

各論

小口径鋼管杭の トラブル要因と防止対策

長坂 光泰*

1 はじめに

小口径鋼管杭（以下、鋼管杭）は、主に軟弱地盤に建築される小規模建築物に対して“杭状地盤補強”として用いられている。鋼管杭は、工業製品で品質が安定し、かつ高強度なため1本当りの負担軸力が大きくなる傾向にある。しかし、設計が一般にスウェーデン式サウンディング試験（以下、SWS試験）結果で行われるため、土質定数の評価や施工管理が適切に行われないと有害な沈下や損傷を招くこともある。

本稿では、鋼管杭工事における代表的なトラブルをあげ、その要因を考察するとともにその防止対策についても述べる。

2 小口径鋼管杭とは

表-1に鋼管杭の特徴を示す。近年、技術審査証明など公的な評価を受けた鋼管杭工法が、数多く存在するようになった。これは、表-1に示した特徴もあって、他の地盤改良工法などよりも適用地盤が広いからだと思われる。鋼管径Dは89.1～139.8mmの採用が多く、構造はストレート型と翼付き型に分けられる（図-1）。鋼管長さは鋼管径の100～130倍以内の長さで設計されるのが一般的で、すなわち深さ18m程度も軟弱地盤が連続したとしても補強できる。

3 トラブル要因と防止対策

3.1 杭心ずれ

杭心ずれが生じると図-2に示すような偏心モーメントが発生し、基礎の損傷など悪影響を及ぼす可能性がある。杭心ずれの基準値を遵守する必要がある。万一杭心ずれが生じた場合の対処としては、基本的に再施工だが、困難な場合は移設や増打ち、基礎補強が考えられる。

杭心ずれが生じる主要因は、表層部の地中障害物で曲って貫入されることや、隣家底や擁壁など構造物を避けて打設したことなどがあげられる。地中障害物がある場合は事前撤去か先行掘りを行う。隣家底や擁壁を避けて打設する場合は跳出し基礎となるため、基礎補強や増打ちを検討する。施工管理では、打設直後が原因となりやすいので、鉛直性の管理を確実にし、写真-1に示す振止めを使用することが原則となる。ただし、鉛直性

が管理できていないと振止めと鋼管が競り、鋼管の損傷につながるので注意する。

3.2 杭の損傷

鋼管は径や厚さの種類が多いため建物条件にあった材

表-1 鋼管杭の特徴

長所	材料強度が高い。
	鋼管径や厚さの調整により経済設計が可能である。
	工業製品のため品質が安定している。
	排出土量が少ない。
	先端に掘削刃や翼を付けることで貫入性に優れ、小型機械での施工ができる。
短所	他工法に比べ、撤去が容易である。
	材料が他工法に比べ高額とある。
	材料強度が高く大きな支持力が得られることから、断面積が小さくなるため基礎に与える影響が大きい
	SWS試験だけでは、支持地盤の厚さを確認できない場合がある。 鋼管厚さが薄いと、地中障害物などに当たると損傷する場合がある。

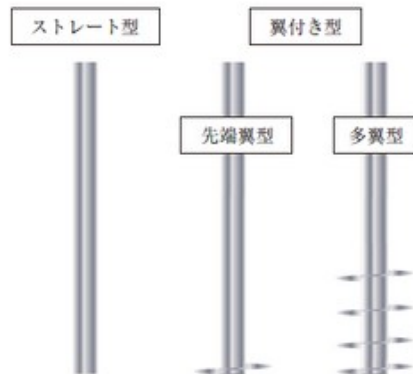


図-1 鋼管杭の構造

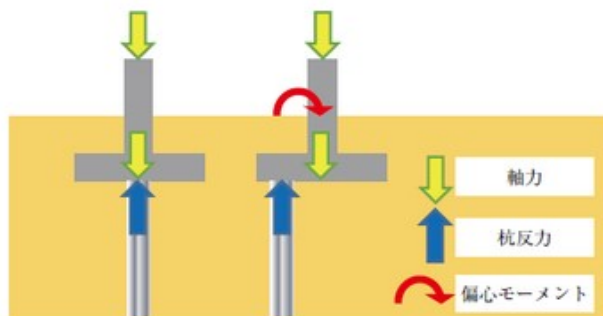


図-2 杭心ずれの影響

*NAGASAKA Mitsuyasu ㈱設計室ソイル | 東京都中央区日本橋3-3-12



写真-1 振止めの例



写真-2 回転コマの損傷



写真-3 過大なトルクによる損傷

表-2 STK400短期許容ねじり強さと施工機械最大トルク

鋼管径 (mm)	鋼管厚さ (mm)	ねじり強さ (kN・m)	施工機械名	最大トルク (kN・m)
89.1	4.2	6	GI-30	7.84
101.6	4.2	8	GI-50C-HT35	34.2
114.3	4.5	11	DHJ-06	9.2
114.3	6.0	14	D50A	6.47
139.8	4.5	17	DT-720	6.37



図-3 高止まりと低止まりの要因

料を選ぶことが可能である。ただし、施工方法が回転貫入のため余り薄い鋼管を使用するとガラや礫に当たった場合や過大なトルクにより回転コマや鋼管自体に損傷が生じる。鋼管は、径・厚さや材料強度で短期許容ねじり強さが決まり、表-2に示すねじり強さを超えると鋼管がねじ切れてしまう(写真-2, 3)。これは細径鋼管ほど値が小さくなるので、施工管理に留意しなければならない。

鋼管が損傷した場合の対処は、損傷した鋼管杭を撤去し再施工する。撤去が困難な場合は、施工が可能な位置

表-3 溶接不良の修正方法

内 容	修正方法
余盛過小	グラインダ研磨後、肉盛溶接
ビ ッ ト	グラインダ研磨後、再肉盛
アンダーカット	
割 れ	グラインダなどによる研磨
余盛過大	
アークストライク	存在してはならない

へ打設し、増打ちおよび基礎補強の検討を行う。

鋼管が損傷する要因としては、過度なトルクが地中障害物・中間硬質層や礫層の貫通時、支持地盤への貫入時に鋼管へ加わるからである。対策は、地盤データを事前に確認し、中間硬質層付近は施工速度に注意し、トルク管理を行う。また、地中障害物の場合は事前撤去が基本となる。

3.3 高止まり

図-3に示すように設計長よりも浅い位置にあるガラや薄い支持地盤で高止まった場合は、支持力不足による沈下が生じる可能性が高くなる。

鋼管が高止まりした場合の対処は移設や増打ちを行う。また、障害物の撤去を行った場合には、約30cmごとに十分転圧をしながら埋戻しを行う。

高止まりが生じる要因は、設計時の判断ミスや調査から判断できなかった地中障害物によるものと、施工機械のトルク不足があげられる。近隣データなどから高止まりが懸念される場合は、先行掘りや大型な施工機械を用いる計画とする。

3.4 低止まり

低止まりは、長さのみで管理すると生じてしまうトラブルで、支持層に到達せず軟弱地盤に定着することになり、不同沈下の要因となり得る(図-3)。

低止まりが生じた場合の対処は、所定のトルク値が確保できる長さに延長して施工することとなる。多かれ少なかれこういった現象は生じやすいと思われるので、施工時はある程度余裕をもって鋼管材を保持しておくことを推奨する。

低止まりの要因は、調査箇所数・深度不足により支持地盤の傾斜や不陸の判断を誤ることや、薄い硬質層を支持地盤と誤認することが考えられる。低止まりも高止まりと同様に、近隣データなどを有効に利用し、支持地盤の深度や層厚を確認し、相違がある場合は追加調査を検討する。

3.5 溶接不良

溶接不良は、鋼管貫入中に溶接部が破断して貫入できなくなることである。こうなると、杭としての機能が作用しなくなるので、十分注意して溶接しなければならない。

溶接不良が生じた場合の対処は、溶接不良箇所を確認して、補修や再溶接することとなる。表-3に一般的な

表-4 トラブル要因と対策・対処

杭心ずれ 要因 貫入速度 地中障害物 中間硬質層 ヒューマンエラー 近接構造物（隣家庇、擁壁、塀） 施工管理 上空障害（電線） 対策 施工管理（貫入直後、トルク値） 先行掘削 障害物撤去 振止め使用 現地踏査 対処 増打ち 移設 移設+増打ち 基礎補強 打ち直し	杭の損傷 要因 過大なトルク 地中障害物 施工管理 搬入時等で材料を傷つける 材料管理不足 施工機械の選定 振止め 対策 トルクの管理 事前撤去 鋼管径up 鋼管厚さup 搬入・施工時の養生管理 鉛直性の管理 対処 打ち直し 鋼管径up 鋼管厚さup 増打ち 移設+増打ち	高止まり 要因 地中障害物、構造物 モーターのトルク不足 地盤データとの相違 地盤調査不足 中間硬質層 資料調査不足 施工機械の選定 対策 先行掘削 施工機械の選定 既往資料の活用 現調確認マニュアルの策定 対処 支持力の確認 障害物の撤去 増打ち	低止まり 要因 支持地盤の層厚の確認不足 地盤調査の箇所数不足 地盤データの相違 地盤データとの相違 資料調査不足 対策 動的貫入試験の実施 施工機械の選定 既往資料の活用 対処 鋼管長の変更 増打ち 支持力の確認
溶接不良 要因 ルート間隔が不十分 溶接面の汚れ 溶接面の濡れ 溶接速度 職人の技量 天候 作業の省略や手抜き 対策 無溶接継手の採用 溶接作業マニュアル策定 目視確認の徹底 講習会の実施 溶接部の養生の徹底 施工要領の順守 対処 補修 再溶接 目視確認	施工機械の転倒 要因 地盤の支持力不足 軟弱地盤 養生の不備 地表面の傾斜 地表面の段差 地中障害物撤去後の転圧不足 作業の省略や手抜き 対策 表層改良 敷き鉄板養生 KY活動の実施 段差・傾斜を事前に整地 対処 表層改良 敷き鉄板養生	騒音・振動 要因 工事車両 搬入車両 施工機械 地中障害物 施工機械のエンジン音 周辺状況の確認不足 対策 低騒音型施工機械 地中障害物の事前撤去 時間厳守 防音シート等の養生 事前説明 KY活動の実施 対処 低騒音型施工機械 近隣説明 時間厳守	不同沈下 要因 地盤調査不足 支持層厚さの確認不足 造成状況の把握不足 天災 土質の確認 設計施工管理の不足 隣地の盛土 対策 貫入力の高い調査を併用 既往資料の活用 施工管理の徹底 対処 沈下修正工事

溶接不良の修正方法を示す。

溶接不良の要因は、天候、作業姿勢、溶接面の汚れや濡れ、溶接工の技量があげられる。対策は、講習により職人の技量および責任意識を高めることである。また、最近では公的機関の評価を受けた無溶接継手もあるので採用されたい。

3.6 施工機械の転倒

転倒は、周囲の構造物を破壊したり、最悪は人命にも関わる重大な災害にも繋がるので絶対に起こしてはならないトラブルである（写真-4）。

施工機械転倒への対処は、施工地盤の表層改良や敷き鉄板による養生を確実に行って所定のトラフィカビリティを確保することや、機械の運搬を含め施工手順を再確認することである。

施工機械転倒の要因は、地盤の支持力不足（写真-4）や傾斜や段差がある箇所への運搬走行などがあげられる。また、施工ミス・作業の省略や手抜き、施工機械の改造による安定度の減少が考えられる。

3.7 騒音・振動

施工現場では少なからず騒音や振動が生じる。これが大きくなってしまうと近隣住民の苦情に繋がったり、場合によっては振動で周辺構造物が沈下したり損傷を招くことがあるので、十分注意する必要がある。

騒音への対処は、余計なアクセルを吹かすことは控えることや、低騒音型の施工機械を採用する。振動への対処は、地中障害物などがある場合は撤去する。

騒音・振動となる要因は、搬出入車両や施工機械の音



写真-4 障害物撤去後の転圧不足による施工機械の転倒

と地中障害物や礫層を貫通することなどがあげられる。住宅密集地の施工は、事前に音の出る作業を行う旨の内容を近隣住民に配布して理解を促すことや、低騒音型施工機械の採用や防音シートなどの騒音対策を講ずることが、近隣トラブルの回避につながる。

以上、これらのトラブル要因と対策および対処を表-4にまとめたので参考にしてもらいたい。

4 トラブルを未然に防ぐ

小規模建築物は、資料調査とSWS試験（現地踏査含む）により地盤補強の有無を判断している。しかし、鋼

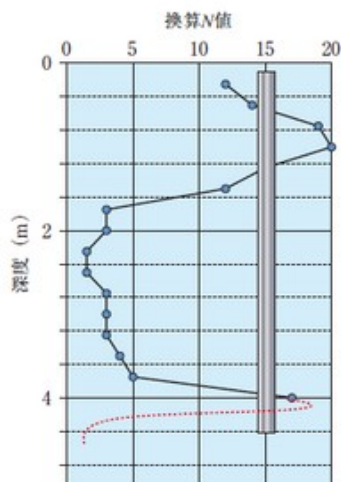


図-4 SWS試験結果

近隣データや近隣の施工実績を調べて設計長に反映させることである。最近では、無料で地盤データを閲覧できるサイトや数十年前から現在の空中写真を確認できるサイトがある。このような資料を参考に設計することで施工時のトラブルを最小限にすることができる。詳細な項目を以下に述べる。

4.1 土質と地盤支持力の評価

SWS試験は、土質試料の採取ができないため概略的な判定となる。それを理解し鋼管杭の検討を行う必要がある。調査は、計画建物位置と敷地全体の地盤状況が判断できる本数を実施し、支持地盤の傾斜の有無、地盤のバラツキ、支持地盤の層厚、地中障害物の有無を確認する。

先端翼付き型の鋼管は、施工中に周面地盤を乱すことから先端の支持力のみで設計することが多い。ただし、土質判断を誤ると換算N値が異なり、支持力に差が出るため危険側の設計になることもある。そのため、換算N値が小さくなる土質の採用は、防止対策の1つといえる。またストレート型の鋼管は、明確な支持地盤がなく主に周面摩擦に期待するため、鋼管全長および鋼管先端以深の土質が不明確だと、さらに危険側の設計となるので注意したい。

4.2 圧密沈下の評価

対象地盤の圧密度をより正確に評価するには、圧密試験の実施が必須となる。ただし、近年は公的な評価を受けた先端翼付き型の工法で支持地盤に定着させる設計が多くなっているため、建物に有害な沈下や損傷が生じるケースは減っている。しかし、注意を要する地盤はある。

- ① 新規造成地など盛土造成により地盤（軟弱な粘性土や有機質土）が圧密を起こす場合は、鋼管に負の摩擦力が生じるので盛土荷重を考慮した設計を行う。この場合は、ボーリング調査から乱さない試料を採取して圧密試験の実施が望まれる。しかし、小規模建築物では工期や予算の都合から実施されない場合が多い。そのため、先端翼をより大きな仕様に変更する、あるいはより硬質な支持地盤に貫入させるなどの防止対策があげられる。
- ② 擁壁に近接した建築は、擁壁の構造計算や地盤補強が行われているかを確認する。不適格擁壁の場合は、

管杭は他の地盤補強工法に比べ高支持力となるため、貫入力に劣るSWS試験では設計できない場合がある。よって鋼管杭を採用する場合、SWS試験と併用して必ずラムサウンディング試験などを実施して支持地盤の層厚を確認することも有効である。

設計で留意することは、SWS試験結果を鵜呑みにせず、

擁壁に建物荷重の影響を与えない設計とする。また、擁壁底盤に建物基礎がラップする場合は、基礎補強の検討や本数を増やして対策を行う。

- ③ 貫入不能で終了した調査は、調査以深に支持地盤が続くかを確認する。SWS試験は貫入力に劣る調査なので、図-4に示すように打撃などにより以深を確認していない調査だと支持地盤と誤認する可能性がある。赤線のように支持地盤が薄いと支持力不足による有害な沈下が生じる。これを回避するには前述したような貫入力に優れた動的貫入試験を提案するのが望ましいが、近隣データや近隣実績からも判断が可能な場合もあるので有効利用したい。

4.3 敷地・周辺条件

小規模建築物は、造成地（特に盛土）、擁壁、隣家庇、電線、搬入計画、植栽、作業時間、騒音、トラフィカビリティ不足、地中障害物、敷地高低差、井戸跡など多種にわたり施工を困難にする条件が存在する。現地調査を効率的に行えるようにするため、チェック式の確認マニュアルを作成すると施工計画に反映しやすい。見落としやすい項目は、上空障害物の電線や隣家庇・出窓、搬入経路の道路幅員や交通規制、伐根・井戸跡や既存杭・地中構造物撤去後の埋戻しの状態などがあげられるので留意したい。

4.4 施工機械の選定

施工機械の選定を間違えると設計変更になる恐れもあるので十分注意する。大型施工機械を選定した場合、前述したような鋼管の損傷が危惧される。特に、中間硬質層を貫通する目的や交通規制など時間制限から施工効率を上げるために採用された場合にトラブルとなりやすい。

小型施工機械を選定した場合、能力不足による高止まりのリスクが高くなる。しかし、狭小地や傾斜地、ラフタークレーンによる施工機械の吊上げを必要とする場合に採用されることが多く、やむを得ない部分もある。ただし、設計者はリスクを理解したうえで、鋼管杭の本数を増やすなど設計に反映させる、あるいは、高止まり時の対処を事前に検討しておくことが肝要である。

5 おわりに

本稿では、鋼管杭工事で起き得るトラブルをあげ、要因および防止対策を述べた。現場は、1つとして同じ条件下で施工を行えることはない。設計もトラブル防止のための要素とはなるが、一番重要なのは施工時に起きたトラブルに対応できる知識と経験である。最近では、熟練したボーリングオペレータの不足が問題となりつつあるが、そのためにもベテランから若手への技術の継承が望まれる。本稿が、トラブル防止対策の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 日本建築学会編：小規模建築物基礎設計指針（第1版第6刷）、2013。
- 2) 住宅地盤品質協会編：住宅地盤の調査・施工に関わる技術基準書（第2版）、2011。