

東海大学

正会員 宇都一馬

正会員 冬木 衛

1. まえがき

標準貫入試験(以下SPTと略記する)は、基礎構造物の設計・施工を対象とした地盤調査では、最も広く実施されている。SPTによって得られるN値は、地盤の土質力学的定数や基礎工学的定数との間の種々の関係が知られ、便利に利用されているが、これらの関係は十分に経験的なものに過ぎない。このような現状に対して、筆者らはSPTそのものの機構を正しく認識した上で、その結果の利用方法の改善を計れば、設計・施工により有効に反映せうものであることを主張してきた。すなわち、現状のいわゆるN値の利用法の再考、SPTの試験結果の整理法の改善、あるいはSPTの貫入機構に基づいて、より積極的な利用法の開発などであり、このなかには従来のSPTの利用法からすれば、思い切った発想の転換を必要とする項目もある。

N値30程度以上の硬い地盤におけるSPTにおいて、モンケンのリバウンド量を利用して地盤の力学定数を求める手法を提案した²⁾。これはSPTを一種の載荷試験と考えることに基づいている。一方、同様の現象である打込み杭の支持力算定式を、波動論的な見地から誘導してある³⁾⁴⁾。今回、上記SPTから求めた地盤の支持力をもとに、打込み杭の支持力算定式を提案し若干の考察を行なった。

2. SPTから得られる硬い地盤の動的支持力算定式²⁾

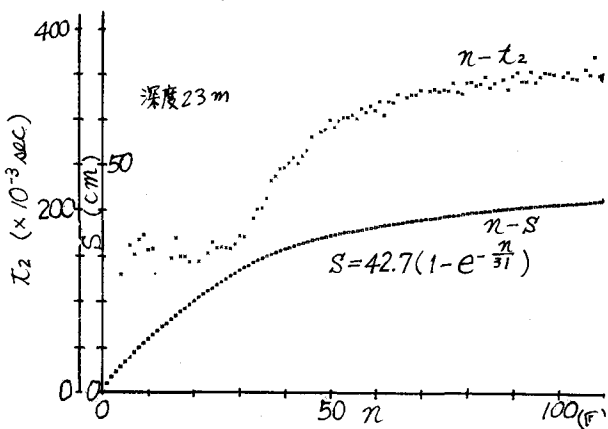
杭の支持地盤と考えられるような硬い地盤では、ロッド先端からの圧縮波の反射によってモンケンはリバウンド現象を生じる。このリバウンドの量は地盤の力学的な情報と密接な関係があり、ロッド先端の境界条件を反射係数 α で表わして、波動論的に厳密な取扱いができる。これによれば、地盤の動的支持力 R_d は(1)式で与えられる。考え方、式の誘導過程の詳細は文献2)を参照されたい。また、地盤の支持力 R_d は(2)式で与えられる。

$$R_d = a \frac{AE(1-\alpha)}{2l_e} u_e \quad (1)$$

$$R_d = \frac{R_d}{A'} \quad (2)$$

ここに、 A 、 E はロッドの断面積、ヤング係数である。 l_e はロッドの基準長で、モンケンとロッドの形状で決定される量で、ロッドの長さの相違の基準値とする。SPTの場合約14mである。 u_e は、ロッド頭の変位量で、モンケンとロッドの材質と形状および落下高さで決定され、SPTの場合約1cmである。 α は変位に関するロッド先端での反射係数で、モンケンのリバウンド高さ H_R あるいは、モンケンのリバウンド時間 t_2 を測定することにより、図表から読みとれる⁵⁾。また、 A' はサンプラーの有効断面積であり、 a は補正係数で、ロッドの長さ、仮定の誤差などの補正を行ない、今後、種々の載荷試験結果との比較検討によって決定されるべきものである。

図-1は、多摩川低地に属する上総層群と称する地盤で実施されたSPTの結果の一例を示したものである。深度23mで黄灰色の細砂層におけるもので、 $N=55/22$ と記載されている。この実験では、モンケンは自由落下装置により落下させ、落下高さは、予備打ちの段階から75cmにしてある。さらに、特別に開発された器械により一打毎の、貫入量、ロッド頭の貫入量の時向的变化、打撃応力、モンケンのリバ

図-1 $n \sim S$, $n \sim t_2$ 実測の一例

ラウンド時間 t_2 (モンケンの1回目の衝突から2回目の衝突までに要する時間)の計測が行なわれた。図中のロ印は、打撃回数 n と累計貫入量の関係、×印は n とモンケンのリバウンド時間 t_2 の関係をそれぞれ示している。 $n-S$ 曲線は $S=42.7(1-e^{-\frac{n}{3}})$ で近似的に表わされ、これから $n-S$ 曲線の原点のとリ方(予備打撃量)の向題の定量的な扱いが可能となる⁶⁾。一方、 t_2 の値は $n=30$ 程度までは $150 \times 10^{-3} \text{sec}$ とほぼ一定であるが、それをこえると増加し一定値に収束する傾向にある。貫入状態を敏感に反映しているものと考えられる。

さて、(1)式、(2)式によりサンプラー先端地盤の動的支持力を算定してみる。打撃回数 n が30くらいまでの部分では $t_2=160 \times 10^{-3} \text{sec}$ となり文献5)の図-5より $\alpha=-0.26$ 程度に読みとれる。(1)式および(2)式において $\alpha=1$ として $R_d=4900 \text{kg}$ 、 $r_d=460 \text{kg/cm}^2$ となる。また、 $n=110$ くらいでは $t_2=360 \times 10^{-3} \text{sec}$ 、 $\alpha=-0.61$ となり、 $R_d=6300 \text{kg}$ 、 $r_d=590 \text{kg/cm}^2$ となる。サンプラーの貫入長により、支持力が変化する事実は杭の支持層への根入れ長の向題と関連して興味深い。

また、9m付近で実施された試験では、SPTより $r_d=640 \text{kg/cm}^2$ 、大型貫入試験より $r_d=647 \text{kg/cm}^2$ 、同時に実施された深層載荷試験から $r_d=640 \text{kg/cm}^2$ 程度の値が得られ、よい一致を示した。

3 SPTをもとにした打込み杭の許容支持力 R_a の算定式の提案

道路橋示方書 IV下部構造編に規定されている動的許容支持力 R_a は、(3)式、(3)'式で与えられる。

$$R_a = \frac{1}{3} \left[\frac{AE(S+K_s+2K_o)}{2e_o l} + \frac{\bar{N}UL}{e_f} \right] \quad (3) \quad R_a = \frac{1}{3} \left[\frac{AEK}{e_o l} + \frac{\bar{N}UL}{e_f} \right] \quad (3)'$$

ここに、 A 、 E 、 l はそれぞれ杭の断面積、ヤング係数、長さ、 S 、 K は杭頭で観測される貫入量とリバウンド量、 K_o は杭体の弾性によるリバウンド量、 K_s は杭先端地盤のリバウンド量、 $\bar{N}$ は杭周面の平均 N 値、 U は杭の周長、 e_o 、 e_f は補正係数である。なお(3)'式は(3)式の近似式である。両式において、両辺の[]内のオ1項は波動論的考察によって得られた杭先端の動的支持力 R_d であり、オ2項は杭周面の摩擦力である。動的支持力 R_d は波動理論に基づいて、SPTの場合の(1)式と同様な考え方によって求められたものである^{3,4)}。

したがって、(3)式のオ1項をSPTから得られる支持力度(2)式とおきかえれば、SPTから得られる打込み杭の支持力算定式となり、(4)式で与えられる。

$$R_a = \frac{1}{3} \left[\alpha' A r_d + \frac{\bar{N}UL}{e_f} \right] \quad (4)$$

ここで、オ1項の A は杭の断面積である。 α' は杭の断面積とサンプラーの有効断面積 A' との比に関する補正係数で、今後、多くの載荷試験結果との対比によって決定する必要がある。

4. まとめ

今回、SPTの貫入機構に基づいた打込み杭の支持力算定式の提案を行なった。今後、他の施工法による杭の支持力式、あるいは他の基礎型式の構造物の支持力算定式に関する系統的な考察を行なって行きたい。

なお、本研究の実施に当っては、建設省建築研究所の杉村義広氏および伊藤幸爾氏の御指導をいただいた。また、計測・解析に当っては川崎地質KKの池田端夫氏の絶大な御協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 宇都・冬木； N 値におよぼす諸要因について、オ34回土木学会年次学術講演会、Ⅲ、(1979)。
- 2) 同上；硬い地盤におけるSPTと地盤定数について、オ15回土質工学研究発表会、(1980)。
- 3) 宇都・冬木・山；波動理論に基づいた杭の動的支持力算定式の提案、オ14回土質工学研究発表会、(1979)。
- 4) 宇都・冬木；波動理論に基づいた杭の打止め管理式、オ15回土質工学研究発表会、(1980)。
- 5) 宇都・池田・西沢；標準貫入試験におけるハンマーのリバウンド量の利用について、オ31回土木学会年次学術講演会、Ⅲ、(1976)。
- 6) 宇都・冬木；標準貫入試験から得られる $n-S$ 曲線の基準点について、オ14回土質工学研究発表会、(1979)。
- 7) 貝戸・阪口・西垣・三木；大型貫入試験、土と基礎 Vol.19, No.7, (1971)。