

I.

住宅地盤調査の信頼性と 最適な基礎設計

若命善雄 ● 地盤設計ソフィア

はじめに

建築基準法は、建物の安全を確保するため社会の発展とともに現況に即した法律として改正・運用されてきた。特に、平成7年の阪神・淡路大震災を契機に各規定の見直しが進み、大幅な建築基準法の改正が行われた。また、2000年には『住宅の品質確保の促進等に関する法律（以下、品確法という）』が施行され、法70条に基づく技術的基準の国土交通省告示や住宅性能表示制度、さらには指定住宅紛争処理機関の設置など、新築戸建住宅を取り巻く技術的基準が著しく変わり、「性能評価」という言葉も定着しつつある。さらには昨年の「耐震強度偽造問題」によって、信頼性の高い住宅設計が求められる時代へ突入したともいえる。

一方、住宅の「礎」となる地盤・基礎に目を向けると、「性能評価」という言葉はあまり使われることがない。これはまだ基礎の性能に地盤を取り入れた基準や規定ができないからである。本来、基礎そのものが瑕疵となる

事例は比較的少ないものの、地盤と基礎に起因する不具合は多発している。そのうえ、補修にかかる費用が他の不具合に比べて格段に高く、決して軽視すべきではない。

ここでは、地盤に起因する不具合をできるだけ少なくするため、住宅地盤調査のあり方と最適な基礎設計の考え方について提案する。

信頼性の高い地盤調査法

品確法では、地盤は瑕疵担保責任の基本構造部分に含まれていない。しかし、地盤状況を考慮しないで基礎の設計・施工を行ったために障害が生じた場合は、基礎の瑕疵として品確法の適用対象となり、地盤は免責の対象にならない。地盤については必要な地耐力を求めるに留まっており、調査法、設計法などは規定されていない。一方、建築基準法施行令第93条の規定に基づく告示第1113号では、地盤調査方法やその結果に基づく地盤や基礎ぐいの許容応力度を定める方法などについて規定している。両者の規定に若干の違いは見られるが、安全な基

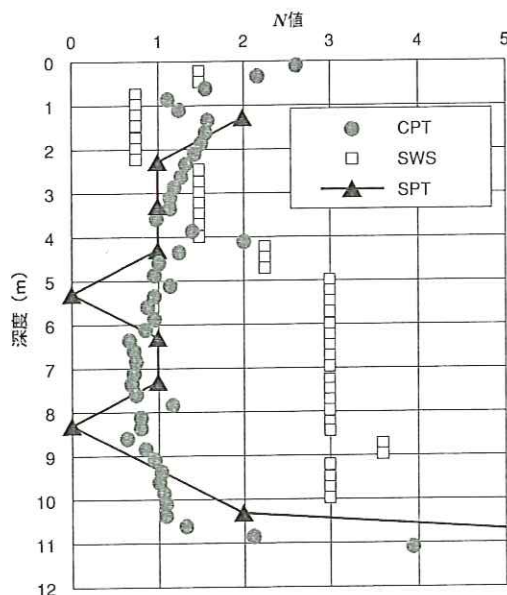
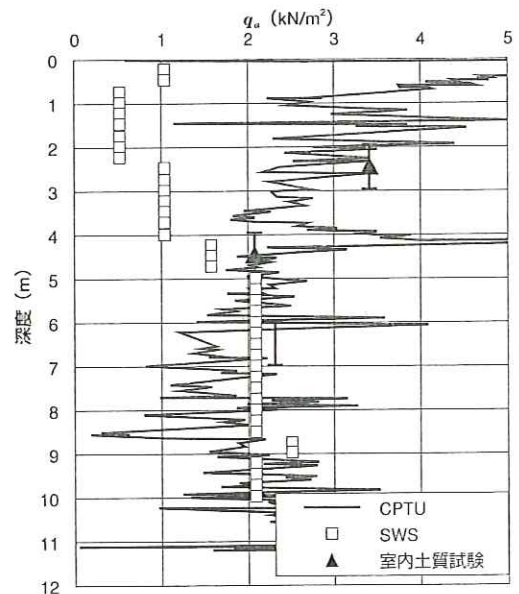


図1 軟弱層を計測したデータの比較 (SWS, CPT, SPT)



礎地盤を構築することは共通であり、信頼のおける技術者によって正確な地盤調査と基礎設計を行うことが求められている。

地盤調査技術者の養成

NPO（特定非営利活動法人）住宅地盤品質協会（正会員全国200社）では、「住宅の地盤調査に関する十分な知識を有する技術者」を育成する一環として、技術者認定試験を実施している。この制度は、住宅の地盤調査に携わる技術者の資格を認定して技術の向上を図るとともに、住宅の地盤調査に対する信頼性を高めることを主たる目的に定めたものである。この試験による認定資格の称号は、「住宅地盤調査主任技士（主技）」、「住宅地盤調査技士（技士）」、「住宅地盤調査実務者（実務）」の3種類である。

「主技」は住宅の地盤調査の技術的業務を実施・監督する能力のある技術者、「技士」は住宅の地盤調査・評価および指導などを実施する能力のある技術者、「実務」は現場で調査を実施する技能を有する技術者とされ、平成17年までに「主技」：369名、「技士」：829名、「実務」：463名が取得している。この資格は業務遂行上の最低限の要件として位置付けられ、調査会社の技術力を測る一つの要素ともなりつつある。資格者に頼めば厳しい要求品質に的確に応えらえるという環境が整備され、資格者が所属する調査会社の信頼性の確保や他社との差別化にも寄与すると期待されている。現在、このような資格が一協会で認知されるのではなく、公の機関による積極的な取り組みが待望される。

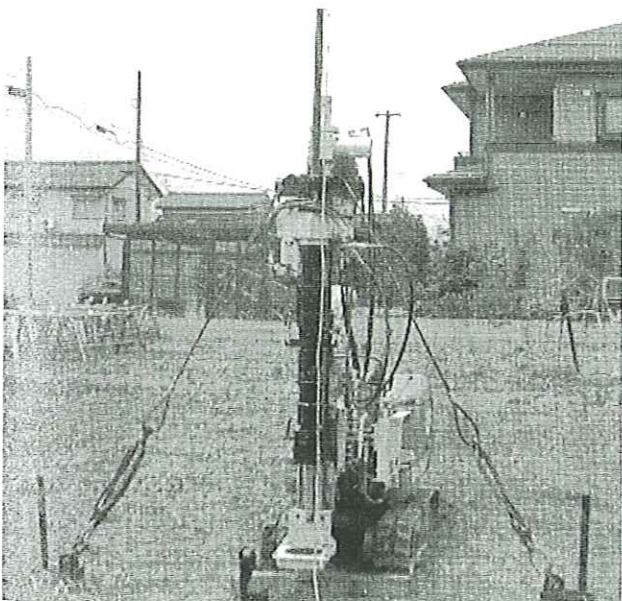
信頼性の高い地盤調査の実施

一般の集合住宅（いわゆるマンション）では、標準貫入試験（以下、SPTという）が実施される。SPTはわが

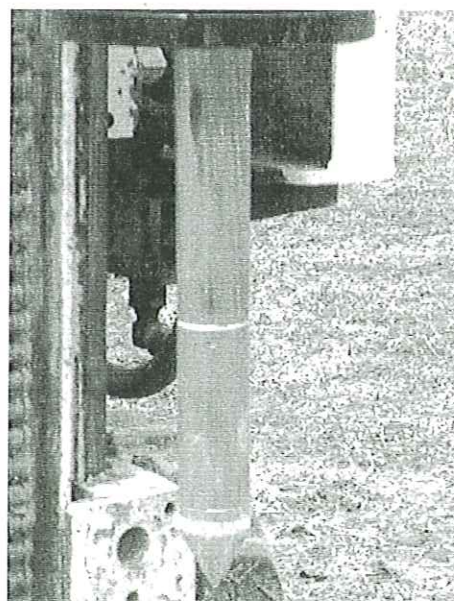
国で行われている地盤調査の中で最も普及した調査法で、各機関が定める基礎や地盤改良の設計指針・基準にも積極的に採用されている。この調査は建物を支持する地層を見極めるには有利であるが、軟弱な土の「強さ・軟らかさ」を定量的に評価するには不向きであり、軟質土の評価は土質試料を採取し、室内土質試験との併用が必要となる。

一方、戸建住宅や低層の集合住宅では、コストの都合上、スウェーデン式サウンディング試験（以下、SWSという）のみ実施されることが多い。SWSは、簡便かつ低コストで地盤支持力の評価が可能なことから、戸建住宅の地盤調査の主流となっており、今後も需要は大きいものと考えられている。ただし、この調査は砂質土や粘性土といった土質の判断が不明瞭なため、問題となる地層が圧密沈下を生じるのか、液状化が生じるのかを正確に判断できないことがある。圧密沈下や液状化が懸念される地盤では、SPTや室内土質試験（物理、一軸、圧密試験）と併用することが望まれるがコスト高となり、戸建住宅の地盤調査では敬遠されがちである。

上記問題点を解決する調査法として、世界でSPTよりも広く使用されている「三成分コーン貫入試験（以下、CPTという）」に注目している。CPTは、先端抵抗、周面摩擦、間隙水圧の三つを電氣的に測定可能なコーンを静的に挿入することで、地盤の支持力評価だけでなく、地質の判別や液状化や圧密度の評価と、他の地盤調査法に比べて多様な情報を連続的に得ることができ、軟弱地盤に有利な調査法である。軟弱地盤をSWSで調査すると、 W_{sw} ：0~1,000Nを250Nごとの自沈層として、また、SPTではN値：0~3程度を1刻みの数値として計測される。そのため、強度や変形係数などの評価がかなり粗くなる。



①三成分コーンと貫入機全景



②三成分コーン先端部

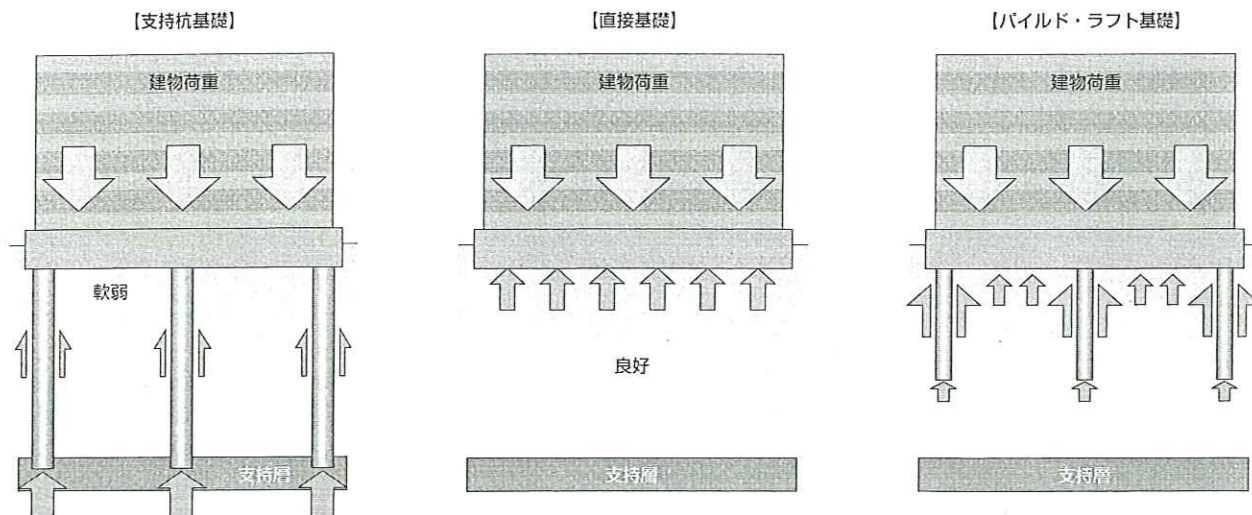


図2 基礎形式の例

これに対して、CPTでは各抵抗値を他の調査より10倍程度細かく計測されるので、土の力学特性の評価をほぼ連続的に行うことができる。わが国では、地盤の堆積環境から静的貫入に対しては大きな貫入力が必要となり、CPTよりもボーリングを併用するSPTが主流となっている。しかしながら、10m程度（杭基礎を除く）を主体とする戸建住宅の地盤調査であれば貫入力が少なく済み、機械的に解決しやすい。また現在CPTは、小型で貫入能力を高めた調査機械の開発も取り組まれており、戸建住宅用の信頼性の高い地盤調査法の主流となる可能性もあると期待している（写①）。

最適な基礎設計

建物基礎の設計は、地盤の強さに依存した「支持力重視」が主流をなしてきた。そのため、一般の建物では堅固な地層の支持力に期待した杭基礎、戸建住宅や低層建物では表層地盤の強さに期待した直接基礎が主体であり、沈下を考慮した基礎設計は軽視されてきた。これは、建築基準法で杭や地盤の支持力は規定されているものの、沈下量に関する具体的な記述がなく、沈下量を予測するには、詳細な地盤調査とかなり高度な沈下予測技術を必要としていたことが大きな理由と考えられる。しかし、基礎に起因した建物障害の多くは、「沈下障害」というかたちで顕在化することは過去の多くの事例で明らかであり、その本質は支持力を重視するあまり、沈下に目を向けなかったことが一因とも考えられる。一方では、堅固な地層に執着して不経済な基礎設計を行って来たケースも多い。また、戸建住宅の基礎の場合、直接基礎の形状を用いて鋼管杭や柱状改良を設置しているため、基礎梁の剛性が小さく、設計された本数より多く配置され不経済であったり、杭頭部の接合状況が明確でないため、

地震時の基礎損傷があると予想される。

ここでは、最適な基礎設計の一つであるパイルド・ラフト基礎について紹介したい。この基礎工法は直接基礎（ラフト）と杭（パイル）の併用基礎で、両者の特性を有効利用した設計により成り立っている。つまり、ラフト下部地盤の支持力とパイルの摩擦抵抗によって基礎を支持し、パイルには主に沈下抑止杭としての効果を期待している。これにより支持層が深くなる場合に杭基礎に比して対費用効果が高くなる。また、パイルド・ラフト基礎は、一般の建物では、沈下抑止杭として既製コンクリート杭や鋼杭を使用することが多かったが、戸建住宅や中低層の建物では、細径のパイプや柱状改良体を使用する工法も実用化されており、より最適化を求めた設計・開発がなされつつある（図2）。

いずれにせよ、このような最適基礎を採用する場合には、詳細な地盤調査、高い精度の解析技術、および沈下実測データによる技術の検証が必要であるほか、建築確認申請時には技術的資料の提出や、時として指定審査機関の評定を得る必要があり、一般の建築事務所では敬遠されがちなのが現状である。しかし、建築基準法の改正に伴い性能設計、つまり性能が確保できれば種々な基礎工法が採用できるわけであり、戸建住宅についても併用基礎を採用できる技術力の向上と環境づくりが必要と考えている。

以上、住宅基礎設計の現状と展望について述べてきた。地盤が正確な調査に基づき評価され、それに耐え得る基礎設計がなされるという極めて基本事項ではあるが、再度この基本を認識したい。

（わかめ よしお）