

## - 4 建築基礎の性能評価技術の開発

### The development of performance evaluation technology for building foundation

(研究期間 平成 11～13 年)

国際地震工学センター

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

田村昌仁

Masahito Tamura

Synopsis-This paper deals with the seismic design method for building foundation of detached houses. The newly method using the coupling model with the above ground structure and the underground structure was studied through the theoretical calculations.

#### 【研究目的及び経過】

性能を基盤とした建築構造の設計施工技術の開発が様々な方面で進められているが、先般、建築基準法の改正が行われ、新たな計算法（限界耐力計算法）が施行され、基礎構造の設計に関しても建築物の基礎の構造方法及び構造計算に関する基準の改正や新設が行われた。

本研究は、基礎の耐震設計技術や関連する基礎地盤の性能評価法に関するものであるが、ここでは、その一部として実施した上部下部一体モデルによる限界耐力計算法の基本的な考え方を示すことにする。

#### 【研究内容】

地震時の振動形において水平方向成分が支配的で崩壊形が明確な通常の建築物の場合、従来の許容応力度計算と保有耐力計算（許容応力度等計算）にかわって、限界耐力計算<sup>1),2)</sup>により安全限界（極めて稀に発生する地震動に対して人命を保護できる限界）と損傷限界（稀に発生する地震動に対して安全性と機能性をほぼ無補修で維持できる限界）の検証が可能となった。安全限界の検証は地上部分の各階を対象としており、地下部分（基礎を含む）に関しては稀に発生する地震動に対する損傷限界の検証が必要になる。なお、限界耐力計算法においても常時の地下部分（基礎を含む）の検証は、従来の許容応力度計算と同様、地盤や基礎部材の応力度が長期許容応力度以下であることを確かめることになる。

#### 【研究結果】

##### 1) 基本的な検討手順

図 - 1 に安全限界に対する検討手順を示し、そのポイントを以下に示す。

##### 検証用加速度応答スペクトルの設定

表層地盤の加速度応答スペクトルを地盤種別により設定する方法（簡略法）や工学的基盤から地表までの地盤構成を考慮して計算により求める方法（精算法）がある。層厚や層序などは、根拠が明確な地層断面図に基づいて

設定することが必要であり、1地点だけでなく敷地周辺の既存のボーリングデータなども含めて多くの調査結果を収集・分析することが重要である。地域や地形によっては、同一敷地であっても層厚及び層序が大きく変化する場合や地層及び基盤の傾斜が大きい場合がある。このため、地盤条件や建物の規模等によっては、PS検層によりS波速度などを直接に求めたり、地盤構成を数種類設定して試算を行い層厚・層序や地盤定数などの影響を把握するなど、詳細な検討を行う必要がある。

##### 等価1自由度系への縮約

検証すべき建築物の上部構造を等価な1自由度系にモデル化する。建築物の1自由度系への縮約は、原則として、架構モデルの静的荷重増分解析により得られた各階の荷重 - 変形関係を基に行う。その際、上部構造 基礎 地盤の相互作用を考慮することができる。1自由度系としての等価粘性減衰は上部構造の減衰定数、上部構造 地盤の相互作用による減衰定数と各部の歪エネルギーに基づき定める。

##### 応答値の推定

1自由度系の応答値は、応答スペクトル（応答加速度 応答変位関係）と1自由度系の荷重 変形関係の交点として求める。各層、各部材の応答値は静的荷重増分解析により得られた代表変形位置での変形が推定代表応答値になったところの変形分布を参考に求める。

##### 2) 基礎構造と地盤の関わり

限界耐力計算の検討の中で、基礎構造と地盤の関わりすなわち相互作用を考慮できる部分がある。それを図 - 1 の中に\*1～\*3で示す。また、限界耐力計算の前提となる架構モデルの静的荷重増分解析において一体解析モデルでの解析を採用することも相互作用を適切に考慮する方法の一つである。このような相互作用を考える際の基礎・地盤の力学特性、減衰の考え方等を検討することは重要である。

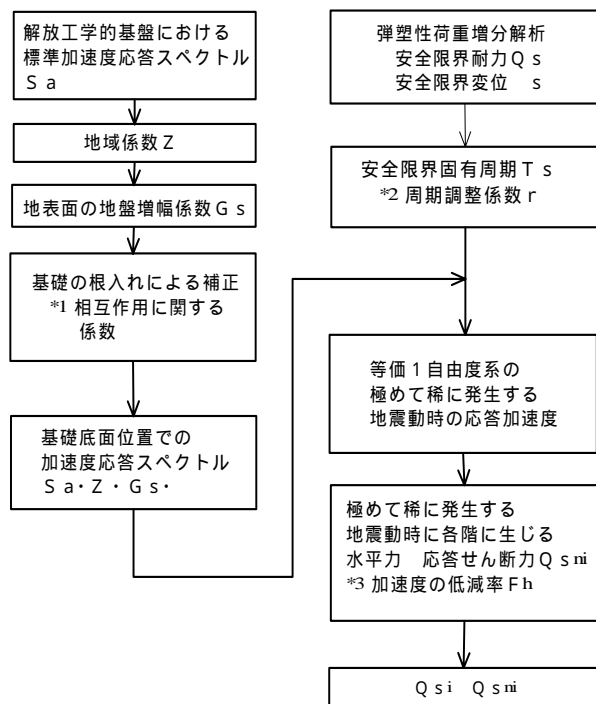


図 - 1 基礎の限界耐力計算

### 3) 限界耐力計算と許容応力度計算

建築基準法の改正により、保有耐力計算を含む許容応力度等計算に加えて、上述したような限界耐力計算が新たな構造計算方法として規定されたが、いずれの方法であっても基礎の耐震設計は基礎設計用外力に対する短期許容応力度計算である。しかし、限界耐力計算では、建築物に作用する地震力を工学的基盤からの地上までの地盤と基礎の挙動を評価することによって設定できる。図 2 には、限界耐力計算における応答値（通常は基礎設計用外力に相当）の特徴を示しているが、地盤の全体的及び局所的非線形性などに起因する『減衰』と基礎のスウェイ/ロッキングや基礎部材の変形による『固有周期の伸び』をうまく取り入れられれば基礎はもとより上

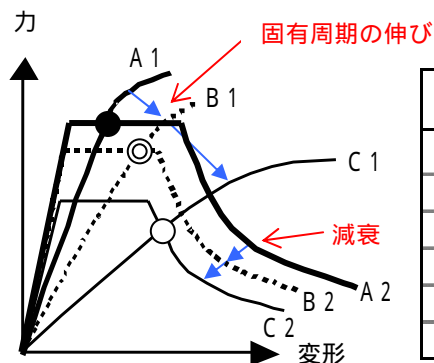
部構造の設計の合理的にも繋がる。

許容応力度等計算では、中地震と大地震の検討がそれぞれ独立したものと扱われているが、限界耐力計算では建物の荷重～変位関係に基づいて中地震と大地震を同様の考え方で扱うので、中地震時と大地震時の性能のバランスを考えた上部構造の設計思想によっても基礎設計が影響を受ける。基礎設計の立場からすると、2通りの設計法で基礎設計用外力がどの程度違ってくるかが関心事であるが、地盤条件や構造特性によっては限界耐力計算における外力が許容応力度計算とかなり異なる場合がある。許容応力度計算では短辺と長辺で外力は等しいが、限界耐力計算では短辺と長辺で異なるなどの違いもある。なお、現状では地下の質量を無視した等価一質点系の扱いを基本としているので、地下震度による外力は別途加算することになるが、上部下部一体解析において相互作用効果などが適切にモデル化できれば、地下外壁とくいの水平力分担だけでなく、地下震度も合理的に評価することが可能と考えられ、今後、この方面の技術開発が期待される。

なお、限界耐力計算や上部下部一体解析などに関する具体的な計算結果等については、文献 3), 4) で発表している。

#### 【参考文献】

- 1) 2001 年版限界耐力計算法の計算例とその解説：工学図書株式会社、p.156、3月、2001
- 2) 改正建築基準法における構造関係技術規定の技術的背景、ぎょうせい、監修：建築研究所、2001
- 3) 木村ほか、杭基礎構造の耐震設計手法に関する研究（その 1～5）、日本建築学会大会、9月、2001
- 4) 渡辺一弘ほか、基礎・建築物の性能評価技術の開発：（その 1～その 5）、第 36 回地盤工学研究発表会、6月、2001



種類	摘要	モデル	相互作用	応答値
A1	荷重～変形関係	基礎固定	考慮せず	
A2	応答スペクトル			
B1	荷重～変形関係	基礎固定	考慮	
B2	応答スペクトル			
C1	荷重～変形関係	上下一体	考慮	
C2	応答スペクトル			

図 - 2 解析モデルと応答スペクトル