

5. 終わりに

まえがきに述べたように、設計地震動の強大化が進む時代にあつては、土構造物の地震時安全率 >1 を維持することは困難になるし、また安全率にこだわる必要も無い。L2と呼ばれる稀な大地震に対して、は壊滅的崩壊をさけることができれば社会的な使命は十分果たしうる。したがって、土構造物の耐震設計において安全率 <1 を許容することは、これからの時代にあつては当然の流れである。

しかし、崩壊を間違いなく避けることができるのか？という質問に答えるには、具体的な変形を予測して数字を示すことが必要である。そしてそれが、現在の地盤解析にとって大きな困難を伴う作業になる。これを平たく言えば、変形予測が実際と一致する可能性が小さい（大きくない）ということである。それでは、なぜ変形予測が実際と合わないのか、という問題になるが、それにはいくつかの理由がある。まず第一に、土の応力ひずみ挙動が複雑すぎて、数学モデルで定量的に表現しきれていないことがある。そして第二に土構造物を構成する土の性質を現場ごとに詳細に調査できるのか、という問題がある。試料採取と室内実験ないしは高精度の現場載荷試験の実施を許すほど時間と経済的に余裕のある現場は、数が限られている。第三に、土の性質が不均質であれば、ある一部分だけを取り出して詳細に調査をしてみても、土構造物全体の挙動予測の精度は上がらない。

以上のような問題は、言い古されたことである。しかし解決策は未だ出現していない。そこでこの場を借りて、解決の方法を提案したい。まず最初に、地盤の変形解析などというものは所詮、精度の低いものであることを、認めてしまうことにする。これには当然反論があつて、精密な地盤調査と詳細な応力ひずみモデルおよびパワフルな数値解析プログラムがあれば、変形解析の精度は向上するはずだ、と言われるであろう。しかしそのように恵まれた条件が成り立つのは限られた大規模（高額）プロジェクトだけであり、このたびの委員会で対象としてきた一般的な盛土構造物は、それには該当しない。少数の標準貫入試験かその他のサウンディングが実施できれば、恵まれた方であろう。

地盤調査と土の情報が限られておれば、応力ひずみモデルに代入できる土質データの数と信頼性にも限界がある。そのような状況では、いくら精密高精度のモデルと解析プログラムを使用したとしても、結果には信頼性が期待できない。それにもかかわらず地盤の解析では予測値なる数字が一つ要求され、それと観測値とが比較されて、「合わない、精度が低い」という判断になっている。このような比較検討は、材料が工場で品質管理を受けて生産され、かつ構造の詳細や荷重の性質が明確に分かっている構造解析では当たり前であろうが、情報不足の地盤解析に適用するには、厳しすぎるものがある。

このような状況を改善するためには、解析の持つ不確実性はどの程度なのかを評価し、変形予測値のばらつきが観測値を包含しておれば、それをもって良しとするべきである。ばらつき範囲を定めるためには、入力データを乱数的に変動させつつモンテカルロシミュレーション手法によって数多くの解析をくり返すことが、必要であろう。従来、このような解析は、時間と費用の面から、あまりなされて来なかった。しかしパーソナルコンピュータの性能向上は時間的な制約を打ち破りつつあるし、また繰り返し解析によって実際に増える費用は、電気代だけである。制約条件は消滅しつつあるのではないか。

このような展望に立って、土構造物の地震時残留変形予測の実務的な姿を、次のように想像してみた。

- 1) 解析理論については、ニューマーク法的手法、有限要素解析、離散化要素など種類が多く、4章で議論されたように、それぞれを状況に応じて使い分けるべきである。
- 2) 詳細な地盤調査は要求しない代わりに、標準貫入試験、コーン貫入試験などの実用的な地盤調査は必須である。その結果と解析用土質データの間、個人差の生じないデータ決定方法を確立しておく。たとえば粘性土でN値=5なら、入力パラメータAの値はこれこれ、Bはこれこれ、と、標準的な値を決めておくのである。ただし標準的なデータ値の周りのばらつきの度合い、標準偏差のような値は、知っている必要がある。
- 3) そしてモンテカルロシミュレーションでは、解析回数ごとに要素の土質を乱数的に変動させるだけでなく、土質定数の空間分布をも変動させる。入力地震動の細目をも変動させれば、なお面白い。こうやって算出された残留変形のばらつきをまとめ、90ないし99%確率で観測値を包含するばらつき範囲を定める。
- 4) 予測と観測の比較では、このばらつき範囲に観測値が入るかどうかで、良否を判定する。
- 5) また変位のばらつきの上限値をとりだして、その大小で許容/不許容を判定する。許容変位/変形の決定方法は、本報告書の二章に説明した内容が、参考になるだろう。

以上のような手法は、確率統計的である。それに比べると従来のように一度の解析だけで総てを決めようとする手法は、決定論とでも言えよう。そして地盤解析に不可避な不確定性によって、観測値と予測値との乖離が起き、地盤解析は実用にならない、といった印象まで持たれて来た。決定論的手法の結果は地盤の変形特性を表す一指標に過ぎない。これに過度の意味を持たせることを止め、調査し切れないものはしきれないものと割り切ってばらつきに置き換えることにより、新たな境地が開けるはずである。