

標準貫入試験とラムサウンディング試験の設計実用性における研究

その1 Case1~4	正会員	○酒井 盛幸*1 萩原 克典*2	同	三浦 基文*3 佐藤 一也*4	同	蒲原 浩隆*5
標準貫入試験 地盤補強	ラムサウンディング 土質	地盤調査 設計				

1. はじめに

現在、建築、建設における地盤調査は主に標準貫入試験（SPT）、スウェーデン式サウンディング試験（SW S）、平板載荷試験等が用いられている。平成28年3月に国土交通省住宅局発出のもと、適切な箇所数の地盤調査の実施を発注者に求めているが、深刻な調査員不足、工期、コスト、費用対効果を考慮すると、これら全ての調査箇所にSPTを行うことは難しいのが現状である。

建築規模、必要調査箇所数により要求は異なるものの、地盤補強設計を行うにあたり、地盤の支持層深度の変化や支持層厚、支持層N値の再評価が必要とされる場合においては、SPT-N値に高い相関性が認められているラムサウンディング試験（RAM）による補間調査は有効であると考えられる。しかし、全国の実物件においてSPTとRAMの調査結果を比較した場合、相関性が著しく異なる事があり、地盤補強設計や設計に影響を及ぼす可能性があることがわかってきた。

本考察では、全国の実物件においてSPTとRAMを同現場内で行ったデータをもとに土質とSPT-N値、RAM-Nd値の相関性と設計における影響を述べる。

2. 比較試験結果

土質条件は以下の通りである。

- 1) Case1 砂質土
- 2) Case2 粘性土（泥岩）
- 3) Case3 礫質土～風化花崗岩
- 4) Case4 シルト混り砂～シルト質砂
- 5) Case5 砂礫～粘土混り砂礫
- 6) Case6 硬質シルト
- 7) Case7 互層（砂質土、粘性土）

同じ動的貫入試験であるものの、SPTは約1.00m毎の試験であるのに対し、RAMは0.20m毎の試験である。このためNd値のデータをN値とそのまま比較することは難しく、データ比較はSPTの結果に対してNd値は0.20m毎のデータプロット：SPT-RAM result（ $\Delta Nd$  補正後）と各層毎および1.00m間隔での平均値：SPT-RAM(Average)を求め、データの相関性、傾向および地盤補強を想定した考察についてまとめた。

1) Case1 砂質土

N値とNd値は良好に相関している。 $\Delta Nd$ による影響は少ないが軒並みN値以下となっており、補正をかけない状態がN値に近い結果となった。全体としてNd値が低い要因としては所々で砂質土の締り度合の違いもしくは混入物を測定している可能性が考えられる。

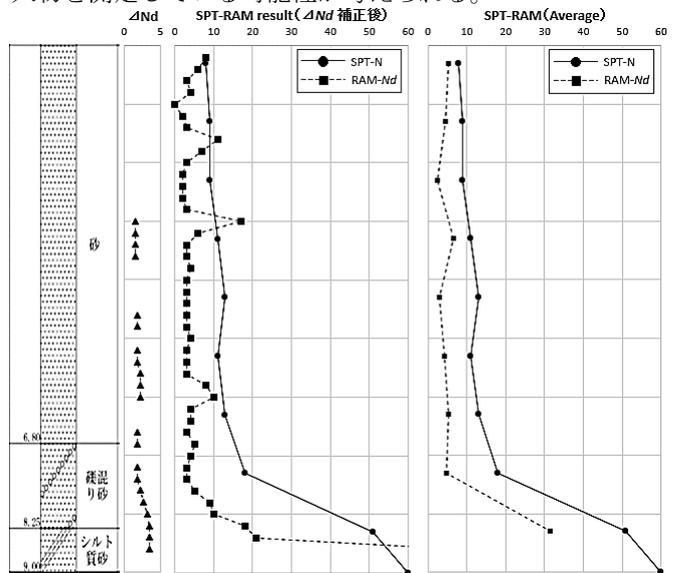


図1. Case1 砂質土

・地盤補強設計を想定した考察

小規模建築物で摩擦力を考慮した設計を想定すると、ボーリングN値のみで設計した場合と比較して、安全側の設計を提案するものとなる。中～大規模建築物で支持層到達とした場合は、支持力を確保できる深度においても緩い砂質土の可能性があるので、施工管理にフィードバックして適切な打ち止め管理の提案を行う資料として活用できる。

2) Case2 粘性土（泥岩）

$\Delta Nd$ による低減があるものの、Nd値とN値の差は $\Delta Nd$ 以上の大きな値差が見られる。Nd値では粘性土（泥岩）は比較的均質であることを示しているが、N値は上振れしている。原因として考えられるのは、RAMが連続的であるのに対しSPTは断続的な調査方法であること、先端形状の異なるRAMとSPTの違いにより土質のせん断性が異なる可能性が考えられる。

・地盤補強設計を想定した考察

小規模建築物の場合では支持層評価としてのRAMは有効である。一方で中～大規模建築物の場合においては相関性が低いことを設計に反映させるかという点と、土質試験による再評価の提案が望まれる。

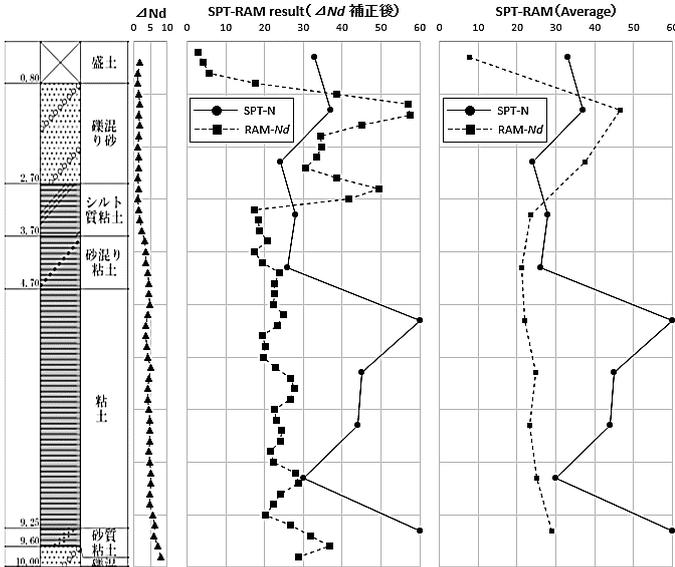


図 2. Case2 粘性土 (泥岩)

3) Case3 礫質土～風化花崗岩

N値 10～12 程度の緩い砂礫層では値差が大きい。原因として、コーンの当たり所や砂礫層の締り度合いが影響している事が考えられる。一方で風化花崗岩 Nd 値は近い相関性を示しており、支持層確認として有効である結果となった。

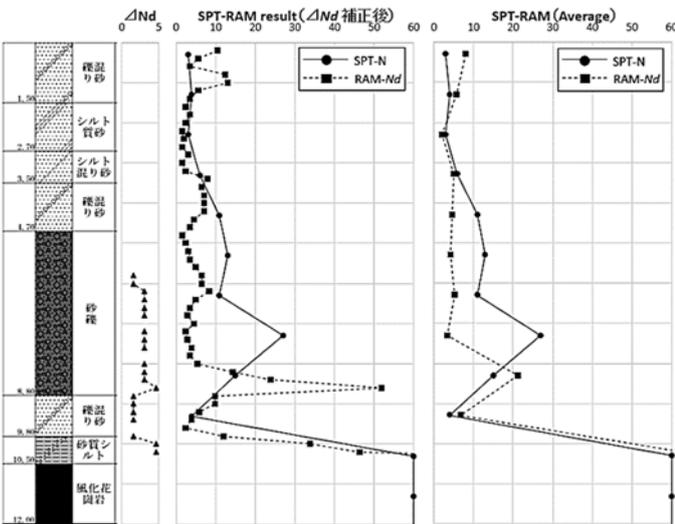


図 3. Case3 礫質土～風化花崗岩

・地盤補強設計を想定した考察

礫層で打ち止める場合は、締り度合によって支持層N値のバラつきが懸念され、箇所によって支持力不足とな

る可能性がある。支持層まで到達させる計画の場合は Nd 値を用いても問題ないと考察する。

4) Case4 シルト混り砂～シルト質砂

シルト混り砂は相関性が良いものとなっている。シルト質砂は各区間内の粘性土の混入度合いの違いが締り度合の変化となって現れていると考えられる。中間土はΔNd補正により良い相関性を得ている。

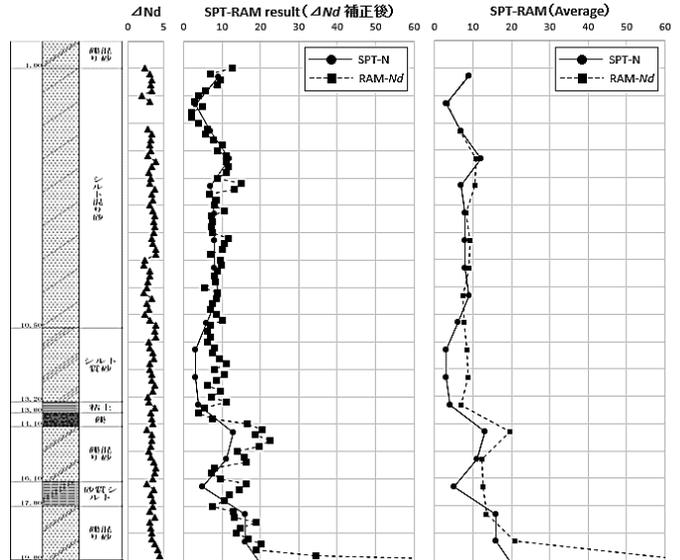


図 4. Case4 シルト混り砂～シルト質砂

・地盤補強設計を想定した考察

小規模建築物においてN値 10 程度の連続した地盤による摩擦力を考慮した設計では比較的有効であると考えられる。中間土で Nd 値の相関性が良いことから、SPTで拾いきれなかった詳細な地層変化を拾うことができるため、安全側の設計を提案することができる。

3. まとめ (Case1～4)

- ・砂質土や礫質土は締り度合の状態により値差を生じることがある。
- ・粘性土 (泥岩) においては Nd 値は土質状態の影響により低くなる事があるが、安全設計として有効に活用できるものと思われる。
- ・岩などのN値の高い支持層には相関性が高い。
- ・中間土に対しては相関性が高い。
- ・SPTとRAMの結果を比較することによって、土質の状態や変化をある程度把握することができるため、安全設計に活用することができる。

\*12345 グランダートユニオン \*1 兼松サステック(株)

\*2 (株)奈良重機工事 \*3 出雲建設(株) \*4 (株)土木管理総合試験所

\*5 隆テック(株)

\*12345 GroundArtUnion \*1 Kanematsu Sustech CO.LTD \*3 Izumo kensetsu CO.LTD

\*2 Nara jukikouji CO.LTD \*4 Doboku Kanri Sogo Shikenzyo CO.LTD

\*5 Ryu Tech CO.LTD

標準貫入試験とラムサウンディング試験の設計実用性における研究

その2

Case5~7

正会員

○小林 輝幸\*1

同

一戸 雅彦\*3

同

照屋 杏奈\*5

同

玉山 真仁\*2

同

菰田 佳明\*4

同

標準貫入試験  
地盤補強

ラムサウンディング  
土質

地盤調査  
設計

1. はじめに

SPT-N値とRAM-Nd値について、砂質土、粘性土（泥岩）および礫質土～風花崗岩、シルト混り砂～シルト質砂について述べた。本考察では、砂礫～粘土混り砂礫、硬質シルト、互層（粘性土、砂質土）について述べる。

2. 比較試験結果

土質条件は以下の通りである。（その1より続き）

5) Case5 砂礫～粘土混り砂礫

6) Case6 硬質シルト

7) Case7 互層（砂質土、粘性土）

5) Case5 砂礫～粘土混り砂礫

N値とNd値の相関性は低い。砂礫層のNd値はN値と比較して18程度小さく（ $Nd < N$ ）、粘土混り砂礫のNd値はN値との逆転し19程度大きく（ $Nd > N$ ）大きなバラつきがある。

礫質土は、締り度合の違いによる値差の可能性が考えられ、粘土混り砂礫の $Nd > 40$ の層は大径礫の影響や粘土分の混入が少ないため大きくなったこと、ハンマーの落下高さがSPTに比べて低いことからNd値が過大になったと推測する。一部Nd値が低い層は粘土分の混入量が多いと考えられ、実際のN値が低い可能性も考えられる。

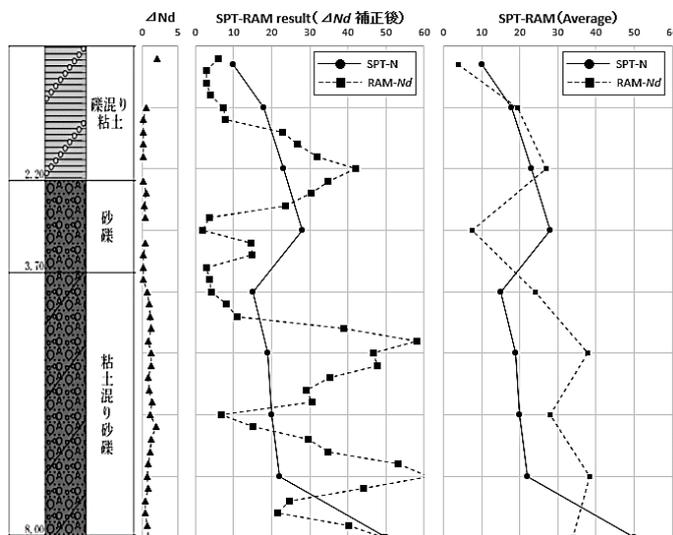


図5.Cas5 粘土混り砂礫

・地盤補強設計を想定した考察

N値とNd値の値差が大きく、Nd値をそのまま設計数値として用いることは適切ではない。一方でNd値が高い粘土混り砂礫の中間土に関しては土質試験によりcを算出することで、土質定数の評価を有利に設計できる可能性がある。一方で、低N値の中間薄層の存在が判明したことはRAMの有効性を大きく示しており、この層に留意した設計とすることが望ましい。

6) Case6 硬質シルト

硬質シルトは粘土混り砂礫同様Nd値はN値を大きく上回るが、Nd値下側の傾向はN値にやや相関する。また、SPTでは把握できない硬質シルトの硬軟のバラつきを測定できていると思われる。

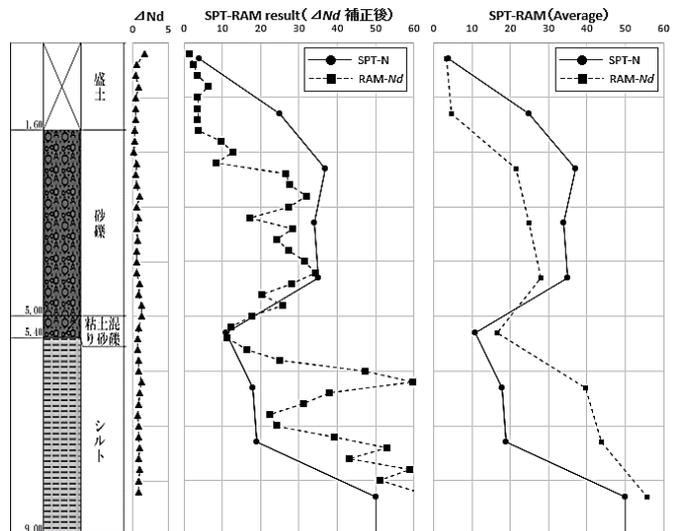


図6.Case6 硬質シルト

・地盤補強設計を想定した考察

Case5 粘土混り砂礫と同様、Nd値をそのまま設計数値として採用することは適切ではない。それぞれの下限値を用いたり、一部軟弱な層の存在を設計に反映させることで安全設計とすることができる。また、土質試験によりcを算出し支持力計算を有利に行うことができると考察する。

7) Case7 互層 (砂質土、粘性土)

N値とNd値の値差が大きい、互層はSPTの各試験箇所が同一土層でない可能性も考えられ、N値自体の試験精度についても留意しておく必要がある。Nd値はこれらを推測する手段として有効であると考えられる。

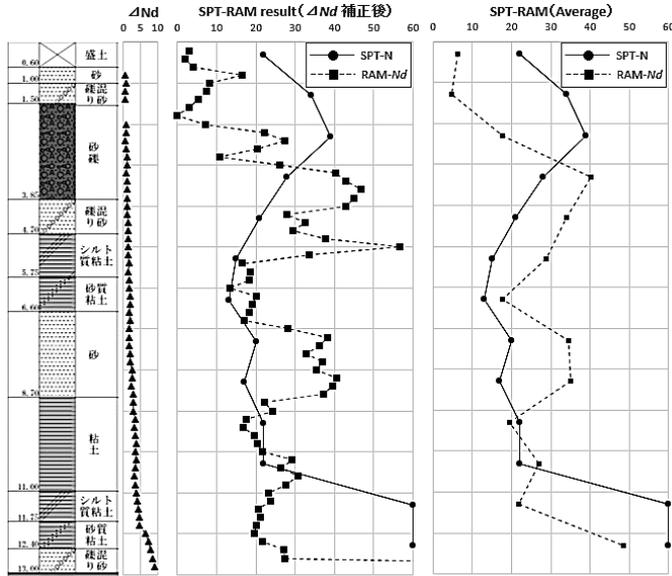


図 7. Case7 互層 (砂質土、粘性土)

・地盤補強設計を想定した考察

層変化や土質のバラつき状態を把握できることから、摩擦力を考慮した支持力設計においてはN値と併用してNd値を用いることは有効である。互層においては、SPTのみではなく積極的にRAMを併用すべきと考察する。

3. 土質による傾向

Case1~7の比較試験結果をもとに、土質に関してN値とNd値の傾向と傾向要因についてまとめる。

表 1. SPT-N RAM-Nd 傾向

土質	SPT-N と RAM-Nd の傾向と傾向要因
砂質土	$Nd < N$ : 締め具合、間隙等に影響
シルト混り砂	$Nd \approx N$ : 相関性高
シルト質砂	$Nd > N$ : 相関性高
粘性土	$Nd \approx N$ : 低N値に関しては評価外
粘性土 (泥岩)	$Nd \ll N$ : 土質の状態、試験方法に影響 値差が大きくなることもある。
硬質シルト	$Nd \gg N$ : 土質の状態、試験方法に影響 値差が大きくなることもある。
礫質土	$Nd < N$ : 締め具合、間隙等に影響 値差中
粘土混り砂礫	$Nd \gg N$ : 値差大
風化花崗岩	$Nd \approx N$ : 相関性高
互層	$Nd < N$ & $Nd > N$ : 相関性低

4. N値とNd値の数値傾向

表 3. N値とNd値の数値傾向

N値	Nd値の傾向
$N \leq 10$	相関性は比較的良好
$10 \leq N \leq 20$	値差は概ね5程度、最大10に達する
$20 \leq N \leq 40$	相関性は比較悪 SPTとRAMの先端形状、落下高さの影響が大きくなる
$40 \leq N$	SPTもRAMも大きな抵抗値に達しているため、値差は問題になりにくい

4. まとめ

SPTとRAMの試験結果は、土質条件により値差が大きくなるのが判明した。同じ動的貫入試験であるものの、1.00m毎に0.30mの層を対象とするSPTに対し、0.20m毎に連続的に評価するRAMの試験結果が異なることは、一概にRAMのみの要因であるとは言えず、SPTの試験方法にも要因の一部が存在すると考えられる。

RAMを行うメリットとしては

- ① SPTでは発見できなかった中間挟み層がRAMで発見でき、支持層位置や摩擦区間、土質設定を見直すことができる。
- ② N値が過大に大きい(礫当たりしている)層をRAMにより一般的なN値相当の層と再評価し、N値を低減することができる。
- ③ 支持層出現深度の把握や層変わり深度の把握ができる。

現在、告示に記載されていることから採用されているSPTはコストや工期の問題、SWSは調査可能深度と貫入力不足の問題点があり、RAMはこれらを補うものとして有効な調査方法であると思われる。

設計者は、RAMによる補間調査を行う目的を明確にし、土質およびN値の再評価と、得られた設計数値を積極的に活用していくことが重要であると考えられる。

【謝辞】本研究はグラウンダーユニオン並びに、兼松サステック(株)、三和興業(株)、(株)土木管理総合試験所、(株)奈良重機工事、出雲建設(株)、(有)ジオワークス、(株)研進工業、中村基礎工業(株)、隆テック(株)、(株)井上建機リース、(株)浪速試験工業所、(株)地下テクノ、ポーター製造(株)、(株)P.E.C、(株)ジオックスのご協力を頂きました。ここに記し、深く感謝し、厚く御礼申し上げます。

- 【参考文献】1)建築基礎構造設計指針：日本建築学会  
2)小規模建築物基礎設計指針：日本建築学会

\*12345 グラウンダーユニオン \*1 三和興業(株) \*3 (株)地下テクノ  
\*2 ポーター製造(株) \*4 (株)井上建機リース \*5 (株)P.E.C

\*12345 GroundArtUnion \*1 Sanwa Kogyo CO.,LTD \*3 Chika Techno CO.,LTD  
\*2 Pota Seizou CO.,LTD \*3 Inoue Kenki Lease CO.,LTD \*4 P.E.C CO.,LTD