

異形断面杭の貫入と支持力に関する三三の考察

名城大学理工学部土木工学科 正会員 柴田道生

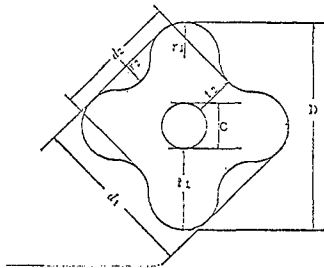
(1) 緒言

本来、杭に課せられた至上命題は、(i) 貫入性が大で (ii) 支持力も大である。二項に付き、この命題を同時に満足せしめるためには、次の二項が考えられる。即ち、

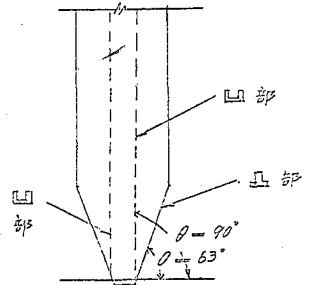
- (a) 杭の貫入が良好であれば、堅硬な地盤に貫入することができ、地盤へのめり込み抵抗が大となり、先端支持力が大となり、従って支持力が大となる。
- (b) 杭の貫入性が良好であれば、先端抵抗は大になると同時に、杭周抵抗に於いても大となる。

以上の (a) (b) は、各々も至上命題である (i) (ii) を満足することになる。上述の (a) は、従来の円形杭では、杭の直径を大にしてあげれば、打撃力を大にすることによって達成することができ、然し杭周抵抗を大にすることはできない。而るに (b) の項を達成するには、杭周地盤の強度を杭の貫入と同時に大にする必要がある。之が為には、杭の断面形態に何等かの考慮を払う必要がある。即ち、従来の円形杭では、(a) の項は達成されるが (b) の項は達成されない。従来の円形杭では、堅硬な地盤に、充分打込んで、めり込み抵抗の大を計ることが一つ、次に杭径を大にして、先端地盤反力の大を期待するために、大なる打撃力を欠ける必要があり、杭の強度を高めることに専念した。即ち、先端支持力、並みに杭周面抵抗力を、大にするには、杭径を大にして、外力としての打撃力を大としなければ達成できないことになる。さて、茲で考へられることは、先端地盤反力は、杭先端軸力に比例するが、先端支持力を大にしめるには、杭頭の杭先への応力伝達率を大にすることであるが、之には、貫入に際しての杭周抵抗を小にする必要がある。従来の円形杭では、概念的に、支持力の大を得んとすれば、杭径を大にすることになり、貫入に際しての杭周抵抗が大となるため、杭頭の杭先への応力伝達率が低下する。即ち、杭に欠ける外力は論外として、従来の円形杭では、貫入と支持力が両立しない。そこで、この貫入性の大と支持力の大とを、同時に両立する杭の形態として円形杭に代へて、図-1、図-2に示す異形断面杭を登場させよう。

(図-1)



(図-2)



(2) 異形断面杭の貫入機構

図示する異形断面杭が地盤に貫入する機構を考えると、地盤は、凸部の面でも剪断され、この剪断された土は、凹部へ流動される。凸部と凹部では時間的遅れを生じ、地盤の剪断は、まず凸部のみで行われ、貫入時の抵抗が少なくなり、杭頭の杭先への応力伝達率を大にする。杭の貫入過程に於いて、凹部へ流動した土は、圧密を受け、杭周の土応力を大とする結果、貫入後の静的状態では、杭周抵抗力が大となる。

この異形断面杭の貫入特性は、図示するように、凸部の面が水平線となす角度は、円形杭と同様63°であり、凹部が水平線となす角度は90°。従って、剪断面が63°より90°に漸変する。

(3) 異形断面杭の貫入性良好なる実証

同径の円形杭と異形杭（断面積は円形杭大）の重錘落下式打撃試験による貫入性の比較を図-3に示す。異形杭が著しく良好であることが明示されている。

次に、打撃貫入時に於ける、杭頭応力の

杭先端への応力伝達率を示したのが図-4である。伝達率は著しく異形杭が大である。

図-3

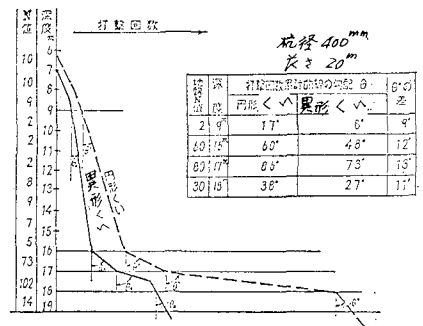


図-4

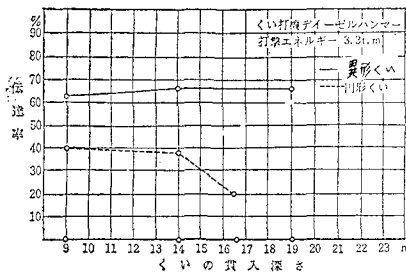
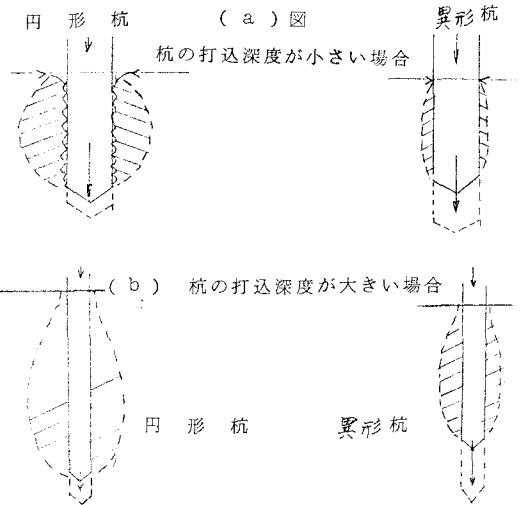


図-5



次に、円形杭と異形杭とを、地盤に打込んだ場合の地盤振動に就いて解析を加える。

之によると、打込深度が浅い場合は、上下動の最大振幅、最大加速度は、円形杭が大きく、深くなるほど、異形杭の方が大となる。

即ち、異形杭の場合は、貫入抵抗は、主として、凸部によって、支配されるため、抵抗が小さく、貫入量が大となる。図-5(a)図に示すように、衝撃によって、杭周の土を杭と一緒に、地中に押込もうとするとき、異形杭は、貫入抵抗が小さいので、杭周の土を余り、

多量に動かすに、土中に貫入する。之に反して、円形杭は多量の杭周の土を動かすことになる。従つて、円形杭の上下方向振幅は大きく、又、水平方向振幅も大きい。次に、打込深度が大きいほど、異形杭は、貫入抵抗が小さいために、杭周辺の、杭と共に動く土の量も少くなるので、却つて全体として円形杭に比して、動き易くなるので、異形杭の方の地盤の上下方向振幅は、大きくなるが、水平方向振幅は、杭周辺の土が土中に押し込まれることと少なくなり、却つて、円形杭より小さくなる。このよりの地盤振動の解析より、異形杭は、円形杭に比し、貫入に際して、上下方向に多くの土量と動かさずに貫入することと察知される。

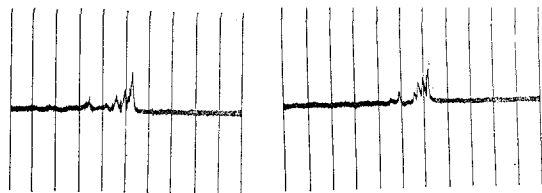
次に、打撃時に於ける応力歪波形より異形杭と円形杭の貫入性を検討してみる。今、杭頭に突へる荷重を P 、先端抵抗を R とすると、杭周摩擦を軽視すると、杭の貫入は $P > R$ の場合である。いま、

$$F = P - R \text{ とおいて、右速度を } \alpha \text{ とすると、 } F = m\alpha = m \frac{dy}{dt} \text{、但し、 } y \text{ : 貫入量、 } m \text{ : 質量 である。}$$

この式に境界条件を入れて積分すると、 $y = \frac{F}{2m} t^2$ 、 y を一定とすると、 t が小さければ、 F が大となり、 t が大になると、 F は小となる。図-6 は、異形杭と円形杭の応力歪波形を計測したものであるが、異形杭の歪波形は、 t が小さく、 F が大で、円形杭の場合は、 t が大きく、 F が小さい。即ち、この応力歪波形より考察すると、異形杭は、円形杭に比し、 F が大と成っている。よつて、於いて、 t が一定とすると、 F が大と成れば、 y は大となり、 F が少くなれば、 y は小となる。この歪波形より考察しても、異形杭の貫入性の優れていることと肯向される。即ち $F = P - R$ で、 P は一定であれば、 F が大と成ることは、 R が小さいことを意味するもので、杭頭荷重 P が、杭先端に多く伝達されることになる。

図-6

異形杭 円形杭



以上の解析では、円形断面に異形断面を内嵌せめてあるので、断面積は、異形杭が小さい。本来、杭の貫入は、杭と同体積の土を側方へ主に排除して行はれるのであるが、断面積と両杭共同に採つた場合でも、以上のことが実証されれば、異形杭の形態による特性が立證できる。

そこで、この解析のため、図-7に示す A, B, C 型及円形断面の模型杭によつて、貫入時の歪と杭頭、杭中央、杭先端で計測したものを図-8とする。之によると、異形断面を漸次、円形断面に近づけると、貫入性は低下する。

図-7.

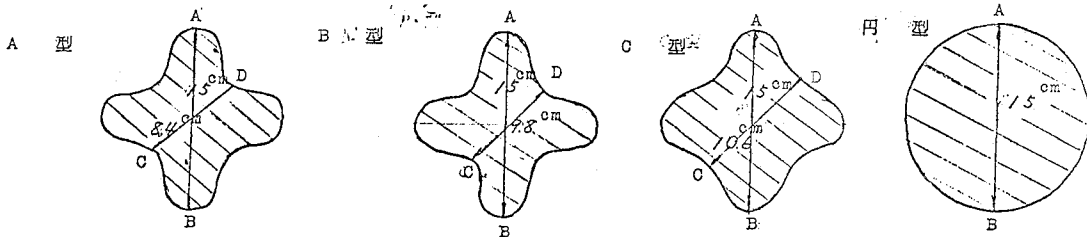
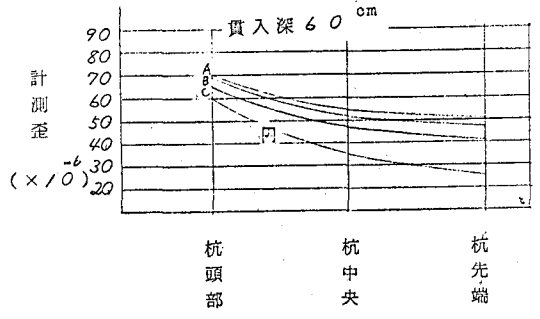
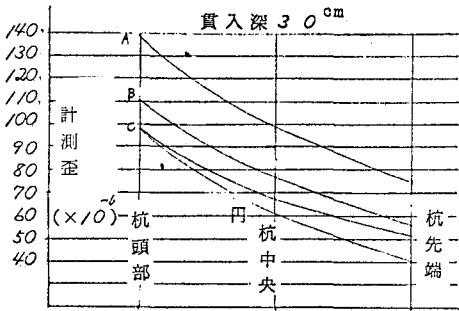


図-8



次に、異形断面杭と円形断面杭で断面積を同一に保つた場合を検討してみる。この場合の杭周長は、異形杭が長くなる。先端部は両杭等しいが、打撃回数と周面抵抗の較値は、比例する筈であるが、異形杭の周長の割合に比して、打撃回数も殆んど円形杭と同一であることより考へて、異形杭の貫入性は、断面積にあるのではなくて、異形杭の特殊形態にあると云へる。即ち、異形杭の有つ凸部、凹部の特殊剪断機構に原因するのであり、これは、先端円錐部に於ける凹凸の面の水平線と与す角度が初期よりものであると云へよう。

(4) 異形杭と円形杭の支持力に就いての検討

図-9は、実験砂槽に打込んだ異形杭と円形杭の打撃試験による杭周土質の締固度を示したものである。数字は一定の深さに於けるφ6mm鉄筋による打撃回数である。即ち、異形杭周土質は、円形杭周土質の締固度の約60%増となっている。このような締固めによつて、実際の載荷試験による計測値も異形杭の方が、地盤の如何に關せず、円形杭より著しく大であることが確認されている。

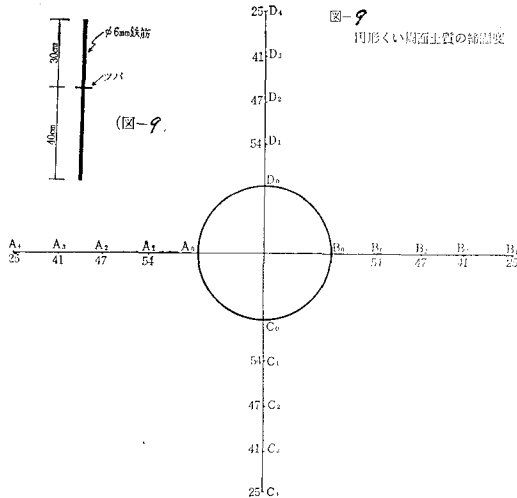


図-9 円形杭の周面土質の締固度

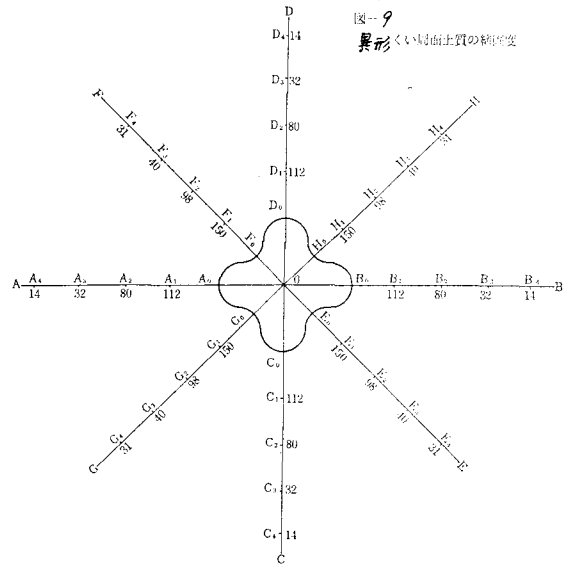


図-9 異形杭の周面土質の締固度