

Q&A コナ

軟弱地盤下にある砂層の液状化対策

Q 軟弱地盤上の盛土に伴う液状化対策において、液状化の判定を行った結果、深い深度（例えば、G.L. -10 m 程度）のみ液状化発生の可能性ありという結果が得られた場合、その取扱いと対策工への反映の仕方について教えてください。

A 液状化発生の有無によらず盛土の安全性の評価は、

- ① すべり破壊に対する安定
- ② 沈下や側方へのはらみ出し等の変形

が問題となります。

これらの問題に関して液状化の発生は、①では、液状化層のせん断強度の低減、喪失、②では、同層の変形特性の低減、喪失および過剰間隙水圧の消散がかかわります。したがって、対策工の検討は、これらの影響を考慮した対策工必要性の検討を行った後、その程度に応じて対策工の設計を行うこととなります。

まず、すべり破壊に対する対策工必要性の検討ですが、盛土の安定計算で一般に用いられるすべり計算の適用が考えられます。この方法は一部の設計基準類にも採用されています。ただし、この計算手法での液状化層の強度評価や水平震度の作用方法および所要安全率等の諸条件は、比較的浅い原地盤や盛土内の液状化に伴う盛土被害事例をもとに提案されたものです。質問のような比較的深い層のみが液状化した場合の被害事例の報告はほとんどなく、計算方法として適切であるとは言えませんが、現状ではすべり計算を適用するのが簡便な方法と考えられます。

すべり安定計算では、すべり線に沿った作用せん断応力とせん断強度の大小関係により、その安定性が議論されます。このため、盛土の規模（盛土高さや堤体幅）にもより異なりますが、一般に浅い位置での液状化の発生はすべり安全率に大きく寄与するのに対し、深い位置での液状化の発生は、大きなすべり線に対してのみ影響するが、そのすべり線は盛土の安定に対してクリティカルとならないものと考えられます。

いずれにせよ、すべり破壊の問題に関しては、上述したように、すべり計算を適用して、対策工必要性の有無を検討するのが得策です。この場合、震度の作用方法（作用の有無、範囲等）およびすべり面での強度評価（初期せん断の考慮の有無、全応力法、有効応力法）に関して種々の提案がありますので、検討対象時点（地震中か地震後）、液状化層の強度特性や液状化発生程度などを

考慮し、適切な条件を設定する必要があります。

次に沈下等の変形の問題ですが、これは設計基準類ではまだ取扱われておらず、検討手法がまだ十分に確立されていないのが現状です。ただし、通常の盛土の場合は、若干の変位・変形は許容されるものと考えられますので、上述したすべり破壊に対する検討を実施し、その対策を講じるのであれば、大きな変位・変形の発生は防止できるものと考えられます。なお、変位・変形に対して極めて敏感な構造物が建設される場合では、液状化に伴う変形特性の低下を考慮した二次元有限要素法による残留変形解析により変形量を予測する方法や、上述したすべり計算での安全率から沈下量を予測する方法なども提案されています。また、過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量は、室内試験をもとにいくつかの手法が提案されています。ただし、これらの変形量の予測方法は、すべりの問題と同じく、比較的浅い位置での液状化に伴う盛土の被害事例をもとに提案されたものと考えてよく、深い位置のみが液状化する場合を取扱っていないことに留意する必要があります。液状化層の深度の問題は、盛土載荷による増加荷重が深度方向に低減されることを考えれば、すべり破壊と同様に浅い位置での液状化に比べれば、深い位置ではその影響は小さいと考えられます。

以上述べたように深い位置のみが液状化する場合の確たる検討手法はなく、浅い位置が液状化した場合の被害事例等に基づき提案された検討手法を適用せざるを得ないのが現状です。これらの手法を適用した検討により対策工が必要と判定されれば、対策工の検討を行うこととなります。

対策工の検討手法は対策工部分の物性評価が原地盤と異なる（せん断強度が大きいとか、沈下しない）だけで、基本的には、対策工必要性の検討と同様です。

ただし、液状化対策実施には多大な費用を要すること、また、今回の対象が盛土という一般に耐震設計が実施されない構造物ですので、以下の要因を十分考慮して、対策工実施の有無や、対策工設計条件（地震入力水準と震後の機能確保水準）を適切に定め、合理的な液状化対策とすることが望まれます。特に液状化層が深い位置のみ場合は、液状化対策工を採用しないで液状化による被害の軽減を目的とした盛土の補強（十分な締固めの実施やジオテキスタイル等の補強土工法の採用）を行うことも十分考えられます。

- ① 対象構造物の機能、重要度
- ② 復旧の難易度
- ③ 二次災害の発生など、他施設への影響度

以上、盛土の液状化対策の考え方について述べました。これらの内容の詳細については、地盤工学会編 現場技術者のための土と基礎シリーズ“液状化対策の調査・設計から施工まで”および安田進著“液状化の調査から対策工まで”鹿島出版会が参考となりますので紹介しておきます。

回答者：真鍋 進 日本技術開発(株)土木本部地震防災部

(原稿受理 1996.12.27)