別紙資料

建築物（戸建て住宅など四号建築物）の液状化対策選定の基本的な考え方

建築物の基礎構造に関する要求性能は、政令３８条に示されている。しかし、要求性能を満足させるための具体的な検証方法については、戸建て住宅のような四号建築物とそれ以外の一般的な建築物とで、実務上の取り扱いに差異が存在している。これらの相違の中には、地盤調査の方法や地盤の許容応力度、杭を使用する場合の杭の支持力の算定方法などの技術基準の適用・非適用の差異も存在する。建築物に対する上位の要求性能は、建築物の規模などによって変わらないと考えて良く、概略、作用する荷重の種類に対応して表‐１のような要求（最低基準）がある。

地盤の液状化現象によって被害を受けた戸建て住宅の基礎を対象とした性能マトリックスを考えると、3.11 東日本大震災や過去の地震における被害から、現状、表‐１に示すような状況にあり、短期（中地震動）の性能をやや満足しない場合がほとんどである。四号建築物を除く一般の建築物に対しては、適用を受ける基準の差異もあってこのレベルにおける要求性能は、十分に満足された状況にあると考えて良い。従って、四号建築物に対するこれからの対応を考えるには、先ず、一般的に建築基準法で要求されている建築物への要求性能に対する方法に沿った対応が一義的に参考にされるべきであると考えられる。

建築基準法における構造関係の検証方法には、仕様規定、許容応力度計算、限界耐力計算、時刻歴応答計算などの方法が採用されているが、基礎構造の設計では、一般的には許容応力度計算によっている。基礎構造の検証では、直接基礎とする場合には、地盤の許容応力度や改良地盤の許容応力度（改良体の許容応力度は別途)、杭基礎とする場合には、杭の許容支持力（杭体の許容応力度は別途）の検証が行われる。

表－1　地盤の液状化を経験した宅地における基礎の要求性能の満足状況
（地盤や基礎への対策が無いか不十分な場合）

荷重の種類	長期（常時荷重）	短期（中地震動時／L1）	終局（大地震動時／L2）
要求性能の内容	生活に支障が生じない	軽微な損傷以内	倒壊の防止や人命の確保
地盤の支持力など満足の状況	通常は、問題は無い	沈下や不同沈下などが生じることがある	大きい沈下、傾斜が生じるが、家屋の倒壊、人命の損傷無し

別紙資料

1. 宅地地盤および基礎の要求性能の設定

1.1　想定する地震時荷重

いろいろな液状化対策の比較を行うには、目標とする要求性能を明確にしておく必要がある。必要な要求性能を定めるには、対象とする地震動の大きさとこの荷重に対する応答値として何を対象とするかを決めておく必要がある。液状化現象のこれまでの議論の中では、地震動の大きさとして大地震動（Ｌ2)、中地震動（Ｌ1）のほか、今回の浦安市での地震動を採用することも考えられる。道路と宅地の一体的な対策を講じることを考えると、道路側での要求性能と住宅側での要求性能の整合性が取れていることが大切であるが、住宅側での対策には、かなりの幅が生じうることが予想されるので、先ずは、道路側で基準とする荷重が決められていることが望ましい。

国からの復興財源（税金投入）を前提として、道路と宅地の一体的な対策を考える場合に、L2 地震動での人命の損失の可能性が極めて低い現象では、想定する地震動としては適切性に欠ける恐れが高いこと、また、建築物の基礎構造に対する現状の設計方法（Ｌ1 での対応を規定）を勘案すれば、液状化現象への対応を考慮する基本的な外力としてはＬ1 相当の地震動を一義的に選定する。但し、浦安市においては、今回の地震において記録された地震動相当（200gal､M9.0）でも良い。

1.2　宅地地盤及び基礎に要求する評価項目と限界値

建築基準法では、建築物の基礎に対しては、想定される地盤の沈下や変形に対して建築物が安全であるように基礎を設計することを要求している。従って、基礎構造を杭基礎とするなどの方法を考えると、宅地地盤自身への要求性能は、本来は必要が無く、一般的な建築物では、そのような対応が取られている。しかし、直接基礎を採用することが多い四号建築物などでは、長期荷重のみによって仕様が決められているので、液状化現象に対する無対策地盤での直接基礎のリスクが看過されてきた現実がある。今回の道路と宅地との一体的対策を前提とした場合には、道路対策として実施される格子状改良壁の止水性や剛性を有効に利用した地盤対策との併用対策を講じることにより、住宅の基礎を無対策あるいは軽微な地盤対策などとの併用で、短期荷重時の要求性能を満足出来る可能性が考えられる。この場合、住宅の基礎地盤としての要求性能は、通常使用される地盤の短期の許容応力度（地盤工学では、地盤支持力）等を基本として各種の液状化対策の比較検討を行うが、施主等の要求で、Ｌ2 地震動での要求性能（例えば沈下量等）を設定することを妨げるものではない。

課題など：地震時に生じる過剰間隙水圧などの強化や液状化地盤での終局破壊パターンの洗い出し。

別紙資料

2. 対策工法の基本的な考え方

液状化対策を講じる工法に関して、満足すべき要求性能としては、住宅の基礎の種類に対応した短期の地盤の許容応力度や杭などの許容支持力とすることを基本的に検討する。短期の許容応力度は、そのときの過剰間隙水圧が上昇した地盤条件によって求まる終局強度（極限支持力など）に対して一般的にはある程度の余裕を維持していなければならない（例えば、Fs＝1.5 など)。この余裕が、L2 地震動に対するある程度の備えとなるが、定量的な要求を定めていないことになる。他方、地盤の液状化時における住宅の沈下量や傾斜をベースとした対策の考察は、目標性能が明確となる反面、計算の予測値やそれらから決められるであろう対策効果の閾値を保証することは、現状の設計の煩雑さや設計精度では、極めて困難であることに留意する必要がある。

3. 液状化を起こす可能性のある地盤の許容応力度

住宅の基礎に使用される基礎構造の種類に応じて、設計の際に行われる解析等で求められる地震時に生じる最終の過剰間隙水圧を許容応力度の算定に考慮する。液状化に伴って生じる過剰間隙水圧の種類として、下記を考慮する。

3.1　液状化層の過剰間隙水圧

①液状化する地盤の過剰間隙水圧を有限要素法等の解析ツールを使用して評価する。

②Fl 値が 1.0 以下の層については、その層の平均有効応力相当分を過剰間隙水圧とする。

3.2　液状化層の上部に位置する砂層への過剰間隙水圧の伝搬

①浸透流解析による液状化後の過剰間隙水圧の算定

②簡易法による過剰間隙水圧の算定

液状化層からの透水力による過剰間隙水圧を考慮する。液状化層からの透水力は、浸透当初は、透水距離が短く、透水の進行に伴って次第に長くなる非定常な状態で浸透するので、最終の定常状態での浸透圧を考慮する。地表面まで浸透流が達しない場合には、上昇した地下水面の静水圧を採用する。地表面まで、浸透が上昇するか否かは、液状化層の体積圧縮量と表層部の不飽和の程度で決まるが、ある程度安全側に飽和度を設定する。