

# 地震対策における地盤の重要性

エコジオ工法協会 会長 尾鍋 哲也 (株式会社 尾鍋組 代表取締役)  
技術顧問 神村 真 (合同会社for 役員)



## 1.はじめに

建築物の地震対策は建物自体のことが語られることが多いようですが、地震時の建築物被害は地盤の変形やそれに伴う擁壁の転倒等が影響していることが多く、建築物の地震対策を考える時は、地盤についても十分に検討することが大切です。例えば、2024年1月に発生した能登半島地震では、液状化や造成盛土の滑動によって建築物に甚大な被害が発生しています。これらの被害の中には、被害が発生した地域の地盤が地震によって大きく変形したために発生したものが含まれています。1995年兵庫県南部地震を契機に法律が整備され、被害が発生する前に

危険箇所を抽出し対策することを後押しする制度(宅地耐震化推進事業)が創設されましたが、残念ながら同事業の多くは被災地の復興のために活用されているのが現状です。

地震に強い建築物を造るためには、まずは地盤の耐震性を高めなければならない場合があります。ここでは、主に住宅市場を想定しながら建築物のための地震対策の種類と課題を示します。そして、その課題の多くが設計段階で地盤を適切に評価できていないことから生まれていることと建築物の地震対策における地盤の重要性を示したいと思います。



## 2.住宅分野での地震対策と課題

地震によって建築物が揺さぶられると基礎底面の接地圧が増加します。このため、地震時には、それ以外の時よりも大きな地耐力が必要になります。また、地盤も地震によって大きく変形する場合があります、対策を必要とします。前者を「接地圧増加対策」、後者を「地盤変形対策」と呼ぶことにします。以下では、それぞれの対策について簡単に説明するとともに、その課題について述べます。

### ① 接地圧増加対策

地震時の建築物基礎底面には、建築物の自重による接地圧に加えて、図1に示す接地圧 $\pm w_h$ が作用します。この荷重増加は数秒間の出来事なので、地震対策としては地盤の強さを補強することが主となり、対策仕様の検討には、少なくとも想定する地震の規模と

建築物の自重を知っておく必要があります。

ところが、木造二階建て住宅のような小規模な建築物では、建築物の自重が正確に把握できていない状態で地盤補強の検討を求められることが多く、地震動に対するリスクを適切に評価できない場合があります。

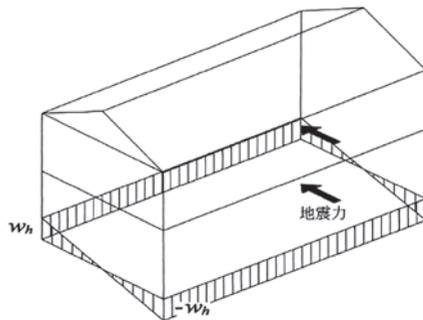


図-1 地震力による接地圧の増加<sup>1)</sup>に一部加筆

## 2 地盤変形対策

地震によって増加した接地圧を受け止めることを期待していた地盤が液状化現象や近接する擁壁の耐震性不足によって大きく変形してしまった場合、建築物は不同沈下したり時には倒壊したりします。2011年の東北地方太平洋沖地震では、擁壁下の地盤が液状化したことで側方流動が発生し、複数の住宅が全壊と判定された事例がありました<sup>2)</sup>。2024年の能登半島地震でも、砂丘と干拓地に挟まれた緩やかな斜面上の宅地で液状化による側方流動と見られる大規模な被害が確認されています。また、谷を埋め立てた大規模な盛土造成地が滑動する被害も大地震のたびに報告されています。さらに、二段積み擁壁やブロック擁壁等の不適格擁壁が地震時に倒壊する

ことで建築物に被害が生じる事例もしばしば報告されています。このような被害を防止することが地盤変形対策です。

この種の地震対策は建築物直下の地盤だけを対象とするのではなく、建築物を含む敷地全体あるいはその敷地を含む地域全体の地盤を対象とします。このような対策は個々の住宅設計段階では検討できないため、先に述べた宅地耐震化推進事業を活用した地域全体での対策が必要になります。しかし、具体的に被害が生じていない状態で、住民の合意を形成し事業を実現に運ぶことは容易なことではありません。このため、個々の建築物設計段階で被害の可能性について施主に適切に説明をすることが、設計者の責任になると考えられます。

## 3. 地盤調査や地盤の重要性

### 1 棟単位での液状化対策

平たんな土地で建築物の基礎底部に深の地盤が液状化する場合、建築物の自重によって大きな沈下あるいは不同沈下が発生します。この場合、被害の範囲が限定的なので個別の建築物を対象とした液状化対策が可能となります。当協会が管理運営する砕石を用いた地盤補強工法「エコジオ工法」は、地震時に地中で発生する水圧増加現象を抑制し液状化被害を低減できる可能性があることを確認しています<sup>3)</sup>。図2は、2011年東北地方太平洋沖地震で甚大な被害を受けた千葉県君孫子市の復興事業の一環としてエコジオ工法が採用された際の砕石補強体の配置図です。

このような対策工事の設計では、想定する地震動に対して、①どの地層が液状化するのか、②液状化の危険度はどの程度なのか、

ということを把握する必要があります。しかし、小規模建築物のための地盤調査で広く利用されているスクリーウエイト貫入試験（以下、「SWS試験」という。）は、液状化の可能性が高い地層の特定や液状化の発生と密接に関係する地下水位の測定はできません。このため、液状化被害の発生が想定される地域では、液状化対策仕様を決定するために必要な地盤定数を確認できる地盤調査を追加で実施する必要があります。

近年ではSWS試験孔を活用した地下水位計測機<sup>4)</sup>や土質試料の採取器が開発されており<sup>5)</sup>、簡易な調査方法ながら深度方向の液状化の危険度評価を行うことが可能となっています。液状化発生の可能性が高い地域では、これらの調査技術を活用して液状化対策工法の選定や設計を行うことをお勧めします。

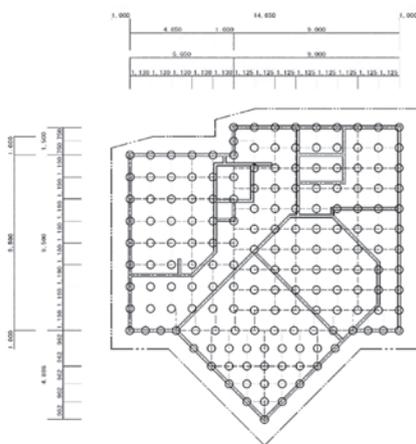


図-2 エコジオ工法による液状化対策の一例  
(砕石補強体配置図)

## ② 擁壁の耐震性

造成宅地には敷地内に擁壁があることが多々あります。前述のように建築物自重に対する地震対策を行っても擁壁にそれと同等の耐震性を持っていなければ、擁壁の倒壊によって建築物が被災する場合があります。しかし、建築物の設計者（建築士）が擁壁の設計内容を入手できない場合が多く、建築士にできることは擁壁が倒壊しても建築物には被害が及ばないようにする程度のことになります。文献2）に示した被害事例のように、液状化による擁壁の転倒の可能性を考慮していなければ建築物も大きな被害を受けます。地震保険でカバーできる範囲は建築物の復旧費用に限られるため、擁壁を含む宅地の修復費用は土地所有者個人で確保する必要があり、土地所有者にとっては大変な負担です。

なお、地盤に耐震性能上の問題が無いとしても、擁壁自体に問題がある場合があります。いわゆる不適格擁壁（現在の法律に適合していない擁壁）がそれに当たります。この

種の擁壁がある土地で住宅を新築する場合、擁壁の耐震性能をどのように改善するかが建築物の地震対策仕様を決める上で大きな問題となります。不適格擁壁を改修し地盤の耐震性能を向上できれば、建築物の地震対策は軽微なものにできる可能性があるためです。

熊本地震後に熊本県益城町中心部で行われた木造住宅の悉皆調査では、対象棟数319棟の内2000年6月以降の建築物の倒壊が7棟あり、そのうちの3棟については建築物の耐震性の不足ではなく、地盤の崩壊や局所的な振動の増幅があったことが木造住宅の倒壊原因と考えられています<sup>6)</sup>。このことから、建築物の耐震性能が高くても、地盤の耐震性能が低ければ結局被災することが分かります。

## ③ 大規模な地盤変形に対する対策

谷を埋め立てた盛土造成地や斜面に擁壁を建設して盛土を行った盛土造成地が大地震時に滑動する事例は1968年の十勝沖地震以降、大地震の度に報告されています<sup>7)</sup>。また、液状化による側方流動も、日本海中部地震（1983年）以降、必ず事例が報告されています<sup>8)</sup>。これらの被害はいずれも被害範囲が広範囲なので、対象となる建築物下の地盤だけを見ているだけでは、地震による被害を想定することさえできません。

谷埋め盛土の滑動と液状化現象は、いずれも地下水が振動を受けて水圧上昇することが原因となっているため、いずれの現象についても地下水位を低下させることが抜本的な対策方法として適しています。しかし、そのために行う対策工事は、公的資金を投入したとしても個人負担が必ず発生するので、被害発生前に対策を行うことが難しいのが現状です。

## 4. 建築物のための現実的な地震対策

### ① 不適格擁壁を含む宅地の地震対策

建築物の設計時に擁壁の安全性について十分に調査を行わなかったことや説明を怠ったことが建築士の過失となり、損害賠償請求が認められた判例が存在します<sup>9)</sup>。一見して不適格擁壁であることが分かる擁壁が地震時に倒壊した場合、建築物設計時の消費者への説明内容によっては建築士が責任を負わなければならないことが出てくるかもしれません。

しかし、不適格擁壁は土地の区画ごとに独立していないことが多く、宅地の地震対策を行いたいと考えても隣地所有者の合意が得られず対策できない場合があります。この場合、擁壁の崩壊対策程度の簡易な対策しか行えないので、建築物側の対策として擁壁の倒壊を前提とした対策が必要になります。

なお、前述のように、不適格擁壁の危険性については建築士として消費者に正しい情報を提供する必要がありますが、その場合は技術的な事項だけでなく地方自治体が提供している助成制度や修繕費用を確保するための金融商品等、擁壁修繕に必要な多方面の知識を提供することを心掛けることが大切です。自治体や金融機関等第三者を巻き込むと隣地の所有者の理解もより得られやすくなる場合がありますし、そこまですれば説明責任を問われる可能性は非常に低いと思われます。

### ② 広域な地震被害が想定される地域での地震対策

地震対策にとって地盤が重要な存在であり、考慮すべき地盤の範囲は建築物直下だけでなく敷地全体あるいは造成地全体にまで広がることを述べてきましたが、広域な液状化被害や谷埋め盛土の滑动が想定される地域で建築物を設計する場合、どのように対応す

べきでしょうか。

最適な方法は国費を導入して抜本的な対策を行うことですが、この対応は現実的には自治体からの勧告でもない限り被災前に行うことは困難です。そのため、建築物一棟単位で行えることとしては、消費者に対して想定される被害を丁寧に説明することだと思えます。その上で、想定されるリスクに優先順位をつけて、個人の資産の範疇で行える対策と仕様を決定していきます。なお、被害想定精度向上は対策工事の経済性向上につながる場合が多いので、SWS試験のみならず詳細な地盤調査を積極的に行うことをお勧めします。

## 5. おわりに

以上のように、建築物の地震対策を考える場合、建築物直下の地盤だけを見ていても有効な地震対策は選定できません。また、軽視されがちですが、擁壁も宅地を構成する一要素であり、敷地内や隣接地の擁壁の安全性にも注目しておく必要があります。このように、地震対策にとって地盤は本当に重要なものなのです。

#### 【参考文献】

- 1) 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，pp.111-122，2008
- 2) 神村真，永井優一，田部井香月，青木宏：地震時の擁壁被災事例と宅地造成盛土の課題，地盤工学会誌，Vol.62，No.1，pp.28-31，2014
- 3) 辻賢典，尾鍋哲也，神村真，永井優一，川又良一，酒井俊典：エコジョウ工法で築造された補強体における透水性改良効果，第49回地盤工学研究発表会要集，pp.785-786，2014
- 4) 金哲鏡，藤井衛，小川正宏：戸建て住宅を対象とした地下水位測定法と土質判別に関する研究，日本建築学会技術報告集，Vol.19，No.41，pp.89-94，2013
- 5) 大島昭彦：宅地地盤評価に関わる技術的問題：SWS試験による宅地地盤の評価技術，地盤工学会誌，Vol.68，No.2，pp.6-9，2020
- 6) 熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会：報告書，pp.30-34，平成28年9月
- 7) 秦吉弥，釜井俊孝，王功輝：経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震動評価手法に基づく1968年十勝沖地震における剣吉中学校造成斜面での強震波形の評価，日本地すべり学会誌，Vol.52，No.2，pp.26-31，2015
- 8) 岡二三生：土ミミニ知識 側方流動 液状化に伴う地盤の流動，土木学会誌，Vol.84，No.9，p.108，1999
- 9) 例えば、欠陥住宅被害全国連絡協議会：12. 福岡地裁平成28年8月8日判決（平成25年（ワ）第1059号損害賠償請求事件，消費者のための欠陥住宅判例【第8集】，pp.280-306，2021