

杭の動的載荷試験（波動理論を使った杭の管理システム）

清水建設㈱名古屋支店 正会員 曾根 均
 “ “ 相京博幸
 “ “ 中根 健
 “ “ 堤 博恭
 “技術開発本部 “ 脇登志夫

1. はじめに

水門工事において先端根固鋼管杭を688 本と多数施工した。杭の支持力確認（管理）方法として、従来から実施されている静的載荷試験の他に、工期、経済性等を考慮し新しい試みとして動的載荷試験を併用した。本稿では杭の支持力管理に動的載荷試験を使用した例を述べる。

2. 地盤及び静的載荷試験の結果について

土質柱状図を（図-1）に示す。

土層はT.P-13～17m付近までは中砂層でN値は20～30程度である。その下層には細砂層がT.P-29m付近まで分布しておりN値のバラツキは大きい。更にその下層にはT.P-33～37m付近まで砂礫層が分布しておりN値は50以上を示している。

動的載荷試験による支持力推定を行う前に、土質工学会基準に基づき静的鉛直載荷試験を実施した。試験結果は（図-2）に示す通りであり降伏荷重はLogP-LogS 式より380tonであった。

図-1 土質柱状図



図-2 静的鉛直載荷試験結果

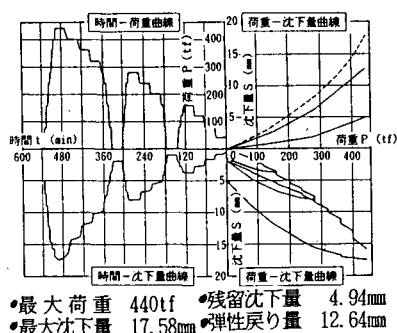


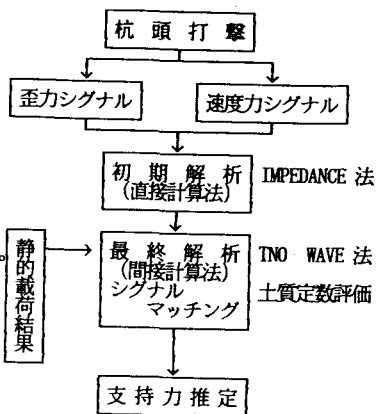
図-3 支持力推定フロー概要

3. 動的載荷試験

3-1. 支持力推定方法

動的載荷試験による貫入抵抗推定には杭にモンケンで打撃力を与え杭体に取り付けた計測器から加速度とひずみを測定する。測定結果はリアルタイムにコンピュータへ入力し初期解析（直接計算法-インピーダンス法）を行う。次に初期解析結果から静的支持力を推定する為に間接計算（TNO WAVE）による解析を行う。

計測時に直接計算で求められる値は、動的貫入抵抗（動的抵抗+静的抵抗）であり、間接計算の結果は静的貫入抵抗（静的抵抗）である。この解析を行うために地盤の土質パラメータを推定し、計測波形を境界条件として計算波形がこれに一致するまでシュミレーションを繰り返す。この作業をシグナルマッチング解析と言う。マッチング結果からは静的支持力が得られ、その妥当性評価には静的載荷試験結果や土質データが用いられる。（図-3）のフロー図参照。



3-2. 計測結果

打撃エネルギーを変化させた時の動的貫入抵抗は（図-4）となり、打撃時の計測シグナルの一例は（図-5）の通りとなる。これらの値を用いてシグナルマッチングした結果は（図-6）に示すとおりであり、計測シグナルの傾向を良く捕らえている。

打撃時の直接計算法で求めた動的貫入地盤抵抗、推定したパラメータを使用してシグナルマッチング

による間接計算法で求めた静的貫入地盤抵抗、及び静的載荷試験結果を(表-1)に示す。

3-3. 杭の支持力管理値の決定

①直接計算法結果と間接計算法結果の比較

(表-2)の最終解析結果において、直接計算法における動的貫入抵抗値Aと間接計算法における静的貫入抵抗値Cを比較するとCはAの87%となる。

②間接計算法結果と静的載荷試験結果の比較

静的載荷試験の降伏荷重(380ton)の結果及び間接計算法の静的貫入抵抗Cの値は静的降伏荷重の約1.32倍となる。

③現場における管理値の設定

動的載荷試験の静的貫入抵抗と、静的載荷結果等を比較して支持力を確認すると共に、間接計算から得られた土質パラメータを使用して直接計算の精度を上げる。

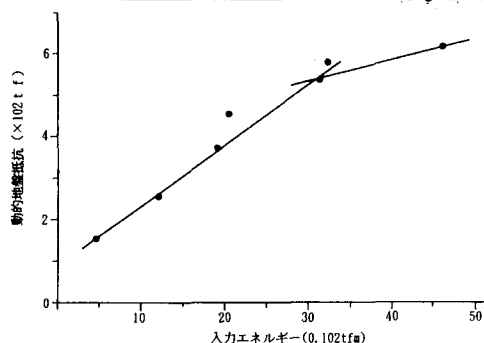
これらに基づき現場での管理値としては下記の式より安全率を3とし、直接計算結果でA = 460tf以上とした。

$$A \times 87\% > 133 \times 3 \quad \Rightarrow (400 \text{ tf})$$

(設計支持力)

(表-2)に動的貫入抵抗(支持力)測定結果を示す。すべての測定値は管理値を満足している。

図-4 入力エネルギーと動的貫入抵抗の例



4. まとめ

動的載荷試験は諸外国においてその実績は多く、確立された評価方法のもとに広く用いられている。しかし日本国内においては未だ十分とは言えない。今回実工事での数多くの貴重なデータを得られた事は杭の品質管理手法として工期、経済性の面においてより容易なものとするきっかけになると考える。今後更に計測データを蓄積し管理手法として精度を向上させたい。

最後に本工事に多大なご理解ご協力をいただいた関係者の皆様に深く感謝すると共に本試験を例770・マクランド・ジャパンの誠氏が担当したことを付記します。

図-5 計測シグナルの例

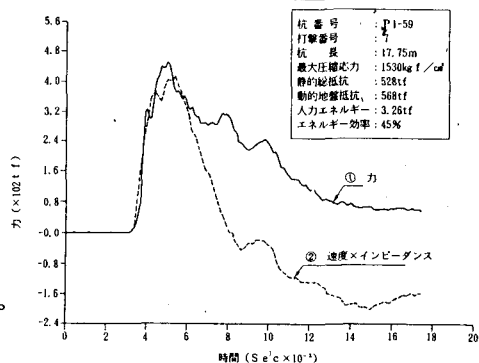


図-6 シグナルマッチング結果の例

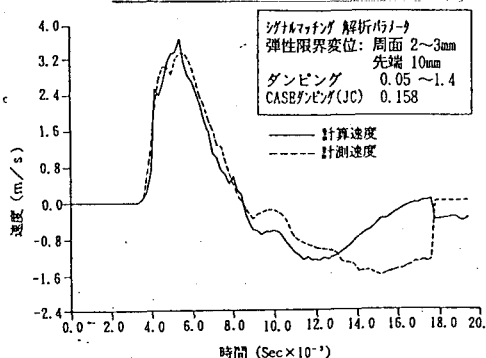


表-1 最終解析結果

杭番号	直接計算法 貫入抵抗 (打撃時) A : (tf)	間接計算法 貫入抵抗 C : (tf)	C/A	静的載荷試験 による 降伏荷重 (tf)
P1-59	568	488	86 %	380
P3-33	569	498	88 %	400 以上*
P4-29	594	516	86 %	400 以上*
平均値	577	500	87 %	

*400tまでの載荷で降伏荷重は検出されず。

表-2 動的貫入抵抗計測結果

杭番号	直接計算法 貫入抵抗 (打撃時) A : (tf)	間接計算法 貫入抵抗 C : (tf)	設計 支持力
P1-14	513	—	128
P1-54	549	—	128
P1-59	568	488	128
P2-16	539	—	133
P2-42	551	—	133
P3-16	513 (460)	—	133
P3-33	569	498	133
P3-47	617	—	133
P4-29	595	516	133
P4-32	582	—	133
P4-36	539	—	133

杭諸元 径:812.8mm長さ:18m