

B-55

2011 年東北地方太平洋沖地震による液状化被害調査 現行の液状化判定法の適用性 (その 3)

Investigation of Liquefaction Damage due to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake Applicability of the Current Liquefaction Evaluation (Part 3)

○石原弘基¹, 山田雅一², 安達俊夫², 中川 亮¹* Hiroki Ishihara¹, Masaichi Yamada², Toshio Adachi², Ryo Nakagawa¹

Abstract: In this paper, the liquefaction damage due to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake and the comparison with liquefaction evaluation by the current simple judgment using its ground parameter were examined.

1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震は、東北地方から関東地方の広い範囲に阪神淡路大震災を凌ぐ未曾有の激甚災害をもたらした。この地震による地盤災害に着目すると、首都圏においては、東京湾東部沿岸と利根川下流沿岸では甚大な液状化被害が集中して発生した。これら液状化が発生した地点の中には再液状化現象が認められた地区もあった。この地震は宮城県沖から茨城県沖を震源とする連動型地震で、関東地方においては、長周期で継続時間の長い地震動となった。これが甚大な液状化被害が発生した要因の 1 つであると考えられている。

前報^{1), 2)}では、浦安市(48箇所)と香取郡神崎町(11箇所)において、建築基礎構造設計指針³⁾(以下、基礎指針)と道路橋示方書⁴⁾(以下、道路橋)による簡易液状化判定法の適用性を検討したところ、液状化判定結果と実際の液状化被害状況が対応していない地点も見られたが、ほとんどの地区では、液状化発生の有無を概ね整合して判定できたことを報告した。

本報告では、液状化被害が集中して発生した東京湾東部沿岸と利根川下流沿岸において、公開されている地盤情報データベース⁵⁾を基に、基礎指針と道路橋による液状化判定を詳細に行い、液状化指数 P_L ⁶⁾を用いて両者を比較する。また、液状化の程度を表す指標として、地表面動的変位 D_{cy} と液状化指数 P_L の関係について検討する。

2. 液状化判定法

液状化安全率 F_L を算出するのに、基礎指針では地震時せん断応力比を求める際にマグニチュード M を用いるのが特徴である。このマグニチュードは $M=5.3\sim 8.5$ が適用範囲であるが、 $M=9.0$ の東北地方太平洋沖地震にも適用できるものとして液状化判定を行う。また、基礎指針に基づく地表面動的変位 D_{cy} (=残留沈下量 S)を求めて液状化の程度を評価した。その D_{cy} 値によって Table 1 に示すような液状化の程度が判定される。

Table 1. Relationship between D_{cy} and degree of liquefaction

D_{cy} (cm)	液状化の程度
0	なし
$D_{cy} \leq 5$	軽微
$5 < D_{cy} \leq 10$	小
$10 < D_{cy} \leq 20$	中
$20 < D_{cy} \leq 40$	大
$40 < D_{cy}$	甚大

Table 2. Relationship between the P_L and degree of liquefaction

P_L	液状化の危険度
$P_L=0$	かなり低い
$0 < P_L \leq 5$	低い
$5 < P_L \leq 15$	高い
$15 < P_L$	極めて高い

道路橋では、液状化抵抗比を求める際に、地震動特性による補正係数 c_w を用いて算出するのが特徴である。東北地方太平洋沖地震は、海溝型地震であるので $c_w=1.0$ を用いる。またこの地震の特徴である長い地震動の継続時間を考慮して液状化判定を行った。これは、地震動の継続時間(繰返し回数)の影響を補正係数として考慮する方法⁷⁾であり、 $c_w=0.5$ として液状化判定を行うものである。さらに、道路橋では液状化による残留沈下量 S を評価できないが、道路橋で求まる繰返し三軸強度比と補正 N 値の関係を基礎指針の液状化抵抗比と補正 N 値の关系到適用することで、残留沈下量 S を求めた。両者の判定法から得られた残留沈下量に対する検討については、本報その⁴⁾で報告する。

基礎指針と道路橋による液状化判定法で得られた結果を比較するために、液状化安全率 F_L を基に液状化指数 P_L を用いて評価した。 P_L は液状化による構造物への被害程度を予測する指標として提案されたもので、道路橋では側方流動力の補正係数として用いられている。 P_L は $F_L < 1$ の F_L 値と深度に対する重み係数を乗じて算出される。Table 2 に示すように、 P_L 値に応じて液状化の危険度が区分される。

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大理工・教員・建築

3. 液状化判定

3.1 検討地点と判定条件

公開されている地盤情報データベース⁵⁾を基に、東京湾東部沿岸では浦安市(112箇所)、利根川下流沿岸では香取市(32箇所)の2地点について液状化判定を行った。

公開されている地盤情報は土の単位体積重量 γ_t 、細粒分含有率 F_C が不明であるので、道路橋による概略値⁴⁾を用いた。また、液状化判定に用いた地表面水平加速度(基礎指針)と水平震度(道路橋)は、検討地点に最も近いK-NETの観測点で得られた地表面最大加速度 α_{max} を用いた。浦安市の検討では $\alpha_{max}=174\text{cm/s}^2$ (K-NET浦安)である。香取市は $\alpha_{max}=310\text{cm/s}^2$ (K-NET佐原)である。

3.2 液状化指数 P_L

基礎指針と道路橋による液状化判定結果から P_L 値を算出し、両者の比較を行う。Fig.1に基礎指針と道路橋($c_w=1.0$)、Fig.2には基礎指針と道路橋($c_w=0.5$)の P_L 値の比較を示した。両図中の赤線は基礎指針=道路橋を示している。Fig.1から道路橋($c_w=1.0$)による P_L 値は、基礎指針による P_L 値よりも若干過大評価される傾向が認められる。またFig.2より道路橋($c_w=0.5$)の P_L 値は基礎指針の P_L 値より過大評価されていることがわかる。これは、上述したFig.1の傾向の他に、道路橋($c_w=0.5$)では液状化抵抗比が1/2となるためである。特に浦安市における P_L 値はその傾向が顕著であることが見て取れる。

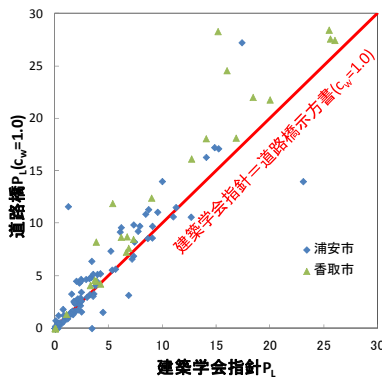


Fig.1 Comparison of P_L -value ($c_w=1.0$)

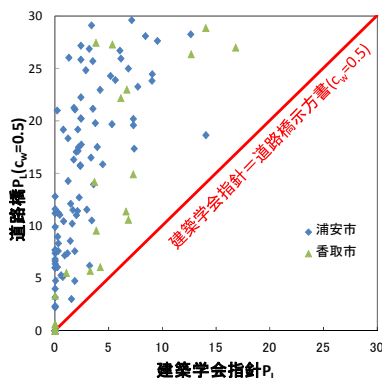


Fig.2 Comparison of P_L -value ($c_w=0.5$)

3.3 地表面動的変位 D_{cy}

基礎指針で地表面動的変位 D_{cy} は、液状化の程度を表す指標として位置付けており、液状化指数 P_L は前述したように液状化による構造物への被害の程度を予測する指標として提案されたものである。ここでは浦安市と香取市において基礎指針による液状化判定結果に基づいて両者を比較する。Fig.3に D_{cy} と P_L の比較を示した。図中の実線は $P_L = D_{cy}$ を示している。Fig.3より $P_L < 5$ の範囲で D_{cy} は P_L とほぼ等しく、 P_L 値が大きくなるに従ってばらつきが大きくなるものの、全体的には D_{cy} は P_L よりもやや大きめの評価を与えることがわかる。また、Table 1とTable 2に示す D_{cy} と P_L の判定区分を整合させることで、 P_L は D_{cy} と同様に液状化の程度を表す指標として位置付けてもよさそうである。

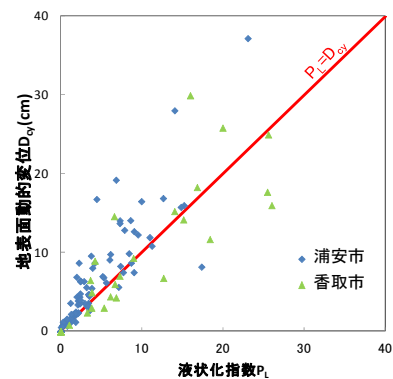


Fig.3 Comparison between P_L and D_{cy}

4. まとめ

本報告では液状化被害が集中して発生した東京湾東部沿岸と利根川下流沿岸において、公開されている地盤情報データベースを基に、基礎指針と道路橋による液状化判定を行い、両者を比較・検討した。本報告をまとめると以下の通りである。

- 1)基礎指針と道路橋による液状化判定による P_L 値を比較すると、道路橋の P_L 値は、基礎指針よりも大きめに評価されることがわかった。
- 2)基礎指針と道路橋による液状化判定結果の液状化指数 P_L と地表面動的変位 D_{cy} を比較すると、 $P_L < 5$ の範囲で、 D_{cy} は P_L とほぼ等しく、 P_L が大きくなるに従って D_{cy} は P_L よりもやや大きめの評価を与えることがわかった。また、 P_L は D_{cy} と同様に液状化の程度を表す指標として位置づけられる。

【参考文献】

- 1)工藤諒太他：2011年東北地方太平洋沖地震による液状化被害調査，第55回日本大学理工学部学術講演会論文集，pp.231-232，2011。
- 2)矢部智久他：2011年東北地方太平洋沖地震による液状化被害調査，第55回日本大学理工学部学術講演会論文集，pp.233-234，2011。
- 3)日本建築学会：建築基礎構造設計指針，2001。
- 4)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編，2002。
- 5)千葉県環境生活部：地質環境インフォメーションバンク
- 6)岩崎敏雄，龍岡文夫，常田賢一，安田進：地震時地盤液状化の程度の予測について，土と基礎，Vol.28，No.4，pp.23-29
- 7)吉田望，大矢陽介，澤田純男，中村晋：海溝型長継続時間地震動に対する簡易液状化判定の適用性，日本地盤工学会論文集，第9巻，第3号，pp.28-47，2009。
- 8)中川亮他：2011年東北地方太平洋沖地震による液状化被害調査，第56回日本大学理工学部学術講演会論文集，2012。