

## 総説 小規模建築物基礎・地盤の動向と今後の課題

若命 善雄\*

### 1. はじめに

筆者が建設業界に足を踏入れた1963年は、翌年に開かれる東京オリンピックに向けた建設ラッシュの真っ只中であつた。しかし、この翌年6月に新潟地震があり、砂地盤の液状化現象による建物の被害がクローズアップされた。振返れば約半世紀、新潟地震の後、十勝沖地震から兵庫県南部地震まで10件ほどの大きな地震を経験し、1950年に建築基準法が制定されてから二度の改正がなされ、現在に至っている。

また、1952年に建築基礎構造設計基準（案）が出されてから二度の改定を経て、建築基礎構造設計基準・同解説が建築基礎構造設計指針と小規模建築物基礎設計の手引きに分けられた。後者が本年2月に小規模建築物基礎設計指針（小規模指針と呼ぶ）として生まれ変わった次第である。

地震が起り、新しいタイプの被害が生じるたびに基準や指針は改定されて、その影響は戸建て住宅の分野にも及んでいる。当初は良好な地盤に建設されていたが、用地不足に伴い以前は敬遠されていた軟弱地盤の利用を余儀なくされ、建設後に不同沈下が生じる事態も多発するようになると、行政上も無視できない状況が生じ、住宅の品質確保の促進等に関する法律（以下、品確法）の創設もあって、基準の改正や新設がなされてきた。住宅業界では、木造、鉄骨造、コンクリート造のプレハブ化が盛んとなり、大規模な宅地開発も進められようになったが、造成工事や設計・施工のミスで住宅の不同沈下による被害例等もその割合が増えて、訴訟問題に至ってしまうことも多い。今までよかったのに将来どうなるかは、社会状況や法律の変化に合わせて変わっていくものである。

本書では、小規模建物の地盤・基礎に関わる過去を振り返るとともに、現状の問題点を抽出し、基準法施工令第38条（基礎の構造方法）への適合性審査の項目について明らかにしたい。

### 2. 基礎と地盤に関する動向

基礎と地盤に関する動向を年代別に、告示・基準・手引きに関連して出版された雑誌の特集や専門書・資料、地盤調査関係資料、地盤の補強方法などに区分けして整

理し表-1に示した。

基礎に関しては、1950年代に建築基準法（以下、基準法と呼ぶ）が制定されたが、基礎形状や配筋などが明記されていないので無筋状態で施工されることも多かった。その後、住宅金融公庫の創立に伴い基礎形状や配筋が決まり、いわゆる公庫基準が採用された。1980年代に性能保証登録機構の発足や基準法の改正があり、小規模建物の基礎構造に関しても立上がり高さや根入れ深さが定められ、構造性能が向上した。中でも、2000年代には住宅品質確保促進法の制定により住宅性能表示制度が施行され、主要構造の安定に関する評価方法基準（1～3ランク）が定められ、それに基づいて基礎の設計を行なう方向へ進むことになった。特に、今回発行の小規模指針では建物の鉛直と水平荷重を考慮した設計を行ない、内容も充実した。

擁壁に関しては、1961年に宅地造成等規制法が制定されたが、高さ2m以下が多いので構造面より機能・景観的側面からの計画が主であった。しかし、度重なる地震で擁壁の被害例が報告され、2006年の改正により構造面のチェックが厳しくなった。

地盤調査関係では、1950年代に標準貫入試験が日本に導入され、1960年代にJIS A 1219ができ、土質調査法、土質試験法が地盤工学会より発刊された。1970年代にJIS A 1221でスウェーデン式サウンディング試験（SWS）方法が決められ、1985年に建築学会から建築基礎設計のための地盤調査計画指針が発表され、1995年に改定が行なわれた。さらに、2001年には基準法施行令第93条の規定に基づき告示第1113号の施行され、SWSの結果より地盤の支持力の算定式が記載された。

地盤補強関連では、1960年代の後半に日本建築センター基礎評定委員会が発足して杭を含む補強工法が生まれ、その工法に基準法38条認定のお墨付きを与える先駆けとなった。特に、2001年基準法の改定により38条認定が廃止されたことにより、鋼管杭の先端に翼などを設けた小口径鋼管杭工法が次々と開発され、告示第1113号【6項】に基づく杭の支持力算定式（ $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ）を求めるとともに、その数は20種類を超えている。また、法律の改定に併せて、専門誌で数多くの特集が生まれ、技術の向上に貢献してきた。

\* WAKAME Yoshio ㈱設計室ソイル 代表取締役会長、工博 | 東京都中央区日本橋3-9-12 第六中央ビル7F

表-1 建築分野における地盤・基礎の動向

西暦	地震記録	法律, 告示, 基準, 手引き	関連雑誌等の資料	地盤調査関係 地盤改良・地盤補強工法
1950	十勝沖	建築基準法の制定 住宅金融公庫創立 建築基礎構造設計基準(案) 地盤工学会の設立		標準貫入試験が日本に導入
1960		建築基礎構造設計基準の大改定 A, B, C区分 宅地造成等規制法の制定 宅地造成等規制法施行令第16号 建築鋼くい基礎設計施工基準		JIS A 1219「土の標準貫入試験方法」 全国地質調査業協会連合会の設立 土質調査法, 土質試験法の発刊
1964 1968	新潟 十勝沖	騒音規制法の制定 勸日本建築センター基礎評定委員会の発足 急傾斜地の崩壊による災害防止に関する法律の制定		
1970 1974	伊豆半島沖	建築基礎構造設計基準・同解説 Aに統一 山止め設計施工指針 振動規制法の制定		JIS A 1221「SWS試験方法」
1977	伊豆大島近海 宮城県沖			地盤改良が住宅にも採用され始めた頃
1980		性能保証住宅登録機構の発足		
1983 1987	日本海中部	「耐性能保証住宅登録機構」 建築基準法の改正 建築基礎構造設計指針の改定 小規模建築物基礎設計の手引き 山留め設計施工指針の1次改定	基礎工7月号 低層戸建住宅の基礎	JSF T25-81「地盤の平板荷重試験方法」 建築基礎設計のための地盤調査計画指針 プレハブ住宅メーカーを中心に「SWS」 が積極的に利用されるようになった 38条認定EAZTパイル 38条認定RES工法
1990	釧路沖 北海道南西沖 北海道東方沖 三陸はるか沖 兵庫県南部	建築物の耐震改修の促進に関する法律の制定 住宅金融公庫の「基準金利適用住宅」 「公庫基礎規準」と「義務規準」 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針	基礎工12月号 特集 住宅の基礎 住宅基礎の現状と課題 知らないや損をする住宅地盤(ジオテック12月)	建築基礎設計のための地盤調査計画指針の改定 マイコマ工法
1995 1996 1998 1999		建築基準法の改正 「財団法人住宅保証機構」に改称	基礎工11月号 特集 戸建住宅の基礎 戸建住宅基礎工法の選定 ロケーション手帳(基礎編)(地盤情報センター) 建築技術2月号 特集 建築と地盤改良 ロケーション手帳(応用編)(地盤情報センター) 建築技術2月号 特集 住宅基礎の設計ガイドブック	アイ・マーク工法, EAZET-II T-Wingパイル
2000		建造令第1347号 第1の構造方法 建造令第1449号 住宅金融公庫「高耐久性木造住宅」 住宅品質確保促進法の制定 住宅性能表示制度	ザ・ソイル(建築技術4月) 建築技術7月号 最適な住宅の基礎地盤	ブロップ工法(TYPE I, II) NSエコパイル, プレートパイル ジオグリマトレス工法
2001		建築基礎構造設計指針の改定 告示第1113号 住宅金融公庫「高規格住宅」	住宅の地盤のことがわかる本(住宅新報社1月) 盛土に関する沈下事故例に学ぶ(住宅地盤品質協会) 基礎工8月号 基礎構造の性能設計	トップベース工法
2002		建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針の改定版 山留め設計施工指針改定の2次改定	建築技術1月号 住宅をつくるための「住宅基礎の地盤」がわかる本 基礎工2月号 建築基礎構造設計指針改定のポイントー 建築技術3月号 新基準法に基づく基礎設計の検討例 建築技術7月号 住宅の地盤のことがわかる本 ザ・ソイルII(建築技術9月)	JIS A 1221「SWS試験方法」の改正 アスコラム工法, SMD杭 コロンブス工法
2003			建築技術3月号 戸建住宅の基礎設計における現状と問題点 小規模建築物を対象とした地盤・基礎(日本建築学会6月) 誰も教えてくれなかつた宅地・地盤の話(ザメディアアンジョン8月) 基礎工11月号 新築住宅性能表示と戸建住宅の基礎	USP工法II, スーパーガチラ STコラム工法, ダクパイル ウイドミル工法, ジャスビー D-TEC PILE Xパイル ISGパイル
2004	新潟県中越	耐住宅保証機構が設計施工基準の大幅な見直し	建築技術2月号 不具合を未然に防ぐ住宅基礎地盤対策 戸建住宅のための基礎の設計及び品質管理 (その1)~(その4)(住宅保証日より8, 9, 10, 12月号)	スクリューパイルEAZET エコロックパイル, ファインパイル工法 G-ECSパイル, RES-PI工法 積水ハウス式鋼くい アルクウィングパイル スーパーNP-PAC
2005	福岡県西方沖		建築技術4月号 住宅の地盤調査・評価・補強方法を知る 日本住宅性能表示基準・評価方法基準技術解説(工学図書)	PPG工法
2006		宅地造成等規制法一部改正 「耐住宅保証機構」が住宅性能保証制度と連携した「地盤保証制度」を創設	ザ・ソイルIII(建築技術3月) 建築技術7月号 最適な住宅の基礎地盤 日経ホームビルダー9月号 診断のコツと補強方法 基礎工10月号 戸建て住宅と宅地防災 小規模建築物基礎設計指針の刊行に向けて(日本建築学会)	
2007	新潟県中越沖		建築技術4月号 住宅の地盤と基礎の診断と補強・補修 住宅地盤の調査, 施工に関わる技術基準書(住宅地盤品質協会) 造成宅地の耐震調査・検討・対策の手引き(地盤工学会)	タイガーパイル
2008		小規模建築物基礎設計指針	建築技術4月号 わかりやすい「小規模建築物基礎設計指針」 の手引き書	

注) 筆者の調査不足で記載漏れの工法もある。

### 3. 今後の課題と解決策

建築基準法の改正以降、令第38条(基礎の構造方法)への適合性審査のため確認申請などの実務に当って、表-2に示す項目【1~13】の説明書が必要となってきた。これらの項目を説明するには、各々の基準、告示や施行令などの制約はあるが、具体的に説明をしようとすると、設計者の判断に委ねることが多い。例えば、宅地地盤の調査は主にSWS試験が行なわれ、その結果より地盤に係わる1, 9, 10, 12, 13の項目を記載することになる。そのうち13の地盤の許容応力度以外は設計者の判断に委ねられることになる。判断が難しい場合は標準貫入試験

(以下SPT)を行なって判断している。しかし、荷重の小さい住宅ではSPTのN値が0~2程度の軟弱地盤では沈下の評価ができないことや、1mごとの点で検討するため表層部(0~3m)での地層の判断に問題が残る。項目13には提示されていないが、告示第1113号二項で地盤の許容応力度を求めるほかに、軟弱地盤では常時荷重や地震時の液化化による沈下について検討をすることになっている。現状ではこれらを求めるにはSPTと室内の土質試験を行ない、その結果に基づいて検討することになるが、コストや時間的な面で行なわれていないのが現状である。

小規模建築物いう特殊性を考えるとやむを得ない点も

表-2 建築基準法令38号関連の審査

建築基準法	審査事項
令38条第2項	1 支持地盤の種類および位置
	2 基礎の種類
	3 基礎の低部または基礎杭の先端位置
令38条第3項	4 基礎の低部に生じる荷重の数値およびその算出方法
	5 令38条第3項の構造方法への適合性審査に必要な事項
令38条第4項	6 令38条第4項の構造計算の結果およびその算出方法
令38条第6項	7 木杭および常水位面の位置
令38条各号係	8 地盤調査方法およびその結果
	9 地層構成、支持地盤および建築物（地下部分含む）の位置
	10 地下水位
	11 基礎の工法（地盤改良含む）の種類・位置・形状・寸法および材料の種類
	12 構造計算において用いた支持層の位置、層の構成および地盤調査の結果により設定した地盤の特性値
	13 地盤の許容応力度および基礎および基礎杭の支持力の数値並びにそれらの算出方法

あるが、一般建築物を対象とした建築基礎構造設計指針に比べると、やや手薄な部分もある。小規模指針や2007年版建築物の構造関係技術基準解説書を踏まえて、そのいくつかを指摘し今後の方向を示したい。

### 3.1 地盤および基礎の沈下量の評価

旧手引きでは具体的な沈下計算方法や許容沈下量の目安が示されていないが、小規模指針ではそれらが示され、設計者にとっては大いに参考になる。しかし、指針でも指摘しているように、小規模建築物では、平均荷重密度が10~30kN/m<sup>2</sup>あり、また地表面付近は不均質な盛土材であったり、車両などによって踏固められており、地盤の支持力よりむしろその下部に存在する軟質層で生じる（不同）沈下量が問題となることが多い。盛土と地山に跨ぐ敷地では、地山が良好であっても盛土材の転圧不良に伴う圧縮沈下によって建物に不同沈下を生じることもあるが、多くは軟弱な粘性土や腐植土の圧密沈下によって障害を起こす。

指針には、長方形分割法による地中応力の計算法、および圧密試験結果に基づく圧密状態の判定法と圧密沈下量の計算方法が示されている。しかし、小規模建物では肝心の圧密試験を実施することがきわめて少なく、実務上は、①SWS試験から一軸圧縮強さ $q_u$ を推定し、さらにその1/2の粘着力 $c$ から体積圧縮係数 $m_v$ を求める、②ハンドオーガーにより試料土を採取して自然含水比 $\omega_n$ を求め、この値から圧縮指数 $C_c$ や $m_v$ 、間隙比 $e_0$ を推定して圧密沈下量を計算することになる。沈下量の計算に必要となるこれらの土質定数は、直接求めた値より当然誤差は大きくなる。また既に述べたように、建物が軽量であることから圧密試験を実施したとしても、沈下量を正確に予測することは難しい。したがって、圧密沈下が生じることを前提とした基礎の設計には大きなリスクを伴う。

このような点を考慮すると、いたずらに圧密沈下量を計算するよりは、圧密沈下を生じる可能性があるか否かを見極め、圧密沈下が懸念される場合には地盤補強の採

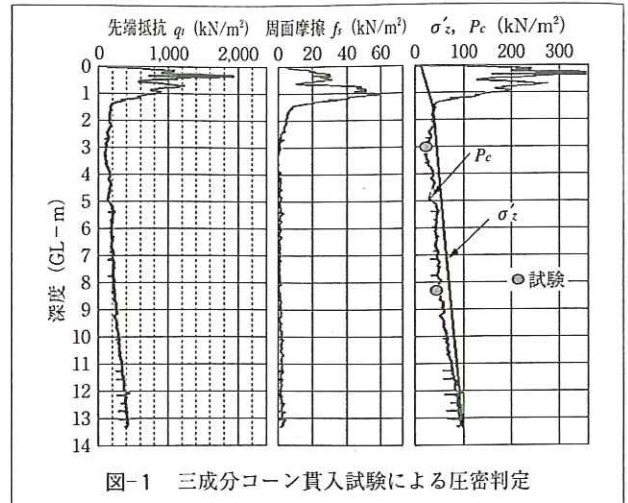


図-1 三成分コーン貫入試験による圧密判定

用を推奨する。圧密沈下の可能性を見極めるには、圧密試験が最も信頼性は高いが、図-1に示すように三成分コーン貫入試験の結果も利用できる。

### 3.2 液状化

一般の建築物では、基礎構造指針の方法に従ってほぼ100%の物件で液状化判定を行ない、液状化の可能性大と判定された場合には、杭の増強や地盤改良などの対策が実施され、被害は徐々に減少しつつある。これに対して、小規模建物では液状化に対する検討はほとんど実施されず、新潟県中越地震や中越沖地震など大地震が起こるたびに大きな被害を受けてきた。戸建て住宅の業界には「液状化については免責」という風潮もあるが、告示1113号第二項には、液状化のおそれのある地盤では有害な沈下が生じないことを確かめなければならないことが記載されており、決して免責とはならないのである。

これらの点を踏まえて、小規模指針ではじめて液状化の判定と対策について言及されたことは大きな進歩といえる。ただし、必ずしも十分に記述されているとはいえず、液状化の判定についてはむしろ安易に利用される可能性もある。

まず、液状化の判定については、①微地形などからの概略判定と、②簡易判定法が示されている。後者は液状化の影響が地表面に及ぶか否かの判定法であり、過去の地震被害に基づくものである。きわめて便利な方法であるが、この方法のみでは地表面に非液状化層が2m以上存在すれば、地表面最大加速度200cm/s<sup>2</sup>程度の地震では地表面への影響が小さいと判定され、この条件さえ満たせば詳細な液状化検討や対策は必要としないことになる。ところが、この方法では、非液状化層の下部地盤が液状化の可能性はあるか否か、あるいはどの程度の加速度で液状化し、その層厚がどの程度かを評価することは難しい。これらが評価できなければ、その後に記述されている液状化対策の選定や計画も意味をなさない。

少なくとも、敷地が地方公共団体から発行されている液状化マップや液状化履歴図から液状化の可能性が予想される地域に含まれる場合、あるいは地下水位が高くSWS試験で砂質土と判定された場合には、土質判別の

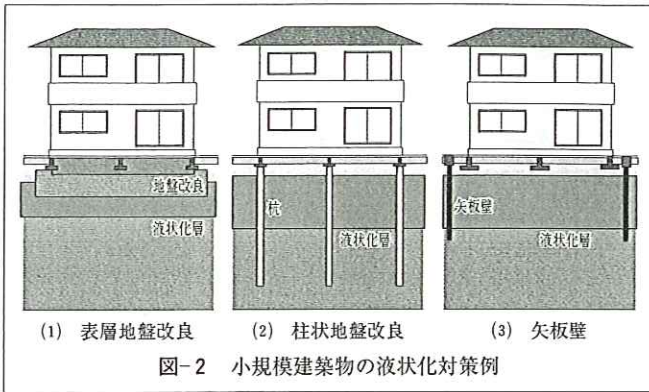


図-2 小規模建築物の液状化対策例

ためのサンプリングと粒度試験を義務づけ、換算 $N$ 値と $F_c$ を用いた液状化判定、あるいはSPTが難しいようであれば、三成分コーン貫入試験による液状化判定を実施し、液状化の可能性や液状化層厚を確認しておく必要があると考えられる。

また、液状化対策に関しては、例としてべた基礎、浅層混合処理、杭状地盤補強、矢板壁が示されているが、①べた基礎や浅層混合処理では液状化しても有害な沈下量を生じないことを確認する、②深層混合処理工法や小口径鋼管杭工法などの杭状地盤補強では、杭先端部を非液状化層に貫入するのはもちろん、液状化層の摩擦抵抗を無視しても鉛直支持力を確保できる、などを考慮しておくべきと考えられる。肝心な点は、表層に2m以上の非液状化層が存在したら、詳細な液状化検討を省略するのではなく、液状化の危険性があるか否か、あるいは対策の必要性があるか否かを居住者（客先）に真摯に伝え、ビルダーと居住者の話し合いによって対策の採否や方法を決定することである。これがビルダーの責任でもある。

### 3.3 施工・品質管理

旧手引き書では施工・品質管理に関する記述はなかったが、小規模指針では設計時に想定した性能を確保するための地業、基礎スラブ（鉄筋コンクリート）、小口径杭、地盤改良など、各工事に対する施工・品質管理がかなり詳しく記述された。

#### 3.3.1 深層混合処理工法

一般の建築物に適用する場合、日本建築学会の地盤改良指針では、改良体の連続性や圧縮強度を確認できる品質検査の実施を義務づけている。具体的な方法としては、コアボーリング、インテグリティ試験、電気比抵抗試験、頭部コアや深部コアによる一軸圧縮試験である。

一方、小規模指針では、施工数量、工期、コスト上の制約などに配慮して、一般建築物に対する指針ほど品質検査は厳しく定められていない。実情はモールドコアや頭部コアによる強度確認を実施する程度である。また、SWS試験のみに基づいて地盤改良の設計を行なうことが多く、設計対象層の土質判別が難しく、事前の配合試験の実施も難しい。

そのため、固化材の注入量を管理したとしても、改良体が未固結あるいは目標強度に達しない危険性を常にはらんでいる。特に、腐植物を混入した粘性土層ではトラブルを生じやすい。施工後のトラブルを防止するために

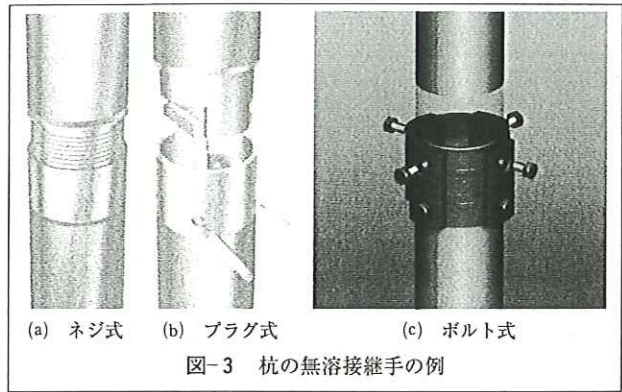


図-3 杭の無溶接継手の例

も、サンプリングによる土質判別と配合試験の徹底、インテグリティ試験や電気比抵抗試験による連続性の確認を義務づける必要があると考えられる。

#### 3.3.2 小口径鋼管工法

建築基準法上、杭と認定されない厚さ6mm未満の小口径鋼管に杭と同様の鉛直支持能力を期待する基礎工法を杭状地盤補強工法と称している。既製の杭材を使用するため、深層混合処理工法ほど厳しい施工管理は必要としない。ただし、この工法は深層混合処理工法では適用が難しい長さ7m以上の補強に使用することが多い。このような場合には、複数本の杭材を現場溶接により繋いで使用するのが一般的である。しかし、現場溶接は気温や降雨のどの天候に作用されるほか、作業者の技量に性能が大きく左右される。特に、この種の薄肉鋼管の溶接は慎重に作業しないと欠陥を生じやすい。

ところが、指針に示された品質管理方法は写真や目視確認のみで、物理的数値による確認の術がない。杭状地盤補強工法は鉛直荷重を主に支持するので、施工時に支障なく貫入できれば、継手部の性能に問題はないとの意見もあるが、溶接部に欠陥があれば腐食によって杭材の鉛直支持能力が長期的に低下することが考えられる。溶接の品質を確実に確認できる検査法の導入は小規模建築物では将来的にも難しいので、その対応策として図-3に示すような無溶接継手の採用が推奨される。

## 4. おわりに

基礎や地盤補強の設計に当り、法令や設計図書、評定工法の充実を図っても、沈下のトラブルは減少していないのが現状である。最も大切なことは、施工する技術者のレベルを向上させることで、それが最優先である。

### 参考文献

- 1) 横谷栄次：戸建住宅基礎の工法と設計，建築基礎の設計施工に関する研究資料9，日本建築学会構造委員会，2003. 2.
- 2) 田村昌仁：住宅基礎と建築基準法，建築基礎の設計施工に関する研究資料9，日本建築学会構造委員会，2003. 2.
- 3) 齋藤博昭：公庫融資住宅の基礎について，基礎工，1997. 11.
- 4) 田村昌仁他：住宅基礎分野における新技術，基礎工，1997. 11.
- 5) 2007年版建築物の構造関係技術基準解説書：全国官報販売共同組合，2007. 8.
- 6) 藤井衛他：海外の地盤調査方法と基礎工法の事例紹介，建築技術，2005. 11.