

地震危険度を考慮した液状化対策のための最適地盤調査地点の検討

東京都市大学 学生会員 ○田崎陽介
東京都市大学 正会員 吉田郁政

1. はじめに

東日本大震災における河川堤防の被害 2000 箇所のうち、大規模な被災箇所の主要な原因は液状化であり¹⁾、河川堤防に対し液状化対策を行うことは重要な課題である。液状化対策区間を選定するためには適切な地盤調査が重要である。対象範囲内全てで調査を行うことが理想であるが、調査費用が膨大となり現実的ではない。

本研究では大竹らの調査²⁾に基づき、例題とした対象区間 5km に対して液状化対策のための最適地盤調査地点の検討を行う。どの地点に、また、何点のボーリング調査を行えば効率的な調査計画となるか、情報の価値 (Value of Information, VoI) に基づき検討する。本研究はこれまでの研究内容³⁾に加え地震危険度を考慮する。これにより、今後、異なる地震危険度を持つような領域の合理的な調査計画を行うことを目標としておる。

2. 情報の価値 VoI を用いた最適配置の概要

VoI は意思決定理論の一つであり、多くの分野で用いられているものの、土木分野での利用は多くはない。従来の最適配置に関する研究の多くは推定値の不確定性にのみ注目して目的関数が設定されている。しかし、VoI を目的関数とすることで推定値の特性も考慮することができる。つまり、多少不確実性が大きくてもその推定値が極端に大きい、あるいは小さければ判断を誤る可能性は小さいことを考慮した目的関数となっている。また、VoI と調査費用の和であるトータルコストを考えることで、最適な観測点数も求めることが出来る特徴がある。

本研究において VoI は情報を得られることによる判断ミスリスク削減量の期待値と捉えることが出来る。つまり、VoI の総和が最小となるような最適追加点を導くことは、判断ミスリスクを最も削減できる

ということを意味する。

3. 各種条件の概要

(1) 対象区間

2011 年東北太平洋沖地震で実際に液状化が生じた、ある一級河川の堤防の延長 20km のうち、比較的ボーリングデータの少ない延長 5km の区間を対象とする。対象区間でボーリングデータは 18 点得られており、各点で液状化指数 PL が評価されている。ここで、液状化指数 PL とは液状化の危険度を表す指標である⁴⁾。本研究では PL 値が 15 以上で、液状化対策が必要であると仮定する²³⁾。

この区間内において、ボーリング調査をどの地点に、また、何点追加すれば最も判断ミスリスクを削減できるかを検討する。対象区間と既存のボーリングデータの分布を図-1 に示す。図中の赤い点が既存のボーリングデータである。縦軸が PL、横軸は堤防の位置を表す。

(2) 地震危険度

これまでは、地震が発生したという条件下で液状化被害が発生する条件付確率を想定していた³⁾。本研究では場所ごとの特性である地震の発生確率自体も考慮する。

既存ボーリングデータ等の条件は既往の研究³⁾と同じとし、地震危険度のみを変更し、それぞれの最

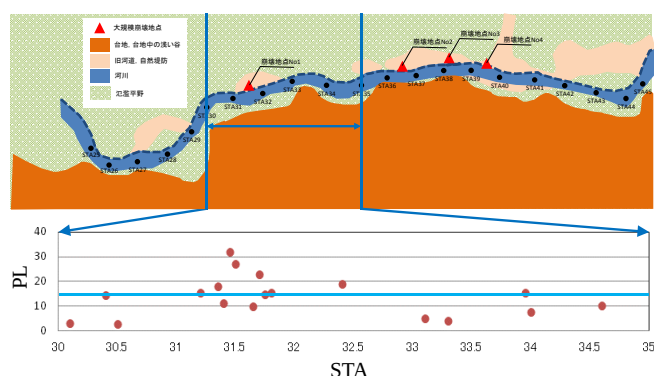


図-1 既存のボーリングデータの分布²⁾

キーワード 情報の価値, 最適配置, 粒子群最適化, クリギング

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL. 03-3703-3111

適配置結果を比較し検討を行った。地震危険度の設定は地震ハザードステーション J-SHIS⁵⁾をもとに行った。今後 30 年以内にある震度以上の揺れが生じる確率を参考に、福島県福島市、東京都市大学世田谷キャンパス、静岡県静岡市の地震危険度を用いて比較を行った。対象とした地域とその地震危険度について表-1 にまとめた。最適配置結果の比較から、場所ごとの地震危険度の違いが、最適配置に与える影響について検討を行う。

4. 地震危険度を考慮した結果

追加調査点数を 1 点から 15 点の間で変化させ追加調査位置の最適化を行う。図-2 に震度 6 強の地震発生確率を考慮した場合の東京都市大学近辺におけるトータルコストと追加調査点数の関係を示す。最適化したときの VoI の値と追加調査点数に応じた調査コストの和からトータルコストを求める。トータルコストが最小となるとき追加調査点数が最適追加調査点数となる。この図から東京都市大学近辺では 3 点のときトータルコストが最小となり最適追加調査点数となることが確認できる。各地域、各震度の地震発生確率における最適追加調査点数を表-2 示す。

福島県福島市における最適追加調査点数は 0 点である。表-1 より、この地域の地震発生確率は非常に小さい値であり、液状化被害が発生しにくいということが確認できる。液状化被害が発生しにくいため調査を行う価値は低くなる。極端な例として、地震発生確率が 0% の場合、液状化が発生しないので調査を行ってもリスクを削減することが出来ず、調査コストのみが発生する。このように、地震発生確率が小さいほど、調査は価値を失う。福島市の場合、調査コストが調査によるリスク削減量を上回ったため最適調査点数が 0 点となった。

次に液状化被害が発生すると想定する地震の違いが、最適追加調査点数に与える影響について検討する。東京都市大学及び静岡市の結果を見ると、震度 6

表-1 対象地域と 30 年以内の地震発生確率 (%)

	福島県福島市	東京都市大学	静岡県静岡市
震度6弱	6.5	82.9	66.1
震度6強	0.4	31.4	47.7

表-2 各条件における最適追加調査点数

	福島県福島市	東京都市大学	静岡県静岡市
震度6弱	0	7	7
震度6強	0	3	5

強により液状化が発生すると想定した場合の方が震度 6 弱の場合に比べ最適追加調査点数は少ない。大きい震度の地震の発生確率が小さいため、液状化被害も発生しにくい。これにより、調査の価値も小さくなるためである。

5. まとめと今後の方針

今回、地震危険度を考慮することで、場所により最適追加調査点数に違いが生じることが確認できた。これにより、異なる地震危険度を持つような領域を対象とした最適地盤調査点の検討への適用が可能と考えられる。

今後は更に液状化発生確率の再考を行う。これまでは PL 値を基に液状化対策が必要であるかの判定を行った。推定値が基準値を超える場合に 100%液状化被害が発生し対策が必要、下回る場合に 0%液状化被害が発生し対策不要とした。しかし、PL 値による判断には不確定性を考慮する方が現実的である。液状化発生確率の再考を行うことにより、より現実的な最適地盤調査地点の検討を行う。

参考文献

- 1) 長田仁, 佐々木哲也: 河川堤防の耐震化に関する研究, 国土交通省, 2011.
- 2) 大竹ら: 震災履歴を有する河川堤防 20km を対象とした液状化危険度の線状評価, 地盤工学から見た堤防技術シンポジウム, 2013.
- 3) 吉田ら, 情報の価値 Value of Information に基づく最適な観測点位置および箇所数の評価方法, 土木学会論文集 A2, Vol. 71, No.1, pp.1-13, 2015.
- 4) Tatsuoka et al. : Standard penetration tests and soil liquefaction potential evaluation , SOIL AND FOUNDATIONS, vol.20, No.4, 1980.
- 5) 防災科学研究所: 地震ハザードステーション J-SHIS, <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>, 2015.11.17 閲覧.

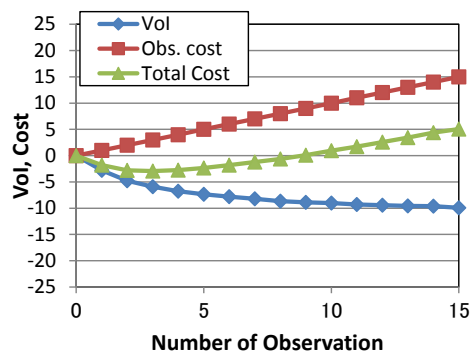


図-2 トータルコストと追加調査点数の関係