

静岡市中島浄化センターの 東海地震・津波来襲時の被害予測について

藤間功司¹・佐藤紘志²・嶋原良典³・竹内幹雄⁴・千葉智晴⁵
・飯田勉⁶・砂坂善雄⁷・高梨和光⁸

¹防衛大学校 システム工学群 建設環境工学科 (〒239-8686 横須賀市走水1-10-20)
E-mail: fujima@nda.ac.jp

²元防衛大学校 システム工学群 建設環境工学科 (〒239-0808 横須賀市桜が丘1-8-2)
E-mail: satoh728@tian.ocn.ne.jp

³防衛大学校 システム工学群 建設環境工学科 (〒239-8686 横須賀市走水1-10-20)
E-mail: shigi@nda.ac.jp

⁴株式会社日水コン 下水道本部 (〒163-1122 東京都新宿区西新宿6-22-1)
E-mail: takeuti_m@nissuicon.co.jp

⁵株式会社日水コン 下水道事業部 (〒163-1122 東京都新宿区西新宿6-22-1)
E-mail: chiba_to@nissuiconn.co.jp

⁶株式会社日水コン 下水道本部 (〒163-1122 東京都新宿区西新宿6-22-1)
E-mail: iida_t@nissuiconn.co.jp

⁷鹿島建設株式会社 土木設計本部 (〒107-8502 東京都港区赤坂6-5-30)
E-mail: sunasaka@kajima.com

⁸清水建設株式会社 土木技術本部 (〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3シーバンスS館)
E-mail: w.takanashi@shimz.co.jp

我が国の沿岸には多くの下水浄化センターが存在する。これらは一般には高潮水位などを考慮して建設されているが、地震・津波による二重被害を想定して建設されている訳ではない。我々は既に中越地震などでパイプラインの損傷、浄化センターの一時機能停止などにより、生活用水が使用できなくなりトイレなどの使用自粛により、エコノミークラス症候群による犠牲者の発生と言う悲しい事実も経験している。本文では、東海地震・津波の来襲が予想される静岡市中島浄化センターをモデルに現在得られている予測当該地点地震波の内、最強と考えられる地震波を用いて構造物の地震被害の予測を行うと共に、津波の初期予想水位をパラメーターとして被害の予測と復旧日数の算定を試みた。

Key Words : Damages on sewage treatment plants, Seismic response, Damages by tsunami

1. はじめに

中島浄化センターの反応タンク屋上に設置された人工芝多目的グラウンドは、広域避難場として指定されている。このセンター一帯は 1854 年安政東海地震・津波で浸水を受けた地域である。センターは昭和 55 年に造成を開始し、約 2~2.5 m の盛土をして建設された結果、海拔 4.5 m 程度となっている。周囲地域は当時の標高であり、海拔 2.5 m 程度と低くなっている。

ここでは、この地点に想定東海地震・津波が来襲してきた時の災害を予測してみた。更に他の処理場への参考の為に、想定東海モデルの初期水位を 1.3 倍、1.5 倍、2.0 倍とした時の津波被害も併せて想定した。なお、本文は土木学会「巨大地震災害への対応検討特別委員会・パイプライン WG」並びに「地震工学委員会・海岸工学委員会・津波被害

推定ならびに軽減技術研究小委員会」の関係者によって作成されたものである。

2. 地震災害予測

広域避難所として指定されている人工芝グラウンドが屋上にある反応タンクや津波に対する最初の障壁となる海岸堤防には、津波が来襲する前に地震動が伝播してくる。本章では、地震動によるこれらの構造物の損傷状況を検討する。

(1) 反応タンクの損傷状況

図-1 に示す中島浄化センターの反応タンクの横断面を検討対象とし、東海地震により想定される当該地域での地震動に対して、非線形地震応答解析を実施し、構造物の地震被害を予測する。



図-1 解析対象断面

a) 入力地震動の検討

中島浄化センターの反応タンクの耐震検討に用いる地震動としては、以下の地震動の中から対象構造物に最も影響の大きいものを選定することとした。

- ・野津波 SZ0014 静岡 4 波 (破壊開始点 S1, S2、方向 NS, EW) 基盤引き戻し波¹⁾
- ・中央防災会議の地震動 9 波 (東海地震 S1, 東海地震 S2, 東海東南海南海地震, 方向 NS, EW)

これらの地震動について、最大加速度、加速度応答スペクトル、速度応答スペクトルの比較を行うとともに、中島浄化センターの地盤の地震応答解析 (SHAKE) を実施し地盤の応答特性を比較検討した。地震応答解析 (SHAKE) に用いた地盤条件は、表-1 のように設定した。ここで、地盤の弾性波速度 V_s は、標準貫入試験による N 値との関係から、以下の式により設定した。

$$\begin{aligned} V_s &= 100 N^{1/3} && \text{粘性土} \\ V_s &= 80 N^{1/3} && \text{砂質土} \end{aligned}$$

地盤の非線形特性として「埋立地の液状化対策ハンドブック (平成9年、運輸省港湾局監修)」に示されるモデルに基づき、 $G/G_0 \sim \gamma$ 、 $h \sim \gamma$ 曲線を設定した。

検討の結果、以下のことがわかった。

- ・最大加速度は、野津波 S2 (EW) が最も大きい。
- ・固有周期が 0.5~1.0 秒の範囲では野津波の応答スペクトル値がやや大きくなる。
- ・地盤の地震応答解析 (SHAKE) による地表面の最大変位と最大加速度は野津波 S2 (EW) が最も大きい。また、地表面加速度の応答スペクトルについても野津波 S2 (EW) が最も大きい。

以上より、本検討では野津波 S2 (EW) を検討用地震動波形として選定した。野津波 S2 (EW) と東海 S2 (EW) 波形の地表面加速度応答スペクトルを図-2 に示す。また、解析対象地震動として選定した野津波 S2 (EW) の地震波形を図-3 に示す。

b) 地震応答解析

本検討では、2次元 FEM による非線形動的解析に基づき、対象構造物の損傷状況を検討する。

地盤の非線形特性として、地盤剛性比 (G/G_0)、減衰定数 h はせん断ひずみ依存性を考慮するものとし、 $G/G_0 \sim \gamma$ 、 $h \sim \gamma$ 曲線を設定する。ただし、必要に応じて拘束圧依存性を考慮する。この場合の拘束圧は、平均有効拘束圧を用いるものとし、層厚 3m 程度を目処として材料区分を行うものとする。

解析においては、地盤の応力ひずみ関係として R-0 モデルを適用し、そのパラメータは $G/G_0 \sim \gamma$ 、 $h \sim \gamma$ 曲線に整合するように設定する。R-0 モデルの設定パラメータを表-1 に示す。

中島浄化センター水処理施設の反応タンク断面を対象断面とし、5号・6号系列の構造図に基づいて解析モデルを作成した。図-4 に解析モデルを示す。側方境界は、側方に自由地盤 (フリーフィールド) を設け、これと粘性境界で接合するモデルとし、下方境界は粘性境界とした。

解析モデル作成に際しての要素分割は、1要素の厚さ h に対して $h \leq V_s / (5 \cdot f_{\max})$ を考慮した。ここに、 f_{\max} : 考慮する周波数で 20Hz 程度とし、 V_s : せん断弾性波速度である。ただし、地盤条件によっては地震時の収束 V_s がかなり小さくなる可能性もあるため、層厚 h は 1m 程度を最小厚とした。なお、構造物の E 通りと F 通りの間、及び J 通りと K 通りの間は、目地で接合された構造になっている。ここでは、これらの間に弱いバネを設けて相互間に非接触挙動が生じるように設定した。

常時荷重として部材自重、土圧、外水圧、内水圧及び上載荷重が作用するが、本検討ではこの常時荷重による断面力を動的解析における初期応力とし、地震時の作用荷重は増分荷重として加わるものとする。

以上のような解析モデルに野津波 S2 (EW) を入力した地震応答解析を実施した。解析結果として、最大変位発生 $t=27.6$ 秒における変形図を図-5 に示す。

c) 損傷状況の検討

図-6 に、応答曲率 ϕ_d とコンクリートのひび割れ曲率 ϕ_c 、降伏曲率 ϕ_y 、終局曲率 ϕ_u の関係を示す。全ての部材で応答局率は終局曲率以下である。

また、地震時のせん断力は全ての部材においてせん断耐力以下であることが確認された。

以上より、本水処理施設は耐震性能 II²⁾ を満足すると判定される。すなわち、本構造物は想定される東海地震によって構造物全体が崩壊することではなく、地震後に機能が短期間で回復でき、補強を必要としないと考えられる。但し、既往の災害には強いがスロッシングなど新しいタイプの災害には注意を要する。

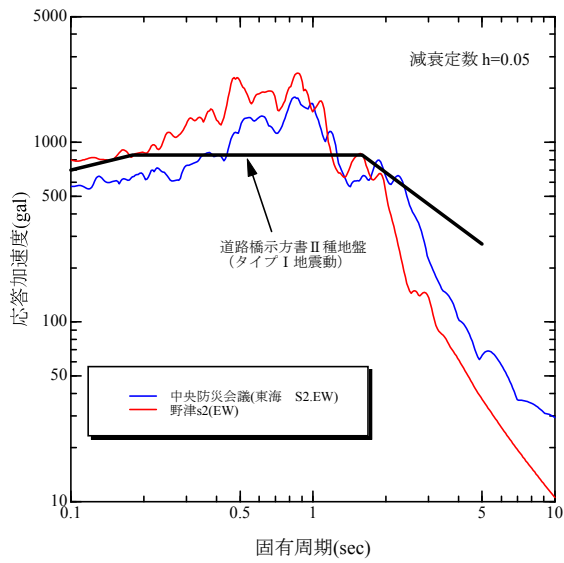


図-2 地表面波形の応答スペクトルの比較

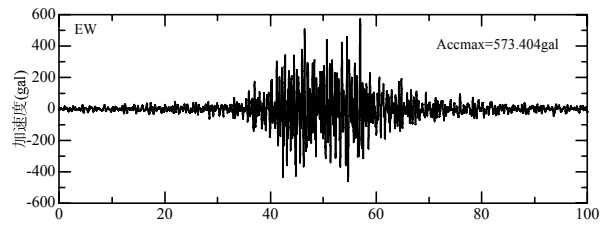
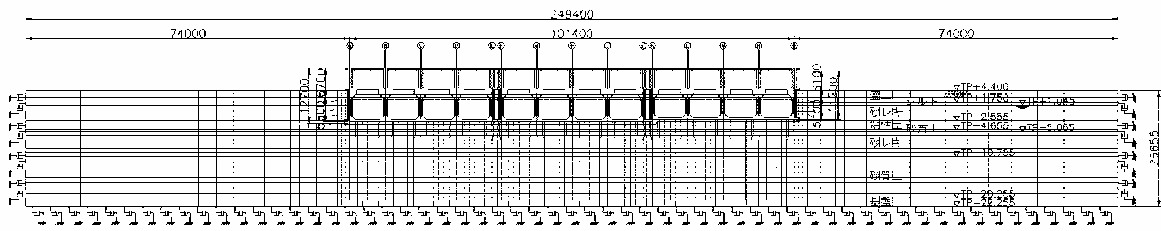


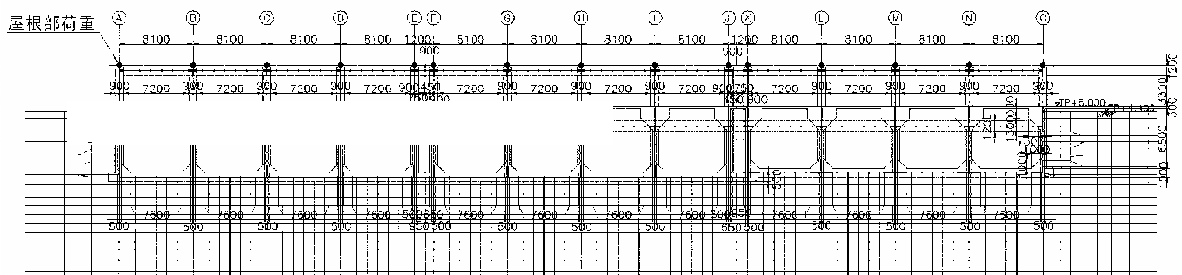
図-3 解析対象地震動－野津波 S2 (EW) －

表-1 地盤モデル

地層名称	No	下限深度 T.P.(m)	層厚(m)	N値	弾性波速度 Vs(m/sec)	せん断剛性率 G ₀ (tf/m ²)	基準ひずみ γ _{0.5}	最大減衰率 hmax	単位体積重量 γ t(tf/m ³)
地表面		4.400							
盛土層	1	1.845	2.555	11	178	5810.0	2.400E-04	0.25	1.80
シルト層	2	1.045	0.800	6	182	4710.0	1.700E-03	0.22	1.40
砂礫層	3	-2.555	3.600	19	213	8370.0	2.900E-04	0.25	1.80
粘性土層	4	-4.655	2.100	4	159	3590.0	1.700E-03	0.22	1.40
砂質土層	5	-5.055	0.400	7	153	4060.0	3.100E-04	0.25	1.70
砂礫層	6	-10.755	5.700	26	237	10310.0	3.300E-04	0.25	1.80
砂質土層	7	-20.255	9.500	30	249	11340.0	4.000E-04	0.25	1.80
基盤(砂礫)	8	-22.255	2.000	50	400	32650.0			2.00



(a) 全体図



(b) 詳細図

図-4 解析モデル

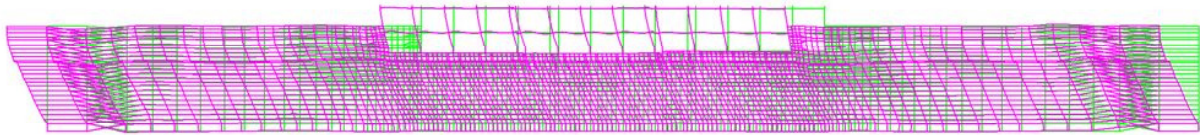


図-5 最大変位発生 $t=27.6$ 秒における変形図 最大変形量 $\delta_{max}=24.08\text{cm}$

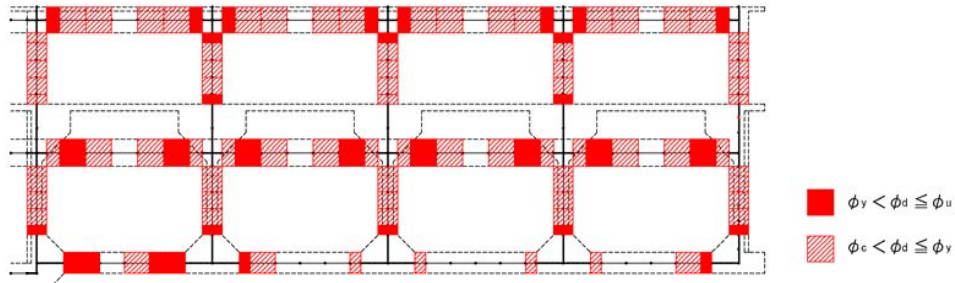


図-6 反応タンクの損傷状況

(2)海岸堤防の損傷状況

a) 地盤性状

図-7 に駿河湾側堤防の土質資料を、図-8 に安倍川側堤防の土質資料を示す。

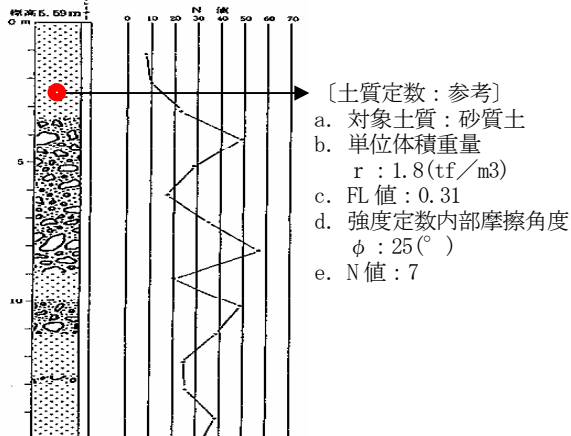


図-7 駿河湾側堤防土質資料

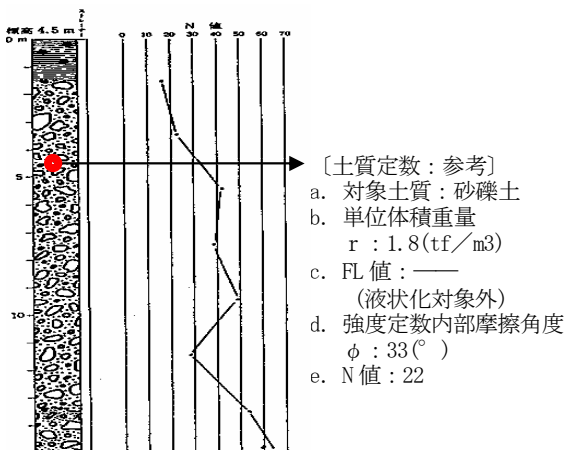


図-8 安倍川側堤防土質資料

b) 堤防形状

図-9、図-10 にそれぞれの堤防形状を示す。

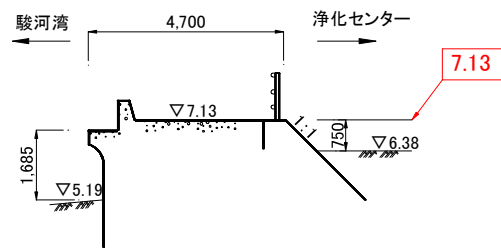


図-9 駿河湾側堤防形状

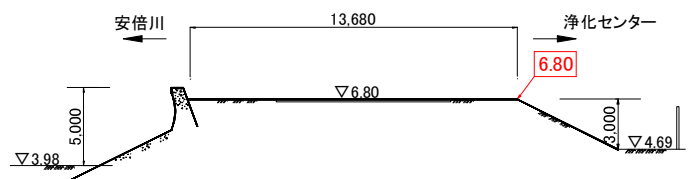


図-10 河川側堤防形状

c) 地震による堤防被害の想定

十分な土質資料もない為、「河川堤防耐震点検マニュアル平成7年3月：建設省河川局治水課」を参考にし沈下量を推定した。この結果、海側堤防では過剰間隙水圧の上昇により 2.0 m の沈下，河川側では液状化は生ぜず慣性力により 0.6 m 沈下する事となった。

3. 津波災害予測

(1) 概要

ここでは、津波数値シミュレーションを実施し、想定東海地震によって発生する津波が中島浄化センターに襲撃する場合の被災シナリオについて検討する。中島浄化センターでの浸水シミュレーションには、レーザープロファイラー (LiDAR) を用いた測量法に基づいて作成した詳細地形モデルを使用した。これまでもLiDARデータを津波数値解析に利用した例はあるが³⁾、本研究では下水処理場の津波による被害を詳細に検討するため、浸水評価を構造物単位で行っており、さらに、地震による被災シナリオの1つとして地盤の液状化によって、堤防が沈下した場合の津波被害に及ぼす影響について検討している。

(2) 計算方法

波源として内閣府・中央防災会議の想定による東海地震モデル (以下、想定東海モデル) を採用し、2時間の再現時間として津波の伝播・遡上計算を行った。想定東海モデルにおける地盤変動分布と検討対象地域の位置関係を図-11に示す。

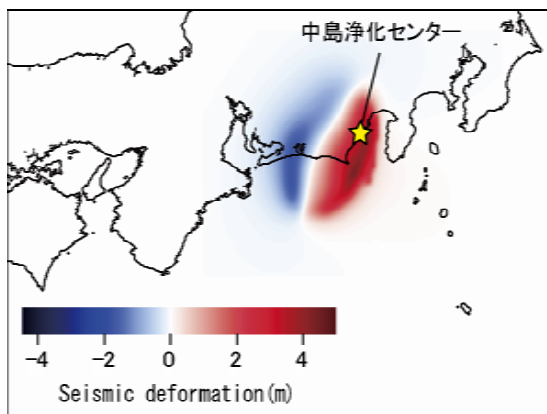


図-11 検討対象地域の位置関係と想定東海モデルによる地盤変動の分布

支配方程式は非線形長波理論とし、底面摩擦のManning粗度は $n=0.025$ を採用した。地震発生時の潮位は朔望平均満潮位 (T.P.+0.86m) とした。

地形データの条件としては、ネスティングにより空間格子間隔を1350mから2mまで細分化し、1350m~50m格子には内閣府の公開データを、最も細かい2m格子にはLiDARによる地形データを使用した。図-12に中島浄化センター付近の地形モデル (2m格子) を示す。

対象地域の構造物のスケールが数十mのオーダーであるため、各施設や施設間の道路等を精度良く表現できている。

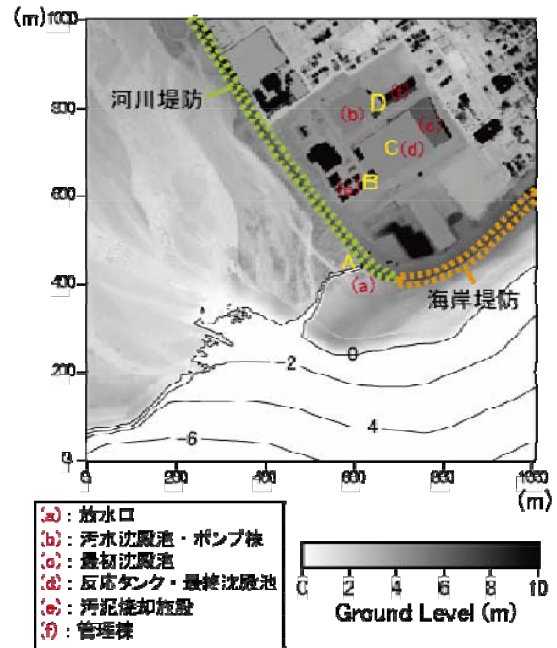


図-12 中島浄化センター付近の地形データ (図中、負の等高線は水深、アルファベット記号は浸水深の時系列の出力点)

しかしながら、LiDARによる計測データは樹木や建物など地物の表層面上のデータがそのまま含まれており^{4),5)}、沈殿池やポンプ棟など床面上や地下に機能が存在する施設に対して浸水被害の評価を行うためには、地形データの修正が必要となる。そこで図-12中 (b), (c), (d) の各施設については、施設の床面の高さにデータを修正した。その他にも、建物間の渡り廊下のように、本来津波が通過すべき部分では周辺の地盤の高さに合わせ、逆にブロック塀などのLiDARで計測されない部分では不透過に扱うといったデータ修正を行った。

次に、地震による被災シナリオの1つとして、地盤の液状化による堤防沈下を考慮した。図-12中に示した海岸堤防は砂質、河川堤防はレキ質であることから、沈下量をそれぞれ約2.0m、0.6mと仮定した。なお、海岸堤防は後背地の地盤高さに合わせたため、実質的な沈下量は約1mであると仮定した。堤防沈下量は、地形データ修正の際に沈下量分を差し引いた。

(3) 想定東海モデルの場合の解析結果

まず、想定東海モデルによる結果について議論する。図-13に津波の最大浸水深の分布を示す。

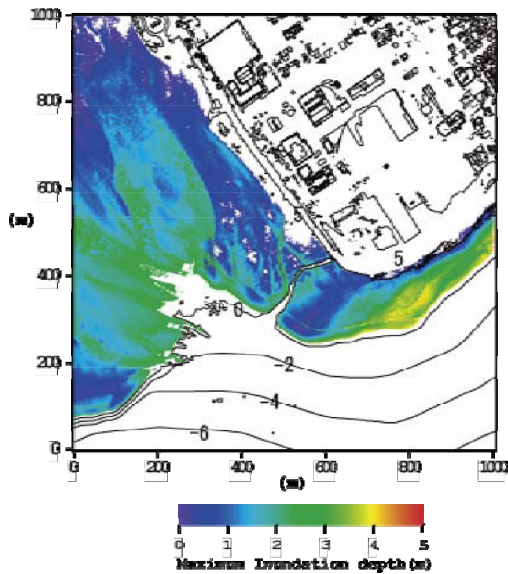


図-13 最大浸水深分布
(想定東海モデル, 堤防沈下あり)

図から、処理場および市街地には浸水していないことがわかる。海岸堤防側の津波の遡上高は約5mであり、処理場敷地内の地盤高さ(約4.5m)や住宅地(約2.5m)よりも高い。しかし、海岸堤防の高さが約7m、後背地の地盤高が約6mであるため、堤防が沈下したとしても後背地の地盤高によって津波は越流しないことになる。一方、安倍川側の河川堤防の高さも海岸堤防と同様に約7mではあるが、津波の遡上高は4.5m程度であるため、堤防が沈下しても越流するまでには1m以上の余裕がある。

図-14は放流口における浸水深の時系列である。

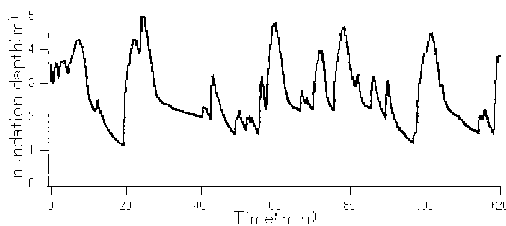


図-14 地点A(放流口)での浸水深の時系列
(想定東海モデル, 堤防沈下あり)

地震発生から2時間の間、津波は数波繰り返し押し寄せているが、約20分後の第2波目が最も大きく、5m程度の浸水高になる。この場合、津波が処理場内に通じる放流口から逆流する可能性があり、この付近が地盤沈下すると、危険性はさらに高まると考えられる。遮断ゲート設置などの、何らかの逆流防止策を施す必要がある。

(4) 想定外の規模の地震を仮定した場合の解析結果

想定東海モデルによる津波では、中島浄化センターにおいては堤防からの越流による敷地内への浸水はなく、比較的安全であることがわかった。しかし、想定以上の規模の津波が来襲した場合は、浸水する可能性は否めない。また、同様の下水処理施設は日本各地の沿岸に多数存在するが、同程度の津波高さであっても、低い地盤に立地する施設では浸水する可能性がある。そこで、想定外の規模の地震の発生を仮定し、処理場敷地内に津波が浸水した場合での被害予測を実施した。

対象地域は想定波源の直上に位置するため、波源の位置や方向を多少変えても津波の大きさには影響しないと考えられる。そのため、地震の規模が大きくなるのに対し地殻変動量(初期水位)が大きくなると仮定し、想定東海モデルの初期水位×1.3、×1.5、×2.0倍として計算を行った。

本検討において処理場敷地内に浸水したのは初期水位×2.0倍の場合であった。堤防沈下が生じた場合における、津波浸水の過程を図-15に示す。津波は地震発生から22分後に約5[m/s]の流速で海岸堤防側から越流し、25分後には反応タンクと最終沈殿池に浸入、28分後には沈殿池は完全に水没する。なお、初期水位×1.3、×1.5倍の場合では処理場敷地内には浸水しないものの、市街地側は地盤が中島浄化センターよりも約2m低いいため浸水する。また、全ての場合において海岸堤防を越流するのは第2波目であることが確認された。

次に、図-16に処理場敷地内の最大浸水深分布を、図-17に点B、C、Dでの浸水深の時系列を示す。これらから、堤防沈下の有無によって敷地内の浸水域と浸水深に大きく違いがあることがわかる。図-16から、海岸堤防が沈下した場合は反応タンク・最終沈殿池は水没し、ポンプ棟周辺まで浸水するため、浄化センターの機能が停止する可能性が出てくる。また、津波は到達してから数分で最大となり、浸水深は数十cm程度である(図-17参照)。一方、堤防が沈下しない場合では、海岸堤防付近での浸水深は1m程度低くなり、反応タンクや最終沈殿池、ポンプ棟では浸水していないことが確認できる。図-17の点Bを比較すると、浸水深は小さくなり、伝播速度の違いにより到達時間が数分遅くなることも確認できる。堤防があることによって、津波エネルギーの低減効果が大きくはたらいっているといえる。

以上のことから、想定東海モデルの初期水位の2.0倍ほど大きく見積もったとしても、浄化センターの機能停止の可能性はあるものの敷地内の浸水深は1m未満であるため、津波により構造物の柱・梁が破損する可能性は低い。さらに、海岸堤防を越流するのは地震発生から約20分後の第2波目であることから、本施設を津波来襲時における緊急避難施設として使用するのには有用であると考えられる。

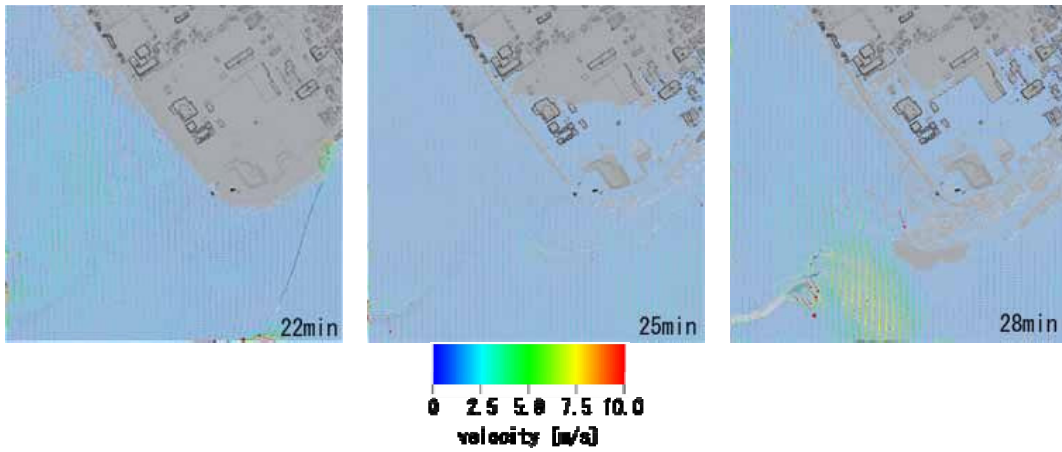


図-15 津波浸水のスナップショット（想定東海モデル初期水位×2.0倍，堤防沈下あり）

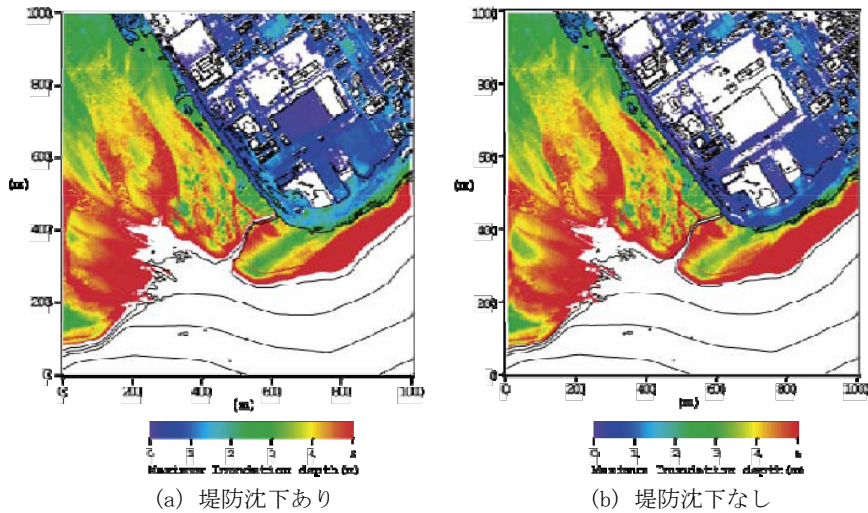


図-16 最大浸水深分布（想定東海モデル初期水位×2.0倍，）

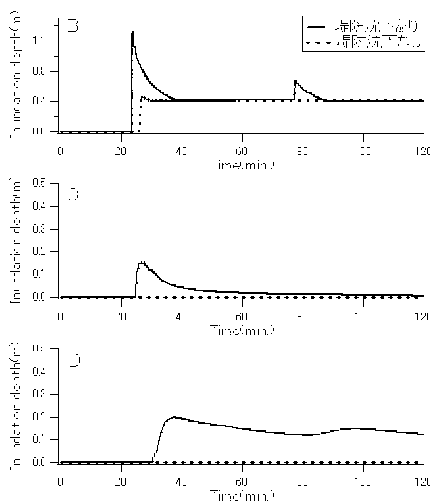


図-17 地点 B, C, D での浸水深の時系列（想定東海モデル初期水位×2.0倍）

4. 被害総額と復旧期間

前章で想定東海モデルの初期水位の1.5倍までは津波による冠水被害が生じないことを確認したが，ここでは，2.0倍の津波が来襲し，高さがT.P+5.6mとした場合の中島浄化センターにおける被害と復旧期間の検討を行うものとする．なお，ここでは地震被害額見積もりは省略した．

(1) 冠水する施設

施設の冠水状況を表-2 に示す。

表-2 施設の冠水状況

施設名	冠水状況	施設名	冠水状況
汚水沈砂池 ポンプ棟	×	汚泥脱水機 設備	○
雨水沈砂池	×	汚泥焼却炉 設備	×
雨水ポンプ施設	○	送風機設備	×
最初沈殿池	○	受変電設備	×
反応タンク	×	中央監視設備	○
最終沈殿池	×	自家発電設備	×
滅菌施設	×	汚泥処理 電気設備	○
砂ろ過設備	×	電力貯蔵設備	×
重力濃縮槽	×	風力発電設備	×
機械濃縮設備	×	場内整備	×
汚泥処理棟	×		

雨水ポンプ施設, 最初沈殿池, 汚泥脱水設備および中央監視設備を除いてほぼ全施設が冠水する。

(2) 被害想定

施設の種類によって異なるが冠水した被害程度は下記に示すような状態が想定される。

a) 構造物

- ・水槽は、汚水と海水および泥土が混入状態となる。塩素イオン濃度が高く活性汚泥にて処理できないので産業廃棄物並みの処理処分費が必要となる。
- ・地下室および管廊は海水と泥土が侵入し、清掃費が必要となる。

b) 機械設備

- ・冠水した機器本体は海水と泥土を清水にて洗浄し、再使用する。
- ・電動機類は海水と泥土を清水にて洗浄し、オーバーホールして乾燥後、巻き直しなどを行い、再使用するが、大半は使用できない状態となる。
- ・バルブコントローラ、速度制御盤、電磁弁および付属機器類等は使用できなくなる。
- ・散気板は土砂により目詰まりするので、清水試験にて点検し、不良部は高圧エアブローや塩酸による補修や交換を行う。
- ・雨水ポンプ施設は電動機、エンジンは+5.6 m以上の高さにあるので冠水しないが、電気盤は冠水し、使用できなくなる。
- ・最初沈殿池は管廊内の生汚泥ポンプが冠水し使用できなくなる。
- ・配管類は清掃して再使用するものとする。

c) 電気設備

- ・受変電設備が被害を受けるため揚水および処理機能は停止する。
- ・電気盤, 自家発電設備は使用できなくなる。
- ・動力ケーブルは接続部を清掃し、再使用するが、

制御ケーブルは再使用できない。

- ・貯留電池の本体は被害がないが、電気盤は再使用できない。
 - ・風力発電の制御盤, 変圧器は再使用できない。
- d) 場内整備
- ・門, 柵, 塀, 道路, 植栽等が被害を受ける。

(3) 被害額と復旧期間

上記の想定から冠水した施設の被害程度と復旧期間を表-3 に示す。

表-3 冠水した施設の被害程度と復旧期間

工種	被害額		復旧期間
	内訳	金額 (百万円)	
構造物	汚泥処分費	500	清掃に約 1 ~3 ヶ月以 上
	泥土清掃費	100	
	小計	600	
機械 設備	汚水沈砂池ポンプ 設備	300	約 6 ヶ月~ 1 年以上
	水処理設備	300	
	送風機設備	200	
	汚泥処理設備 (焼 却炉設備含む)	200	
	小計	1,000	
電気 設備	受変電設備	1,200	約 6 ヶ月~ 1 年以上
	自家発電設備	200	
	特殊電源設備	300	
	運転操作設備	1,100	
	計装設備	1,000	
	監視制御設備	2,000	
	小計	5,800	
場内 整備	門、柵、塀、道 路、植栽：一式	200	約 6 ヶ月~ 1 年以上
計		7,600	

被害額は総計約 76 億円となる。復旧期間は、処理施設の一部が約 6 ヶ月位で復旧し、全体が稼動するには 1 年以上の期間が必要である。長期間に渡り市民への行政サービスが部分的に一時停止されることになる。

5. おわりに

中島浄化センターは盛土高さに守られて、現時点の津波予測に対して安全である事がわかった。しかし、参考の為に行った 2.0 倍の津波に対しては新しいタイプの被災が発生する事を報告した。数ヶ月に渡る浄化センター機能の停止になると生活用水が使用できなくなり、衛生状態の悪化やトイレの使用自粛等により、すでに中越地震などで発生したエコノミークラス症候群による犠牲者も懸念される^{6) 7)}。この様に市民生活を大いに圧迫する事は今後、中島浄化センター以外の処理施設で起こり得ることとして、注意を喚起しなければならない。

最後に本稿を纏めるにあたり、静岡市企業局下水道部 若林孝明氏を始めとする方々、静岡県防災局 岩田孝仁氏を始めとする方々よりのご協力と貴重なご助言を頂いた。また、(独)港湾空港技術研究所：野津厚氏より予測地震波のご提供を頂いた。更に、パイプラインWGの鈴木信久氏、大嶽公康氏、中村葵氏、長濱泰広氏、久保雅裕氏、(株)日水コン 宮西宏光氏、笠井一次氏には実施にあたって情報提供、調査協力等を頂いた。ここに記し、心より御

礼申し上げます。そして、住民の皆様に対しては、以下のように呼びかけたい。「地震だ、津波だ、すぐ避難！」と言いますが、海に近い避難所に向かうことには抵抗があるかもしれません。しかし、中島浄化センターは地形・地質そして耐震対策に恵まれて、極めて安全性が高いことが判明しました。遠くに逃げるより、近くにある中島浄化センターを目指して下さい。「地震だ、津波だ、浄化センターの避難場を目指せ。」

参考文献

1) 野津厚：経験的サイト増幅・位相特性を用いた東海地方における強震動評価事例，海溝型巨大地震を考えるー広帯域強震動の予測ーシンポジウム論文集，pp.99～106，2005。
 2) 土木学会：コンクリート標準示方書 [耐震性能照査編]，2002。
 3) 今村文彦，藤原誠，進藤一弥，市村強：臨海都市域に來襲する津波の統合シミュレーション開発，海岸工学論文集，第51巻，pp. 291-295，2004。
 4) 村嶋陽一，今村文彦，竹内仁，鈴木崇之，吉田健一，山崎正幸，松田健也：津波浸水予測における航空機搭載型レーザーデータの適応性，海岸工学論文集，

第53巻，pp. 1336-1340，2006。
 5) 椿涼太，藤田一郎，岡部健士：航空レーザー測量を用いた高解像度非構造格子の自動生成と氾濫解析，土木学会論文集B，Vol. 62，No. 1，pp. 41-52，2006。
 6) 竹内幹雄，小西康彦，大嶽公康，久保雅裕，佐藤紘志，鈴木信久，千葉智晴：阪神・中越・スマトラ島沖地震・津波に学ぶライフラインの今後の課題，土木学会地震工学論文集，論文番号229，2005
 7) 小西康彦，竹内幹雄，西野靖雄：新潟県中越地震における下水道管路施設被害の特徴と対策に関する一考察，「地下構造物の合理的な地震対策研究」シンポジウム発表論文集，pp. 377-384，2006

(2007. 4. 6受付)

ESTIMATION OF TSUNAMI DAMAGES CAUSED BY TOOKAI EARTHQUAKE FOR SIZUOKA CITY NAKAJIMA SEWAGE TREATMENT PLANT

Kouji FUJIMA, Hiroshi SATOU, Yoshinori SHIGIHARA, Mikio TAKEUCHI, Tomoharu CHIBA, Tsutomu IIDA, Yoshio SUNASAKA, Wako TAKANASHI

There is a lot of Sewage Treatment Plants (STP) in the coast in Japan. Those STPs have not been constructed taking earthquake followed by tsunami into consideration, though high tide was considered for their construction. Recent years, Japan has had several experiences of big earthquakes like Tyuetsu earthquake causing sewerage systems disorder such as pipeline damages and temporary function stop of STPs. Function stop of sewerage system caused unable use of life water and self-imposed control of toilet use, which became one of the reasons drawing sad facts of victims' generation by the economy-class syndrome. In this paper, estimation of damages and its restoration period are presented for Nakazima STP where generation of Tookai earthquake followed by tsunami is anticipated. The estimation is made under the conditions of the biggest Tookai earthquake and various initial water levels of following tsunami.