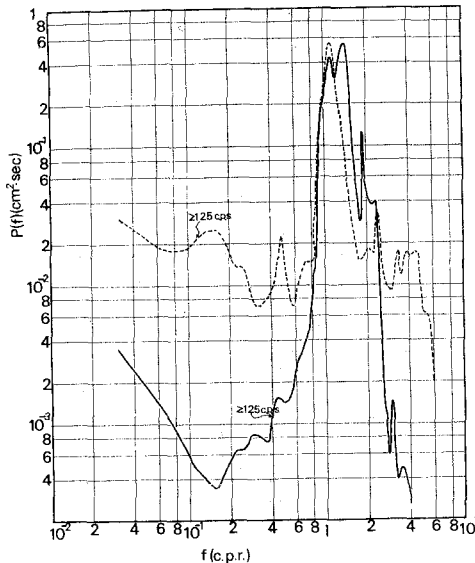


図-8 1.25~5 Hz の入力信号による送波板の変位スペクトルと水面波スペクトル

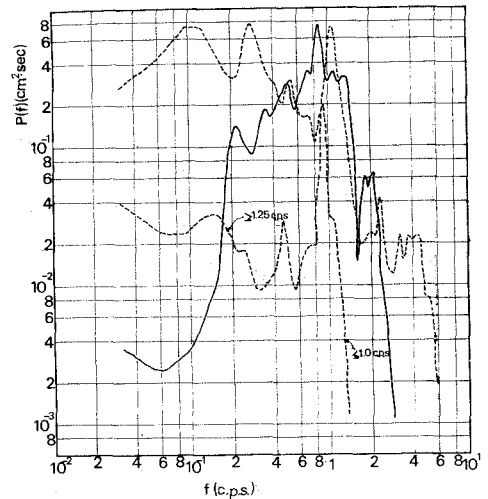


図-9 0.2~5 Hz の入力信号による送波板の変位スペクトルと水面波スペクトル

4. あとがき

この発生機は、ノールウェイ工科大学から入手した文献を参照し、島津製作所に製作を依頼し完成したもので、わが国ではこの種方式の電気油圧式サーボ不規則波発生機は初めてであると思われる。今後、既設の合成波方式の発生機とともにこの発生機によって波の不規則性が海洋工学上の諸問題に及ぼす影響を詳細に調べていくつもりである。なお、この研究は文部省一般研究費による研究の一部であることと記し、謝意を表す。