

# 八郎湯干拓堤防における液状化被害の要因分析

東北大学工学部 学生員 〇利波 宗典  
正会員 柳沢 栄司

1. はじめに 八郎湯干拓堤防は、過去幾つかの地震によって、緩い砂の液状化によると思われる被害を受けている。古くは青森県西方沖地震(S39)から、先の日本海中部地震(φ58)まで、堤体の沈下が主たる被害であったが、各々の地震によって被害のあった地点が異なっているなど、興味深い点が多い。本論文は、日本海中部地震における資料を基に、統計的手法を用いて、八郎湯干拓堤防(中央干拓堤防)の地震被害の要因分析を試みたものである。

2. 地震被害の概要 日本海中部地震は、秋田沖約100 kmの所に発生し、規模はマグニチュード7.7で、日本海側で発生した地震としては、最大級のものであった。堤防の被害も、過去の地震によるもの内では、最も甚大であり、ほぼ全周にわたって被災している。特に正面堤防(FD1+500~FD5+100)、西部承水路堤防(WC13+000~WC15+000)では被害が大きく、天端の沈下が、最大1.8mにも反んでいる。データポイントとしては、この被害を3ランクに分け、堤防全体に点が平均的に分布するように考え、26地点を選んだ。

3. 解析方法 解析は外的要因及び表1に示す説明変数が、共に、連続量として得られるように重回帰分析によることとした。

(1)目的変数(外的要因) 堤防の被害を代表する変数として、堤防天端の沈下量をとった。なおこれは、地震の前(S51.7)後(S58.6)の全周測量の結果による。

(2)説明変数(説明要因) 堤防の被害に関連が有りうる、物理学的に興味がある、データのばらつきが大きい、データが得られやすい、といった観点から選んだ。(表1) なお、砂の液状化には、砂の粒度分布、地下水水位、N値などが強く関与しているが堤防全周にわたって地下水水位・緩い砂の粒度分布に、あまり差異が認められない事、N値自体を変数とする事の困難性及び、他の変数で代用できる事などから、説明変数として取り入れなかった。以下に、表1における主な変数について説明する。

1. 洪積世上部粘土層の層厚で、主として-30~-10m以浅に分布し、一般にN値は0である。

5. 洪積世砂礫層、あるいは洪積世砂層までの深さを仮定。一般にN値は50以上である。

6. 施工計画高をとり、圧密沈下の影響は無視している。

11~18. SH波の重複反射理論により、5. の仮定地震

表 1. 分析に用いた変数

番号	説名変数
1	軟弱層の厚さ(m) (中積世上部粘土層 Auc)
2	盛土及び置換砂の厚さ(m)
3	堤防天端から緩い砂の下層までの深さ(m) (昭和51年調査)
4	堤防天端から浸潤面までの深さ(m) (昭和51年調査)
5	地震基盤までの深さ(m) (洪積世砂層 Ds・Dgを仮定)
6	堤防天端高さ(m)
7	堤防散巾(m)
8	最大加速度振幅(gal) / 伝達関数1 次モード周期(sec)
9	最大速度振幅(Kine)
10	最大変位振幅(cm) * 伝達関数1 次モード周期(sec)
11	伝達関数1 次モード周期(sec)
12	伝達関数1 次モード倍率
13	伝達関数2 次モード周期(sec)
14	伝達関数2 次モード倍率
15	伝達関数3 次モード周期(sec)
16	伝達関数3 次モード倍率
17	伝達関数4 次モード周期(sec)
18	伝達関数4 次モード倍率

表 2. 目的変数(天端沈下量)との相関

番号	目的変数との相関係数	目的変数との偏相関係数
1	0.46752	-0.18555
2	0.53694	0.48705
3	0.37358	-0.18992
4	0.50087	0.35057
5	0.34634	0.60604
6	0.44102	-0.33886
7	0.38376	-0.19395
8	-0.38953	-0.35020
9	0.52397	-0.66404
10	0.55388	0.62190
11	0.55686	-0.60077
12	0.48422	0.78955
13	0.51156	0.06578
14	-0.06306	0.06906
15	0.57389	0.06904
16	-0.00705	0.57262
17	0.58985	0.23027
18	-0.16936	-0.48366

基礎と地表との増巾度スペクトルを求めた。

8~10. FD7+426地点で観測された加速度波形を基に仮定地震基礎での入力波形を推定し、これと先の伝達関数により、各地点での加速度・速度・変位最大振幅を推定した。8.で伝達関数はモード周期で割り9.でかけているのは地震の卓越周期が長くなるにつれ変位量は増加するが加速度量は減少するという常識に照らし、妥当性があると考えたためである。以上表1に示した各量を、計26地点について求め、重回帰分析を行った。

4. 解析結果と考察 各説明変量と天端沈下量との相関係数・偏相関係数を表2に示す。又、参考のため軟弱層厚と天端沈下量との相関図を図1に示す。図1は各々の変量をデータの最大値で割って規格化してある。同時に表3に示す重回帰式を描いてある。表2でとび抜けて

目的変量との相関が強いものはないが、最大変位振幅×伝達関数×モード周期、盛土置換砂厚さとは比較的正の相関があり、天端沈下が緩い砂の液状化によつて生じたという立場からは妥当性がある。又伝達関数の各モード周期と正の相関が見られる事も、地震波の卓越周期が比較的長か、たため、地盤の卓越周期が長い程、共振によつて変位量が大きくなり被害も大きくなる、と推定される。軟弱層厚とは、相関係数を見る限りでは弱い正の相関しか無いが、図1に見られる通り、正面堤防以外では強い正の相関がある様で興味深い。以上を考慮に入れて、重回帰係数が大きくなる様に、かつ分散比が大きくなる様に変量の組み合わせを変えて分析を行った。その最終結果を表3に示す。ここで、正規化された回帰係数とは各変量を正規化した場合の回帰係数。t検定は、変量の有意性の検定で\*が5%、\*\*が1%有意を示している。又、F値は変量の寄与率である。この回帰式の重回帰係数は0.8678と比較的大きな値を示し、分散比も1%有意とその有意性を示している。これによれば、堤防敷中の影響が真の方向に極めて大きく、堤防の敷中は液状化防止に効果があると思われる。又、堤防天端から浸潤面までの砂層厚は、前述の様に地下水位に差異が無ければ堤防の高さと考えらる事ができ、これが正の方向に寄与が大きいという事は、地震動に対する不安定性を示していると考えられる。

5. あとがき 本研究の本旨は、過去に八郎場干拓堤防が影響を受けた各々の地震によつて、被害を被った地点が異なっている現象を説明できる様な要因を、探り出す事にある。今回、日本海中部地震のデータを基に重回帰分析を行なつた目的もそこにあり、他の地震、例えば新潟地震、十勝沖地震などのデータを今回得られた回帰式に用いて、それぞれの被害を持徴づけれないかといった狙いがある。今後、以上の方針に沿つて研究を進めるつもりである。

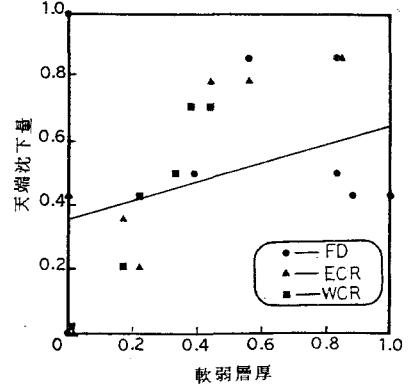


図 1. 相関図 (天端沈下量-軟弱層の厚さ)

表 3. 重回帰分析の結果

説明変量 $X_i$	偏回帰係数	正規化された回帰係数	t 検定	F 値
1. 軟弱層の厚さ	0.2123E-01	0.2658		1.4691
2. 盛土及び置換砂の厚さ	0.2128E-01	0.1785		0.4054
4. 堤防天端から浸潤面までの砂層厚	0.2555	0.8475	*	6.9336
5. 地震基礎の深さ	0.2086E-01	0.5977	**	8.8718
7. 堤防敷巾	-0.1831E-04	-1.2744	**	12.8040
10. 地表最大変位振幅×伝達関数1次モード周期	0.1804E-04	0.0280		0.1575E-03
12. 伝達関数1次モード倍率	0.7882E-01	0.7735	**	8.7455
定数項	-1.7536			

重回帰係数 0.8678      分散比 7.8389 1% 有意  
寄与率 0.7535

参考文献

八郎場干拓堤防災害復旧施工・技術検討報告書 (秋田県 1984)