

東日本大震災による沿岸部埋立地の液状化 と工場被災額の関係

北出 圭介¹・一井 康二²・木下 洋樹³・久賀 真一⁴・米浦 大輔⁵

¹正会員 中電技術コンサルタント株式会社 (〒734-8510 広島県広島市南区出汐二丁目3-30)
E-mail: kitade@cecnet.co.jp

²正会員 広島大学 (〒739-8527 広島県東広島市鏡山1-4-1)
E-mail: ichiikoji@hiroshima-u.ac.jp

³正会員 株式会社不動テトラ (〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7番2号)
E-mail: hiroki.kinoshita@fudotetra.co.jp

⁴正会員 基礎地盤コンサルタンツ株式会社 (〒136-8577 東京都江東区亀戸1-5-7)
E-mail: kuga.shinichi@kiso.co.jp

⁵正会員 復建調査設計株式会社 (〒732-0052 広島県広島市東区光町2-10)
E-mail: f18562@fukken.co.jp

平成23年3月11日に発生した東日本大震災では、京浜工業地帯・京葉工業地帯の沿岸部の埋立地において、液状化に起因した工場の被害が多数発生した。このような工場の被害において、工場敷地内の液状化の有無に基づいて被害の傾向を評価することは、今後の液状化対策の費用対効果等を検討する上で有用である。そこで、本検討では、地震動強さおよび液状化の有無と工場の被災による経済損失の関係を、種々の公表資料から調査した。地震動強さは工場近隣の計測震度とし、液状化の有無は工場近隣における液状化の有無により推測した。また、被災による経済損失は、有価証券報告書の記述から推計した。この結果、液状化が生じた場合、概算であるが、工場の敷地面積1m²あたり、液状化が生じない場合に比べて1.6万円 of 被害増加となることが分かった。

Key Words : Seismic Intensity, Liquefaction, Damages, Factory, Site area

1. はじめに

平成23年3月11日に発生した東日本大震災の例からわかるように、地震時には沿岸部の埋立地の広い範囲で液状化が発生することがある。しかし、埋立地には多くの工場が立地していることが多く、液状化による工場の被害が企業の経済活動に影響を及ぼすことが懸念される。実際、関東地方の京浜工業地帯、京葉工業地帯では、沿岸部の埋立地に多く工場が立地しており、東日本大震災においても、液状化に起因したと思われる工場被害が多数発生した。

埋立地の工場の防災対策の立案においては、工場敷地内の液状化が工場の被害にどのような影響を及ぼすかを把握しておく必要がある。しかし、液状化対策等の防災対策には費用が掛かる。そこで、工場の被害に伴う経済損失が、敷地内の液状化によってどのように増加したかを評価することは、今後の液状化対策の費用対効果等を検討する上で有用である。

工場の被災には、地盤の液状化に伴う被災のほか、地震動に起因した施設等の損失や、社会情勢の変化に伴う供給減少等によって生じた損失も含まれるものと考えられる。また、埋立地に立地する工場は多種多様であると同時に、工場の規模も異なっている。さらに、工場の被災状況や工場敷地内の液状化の状況は必ずしも公表されていない。すなわち、敷地内の液状化の有無だけに着目し、その他の条件をそろえて、液状化の影響を把握することは極めて困難である。

そこで、本研究では、東日本大震災において被災した工場による経済損失を、公表されている有価証券報告書の情報から推計することとした。また、工場の規模等の影響については、敷地面積当たりの被害額に換算することで基準化して比較した。また、地震動強さと液状化の有無は、近隣の気象庁震度および液状化の有無の報告事例から推定した。そして、液状化の有無に着目して結果を整理することで、液状化に伴う被害の増加を定量的に把握した。

2. 検討方法

(1) 検討対象となる工場の抽出

本検討の対象は、東京湾内の埋立地および茨城県の沿岸部に位置する工場とした。また、被害額の把握に有価証券報告書のデータを用いたため、東証一部上場の企業の工場を対象とした。将来的には、東証二部上場企業等も対象にすることで、データ数を増加させることができると考えられる。

ただし、東証一部上場企業の工場であっても、東日本大震災の被災範囲に1つしか工場を所有しない企業に限定している。これは、被災した工場が複数あると、1つの工場における被災金額を算定することが難しいためである。

抽出した工場の分布を、図-1に示す。また、一覧を表1に示す。なお、個別の企業名は割愛し、主な生産品目のみ参考を示すこととした。

(2) 工場の被災金額

工場の被災の程度は、被災金額で評価することとした。また、被災金額として、平成22年度の有価証券報告書に記載されているのは、「特別損失」と「損害損失引当金」があるが、「損害損失引当金」は、「特別損失から繰上額として計上する」との記載がある企業もあることから、被災金額は「特別損失」のみで表すものとした¹⁾。ここで、特別損失は、平成23年3月11日（平成22年度）の震災により発生した損失であり、損害損失引当金は、同様に震災により平成23年度に確実に発生する損失の引当金である。このため、引当金や実際に発生した平成24年度以降の損失など、平成23年度に計上できない損失もあると考えられ、被災金額を過小評価している。有価証券報告書に記載されている損失額の一例を図-2に示す。

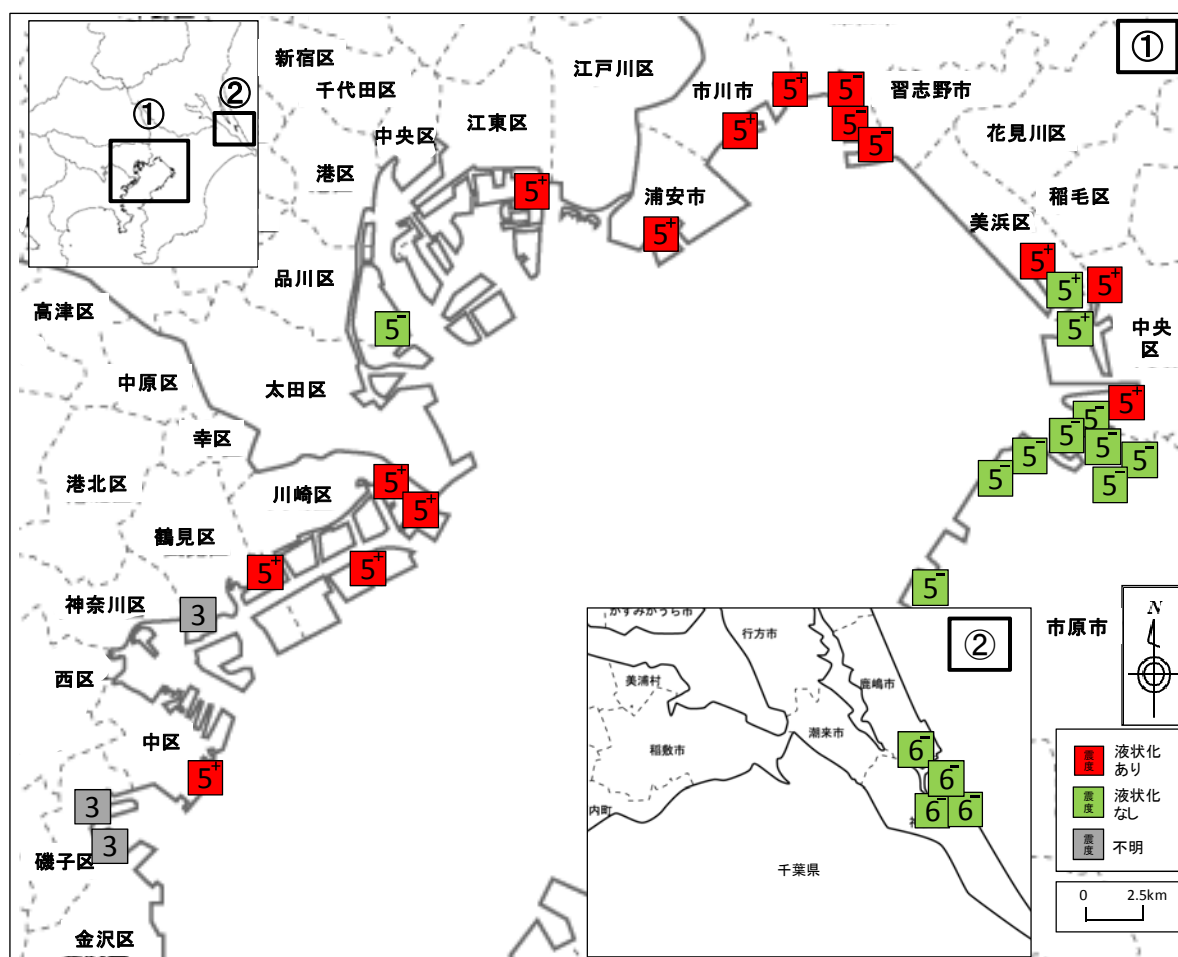


表-1 検討対象とした工場の一覧表

工場近傍 の震度	液状化 の有無	主な生産品目	被災に伴う特別損失 (単位：百万円)	損害損失引当金 (単位：百万円)	被災金額 (のみ)	敷地面積 (m^2)	被災金額/敷地面積
3	不明	精密機械	10,590	4,864	10,590	227,000	0.04665
3	不明	食品	1,300	0	1,300	233,000	0.00558
3	不明	自動車	39,605	12,128	39,605	505,434	0.07836
5弱	有	外食事業	54	0	54	2,334	0.02314
5弱	有	菓子	45	0	45	5,634	0.00799
5弱	有	パイプ	2,315	0	2,315	66,408	0.03486
5弱	有	表面処理加工	213	182	213	5,779	0.03685
5弱	無	加工食品	65	0	65	9,641	0.00674
5弱	無	船舶	714	603	714	420,000	0.00170
5弱	無	砂糖	145	0	145	105,000	0.00138
5弱	無	薬品	2,971	0	2,971	60,000	0.04952
5弱	無	樹脂	288	0	288	600,000	0.00048
5弱	無	化学製品	707	0	707	450,000	0.00157
5弱	無	化学製品	1,079	0	1,079	320,000	0.00337
5強	有	製粉	972	0	972	79,000	0.01230
5強	有	造船・機械	10,240	0	10,240	958,000	0.01069
5強	有	化学製品	234	131	234	123,100	0.00190
5強	有	化学製品	4,129	2,657	4,129	100,000	0.04129
5強	有	食品保管	3,307	0	3,307	20,000	0.16535
5強	有	ドラム缶	119	99	119	61,984	0.00192
5強	無	化学製品	498	0	498	5,182	0.09610
5強	無	小麦粉	664	443	664	35,192	0.01887
5強	有	加工食品	977	6	977	22,041	0.04433
5強	有	各種銅管	303	0	303	70,002	0.00433
5強	有	菓子	1,020	867	1,020	16,610	0.06141
5強	有	仮設資材	199	0	199	19,820	0.01004
5強	有	精米	53	0	53	3,914	0.01354
6弱	無	鋼材	62,041	49,307	62,041	10,000,000	0.00620
6弱	無	化学製品	21,032	2,440	21,032	820,000	0.02565
6弱	無	化学製品	3,000	2,185	3,000	350,000	0.00857
6弱	無	化学製品	0	3	0	400,000	0.00000

図-2 有価証券報告書の一例（抜粋）²⁾

【連結損益計算書】の抜粋

(単位：百万円)

	前連結会計年度 (自 平成21年4月1日 至 平成22年3月31日)	当連結会計年度 (自 平成22年4月1日 至 平成23年3月31日)
特別損失		
災害による損失	—	※3 62,041
持分変動損失	1,592	—
事業再編損	※4 1,532	—
特別損失合計	3,124	62,041

東日本大震災によるものであり、その内容は、原状回復費用49,048百万円、操業度損失8,173百万円及び資産の滅失損失等4,818百万円である。当該損失のうち、49,307百万円は災害損失引当金への繰入額として計上している。

【連結貸借対照表】の抜粋

(単位：百万円)

	前連結会計年度 (平成22年3月31日)	当連結会計年度 (平成23年3月31日)
負債の部		
流動負債		
支払手形及び買掛金	※1 204,969	※1 221,195
短期借入金	286,893	※1 279,818
コマーシャル・ペーパー	24,000	105,000
1年内償還予定の社債	10,000	35,000
繰延税金負債	428	11
賞与引当金	—	16,814
災害損失引当金	—	49,307
その他	113,063	93,452
流動負債合計	639,355	800,600

(ハ) 災害損失引当金

東日本大震災により被害を受けた設備の原状回復に要する費用等の発生に備えるため、当連結会計年度末における見込額を計上している。

(3) 工場近傍の地震動の強さと液状化の有無

工場近傍の地震動の強さについては、気象庁より公開されている資料³⁾から、工場近傍の震度階級を抽出した。

液状化の有無については、東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態説明報告書⁴⁾、千葉県 東日本大震災千葉県調査検討専門委員会資料⁵⁾から得られる液状化の発生分布と工場の位置とを対応させて判定した。液状化の発生状況の例を図-3に示す。

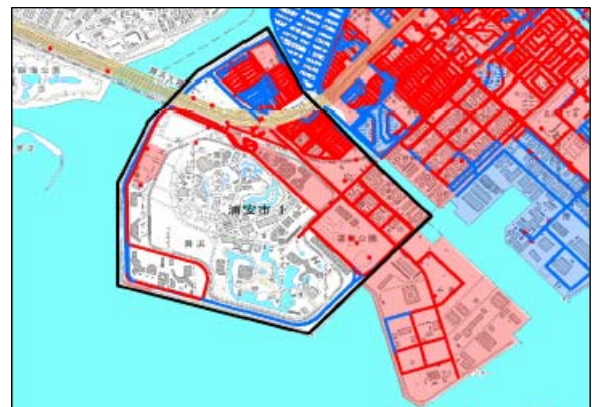


図-3 液状化の発生状況(千葉県浦安市付近)⁴⁾

3. 検討結果

抽出した工場の被災金額、震度、液状化の有無について表-1にまとめた。この表をもとにして、各項目における関連性を検討するため、項目間の関係図を作成した。なお、液状化の有無について確認できなかった工場については除外した。

図-4に、震度および被災金額の関係を液状化の有無で分けて示す。液状化ありの場合は、震度5弱よりも震度5強の方が被災金額が大きくなる傾向にあるが、液状化なしの場合は、震度5強よりも震度5弱の方が被害金額が若干大きくなる結果になっている。また、震度6弱に被災金額が著しく大きい工場があるが、敷地面積がの大きな工場が該当している。

ここで、有価証券報告書の被災金額は、工場の業種により大きく異なる。つまり、工場設備の復旧費用だけでなく、在庫処分費、原材料の滅失、操業停止による損失などの様々な費用の含有の有無、また、工場の生産費品目による設備の種類、従業員数、敷地面積などの工場の

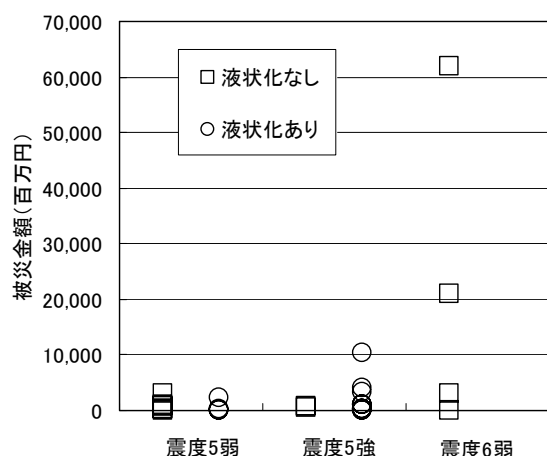


図-4 震度及び液状化の有無と被災金額の関係

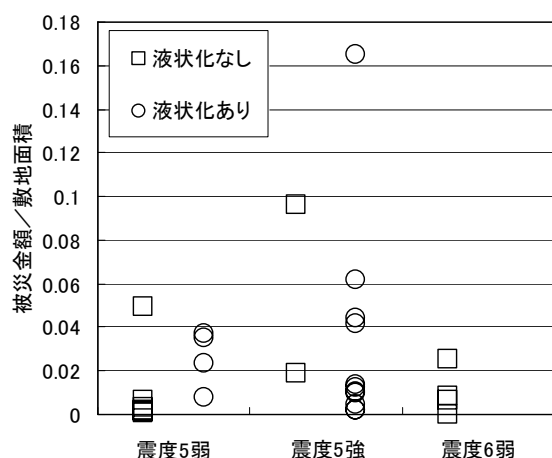


図-5 震度及び液状化の有無と被災金額 / 敷地面積の関係

規模によって金額が大きく異なってくると考えられる。そこで、被災金額は、工場の敷地面積に比例して大きくなると仮定し、被災金額を敷地面積で除した値に対する震度および液状化の有無の関係を図-5に示す。業種によるばらつきがやはり大きく、震度が大きいほど被災金額が大きくなるという明確な傾向ではないが、液状化ありの方が、被災金額 / 敷地面積の値がやや大きくなるようである。

次に、震度および液状化の有無ごとに、敷地面積と被災金額の関係を図-6 (a)に示す。ここで、敷地面積および被災金額が比較的小さい工場の数が多いため、原点付近を拡大した場合を図-6 (b)に示す。液状化の有無に係わらず、敷地面積が大きくなるにしたがい、被災金額が大きくなる結果となっている。また、若干ではあるが、液状化ありの方が被害金額が大きい傾向にある。

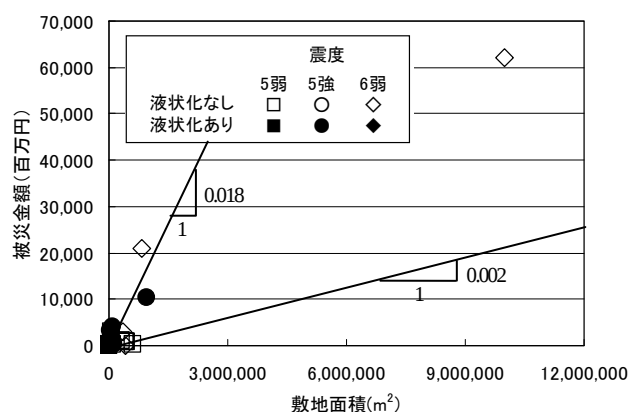


図-6 (a) 震度及び液状化の有無ごとの敷地面積と被災金額の関係

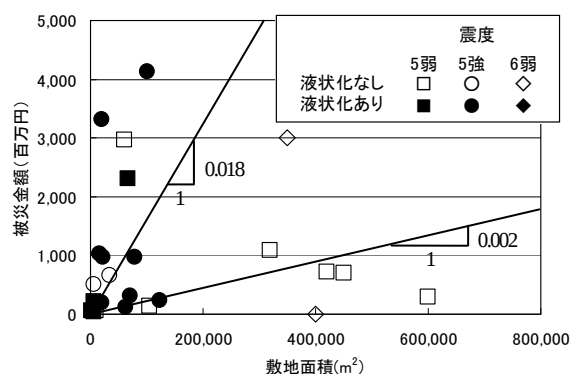


図-6 (b) 震度及び液状化の有無ごとの敷地面積と被災金額の関係 (拡大)

液状化ありと液状化なしの場合で、線形近似を行い傾きを算定すると、液状化なしの場合の傾きが1:0.002であるのに対し、液状化ありの場合は1:0.018となった。ただし、敷地面積および被災金額が著しくおおきなデータが3つほどあり、その値によって回帰曲線が大きく影響を受けるため、比較的安定した傾向の違いが評価できる図-6(b)に示した範囲のデータのみを用いて分析した。この傾きは、敷地面積1m²当りの被災金額の増加率を表していることから、この傾きの差分である0.016は、液状化により被災金額の増加率の増分である。つまり、金額にすると、敷地面積1m²当り1.6万円の差が生じている。すなわち、液状化する場合は、液状化しない場合に比べて、敷地面積1m²あたり被災金額が1.6万円大きかったことになる。

なお、ここでの被災金額は過小評価となっている可能性が高いことを考慮すると、液状化の有無による被災金額の差は、実際にはさらに大きくなることが考えられる。また、敷地面積には、工場で使用する資材置き場や駐車場等、様々なものが含まれている、工場設備等の存在する重要部分の敷地面積当たりで計算した場合は、被災金額の差はさらに大きくなると考えられる。

とはいえ、液状化対策の費用に比べると、対策工法にもよるが、敷地面積1m²当り1.6万円は小さな値であると思われる。工場敷地内全域を液状化対策するのではなく、業種、設備、稼働状況に応じて、重要な範囲を液状化対策していくことが合理的であることを示唆しているといえる。

4. 結論

本検討では、地震動強さおよび液状化の有無と工場の被災による経済損失の関係を、種々の公表資料から調査した。得られたおもな結論は下記の通りである。

- ・工場近傍の気象庁震度の大小と被災金額の関係は明確には得られなかった。これは、工場位置でなく、近傍で計測された値を震度として用いたこと、また、工場の被災は、工場の業種や生産品目に大きく依存するからであると考えられる。
- ・液状化の有無と被災金額の大きさの関係は、液状化ありの方が被災金額がやや大きくなる傾向が得られた。

住宅地や道路で見られたように、工場敷地内も液状化により工場設備の傾斜や沈下が生じ、また填砂による土砂等で工場稼働に影響もあったと推測され、これらの発生の程度が被災金額の大きさに影響しているものと考えられる。

- ・工場の敷地面積1m²あたりの被災金額が、液状化なしの場合より、液状化ありの場合の方が1.6万円大きくなる結果が得られた。ただし、これは、工場で使用する資材置き場や駐車場等、様々なものが含まれた敷地あたりで計算したものである。工場敷地内全域を液状化対策するのではなく、業種、設備、稼働状況に応じて、重要な範囲を液状化対策していくことが合理的であることを示唆しているといえる。

今後は、工場の業種の違い等にも着目して、必要な液状化対策範囲の設定法などを検討する必要がある。

謝辞：本検討は、公益社団法人地盤工学会中国支部で開催している土質セミナー広島地域の活動の一環として実施された。検討にあたり、議論等を行ったメンバー各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日経ビジネス ONLINE, 「災害損失引当金」を通して被災企業を知ろう 「引当金」の考え方を理解する, 2011年11月4日
- 2) 住友金属工業 平成23年度 有価証券報告書
- 3) 気象庁 HP, 平成23年4月 地震・火山月報(防災編), 付録2. 「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」による各地の震度
- 4) 東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態解明報告書, 平成23年8月, 国土交通省関東地方整備局・公益社団法人地盤工学会
- 5) 第6回東日本大震災千葉県調査検討専門委員会, 平成24年4月25日開催, 資料1: 液状化資料

(2009.7.1 受付)

THE EFFECT OF LIQUEFACTION ON THE DAMAGES OF FACTRIES IN THE GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE DISASTER

Keisuke KITADE, Koji ICHII, Hiroki KINOSHITA, Shinichi KUGA
and Daisuke YONEURA

Many factories at the reclaimed land in Kanto area were damaged in the Great East Japan Earthquake Disaster, 2011. Some of the damages might be related to the liquefaction occurrence at the reclaimed land. Thus, for the future planning of the liquefaction countermeasures, it is beneficial to evaluate the effect of the liquefaction occurrence on the damage. In this study, based on the published data, the relationships between the economical loss (damages) to the factories, and seismic intensity nearby the site and liquefaction occurrence at the site were investigated, respectively. As a result, the damages to a factory with liquefaction is larger than that to a factory without liquefaction, about 16,000 yen per unit site area.