

千葉市美浜区における液状化被害データに基づく簡易判定法の検討

16T0201C 河井 亮太

指導教員：関口 徹

1. はじめに

2011年3月、東北地方太平洋沖地震によって千葉市美浜区において広範囲にわたって液状化が発生し、噴砂等の被害があり、同じ埋立地であっても被害の程度には差が見られた。美浜区では、地震後に73地点でボーリング調査および室内土質試験が実施された。既往の研究¹⁾では噴砂被害と液状化簡易判定結果との関係が検討されているが、両者が対応していない地点も多く存在した。これは美浜区を約50m角のメッシュに分割したことで、必ずしもボーリング地点と噴砂地点が一致せず、メッシュ内で距離が数十m離れている場合もあることが影響していると考えられる。

そこで本研究では、噴砂被害地点とボーリング地点との距離に着目し、さらに標準貫入試験だけではなく、より連続的なデータが得られるコーン貫入試験による判定結果についても検討する。

2. 標準貫入試験に基づく検討

図1に既往の50mメッシュ内で噴砂被害地点とボーリング地点の距離が離れている例を示す。50mメッシュ内に噴砂があるためメッシュ全体が被害大に分類されているが、ボーリング地点と距離が離れているため液状化判定結果と実際の被害が一致しないことがあると考えられる。そこで、両者の距離と簡易判定結果との関係を求めた。

図2(a)にボーリングと噴砂被害地点間の距離とボーリング調査結果から求めた液状化指数 P_L の関係を示す。液状化被害指数を求めるにあたり、地震動の地表面加速度を 2.5m/s^2 、マグニチュードを9.0とした。ここでは地表に現れた噴砂被害との関係をみており目安として地表からの非液状化層厚 H_L が3m以上あれば地表での噴砂は見られないと考えたため、そのような地点を青四角で区別して示している。また細粒分含有率 $F_c > 35$ かつ塑性指数 $I_p < 15$ の層がある地点を赤四角で示している。被害地点との距離が0mの地点では P_L が大きくなるものが多いが、ある程度距離が離れると P_L が小さくなるといった傾向は見られない。文献²⁾では液状化判定の際に考慮すべき土の種類は F_c が35%以下の土とされているが、 I_p が15%以下の埋立地盤についても検討を行うとされている。しかし、一般には I_p が調査されることは少ないため図2(a)では $F_c > 35$ の層は検討対象外として P_L に加算されずに計算されている。

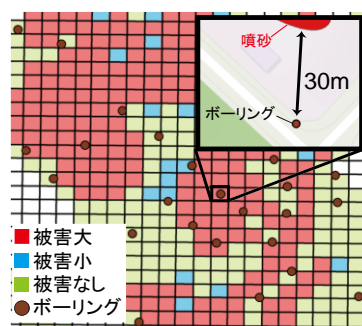


図1 50m メッシュと2点間の距離

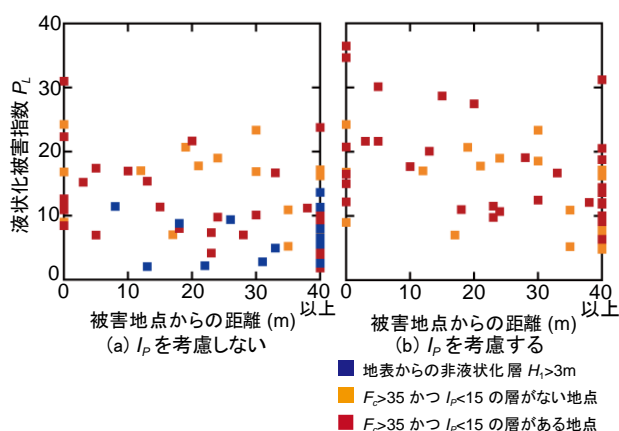


図2 P_L と被害地点からの距離の関係

図2(b)に図2(a)の赤四角の地点について、 $F_c > 35$ かつ $I_p < 15$ の層を検討対象とし細粒分含有率が50%以上の場合は50%とみなして細粒分補正したものを示す。被害地点からの距離が20m以内の地点において多くの P_L が大きくなっており、被害との対応が良くなっていると考えられる。これは、美浜区の埋立造成では、サンドポンプ工法が用いられているため粘土分が海に流出し、粘土分の少ない細粒分が残り、堆積していることが影響していると考えられる。

3. コーン貫入試験に基づく検討

ボーリング調査において行われる標準貫入試験(SPT)は1mごとに30cmロッドを貫入させるもので、数多くの層が薄く互層となっている埋立地盤では、その変化の激しい層構造を正確に把握することに適していない。それに対して、コーン貫入試験(CPT)は先端抵抗、周面摩擦抵抗、間隙水圧の3成分を測定することで簡易的ではあるが、粘性土を推定することができ、一定速度でコーンを貫入しながら、2.5cm間隔(一部の地点では1.0cm間隔)で上記3成分を測定するため薄層を見逃すことなく液状化判定が行える³⁾。そこで、SPTとCPTが共に計測されている3地域での液状化簡易判定結果を比較する。

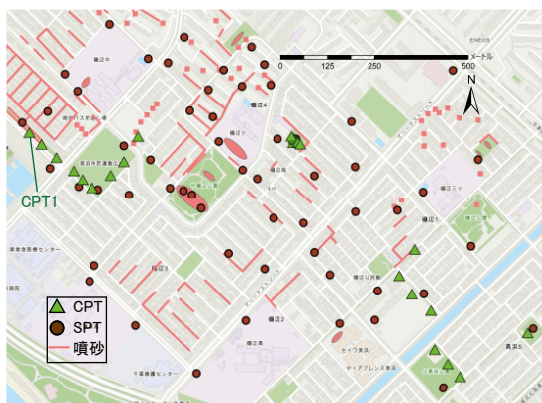


図3 噴砂分布と CPT・SPT 試験の調査地点

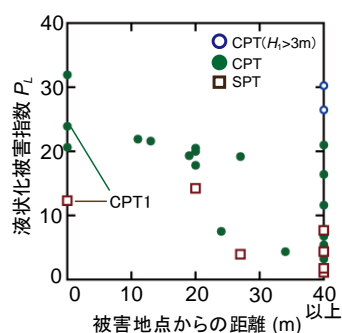


図4 距離による CPT・SPT の比較

図3に東北地方太平洋沖地震における噴砂被害の分布と SPT と CPT が行われた地点をあわせて示す。図4に CPT とそれに近い地点で行われた SPT において図2(b)と同様に I_p を考慮し、細粒分補正したもののから得られた P_L による実際の噴砂被害地点からの距離との関係をそれぞれ丸印、四角で示す。CPT において被害地点からの距離が 20m 以下では P_L が 20 程度以上となり、被害との対応があると考えられる。しかし、40m 以上離れているが P_L が大きくなる地点もある。その中で最も P_L が大きい2地点は青の白抜き丸で示し、地表からの非液状化層厚が 3m 以上あるため P_L が大きいにも関わらず実際に噴砂が地表に現れていないと考えられる。よって、CPT は一部過大評価している地点があるものの SPT に比べ、被害との関係が良いと考えられる。

ここで、被害地点で CPT と SPT が共に行われている CPT1 に着目すると、被害があったにもかかわらず SPT では P_L が 11.7 と小さくなく、一方で CPT ではおよそ倍の 23.9 となっている。そこで、この原因を検証するため図5に CPT1 地点における地盤調査結果を示す。図には、CPT から得られたまたは推定された土質分類、 N 値、細粒分含有率 F_c 、土質性状指数 I_c 、SPT から得られた土質

分類、 N 値、室内試験から得られた粒度分布と塑性指数 I_p 、さらに CPT・SPT に基づき求めた液状化安全率 F_L 、液状化指数 P_L の深度分布を示している。このとき、粒度分布においてシルトと砂の境界が細粒分含有率 F_c を表している。土質分類を見ると深度 10m 程度以下の埋立層で土質が細かく変化している。CPT・SPT とともに得られた細粒分含有率 F_c は似たような結果になったが、SPT では 2m、4m 付近で N 値が大きくなっているため $F_L > 1$ となり、 P_L が小さくなっている。これは、SPT では 1m の層のうち 30cm のデータしか使われないことで一部分の硬い層が層全体に影響しているためと考えられる。

以上のことから、埋立地のような薄く多くの層が互層となっている地盤では、薄い層を個別に液状化判定する必要がある、そのためには CPT が SPT よりも有効であると考えられる。

4. まとめ

噴砂被害地点と CPT・SPT における調査地点間の距離と液状化簡易判定結果との関係を分析した結果、以下の知見を得た。

- ・埋立地のような細粒分に粘土分が少ない地盤では細粒分含有率 F_c だけでなく、塑性指数 I_p を考慮して液状化判定をすることで噴砂被害との関係は改善されることが考えられる。
- ・CPT は過大評価してしまう場合があるものの連続的にデータが取れるため埋立地のような薄く互層が連なる地盤において、SPT より液状化判定に適していると考えられる。

参考文献

- 1) 荒若潤哉：千葉市美浜区における液状化被害と土質試験結果の関係、千葉大学卒業論文、2016
- 2) 日本建築学会：建築基礎構造物設計指針、2019.
- 3) 鈴木ら：コーン貫入試験と標準貫入試験から得られた地盤特性の関係、日本建築学会構造系論文集、第566号、pp. 73-80、2003

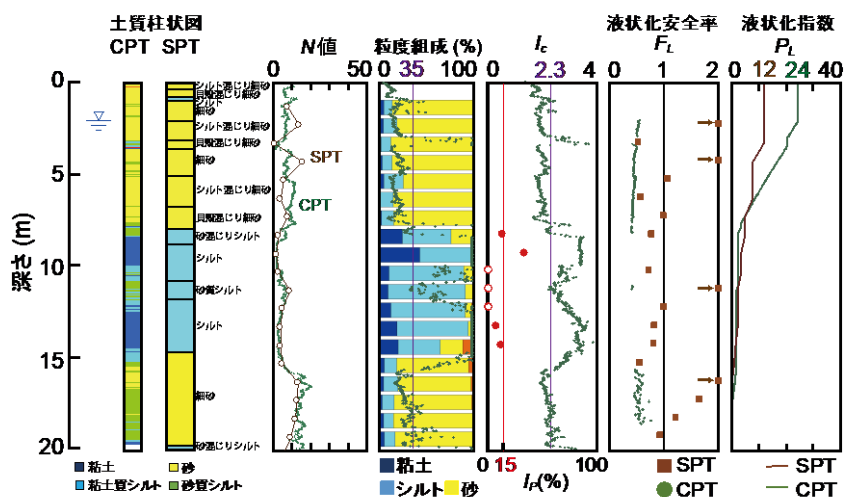


図5 CPT1 における地盤調査結果の深度分布