

潮汐計算汎用プログラム

清水建設株式会社 篠田 務

1. まえがき

最近の海洋土木工事は年々大型化し、しかも短期間での工事完成を目指して、よりシビアな工事管理が要求されているが、特に潮汐による汐の干満作用は海洋工事の施工計画策定において、重要な要素のひとつといえる。全国の海岸・港湾工事を企画・施工する者にとって、これまで潮汐データは気象庁または海上保安庁等から発表される潮位表をもとに計画されてきた。しかし潮位表に掲載されている港は全国の主要港であり、満潮と干潮の潮位と時刻のみが示されているのが普通である。従って、これを利用して潮の高さに影響されない作業時間、すなわち「汐待作業時間」を決定するには、グラフ用紙を用いて折れ線グラフを作成し、“この潮位以下ならば工事可能”という「工事基準線（画）」を引いて判断してきた。ここに述べる潮汐計算汎用プログラム「TIDE」は上記作業を軽減し、海洋工事施工計画資料を目的に開発されたシステムである。

2. システムの機能概要

「TIDE」は大きく分けて3つの機能をもつ。

- ① 求める港、求める時間の毎時潮位を計算し、月別に表わす（表－3 参照）
- ② ①で求められた毎時潮位を自動製図機により図化し、潮汐グラフを作成する。（図－1 参照）
- ③ 工事基準面を設定し、汐待作業時間を詳しく計算する。（表－4 参照）

これらの機能については後に述べる。

3. 潮汐計算の理論概要と毎時潮位の計算

潮汐とは月および太陽の軌跡により生ずる通常1日2回の海面の昇降作用をいう。しかしこのような不均等な運行をする2天体に起因する現象として捉える代りに、赤道上で地球から一定の距離で各固有の速度を保って運行する無数の仮想天体によって起る規則正しい海面の昇降運動が相合してできたものと考えることができる。この個々の昇降運動を分潮（Tide Constituent）といい、各地の潮汐の実測値から計算によって求めることができる。この各分解の潮差の2分の1を半潮差（Semi-range）といい、その仮想天体が正中してからその分潮が高潮となるまでの時間を角度で表わしたものを遅角（Phase lag）という。各分潮の半潮差および遅角を調和定数といい、各地の潮汐の実測値から調和定数を求めることを調和分解（Harmonic analysis）という。

日本全国には気象庁、海上保安庁水路部、国土地理院、建設省港湾局、各地方自治体の管轄による検潮所が数多く設置されており、そのうち港湾の重要性その他の条件により、約100ヶ所を標準港としている。気象庁では全国の標準港について、過去数年間の潮汐実測データをもとに電子計算機を用いて調和分解を行い、40分潮についての調和定数を計算しているほか、海上保安庁水路部等諸機関についてもほぼ同様な作業が行われているとの事であるが、この調和定数は検潮所の移設や港湾形状の変化がない限りほとんど不変であり、潮位予測計算に用いる場合、約5年間程度は変更の必要はないと思われる。

当システムにおいては、次に示す40分潮についての調和定数を用いて計算を行っている。

$$S_a, S_{sa}, M_n, M_{sf}, M_f, Q_1, \rho_1, O_1, MP_1, M_1, \pi_1, P_1, S_1, K_1, \phi_1, \phi_1, J_1, SO_1, OO_1, 2N_2, \mu_2, N_2, \nu_1, OP_2, M_2, \lambda_2, L_2, T_2, S_2, R_2, K_2, 2SM_2, MO_3, M_3, MK_3, SK_3, M_4, MS_4, M_0, 2MS_0$$

ある1つの港の潮位 ξ は

$$\xi = A_0 + \sum f \cdot H \cdot \cos(V + u + nt - k) \dots \dots \dots (1) \text{式}$$

で表わされる。

ここで A_0 : 求める港の平均潮位。

- f : 約18.6年間周期で除々に変化し、1年間位では常数と見なせる1に近い数で天体暦から計算できるもの。
 H : 各分潮の半潮差
 k : 各分潮の遅角 } 調和定数
 $V+u$: 潮を起こす天体の引数 h (太陽の平均黄経), S (月の平均黄経), p (月の近地点の平均黄経), N (月の昇友点の平均黄経) の函数で、天体暦から計算できるもの。
 n : 各分潮の速度で、度/時で表わされる。
 t : 経過時刻
 Σ : 各分潮の和

ある港のある期間についての潮位を求めようとする、まず求める期間の基準日時における $V+u$ と f を各分潮毎に天体暦より算出し、次に求める港の調和定数を用いて(1)式によって計算したものが基準日時の潮位となるから、あとは分潮毎に nt を動かして行くことによって求める期間における潮位を推算することができる。

「TIDE」においては標準港97ヶ所について港名コード・港名・各分潮の調和定数・速度および港の位置する場所の経度が、そしてその他の155港については港名コード・港名の他に、標準港からの推定潮位を求めるために必要なデータすなわち実測値から求められた標準港との干満位相時間(潮時差)・標準港との潮の高さ比(潮高比)・および平均潮位がファイルされており、港名コードで検索できるシステムとなっている。このようにして求める港の毎時潮位を計算し、月別にまとめたものが表-3の毎時潮位表である。

4. 潮汐のグラフ化

求める港の潮汐をグラフとして表わすことはこのシステム開発の大きな目的の1つであった。

グラフ化するに当たって

- ① できるだけグラフ自体を大きくして、時刻・潮位が楽に読みとれるようにするため、900mm×1200mm用紙を1ヶ月分とし、横軸に5mm/時間、縦軸に20mm/潮差(1m)の縮尺とした。

- ② 潮汐曲線は毎時潮位を2次曲線を使ってなめらかに結び、グラフと曲線とは色分けをした。

これらにより、松山を例にとって自動製図したものが図-1である。

5. 汐待作業時間の計算

システムの3つ目の機能は、求める港において工期、工事基準面、その他条件を与えることにより、工期内における潮汐曲線と工事基準線との交点時間を計算し、諸条件を満たしながら汐待時間を分単位で求めるものであり、内容については後述のインプット・アウトプット説明を参照されたい。

6. 30分毎の潮位計算と潮候改正数入力による潮位計算

以上システムの機能について概要を述べてきたが、潮汐のグラフ化において潮差が5m以上の地方(主に九州の一部)については、1時間毎の潮汐曲線ではなめらかなものとはならず、見にくいグラフとなった。その結果必要に応じて30分毎の潮位計算を可能にしている。毎時潮位リストおよび汐待作業時間計算書はそのままである。次にデータ用紙に掲載されている252地区以外における港の潮位を必要とするとき、掲載標準港に対する潮高比と潮時差(潮候改正数)および平均潮位がわかれば計算しようとするものである。これら2つの機能は、汐待時間計算と同様、必要に応じて実行させるものであり、またそれぞれの機能を組合せての計算を可能とするため、8種類のプログラムがデータ入力時点でコントロールできるシステムとなっている。

7. システムの処理範囲

潮汐計算理論からみれば、調和定数さえメンテナンスを行えばいつ、どこでも潮位予測計算は可能となるが、「TIDE」においては全国252港を基本地区として、1972年～1999年の間をシステムのとりうる処理範

囲としている。

8. インプットデータの説明

先に述べたように8種類の計算がインプットデータによりコントロールされ、それにより必要データ項目も異なるが、表-1のインプットデータ用紙を参照されたい。

*1 プログラム選択

CHOOI1 … 毎時潮位リストおよび潮汐グラフを求める。

” 2 … CHOOI1のアウトプットの他に、汐待作業時間計算書を求める。

” 3 … CHOOI1について、潮汐グラフを30分毎の計算結果を用いて作成する。

” 4 … CHOOI2について、潮汐グラフを30分毎の計算結果を用いて作成する。

” 5 … 潮候改正数を入力して、CHOOI1を実行する。

” 6 … 潮候改正数を入力して、CHOOI2を実行する。

” 7 … 潮候改正数を入力して、CHOOI3を実行する。

” 8 … 潮候改正数を入力して、CHOOI4を実行する。

*2 地名コード……全国252地区の港名が記載してある表-2より求める。コード下2桁が01又は51は標準港を示す。

*3 工期……潮位を求める期間であり、12ヶ月以内とする。汐待作業時間計算については日数まで必要。

*4 補正値……計算結果を東京湾中等潮位(T.P), 荒川工事基準面(A.P), 大阪湾工事基準面(O.P)等に補正するための数値。

*5 工事基準面……「潮位がこれ以下なら工事可能」という基準面で、汐待作業時間計算では必要。

*6 毎週の定休日……汐待作業時間計算において、毎週定った休日があればコードで指定。(以下*9までは汐待作業時間計算のみに必要なデータ)

*7 作業時間……作業を行う時間帯の指定。

*8 不要汐待作業時間……潮位が工事基準面以下であってもその作業時間帯が短かく、不要とする時間を指定。

*9 休日年月日……毎週の休日以外に休日を設けたい場合に指定。

*10,*11 地名……データ用紙記載地区以外の港名。(以下*14まで潮候改正数入力による潮位計算のみに必要なデータ)

*12 潮時差, *13 潮高比, *14 平均潮位……求める港の潮候改正数と平均潮位。

9. アウトプットの説明

ここでは表-4の汐待作業時間計算書のみについて説明する。

*イ 作業時間1, 作業時間2……汐待作業時間を1回目と2回目とに分けており、1日1回の場合は2回目を0とする。

*ロ 昼・残業・深夜・合計・累計……昼(8:00~17:00), 残業(5:00~8:00, 17:00~22:00), 深夜(22:00~5:00)を表わし、1日を3つの時間帯に分けている。また1日の合計と累計を示す。

*ハ 摘要……工期スタート, 工期エンド, 休日の3項目が示され、それぞれ工期開始日, 工期終了日毎週の定休日または指定した休日であることを示す。

*ニ 工期累計・休日累計……工期開始日からの休日を含む累計日数と休日の累計日数を示す。

この汐待作業時間計算書は、工期開始日から工期終了日の月末まで計算し、リストされる。

10. システムの運営と実績

ここに述べた「TIDE」プログラムの利用依頼は、現在開発部門で直接電話による受付を行い、依頼者の

手間と時間を省き、またデータ記入ミスを防止している。このように気軽に利用できるシステムをとることによって、開発以来13ヶ月の間、既に依頼件数47件、210ヶ月分の処理実績をもつことができた。

11. む す び

このシステムで得られた結果は、あくまでも実測と天文引数にもとづく推算値であるため、通常な状態での潮汐を示すものであり、波浪や異常気象による影響等は加味されていないが、海岸、港湾工事作業所での毎日の工事管理にはもち論のこと、海洋工事に關する企画、施工計画にも大いに役立てることができると思う。最後に、潮汐計算理論についての御指導および御協力下さいました気象庁海洋課の皆様へ感謝の意を表します。

参考文献

「潮汐学」 中野猿人 古今書院 1940
「海洋観測指針」 中央気象台 1955
「海洋物理Ⅲ」 増沢譲太郎 東海大出版社 1974
「潮位表」 日本気象協会 1974
「潮汐表」 海上保安庁 1974

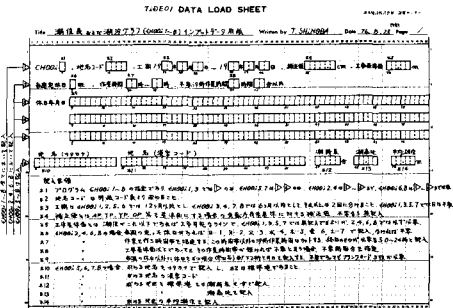


表-1 インプットデータシート

Table with 4 columns: Station Code, Date, Tide, and other parameters. It lists data for various stations across Japan, including codes like 1001, 1002, etc., and dates from 1976 to 1977.

表-2 全国港名コード表の一部

松山

1976年潮位グラフ

潮位観測株式会社

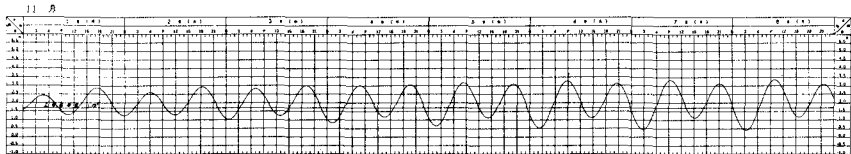


図-1 潮位グラフの一部

Table with 24 columns representing days of the month. It contains numerical data for each day, likely representing tide levels or other measurements. The table is titled '7.04 of DATA LOAD SHEET' and includes a header with 'Tide' and 'Station' information.

表-3 毎時潮位表

Table with multiple columns for time and tide data. It includes a header with 'Tide' and 'Station' information. The table lists tide levels for various stations across Japan, including codes like 1001, 1002, etc., and dates from 1976 to 1977.

表-4 汐待作業時間計算書