【006】

大阪平野洪積海成粘土層での標準貫入試験による N値の過大値

株式会社東建ジオテック　井関岳人

1 はじめに

大阪平野周辺は第四紀を通して沈降を続けており地下には現在確認されているだけで 21 枚の海成粘土層が潜在し，海進時の海成粘土層，海退期の陸成層が交互に分布している．海成粘土層は混入物の少ない均質な粘性土層であり，通常は砂礫層でみられるような地層内での標準貫入試験による N値の特異値は少ない．しかし大阪平野近辺では時折海成粘土層で標準貫入試験の打撃後にサンプラーの緩やかな浮き上がり（以降本文中ではバウンドと表記する）が見られ，結果として 30cm 打ち込むまでの打撃回数が多くなり，N 値が過大になる事例が時折確認される．またバウンドが発生する深度の粘性土層は周辺の粘性土層と層相が変化せず，試料観察ではバウンド発生の有無は判定できない．一般的に標準貫入試験では 30cm の打撃数のうち 10cm と最後の 10cm を比較すると周面摩擦等により後者がある程度大きく，諏訪ほか 2002[1] では更新世の堆積物において 10cm ごとの打撃数をそれぞれ $N_1N_2N_3$ とし，土質に関係なく概ね $N_1<N_2<N_3$ との関係となることを示した．要因としてはサンプラーの充填や周面摩擦をあげているが，バウンドが生じた場合 N_3 は N_1 に比べて 2～3 倍程度の差が生じ，より過大な N 値となる．

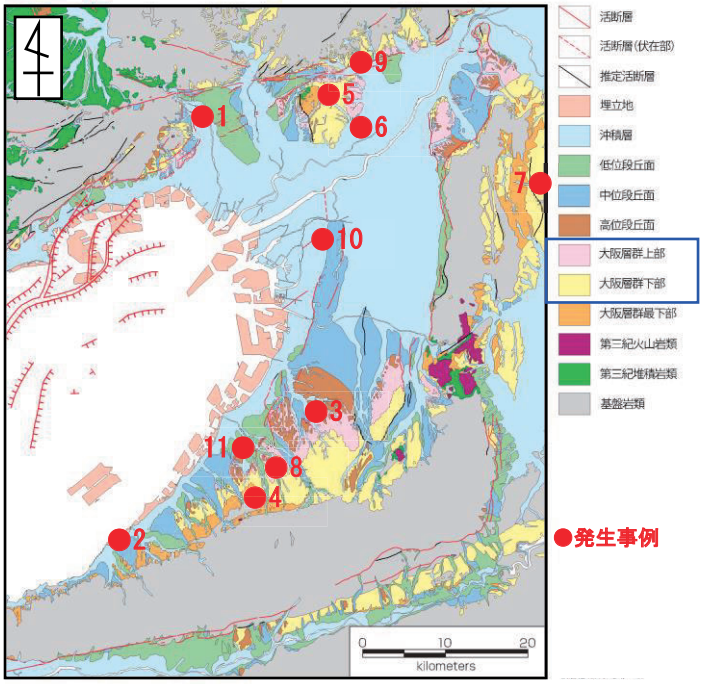

図-1 大阪平野周辺の表層地質及びバウンド発生地点[2]に加筆

2 バウンドの発生事例

図-1 の 2 に示す事例を図-2 に示す．同一の粘性土層内で急激に N 値が上昇しており，$N_1N_2N_3$ が大きく異なっていることがわかる．なお試料観察による深度ごとの明瞭な土質性状の違いは見られなかった．

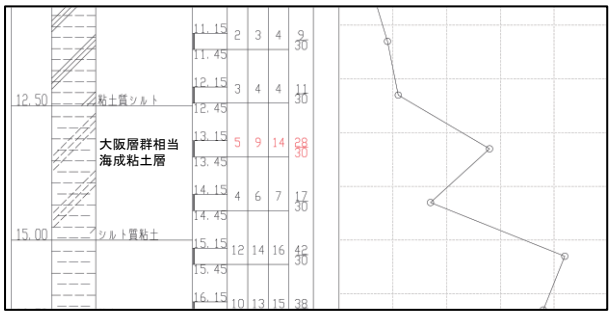

図-2 バウンド発生事例(大阪府泉南市)

3 バウンドの発生する地盤

バウンドの発生は図-1 に示す通り丘陵地やその近接地域で報告されている．大阪平野周辺の丘陵地には大阪層群と呼ばれる更新統が主に分布しており，大阪層群内には多数の海成粘土層を介在する．バウンドが生じる地盤では明瞭な地層の傾斜が見られる場合が多い．ただし大阪層群の海成粘土層が地表近くに分布する場合は構造運動に伴って隆起しているのが一般的であり，バウンドの有無と地層の傾斜の関連性は不明である．なお事例 10 は平野中央部であるが上町断層の構造運動により浅所から大阪層群が分布する．

4 バウンドの発生要因に対する考察

一度貫入したサンプラーが浮き上がってくることから粘性土層が弾性体としての挙動を示しているものと思われ，弾性体に近い圧縮性の強い粘性土層で生じているのではないかと予想されるまた N_1 測定時に浮き上がりはほぼ発生せず，打撃数が $N_1<<N_2<<N_3$ と増加していくことからサンプラーと地盤の接地面積増加による周面摩擦力の増加か粘性土の変形領域の増加が大きな要因の一つであると思われる．

表-1 バウンド発生粘土層の N 値と土質試験結果

	2	5	6	8	11
N値	28	37	38	42	24
N_1	5	7	7	8	5
N_2	9	13	11	11	5
N_3	14	17	20	23	14
3 N_1	15	21	21	24	15
自然含水比(%)	41.1	51.5	50.9	50.3	57.0
礫分(%)		0.0	0.0	0.0	0
砂分(%)		0.2	0.8	0.3	0.1
シルト分(%)		34.3	48.1	35.7	29.6
粘土分(%)		65.5	51.1	64.0	70.3
液性限界(%)		117.7	108.5	94.2	115.1
塑性限界(%)		42.2	39.3	33.7	43.2
一軸圧縮強さ(KN/m^2)	525.9	630.6	798.2	473.7	394.0
12.5N	350	463	475	525	300
25N	700	925	950	1050	600
50N	1400	1850	1900	2100	1200

※赤字は三軸試験(UU)による換算値

表-1 に発生地点の土質試験結果を示す．細粒分が優勢で高液性限界の粘性土層で発生することがわかる．また，液性限界が概ね大きく，自然含水比が液性限界の 1/2 程度である．ただしこれらの特性は一般的な洪積海成粘土層の性質であり，バウンドの有無と直接関係があるかは不明である．また，同一深度の同一粘性土でもバウンド発生の有無が分かれるためバウンドの発生にはより細かい条件があるものと思われる．

5 バウンドの発生による問題点

バウンド発生による問題点はサンプラーの浮き上がりにより正確な N 値が測定できていない(実際の強度に対して過大な N 値となる)点，試験の作業手順上バウンドは防げない点，バウンドが生じたかどうか後から確認が難しい点があげられる．

N_1 測定時には浮き上がりが生じることはほとんどないので N_1×3 程度の換算 N 値が実際の強度に即した N 値であると思われる．また標準貫入試験は自動落下装置とドライブハンマーの重量で試験に用いるエネルギーを定量化しているが，バウンドが生じた場合 5 秒程度の時間をかけて上がってくるため，打撃間隔が長いと浮き上がり量が大きくなり，打撃回数が多くなるため標準貫入試験を仕様通り実施しても打撃間隔が異なれば結果も異なる．バウンドが生じる粘性土層に限れば落下方法による測定誤差よりも打撃間隔による差の方が大きな影響を与える場合もある．

均質な海成粘土でもバウンドは必ず発生するわけではなく，同一粘性土層で急激な N 値の増加が見られる場合はバウンドの発生が疑われるが，粘性土全体でバウンドが発生する場合もあり，バウンド発生の有無を判断するのは難しい．確実に把握するにはボーリングオペレーターが標準貫入試験毎に確認するしかない．

N 値が過大になることにより N 値で換算する各土質定数を危険側の値で評価する可能性がある　．図-3 に表-1 で示した一軸圧縮強さ q_u と N 値による換算値を示す．竹内ほか 1974[3] 奥村 [4] では大阪湾周辺の海成粘土層において N>4 の時 q_u=25N～50N の関係となることを示した．この関係とバウンドが発生した海成粘土層の q_u を比較すると 25N 以下の試験値を示している．

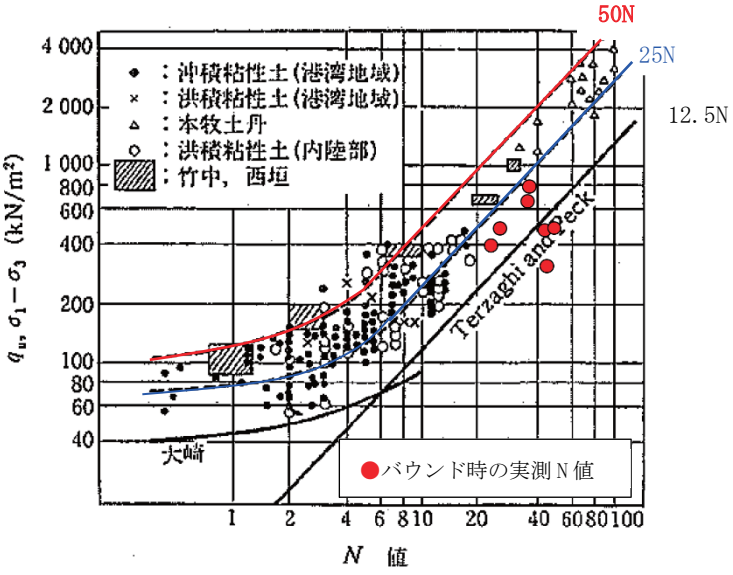

図-3 q_u 実測値と N 値からの換算値[3), 4)] に加筆

6 まとめ

バウンドが生じやすい地盤条件は下記のとおりである．

・洪積の均質な海成粘土層(概ね大阪層群相当)
・丘陵及び近傍造成地

バウンドの有無の判断方法は主に下記の 2 点である．

・ボーリングオペレーターへの試験状況の確認
・N値内訳と試料(粘土の固さ等)から総合的に判断

生じた場合の対応としては下記の 2 点があげられる．

・柱状図の記事に浮き上がりが生じた旨を記載
・N値の評価の際に該当深度の N 値を除外或いは $3N_1$ による換算 N値を用いる

7 今後の展開

バウンドが大阪平野の洪積海成粘土層特有の現象であれば大阪平野周辺の堆積環境や，土粒子の起源物質に起因するものと思われる．データ数が少ないため今後は他地域も含めたデータの収集を行っていきたい．

《引用・参考文献》

1)諏訪ほか，サンプラーの充填に伴う拘束圧効果と N値の補正，第 37 回地盤工学会研究発表会，2002
2)KG-NET，新関西地盤-大阪平野から大阪湾，2007
3)竹中準之介，標準貫入試験に関する基礎研究，第 9 回土質工学研究発表会講演集 p13～16，1974
4)奥村樹郎，港湾構造物の設計における N値の考え方と利用例，基礎工 vol0 No6，p5～62，1982