

⑪新潟市の平野部造成地と軟弱地盤

坂井 直人*

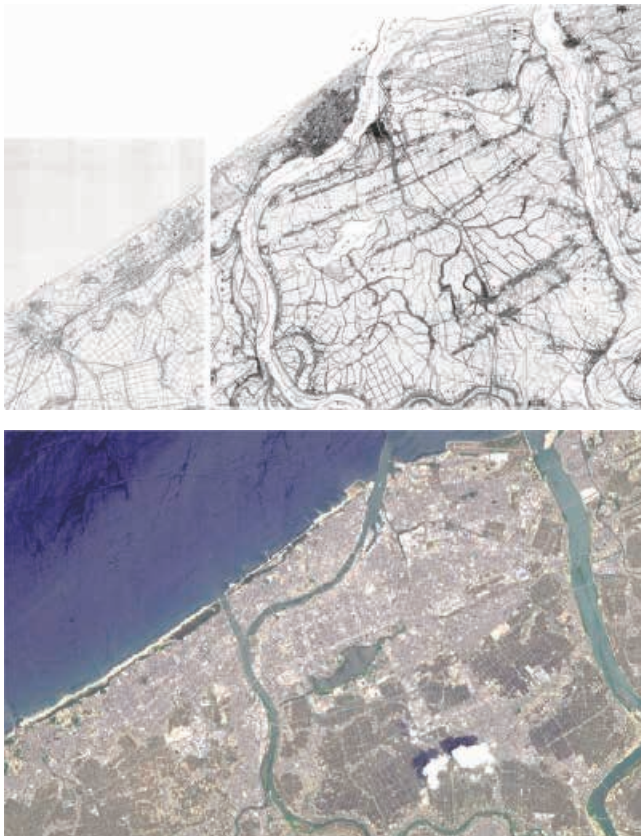
SAKAI Naoto*, アクテック(株) 技術部 新潟市中央区鳥屋野 2001-1

1. はじめに

新潟平野は越後平野とも呼ばれ、日本海側沿岸に細長く広がる海岸平野である。信濃川、阿賀野川という日本で有数の河川を抱えているが、下流域には扇状地があまり見られず、自然堤防や海岸沿いの砂丘が発達している。これらの発達により潟が多く形成され、これが“新潟”の地名の由来にも深く関わっているとされている。

地形的に新潟市の大半は平野部（越後平野）であり、古くから稲作が盛んで水田が多くみられる。市街地・住宅地は水田や潟を埋立て造成されており、旧版地形図や航空写真からもそれらが確認できる。（図-1）

日頃から地盤業務に従事する技術者は、このような経緯から、新潟市が軟弱地盤であることを容易に想像できる。新潟で住宅地盤の調査・補強業務に携わる私達は、この軟弱地盤を要因とした様々な問題に日々直面しており、その事例をここに紹介する。



上 - 旧版地形図 1912年（明治45年）下 - 航空写真 2007年（平成19年）

図-1 越後平野

2. 新潟市平野部造成地の地盤

越後平野は1000年前まで海であったといわれており、日本海の海流により運搬された土砂と信濃川、阿賀野川により運搬された土砂により現在の越後平野が形成されたとされている。（図-2）平野は低湿地帯で潟が点在し、水捌けの悪く海拔0m以下の地域もあり、これまでに多くの氾濫、洪水を繰り返している歴史がある。



（北陸地方整備局 信濃川下流河川事務所 ホームページより）

図-2 寛治（かんじ）図（推定略図）寛次3年（1089年）

新潟市内における近年の造成地の代表的なボーリング柱状図を（図-3）に示す。

ボーリング柱状図から水位が高く、軟弱層（N値0～3のシルトおよびシルト質粘土）が厚く堆積した地盤であることが確認できる。シルトには、混入量は少～多とばらついているが腐植物を含む場合が多い。地域によっては、未分解の植物繊維または木片のみで構成されている層もある。

ボーリング調査では目視により腐植物を確認できるが、近年戸建住宅地盤調査として主流となっているスウェーデン式サウンディング試験では、自沈層だけではなく、回転層にも腐植物が確認されており、貫入抵抗から土質を推測するのは困難である。

このような地盤構成の造成地では、何らかの地盤補強対策が必須となる。また、最適な地盤補強工法の設計・提案を行う上で、地盤性状等が確実に把握できる地盤調査の実施が求められる。

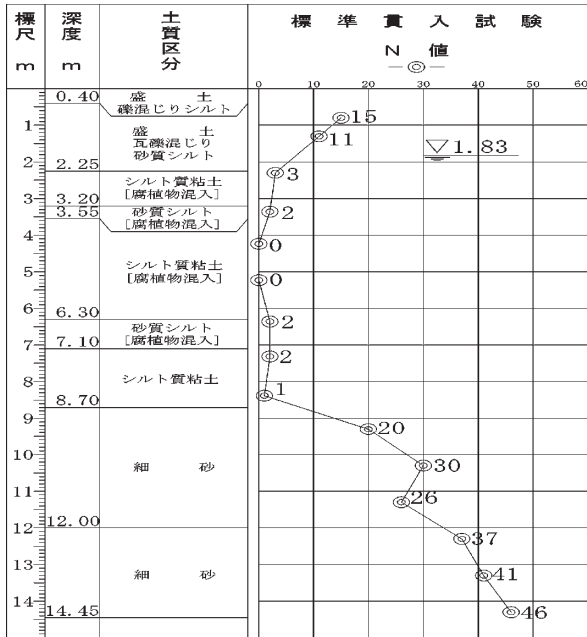


図-3 造成地 ポーリング柱状図

3. 問題点

最近、これまで市街化調整区域であった水田及び休耕地上に1～2m程度盛土して、新たな宅地分譲地の造成が幾つも行われている。

軟弱層が厚く堆積した地盤上に新たに盛土を行えば、盛土荷重による圧密沈下が発生する。本来は、盛土後に十分な放置期間を置いて、圧密沈下が収束してから住宅等を建造すれば良いが、民間造成では工期等の制約から出来ない場合が多い。よって、造成完成後間もなく不具合な現象が発生することが多く、歩道縁石の大幅な不陸、杭の抜け上がり現象、道路の歪み、住宅の外部設備架台の沈下・傾き等が見られる。以下に実際に起きた事例を紹介する。

新規造成地（図-3参照）に建設した、完成間もない住宅の不同沈下についてビルダーから相談を受けた。その際に当該物件の地盤調査データおよび地盤補強施工報告書を拝見する機会があった。

地盤調査はスウェーデン式サウンディング試験が行われ、地盤補強として杭状地盤補強工事（小口径杭工法）が施工されていた。調査の際に土質確認（サンプリング等）は未実施で、腐植物を多く含むとされる土層を粘性土と判定していた。

地盤補強の設計内容を確認すると、盛土後の経過時間がほとんど無い軟弱地盤において、全層で周面摩擦力を考慮して支持力を算出し補強長さ5.0mとしていたが、下方には軟弱層を厚く残した状態である。当然、杭体は盛土に追従して沈下し、不同沈下事故となっている。これは設計時に支持力のみを注視し、建物に有害な圧密沈下の発生を予測できていないことが原因である。

この不同沈下事故は、残念ながら地盤技術者の調査及び解析・判定能力不足による過失が大きく考えられる。結果として建築主の生活と財産に大きな負担を与え、ビルダーの信用も大きく失墜させた。

4. 地盤調査と判定

このような造成地に建設される戸建住宅の地盤調査および地盤補強対策は、どのように進めればよいのだろうか。先の造成地内で、筆者が実際に担当した案件を一例として紹介する。

新規造成宅地での地盤調査は、以下の①～③を実施し、これらを総合的に判断した。

①：資料調査

- ・近隣のボーリング柱状図を入手し、土質構成、土質状況を確認。（図-3）
- ・旧版地形図（図-4）、航空写真より最近まで水田であったことを確認。
- ・土地条件図より後背湿地である。（図-4）
- ・造成経過年数をヒアリング及び宅地販売広告記載情報より1年未満と確認。

②：現地踏査

- ・周辺田面と造成面との高低差から、盛土厚さは1.5m以上であると想定される。
- ・また、造成面には雑草等も全く無く、造成後1年未満であることを現地踏査からも確認した。
- ・計画宅地に近接する擁壁は無い。
- ・造成地外の周辺建築物の杭の抜け上がり現象、室外機土台の異常な傾きを確認。これらは築2～3年であり、本件が造成後1年未満とすれば、今後も盛土による沈下が進行すると推測される。（写真-1）（写真-2）



上—旧版地形図 1912年（明治45年）

下—土地条件図

図-4 資料調査



写真-1 杭の抜け上がり現象



写真-2 土台傾斜のため架台脚部を調整して室外機を水平修正

③：現地計測

・建設位置においてスウェーデン式サウンディング試験を実施。試験結果から計画宅地は、盛土層が2.0m程度、下方に荷重0.50～1.00kNで自沈する軟弱層が概ね7.0m厚く堆積し、以深に締りの良い砂質土層が確認されている。(図-5)

・通電感知式水位計にて、水位は盛土下位で確認。
 ・試験孔を利用して“かきとり式サンプラー”で、サンプリングを実施。盛土下位のシルトに腐植物が多量に混入していることが確認された。(写真-3) (写真-4)

①～③の結果から、

- ・盛土層下位には、腐植物混じりのシルト層が厚く堆積している。
- ・盛土が完了してから1年未満。
- ・周辺建物に圧密沈下の被害が見られ、沈下は進行中と推測される。

これらのことから、計画宅地では今後、盛土荷重による圧密沈下に伴い、建設される建物に有害な変形が生じる可能性が非常に高く、地盤補強対策が必要であると判断される。

荷重 W _{sw} kN	半回 回転数 N _a	貫入深さ D m	貫入最 L cm	1m当たり 平均回転数 N _{sw}	記事		推定土質		荷重 W _{sw} kN	貫入最1m 当り 半回回転数 N _{sw}	換算 N _値 N	換算 Q _u kN/m ²
					音・感触	貫入状況	土質名	柱状図				
1.00	15	0.25	25	60			砂質盛土				6.0	-
1.00	23	0.50	25	92		打撃	砂質盛土				8.2	-
1.00	3	0.75	25	12			砂質盛土				2.8	-
1.00	0	1.00	25	0		無回転急速	砂質盛土				2.0	-
1.00	3	1.25	25	12			砂質盛土				2.8	-
1.00	7	1.50	25	28			砂質盛土				3.9	-
1.00	30	1.75	25	120			砂質盛土				10.0	-
1.00	34	2.00	25	136			砂質盛土				11.1	-
1.00	5	2.25	25	20			粘性土				4.0	60.0
1.00	10	2.50	25	40			粘性土				5.0	75.0
1.00	7	2.75	25	28			粘性土				4.4	66.0
0.50	0	3.00	25	0			有機質土				1.5	22.5
0.50	0	3.25	25	0		無回転急速	有機質土				1.5	22.5
0.50	0	3.50	25	0			有機質土				1.5	22.5
0.75	0	3.75	25	0			有機質土				2.3	33.8
1.00	0	4.00	25	0			有機質土				3.0	45.0
1.00	0	4.25	25	0			有機質土				3.0	45.0
1.00	0	4.50	25	0			有機質土				3.0	45.0
1.00	0	4.75	25	0			有機質土				3.0	45.0
1.00	0	5.00	25	0			有機質土				3.0	45.0
0.75	0	5.25	25	0			有機質土				2.3	33.8
0.75	0	5.50	25	0			有機質土				2.3	33.8
0.75	0	5.75	25	0		回転急速	有機質土				2.3	33.8
0.75	0	6.00	25	0			有機質土				2.3	33.8
1.00	7	6.25	25	28			砂質土				3.9	-
1.00	10	6.50	25	40			砂質土				4.7	-
1.00	15	6.75	25	60			砂質土				6.0	-
1.00	0	7.00	25	0			有機質土				3.0	45.0
1.00	0	7.25	25	0			有機質土				3.0	45.0
1.00	4	7.50	25	16			有機質土				3.8	57.0
1.00	4	7.75	25	16			有機質土				3.8	57.0
1.00	8	8.00	25	32			有機質土				4.6	69.0
1.00	9	8.25	25	36			有機質土				4.8	72.0
1.00	9	8.50	25	36			有機質土				4.8	72.0
1.00	12	8.75	25	48			有機質土				5.4	81.0
1.00	34	9.00	25	136			砂質土				11.1	-
1.00	46	9.25	25	184			砂質土				(14.3)	-
1.00	63	9.50	25	252			砂質土				(18.9)	-
1.00	78	9.75	25	312			砂質土				(22.9)	-
1.00	81	10.00	25	324			砂質土				(23.7)	-
1.00	96	10.25	25	384			砂質土				(27.7)	-
1.00	101	10.50	25	404			砂質土				(28.1)	-
1.00	111	10.75	25	444			砂質土				(31.7)	-
1.00	130	11.00	25	520			砂質土				(36.8)	-

※ N_{sw}=150 を超える場合の換算N_値、換算Q_uはカッコ () で表示

図-5 現地スウェーデン式サウンディング試験結果



写真-3 サンプルング状況



写真-4 採取土 腐植物を多く混じるシルト

5. 地盤補強対策

今回のように表層部より厚く軟弱地盤が堆積し、深部に支持層がある地盤では地盤補強対策として杭状地盤補強工法が選択されるが、全ての杭状地盤補強が万能ではないことを設計者は把握しておかなければならない。例えば、本件のような盛土による圧密沈下が生じる地盤では、負の摩擦係数（ネガティブフリクション）を考慮した検討が必要である。

以下に杭状地盤補強工法選択の上での留意事項を記す。

・柱状地盤改良工法

攪拌ヘッド先端からスラリー状の改良材を吐出しながら、深度方向へ回転貫入することにより対象土と攪拌混合され地中に柱状の改良体を築造する工法。改良材としてセメント系固化材を添加するこの工法は、改良対象土層が腐植物を多量に含む場合、固化しない可能性が大きい。配合試験により強度が確保できるか確認が必要であり、この場合、費用増、工期増となる。

・小口径鋼管工法

小口径鋼管（先端翼を有するものも含む）を地中に回転貫入させ、設計深度の支持層まで到達、根入れする工法である。

柱状改良工法のように補強材の品質が土質に左右されることはないが、工費は他工法に比べると若干割高になる場合がある。

・木製杭、既製コンクリート杭工法

土質により杭体の強度が左右されない杭状補強工法として木製杭や既製コンクリート杭工法の採用も考えられるが、支持層へ到達前に中間層がある場合や盛土が締まっている場合は、機械選定やプレボーリングを行うなど確実に支持層へ到達させるための施工方法の検討が必要である。

・その他

近年“複合地盤補強工法”と呼ばれる工法が多くなっている。基礎スラブの支持力（原地盤支持力）＋杭体支持力で建物荷重を支える工法であり、従来の杭状地盤補強に対してコストパフォーマンスに優れている。

“複合地盤補強工法”は、「地盤補強材と基礎スラブが一体的に沈下する」という概念で検討されている。

しかし、今回のような軟弱地盤上に盛土されて経過年数が浅い宅地では、盛土荷重による沈下が生じ、建物に不同沈下障害が起きやすくなるため、採用にあたっては相当慎重に行わなければならない。

なお、この案件では、造成地自体の長期的になるとと思われる沈下現象の影響と付随する周辺設備等のメンテナンスを考慮した対応事例をビルダーに紹介し、理解を頂いたうえで小口径鋼管工法を提案した。

6. おわりに

戸建て住宅を含む小規模建築物を対象とした地盤に関する分野では、近年様々な技術や工法が開発されている。

しかし、どんなに優秀な技術や工法があっても、残念ながら前述の事例のような沈下事故が起きている。現状での戸建て住宅地盤調査、判定は、スウェーデン式サウンディング試験結果だけに注視し、かつ、地盤補強の検討は支持力重視となっている。一番重要な長期的および広域的沈下について十分な検討がされていないことが多い。特に今回紹介した越後平野では、現地ロケーションや資料により地域地形を把握することで予見・想像し、地盤判定、解析、提案に生かすことが大切である。

地域の業者として、その地盤特性を熟知し、建築主の大切な財産を守るという認識を強く持ち、今後の業務に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省 北陸地方整備局 信濃川下流河川事務所：信濃川について
- 2) 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，2001
- 3) NPO住宅地盤品質協会：住宅地盤の調査・施工に関わる技術基準書（2016年第3版）