

論文の内容の要旨

論文題目 電力流通設備の地震時被害推定と対策に関する研究

氏名 増田 民夫

電力流通設備の耐震性評価手法については、昭和39年の新潟地震、昭和41年の茨城県沖地震以来検討がなされてきた。

特に、千葉県東方沖地震（昭和62年12月17日発生）により得られた知見をもとに、変電機器の耐震性評価について新たな試みがなされた。

また、液状化に対する電力流通設備の安全性評価については、新潟地震（昭和39年6月16日発生）での電力設備の被害に端を発し、既設設備の耐震性評価および新規設備の耐震設計に関し、種々の検討がなされてきた。

しかし、電力業界を取り巻く昨今の状況から、設備投資の抑制が大きな課題となっており、このため電力流通設備についても大規模地震を考慮し、しかも経済的に負担のかからない範囲での構造物の設計法確立に向けた取り組みが要求されるようになった。

この種の経済的な設計手法を考える上では、「設計で考慮する地震力」および「地震時に確保すべき構造物の性能」の両面を適切に組み合わせて評価することが必要であり、このため、当研究においてはこのような最近の現状に基づき、最初の項目である「設計で考慮する地震力」すなわち外力側の面での精度向上に主として着目し、いくつかの観点から検討を進めた。

本研究においては、このような観点から2章において従来の電力流通設備の耐震設計の考え方について述べると共に、第3章においては、平成4年に発生した釧路沖地震および北海道南西沖地震の際の電力流通設備を主体に、同設備の耐震性評価の上で興味深い下水道等のインフラ設備について、その被害実態を詳細に調べ、結果を記した。

また、第4章以降においては、第2、3章で電力流通設備の耐震性を評価する上で浮かび上がった下記の課題について、現地調査、室内実験およびいくつかの解析を行い課題の解決を試みた。各課題に関する結論の概要は以下の通りである。

1. 詳細な調査・試験結果の動的応答解析への反映

今回、地盤の動的変形特性を適切に評価するため、東京湾内の埋立地において、非常に詳細に地盤調査、室内試験を実施した。この結果、以下の事が明らかになった。

- ダウンホール法とサスペンション法による比較試験を実施したが、後者の方が細かい層構造を把握可能である。
- 原位置および室内試験による G_0 の比較により、深い所から採取した試料では応力解放等により原位置試験結果と一致しないこともあるという、従来から指摘されている事実が確認された。
- 深さ方向の動的変形特性を見ると、同一層内においても、深さ方向に $G-\gamma$ 、 $h-\gamma$ 関係が変化していることが認められ、層厚が厚い場合には、同一層であっても複数の試験が必要であることが認められた。また、地層境界において、堆積年代が大きく異なる場合には、境界の上下層で動的変形特性が急激に変化することが確認された。
- サスペンション法では、ボーリング位置での極めの細かい地盤構造を把握することが出来る。しかし、そのことが、サスペンション法により求めた地盤構造がサイトの地震応答解析を行うモデルとして最適とは限らない。それは、サスペンション法ではより局所的な特性を求めることが出来るが、そのような局所的な特性が水平方向に連続しているとは限らないからである。
- 硬、軟層が混在する地盤では、急激な剛性低下を起こす可能性のある軟らかい方の地盤の剛性が解析結果に及ぼす影響が大きい。また、この傾向は硬い地盤より、軟らかい地盤においてより顕著である。
- 設定した物性が同一であれば、解析上の層分割は、1m 以下の薄い層を設定しても解析結果はほとんど変わらず、1m 程度毎の物性評価や層分割で、精度の良い解析結果が得られるものと思われる。

2. 周波数特性を考慮した応答解析

詳細な地盤調査結果を基に作成した解析モデルを用いて、加速度波形から、基盤（GL-38.5m）での加速度波形を従来の SHAKE と今回改良した手法により計算し比較した。その結果、次のことが明らかになった。

高周波数領域では従来の SHAKE ではこれまで指摘されてきたように増幅率を過小に評価しているのに対して、今回提案した手法による結果では増幅率の過小評価は見られず、その上、3、4 次の高次モードまで観測値によく対応した。

3. 地中埋設物の液状化時の浮上りのメカニズムと抑止策

釧路沖地震および北海道南西沖地震の際に下水のマンホールや管渠が浮き上がった。この現象のメカニズム解明のため振動台を用いたモデル実験を行った。

その結果、埋設物が浮き上がるためには、埋設物下部の過剰間隙水圧が上昇するとともに、埋設物周囲の地盤の土粒子が埋設物底部に向かって移動する必要があることが判明した。また、この浮上りに影響する要因として、周辺地盤の透水性、埋設物と掘削側面との幅および、構造物下面までの埋戻し層の高さが関係のあることが分かった。

これらのメカニズムを踏まえモデル実験により、土砂の回り込みを抑止する方法として、埋設物に一对の羽根をつけたり、埋設物の両側にシートパイルやジオテキスタイルによる膜を設けることが効果的であるとことも判明した。

今回、実験的に検討した浮上り現象については、電力流通設備としての洞道、マンホールの他、火力発電所の放水路構造物を検討する際の重要な項目となっている。

今回、定性的なメカニズムについて、その現象を把握しえたと考えられるが、今後上記構造物の性能設計をする上では、浮上りの定量的評価が必要であり、今後は浮上りの評価方法の検討を進めていく必要がある。

4. 液状化による地盤の永久変位量の推定

これまで、流通設備の耐震性を評価するための液状化による地盤の永久変位量については、簡易式で推定を行ってきたが、今回、液状化に伴う流動を簡単にしかもある程度の精度で解析できる方法として、残留解析方法の利用を検討した。

- 適用した3ケースいずれも解析結果は実被害の全体的な変位を捉えており、簡易法として十分実用的に使うことが出来る。
- 本解析方法では、液状化後の変形特性によって得られる結果が大きく影響を受ける。変形特性の設定計算のためのせん断剛性低下率と細粒分含有率の関係図(図8.24)を提案したが、可能であれば、対象とする土の液状化後の変形特性を繰り返しねじりせん断試験等で求めることが望まれる。