

土構造物の液状化被害程度把握に関する検討（その2）

東海旅客鉄道(株)	正会員	長縄 卓夫
同 上	正会員	阿知波秀彦
同 上		町田 文昭
基礎地盤コンサルタンツ(株)	正会員	森本 巖
同 上	正会員	山本 裕司

1. はじめに

液状化地盤における盛土の地震被害は、液状化に起因する過剰間隙水圧の消散及び支持地盤の強度低下による沈下と、液状化前に発生する堤体破壊や揺すり込み沈下などが複合的に重なりあって変状が発生していると考えられるが、現在の研究レベルで、これらの挙動を定量的に把握することは困難である。

そこで、これらの破壊形態のなかで液状化による盛土の沈下に着目し、実際の盛土に関する地震被害事例を活用し、沈下量を定性的にはあるが推定する手法について検討を行なった。

2. 事例収集作業

液状化地盤における鉄道・道路の盛土および河川堤防における被害事例を81例収集¹⁾し、各被害事例毎に地震名 用途 位置 盛土高および盛土材料 被害状況 土質柱状図などについて整理した。また、当該地点の最大加速度については、付近に観測記録がある場合にはその値を当該地点の加速度とし、付近に観測地点が無い場合には、各地震毎に観測記録から距離減衰式を作成して当該地点の最大加速度を推定することとした。

表 - 1 収集事例数

発生年	地震名	件数
1964	新潟地震	8
1968	十勝沖地震	1
1978	宮城県沖地震	36
1983	日本海中部地震	14
1993	釧路沖地震	8
1993	北海道南西沖地震	3
1994	北海道東方沖地震	2
1995	兵庫県南部地震	9
合 計		81

3. 液状化指数の算出

(1) 被害状況の確認

盛土の液状化被害の検討を行なうにあたり、収集した事例について、被災状況の図等より被害形態の区分を行った。先にも述べたように、液状化地盤上の盛土でも、堤体破壊によって被害が発生する場合もあることから、被害状況図より堤体破壊の発生していないと考えられる26事例を抽出して検討に用いることとした。

(2) 液状化指数の算出

抽出した事例について、液状化抵抗率（ F_L 値）から液状化抵抗指数（ P_L 値）を算出し、被害程度との相関について検討を行うこととした。

F_L 値については、鉄道の設計基準²⁾に基づき算出を行なった。地盤に関する資料としては土質区分とN値程度しか無いことから、

表 2 検討に用いた土質定数

土質名	$\gamma_t(\text{tf/m}^3)$	D50(mm)	FC(%)	礫分含有率
表土	1.5	0.02	80	0
粘土	1.5	0.005	90	0
シルト	1.55	0.025	75	0
砂質シルト	1.6	0.04	65	0
シルト質細砂	1.6	0.07	50	0
微細砂	1.65	0.1	40	0
細砂	1.75	0.15	30	0
中砂	1.8	0.35	10	0
粗砂	1.8	0.6	0	0
砂礫	1.9	2	0	50
腐植土	1.3	0.01	80	0
ゴケト・玉石	2	2	0	100
軟岩	1.8	—	—	—
礫混じり~	主体となる土層と同値			20

土質区分毎の標準的な定数（表 2）とN値より液状化強度比（R）を算出し、最大せん断応力比（L）の値は先の手法により決定した各地点毎の最大加速度を用いて算出を行なった。また、今回の被害事例の最大加速度は、最も大きいものでも350gal以下であることから累積損傷度法は適用していない。なお、新潟地震、宮城県沖地震および日本海中部地震での被害事例については、いずれも細粒分の少ない砂が液状化していたことが噴砂等から推定されるため、これらの被害事例については細粒分含有率を一律10%として計算している。

KEY WORD : 盛土、震害、液状化

連絡先 〒454-0815 愛知県名古屋市中川区長良町 1-1 TEL:052-363-07924 FAX:052-369-1501

また、 P_L 値の算出では、液状化程度の重み関数を岩崎らの提案している式³⁾ではなく次式を用いることとした⁴⁾。従来型との液状化程度の重み係数の比較結果を図 1 に示す。

$$P_L = \int_0^H \cosh(F_L)^{-10} (10 - 0.5z) dz \cdots (1)$$

ここで、 H ：液状化の判定を行なう表層地盤の厚さで $H = 2.0$ m, z ：地表面からの深さ (m)

4. 盛土の液状化被害と P_L 値の相関検討

以上により算出した P_L 値と、沈下量を盛土高さで除した値（盛土沈下率）との関係を図 2 に、実被害事例に遠心実験の結果を加えた場合の関係を図 3 に示す。

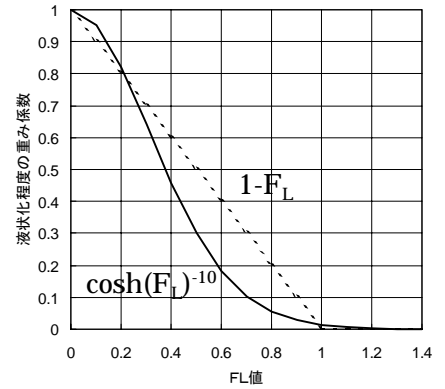


図 1 重み係数の比較

どちらのグラフにおいても P_L 値と盛土沈下率はよい相関を示している。

ここで、 P_L 値が 5 以下でも盛土沈下率が 0.05 付近に分布する結果となっ

ているが、これは盛土被害の分類をする際に液状化による沈下と揺すり込みによる沈下を分離できなかったためであると推定される。また、実被害事例では遠心実験結果と比べて盛土沈下率が大きいデータが少なくなっているが、これは大きな変形が発生した場合には提体にも損傷が発生することから、被害分類時に検討データから削除したためである。

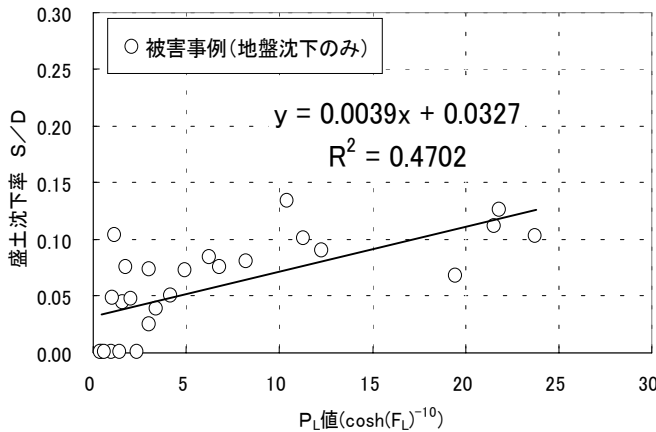


図 2 盛土の沈下率と P_L 値の関係
(被害事例のみ)

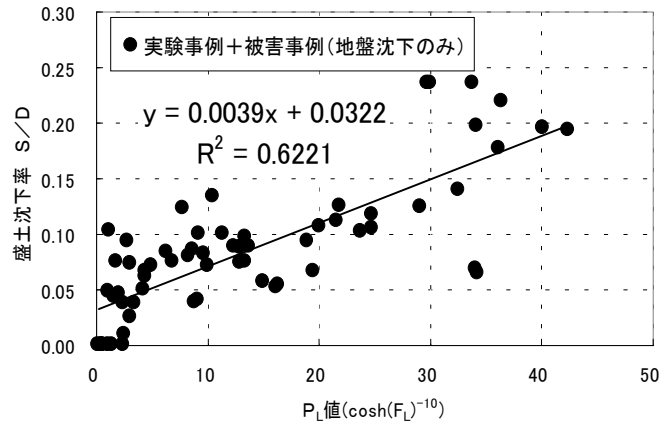


図 3 盛土の沈下率と P_L 値の関係
(遠心実験 + 被害事例)

5. まとめ

今回、盛土に関する液状化の被害事例の収集を収集して検討を行った結果、被害を液状化に限定した場合には、被害程度と P_L 値の間に高い相関があることが判った。また、 P_L 値算出手法については、今回提案した手法が、実被害事例においても被害と高い相関が得られた。

しかし、実際の盛土被害では、慣性力による盛土提体の破壊や地盤が揺すり込み沈下などもあり、場合によっては液状化による破壊と複合的に発生する場合もあることから、これらについても十分に検討することが重要であると考えられる。

【謝辞】今回の検討を行なうにあたり、貴重なご意見を頂きました東京大学 龍岡文夫教授、(財)鉄道総合技術研究所 館山勝氏に謝意を表します。

(参考文献) 1) 例えば、建設省土木研究所土質研究室：土木研究所 土構造物の震害事例 2) 丸善株式会社：鉄道構造物設計標準・同解説(耐震設計), 1999.10. 3) 岩崎敏夫, 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.28-4, pp.23-29, 1980.4. 4) 阿知波秀彦, 長縄卓夫, 町田文昭, 森本巖, 山本裕司：土構造物の液状化被害程度把握に関する検討(その1), 第57回土木学会年次学術講演会, 2002.9. 5) 澤田亮, 棚村史郎, 西村昭彦, 古関潤一：液状化地盤上における盛土沈下量の簡易推定法に関する一考察, 第34回地盤工学発表会 p.p.2091~2092., 1999.7.