

3. みなとオアシスにおける防災訓練の実施事例 ～小松島みなとオアシス～

みなとオアシスにおける防災訓練の実施事例 ～小松島みなとオアシス～

港を利用した地元の自主的な災害応急対策には、日頃から施設や場所を使いこなしている地域に密着した運用主体が存在することが重要です。「みなとオアシス」には、オープンスペースやトイレ・休憩所等、様々な災害時に転用の効く施設があるとともに、イベント運営等、人が集まる活動のノウハウに長けた運用主体が存在しており、そこに防災機能を組み入れることで、有事の際、災害応急対策を補完する仕組みが出来やすいと言えます。

みなとオアシスを常時の賑わい空間としてだけでなく、災害発生時における防災拠点としての有効活用を図ることにより、防災面でも地域に貢献できるものと考えます。

今回、みなとオアシスにおける防災訓練の実施事例のうち、「小松島みなとオアシス」での平成22年度の防災訓練について、紹介します。

【防災訓練概要】

- (1) 場 所 小松島みなとオアシス
構成施設：小松島みなと交流センター kocolo
港湾緑地「しおかぜ公園」
緑地「ボードウォーク」
ビジターハーバー
駐車場・イベントスペース
水上ステージ
- (2) 日 時 平成22年10月10日
- (3) 参加者 小松島みなとまちづくり協議会
(NPO法人 港まちづくりファンタジーこまつしま、小松島高校、
徳島県、小松島市、四国地方整備局小松島港湾・空港整備事務所 等)
訓練参加団体
日本赤十字社徳島県支部船舶奉仕団、小松島地区赤十字奉仕団、
小松島市社会福祉協議会、民生委員、小松島市消防本部、地域住民

(4) 訓練内容 [防災意識の向上、避難行動の確認]

○海上物資輸送訓練 (日本赤十字社徳島県支部船舶奉仕団)

陸上でのロープワーク等の結索訓練の後、船舶奉仕団員約15名と小型船舶4隻が救援物資の海上輸送を実施、無線通信を行いながら迅速に接岸し、物資等の陸揚げを行いました。常日頃から操船を行っている漁業関係者や地元のプレジャーボート所有者等により構成されるボランティア団体に、航行に習熟しており、みなとオアシスのビジター棧橋にもスムーズに接岸し、棧橋が被災せずに使用できれば災害時にも十分に力を発揮できることを確認しました。

今後も各地での実働的な訓練により、スキルアップを図る一方、他の奉仕団等との合同訓練により、災害時には相互の連携・協力体制を確立し、効果的な救援活動が期待されます。



○炊き出し訓練 (小松島地区赤十字奉仕団、小松島市社会福祉協議会)

約30名のボランティアにより、200食分の「あめ湯」と「五目飯」の配給を行いました。炊き出し用の大鍋・ガスコンロ等は、「ミリカホール」(多目的ホール)に保管している小松島市の防災監理課が所有するものを借りて実施しました。あめ湯は徳島では昔ながらの手軽に作れ、体の温まる生姜味の飲み物です。五目飯はお湯を注いで30分程度おけば炊立感の味わえるアルファ米という備蓄用の防災食品を使用しました。



○要援護者安否確認訓練（小松島市、小松島高校、民生委員等）

地元の民生委員3名、登録ボランティア2名、小松島市職員3名、小松島高校生10名が、6班体制で近隣の要援護者宅を訪問しました。安否確認と共に防災訓練の説明、水・カンパン等の非常食の配給を行う一部の試験的な取組です。高校生ボランティアが要援護者宅で直接会話をして現状を知り、今後の地域防災に必要な課題等を考える良い機会になったと思われます。災害時要援護者支援マニュアルがホームページで公開されています。要援護者の避難支援が円滑に行えるよう日頃からの体制作りが重要です。



○AED講習会（小松島市消防本部）

市民向けのAED講習会（所要時間約20分）を計3回実施しました。毎回40名程度の参加者を対象に、被災者に見立てた人形を使って、消防隊員が救助活動の初動動作からAEDの使い方、注意点などを分かりやすく説明しました。訓練に参加した地元住民やボランティアの方々も、AEDの名前は聞いたことがあっても実際に装置を見るのは始めてという人が多く、自動音声に従って操作できるのですが、まだまだその取り扱い方法等の認知度は低いようです。



(5) スケジュール

	全体	海上物資輸送訓練 船舶奉仕団	炊き出し訓練 小松島地区赤十字奉仕団 小松島市社会福祉協議会	要援護者安否確認 小松島市介護福祉課 小松島高校、民生委員等	AED講習会 小松島市消防本部	その他
9:00	9:00 準備開始					
	9:20 開会式	9:30 関係者説明会	9:30 訓練開始	9:30 参加者説明会		9:20 パネル展示 パンフレット配布
10:00		10:00 訓練開始	10:10 あめ湯配給	10:00 訪問開始	10:00 講習会①	
11:00		11:30 訓練終了	11:30 五目御飯配給 11:40 訓練終了	11:30 訓練終了	11:00 講習会②	
12:00	12:00 閉会式				11:40 講習会③	12:00 終了
13:00	13:00 反省会					

(6) 結果

参加人数： 関係機関、地域住民、地元高校生やボランティアグループ等 約 100 人

小型船舶を利用した海上物資輸送訓練や、地元ボランティアによる炊き出し訓練、防災教育としての高校生や地元住民へのAED講習会など“みなとオアシス”を舞台に連携した訓練が行えました。地域における自助・共助の取組を有機的に結びつける良いきっかけになったと思われます。特に行政の対応能力を超える大災害時には、自主的な地域での自助・共助の取組が重要な役割を果たすと言われていています。今回の訓練では、各団体の役割、ボランティアリーダーの重要性を再認識するとともに、試験的に取組んでみた要援護者の安否確認訓練では、行政を含め関係者間における情報共有等が課題として浮かび上がりました。現在、自主防災組織が無い本地域においても、訓練を通じて一部の関係者からは自主防災組織が必要との意見や、避難所の円滑な運営等のためにも調整役としての地域のリーダー、日頃からの住民コミュニケーションの養成が重要といった意見が述べられ、地域振興を主目的としてきた“みなとオアシス”の防災面での役割に対する期待を改めて感じたところです。

■これまでの「小松島みなとオアシス」での防災訓練

	実施日	
第一回	H22. 10. 10	海上輸送訓練、炊き出し訓練、要援護者安否確認訓練、AED講習会
第二回	H23. 10. 9	避難訓練、漂流物対策訓練、要援護者安否確認訓練、応急手当講習会、防災用DVD講習
第三回	H24. 10. 7	東日本大震災映像放映、内閣府発表被害想定等の情報共有、災害図上訓練、応急手当講習会、漂流物対策訓練、非常食試食
第四回	H25. 11. 17	水防関係訓練、被害想定等の情報共有、災害図上訓練
第五回	H26. 11. 30	気球空撮システムを使用した情報収集訓練、被害想定等の情報共有、災害図上訓練
第六回	H27. 11. 7	被害想定等の情報共有、ロープワーク訓練、応急手当講習会

■小松島みなとオアシスの概要

運営団体	特定非営利活動法人 港まちづくりファンタジーハーバーこまつしま	 <p>徳島小松島港 (小松島港区)</p>
設置者	小松島市	
登録	平成16年8月25日	
港湾管理者	徳島県	
構成施設	小松島みなと交流センターkocolo ビジターハーバー 緑地(ボードウォーク) 水上ステージ 港湾緑地「しおかぜ公園」 駐車場・イベントスペース	



[主な構成施設の説明]

みなと交流センターkocolo

- ・フェリー航路廃止後のフェリーターミナルを活用
- ・常設の屋内フリーマーケットや交流スペースなどを NPO が運営

しおかぜ公園 ほか

- ・NPO 等が参画して作成された整備計画を基に整備された緑地
- ・NPO が中心となって各種イベントを開催

ビジターハーバー

- ・ヨット等で他港からの来訪者が利用可能な浮棧橋

4. 災害後の迅速な係留施設の供用可否判断に資する技術

強震計観測情報の活用方策検討業務

国土交通省 中部地方整備局 名古屋港湾空港技術調査事務所 技術開発課 課長 宇野健司
 係長 鷲見直子

1. 概要

中部地域においては、今後30年以内の発生確率が極めて高いと想定される南海トラフ巨大地震による甚大な被害が懸念されている。南海トラフ巨大地震等の大規模災害発生時には、港湾BCPにより港湾機能を早期に復旧させる必要があり、そのためにも地震発生後の港湾施設の供用可否の判断が非常に重要になる。

本業務は、国立研究開発法人 港湾空港技術研究所の「地震動情報即時伝達システム」から配信される地震動の実測波形等を活用し、中部地方整備局管内の主な耐震強化岸壁などの地震応答解析を実施し、即時的に供用可否判断が可能となる被害度の推定手法の検討を行うとともに、判断を行うための「係留施設供用可否判定システム（以下、システム）」を構築したものである。

2. 作成したシステムの概要

地震発生後から、係留施設の供用可否判断を行うまでの流れを図-2.1、地震動情報を取得する強震計の設置場所（管内7港湾9ヶ所）を図-2.2に示す。

作成したシステムは、津波警報等の発令中或いは、夜間等で現地調査が実施できない状況でも係留施設の供用可否判断ができるもので、判断はFLIPを用いた詳細判定と予め設定した評価線を用いて瞬時に判断できる簡易判定の2つを採用した。システムの概要を図-2.3に示す。

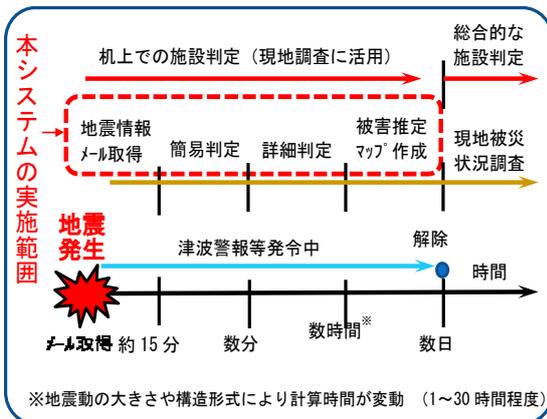


図-2.1 係留施設の供用可否判定の流れ

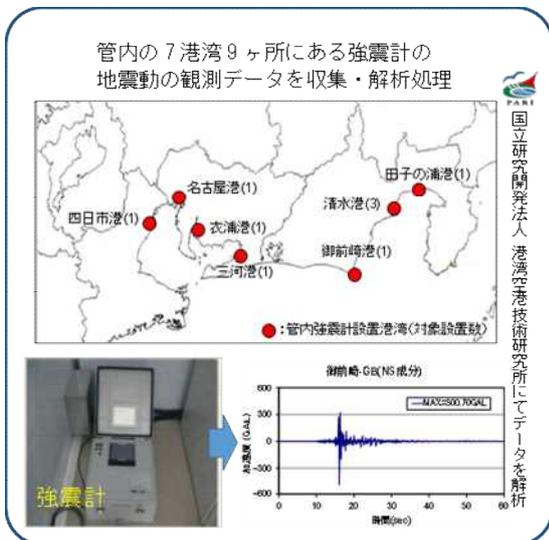


図-2.2 強震計の設置場所

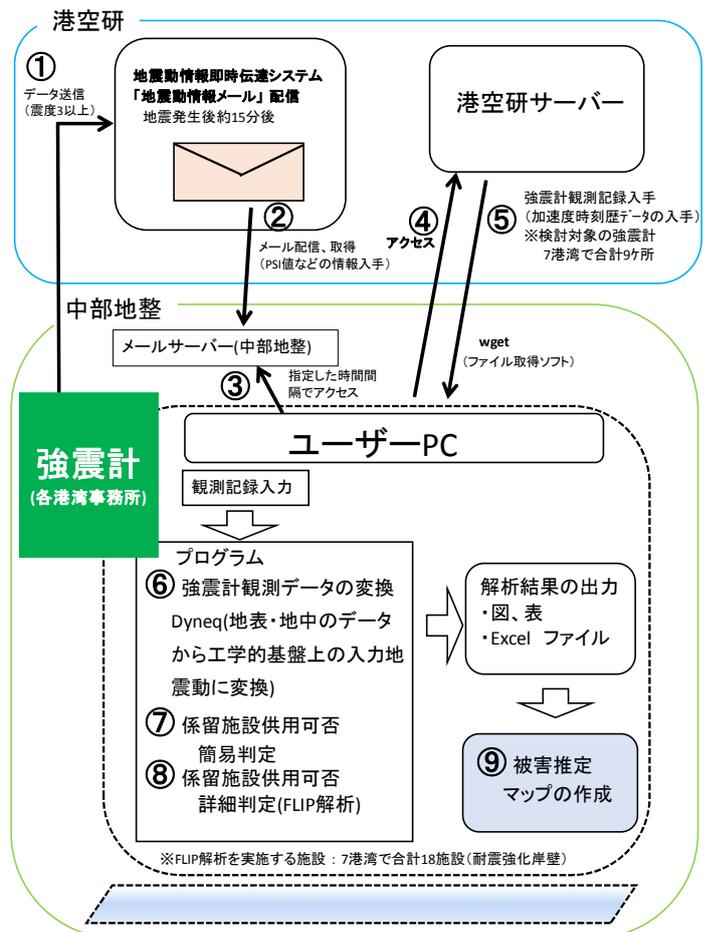


図-2.3 システムの概要

3. 供用可否判定を行う対象岸壁

システムを用いて供用可否判定を行う対象岸壁は、主に管内の耐震強化岸壁と鋼部材を使用する構造形式の矢板式及び棧橋式の岸壁とした。耐震強化岸壁については、詳細判定（FLIPを用いた方法）と簡易判定（評価線を用いた方法）の双方が実施できる。

なお、クレーン本体に強震計が設置されている施設については、強震計の観測波形で得られる最大加速度と、設計震度及び浮き上がり限界加速度を比較することにより、クレーンの供用可否を判定できるものとした。検討対象の岸壁一覧を表-3.1に示す。

表-3.1 検討対象の岸壁

港湾	地区	施設名称	計画水深	施設延長(m)	完成年次	構造形式	土留構造形式	施設の種類の種類	強震計(岸壁照査)	強震計(クレーン照査)	
田子の浦	中央ふ頭	中央ふ頭岸壁(-12m)	-12.0m	240.0m	2011	棧橋式(JKT)	矢板式(JKT一体構造)	耐震(緊急物資)	田子の浦-U	-	
清水	富士見	富士見4号,5号岸壁(-12m)	-12.0m	480.0m	1990	棧橋式	矢板式	-	清水日の出-U	-	
	日の出	日の出4号岸壁(-12m)	-12.0m	240.0m	1986	棧橋式	重力式	耐震(緊急物資)		-	
		日の出5号岸壁(-12m)	-12.0m	240.0m	1986	棧橋式	重力式	耐震(緊急物資)		-	
	興津	興津1号岸壁(-10m)	-10.0m	185.0m	1984	矢板式	-	耐震(緊急物資)	興津-UB	-	
		興津2号,3号岸壁(-10m)	-10.0m	371.0m	1965	棧橋式	重力式(ブロック積み)	耐震(緊急物資)			
		興津11号岸壁(-12m)	-12.0m	220.0m	1973	重力式	-	耐震(緊急物資)			
		興津12号岸壁(-12m)	-12.0m	220.0m	1973	重力式	-	耐震(緊急物資)			
		興津13号,14号岸壁(-10m)	-10.0m	370.0m	1967	棧橋式	重力式(ブロック積み)	-			
	新興津	新興津1号岸壁(-15m)	-15.0m	350.0m	2003	重力式	-	耐震(幹線貨物) コンテナバース	新興津-UB	新興津-UR1	
新興津2号岸壁(-15m)		-15.0m	350.0m		重力式	-	耐震(幹線貨物) コンテナバース	新興津-UR2			
御前崎港	女岩	西埠頭 10号岸壁(-14m)	-14.0m	280.0m	2003	重力式	-	耐震(緊急物資) コンテナバース	御前崎-UB	-	
三河	神野	神野4号岸壁(-10m)	-10.0m	185.0m	1978	矢板式	-	-	三河-UB	-	
		神野7号岸壁(-12m)	-12.0m	240.0m	1983, 88	重力式	-	耐震(緊急物資)			
衣浦	中央西	西3号岸壁(-10m)	-10.0m	185.0m	1970	棧橋式(JKT)	重力式	耐震(緊急物資)	衣浦-UB	-	
		西4号岸壁(-10m)	-10.0m	185.0m	1970	棧橋式	重力式	-			
		西5号岸壁(-12m)	-12.0m	240.0m	1978	棧橋式	重力式	-			
		西6号岸壁(-12m)	-12.0m	240.0m	1978	棧橋式	重力式	-			
	中央東	東4号岸壁(-12m)	-12.0m	240.0m	1983	矢板式	-	耐震(緊急物資)			
名古屋	金城	52号岸壁	-12.0m	247.0m	1973	棧橋式	矢板式	-	名古屋飛島-UB	-	
		53号岸壁	-12.0m	250.0m	1973	棧橋式	矢板式	-			
		54号,55号岸壁	-10.0m	400.0m	1980	棧橋式	矢板式	-			
		56号,57号岸壁	-10.0m	400.0m	1986	棧橋式	矢板式	-			
		58号,59号,60号岸壁	-10.0m	600.0m	1984	矢板式	-	-			
		61号,62号岸壁	-10.0m	400.0m	1983	矢板式	-	-			
		63号,64号岸壁	-10.0m	400.0m	1979	矢板式	-	-			
		65号,66号,67号岸壁	-10.0m	600.0m	1973	矢板式	-	-			
		83号岸壁	-10.0m	200.0m	1972	矢板式	-	-			
	飛島	93号岸壁	-15.0m	350.0m	1996	棧橋式	重力式	コンテナバース		-	
		94号岸壁	-15.0m	350.0m	1990	棧橋式	重力式	コンテナバース		-	
		TS1岸壁(-16m)	-16.0m	350.0m	2005	棧橋式(JKT)	矢板式	耐震(幹線貨物) コンテナバース		飛島-UR3 飛島-UR4	
		TS2岸壁(-16m)	-16.0m	350.0m		棧橋式(JKT)	矢板式	耐震(幹線貨物) コンテナバース		飛島-UR3 飛島-UR4	
		鍋田	T2岸壁(-14m)	-14.0m	350.0m	2002	棧橋式	矢板式		耐震(幹線貨物) コンテナバース	-
			T3岸壁(-12m)	-12.0m	250.0m		棧橋式	矢板式		耐震(幹線貨物) コンテナバース	-
		弥富	W6号岸壁(-12m)	-12.0m	240.0m	2002	棧橋式	矢板式		-	-
		四日市	震ヶ浦	第2ふ頭13号岸壁(-12m)	-12.0m	245.0m	1969	矢板式		-	-
22号岸壁(-14m)	-14.0m			280.0m	1988	棧橋式	重力式	-			
23号岸壁(-12m)	-12.0m			240.0m	2001	棧橋式	重力式	耐震(緊急物資)			
24号岸壁(-12m)	-12.0m			240.0m	1982	棧橋式	重力式	-			
25号岸壁(-12m)	-12.0m			240.0m	1976	棧橋式	矢板式(棧橋一体構造)	-			
26号岸壁(-12m)	-12.0m			240.0m	1995	棧橋式	矢板式	-			
	80号岸壁(-14m)	-14.0m	330.0m	2002	棧橋式	重力式	コンテナバース				

簡易判定のみ 55施設
 簡易判定と詳細判定 (FLIP) 18施設

※強震計 U: 地表、UB: 地中、UR: クレーン上

4. 簡易判定

地震発生後、瞬時に施設の供用可否を判定するため、港湾構造物の被害程度と相関の高い、工学的基盤上の入射波の速度のPSI値を判定手段とした。工学的基盤上の入射波の一例を図-4.1、PSI値と残留水平変位、鋼材の最大曲率比（発生最大曲率/全塑性モーメント発生時の曲率）の関係を図-4.2に示す。また、図-4.2の評価線を作成するためには事前に様々な確率波やレベル2地震動（海溝型、直下型、活断層型）での地震応答解析を実施する必要がある。

これにより、地震発生後の施設の状態を把握し、「暫定供用可(長期)」、「暫定供用可(短期)」、「供用不可」のどの区分に該当するかを机上で瞬時に判定できるようにした。さらに、通信回線不通時に備え、震度階級による供用可否判定もできるようにした。判定の出力結果の一例を図-4.3に示す。

<判定区分>

・「暫定供用可(長期)」と判定される施設：

地震による変状はあるが、供用中(暴風時を除く)に発生する断面力は、設計耐力以下であり構造上の問題が無い。そのため、施設変状が供用に問題とならなければそのまま数年程度供用できる。

・「暫定供用可(短期)」と判定される施設：

地震中に発生する最大断面力は、耐震強化施設(標準)の緊急物資輸送対応の要求性能(例えば、発生する最大モーメントが全塑性モーメント以下)を満足できているが、地震後の残留状態あるいは、船舶の接岸・牽引時に発生する断面力が設計耐力(例えば、降伏応力)を上回っており構造上の問題がある。そのため、施設の供用においては、船舶の接岸・牽引時に岸壁天端の変形が進展しないことを確認しながら供用する施設である。

・「供用不可」と判断される施設：

供用できない施設である。

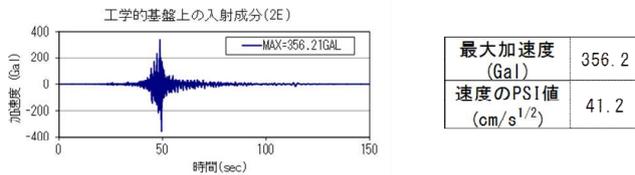
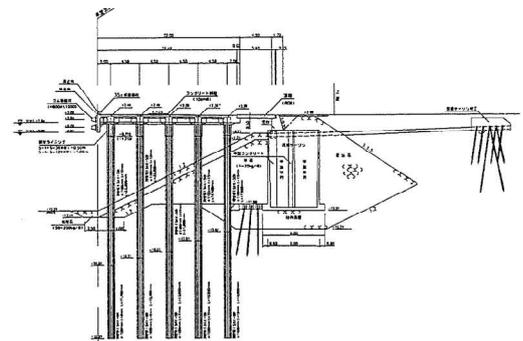


図-4.1 工学的基盤上の入射波の一例



速度のPSI値を用いた簡易判定

工学的基盤における速度のPSI値(cm/s ^{1/2})	90.0	
残留水平変位(岸壁)	0.44m	
残留水平変位(土留め)	0.49m	
地震中の設計耐力比(上部工コンクリート)	1.60	目視調査が必要
地震中の最大曲率比(栈橋杭)	0.82	全塑性未滿
船舶接岸時の作用耐力比(栈橋杭)	0.65	発生応力は降伏未滿
供用可否判断	上部工の目視調査が良好な場合は、暫定供用可(長期)	

対象船舶: 40,000DWT

計測震度を用いた簡易判定(速度のPSI値が得られない場合等に実施することができる。判定の精度は速度のPSI値を用いた方法には劣る。)

震度階級	5強	
残留水平変位(岸壁)	0.12m	
残留水平変位(土留め)	0.12m	
地震中の設計耐力比(上部工コンクリート)	0.97	設計耐力以下
地震中の最大曲率比(栈橋杭)	0.37	全塑性未滿
船舶接岸時の作用耐力比(栈橋杭)	0.19	発生応力は降伏未滿
供用可否判断	暫定供用可(長期)	

対象船舶: 40,000DWT

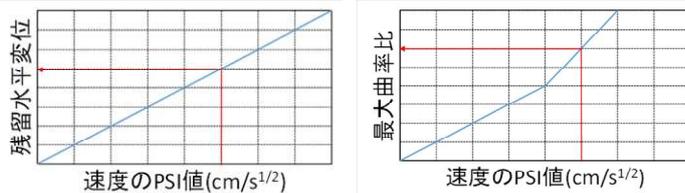
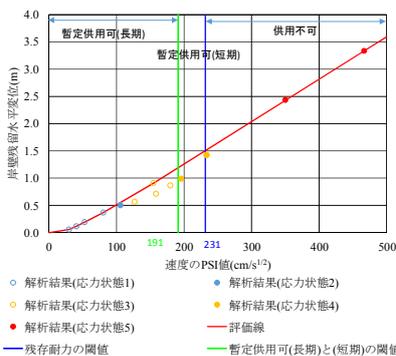


図-4.2 PSI値と残留水平変位, 最大曲率比



左記グラフの閾値は、整数(少数以下切り捨て)で記載しているが、上記の簡易判定では、評価線を数式で評価している。
そのため、閾値付近では、簡易判定結果とグラフの数値に差異が生じる場合があるが、簡易判定結果を真値とする。

応力状態	説明
応力状態1	降伏以下
応力状態2	全塑性以下
応力状態3	ダブルヒンジが発生しない
応力状態4	ダブルヒンジとなっていない杭が存在する
応力状態5	全ての杭がダブルヒンジ

図-4.3 簡易判定の出力結果の一例(上+右)

5. 詳細判定

既存の地震応答解析モデルを使用して地震発生後一定期間内（概ね1日以内）に、係留施設の供用可否判定が可能となる地震応答解析結果を出力するものである。

以下に、主な出力項目の一例として、清水港新興津地区 2 号岸壁(-15m)に対して南海トラフ巨大地震（SPGA50%非超過）の地震動を入力して得られる結果を以下に示す。

(1) 栈橋・護岸の天端変位

位置	変位	水平(m)	鉛直(m)
岸壁天端	残留変位	-0.85	-0.25
	最大変位	-1.01	-0.25

*) 水平 正=陸側, 負=海側
*) 鉛直 正=上向き, 負=下向き

(2) クレーン基礎 2 点間の相対変位

クレーン基礎間の相対変位(m)	残留変位	0.03
	最大変位	0.05

*) 正=拡幅, 負=縮まり

設計におけるクレーン基礎間の相対変位の許容値は、0.3~0.7m

(3) コンテナクレーンに対する照査結果

応答加速度 (Gal)		171.2	
浮き上がり		312.00	
限界加速度 (Gal)		0.25	
設計震度		0.25	
判定	浮き上がり	0.K	浮き上がらない
	設計震度	0.K	応答値は設計震度以下

(5) せん断ひずみの最大値分布

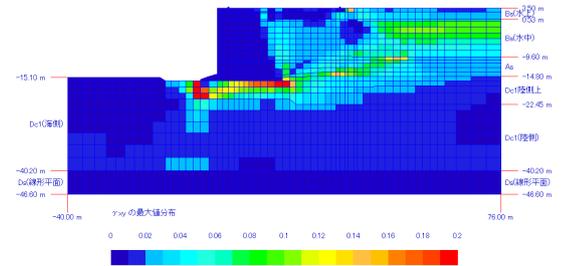


図-5.2 せん断ひずみの最大値分布の出力例

(6) 過剰間隙水圧比の最大値分布

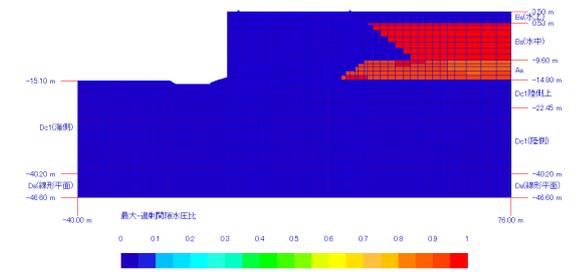


図-5.3 過剰間隙水圧比の最大値分布の出力例

(4) 残留変位図

位置	変位(m)	水平	鉛直
岸壁天端	残留	-0.85	-0.25
	最大	-1.01	-0.25
海側クレーン基礎	残留	-0.85	-0.23
	最大	-1.01	-0.23
陸側クレーン基礎	残留	-0.82	-0.29
	最大	-0.98	-0.36

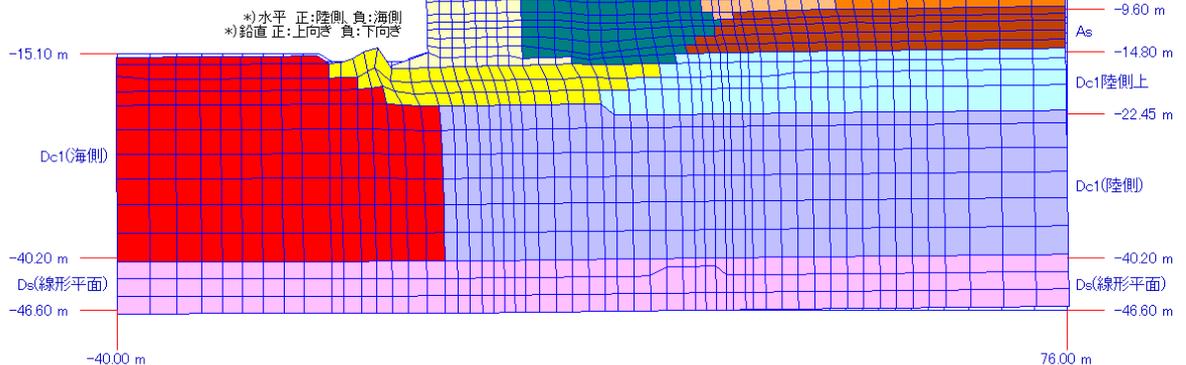


図-5.1 FLIP 解析による残留変形図の出力例

6. 被害推定マップ

「係留施設供用可否判定システム」により出力される供用可否判定、及び、残留水平変位を地図上に記載した被害推定マップを作成する。マップのイメージを図 6.1 に示す。

即時的な被害推定が机上で行えることにより、現地で優先的に被害状況を確認する作業を実施する際の有効な判断材料として用いることができる。

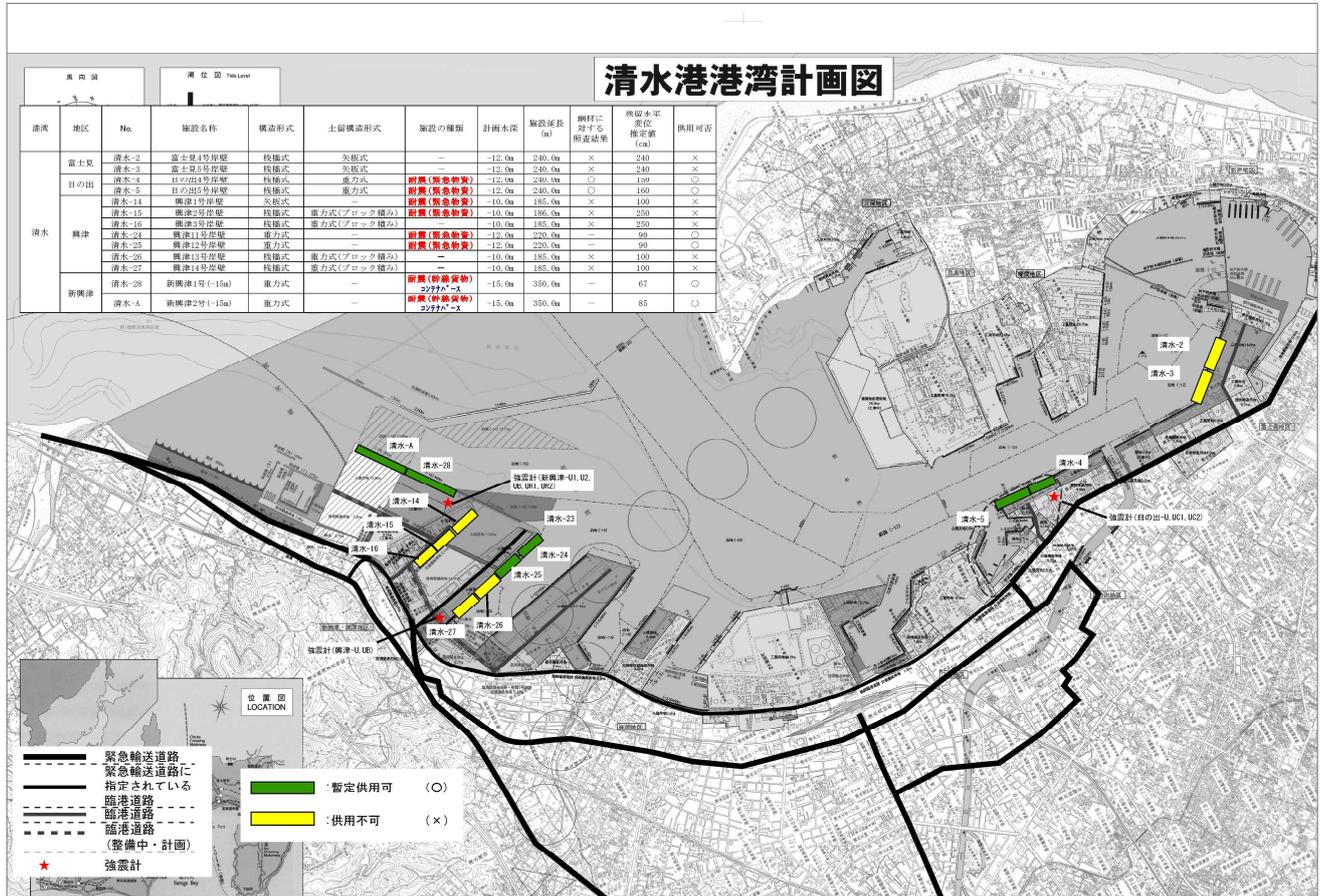


図-6.1 被害推定マップ（イメージ）の一例

7. 被害度診断カルテ

現場での被災状況調査を実施する際には、本システムの判定基準を活用した図-7.1（次ページ）のような施設診断カルテ（供用可否判断調査票）を用いることができる。最終的には現場の被災変形量により施設の供用可否を判定することになる。

8. 今後の課題

- (1) 対象施設の追加や解析に用いる強震計を複数、選択できるなどの代替性（リダンダンシー）を考慮したシステムの高度化
- (2) 電気・通信回線不通時など不測の事態に備えたシステムのバックアップ機能の検討
- (3) 本システムの水平展開を図るべくネットワークシステムの構築、運用マニュアルの作成及び防災訓練等での活用・改善

清水港 日の出地区 日の出5号岸壁 (-12.0m) 施設番号: [清水-5] 【供用可否判断調査票】

○施設供用可否判断

調査年月日 20XX年 XX月 XX日 調査担当者 ●●●●

■現地計測結果 ※被災前計測値は予め設定しておく必要がある。

計測位置	被災前計測値	被災後計測値	計測変形量(m)	被災変形量(m) (最も安全側の変形量)
岸壁本体	緯度(or X座標) 経度(or Y座標)	-106757.259 659.201	-106757.266 660.219	0.793
	緯度(or X座標) 経度(or Y座標)	-106642.475 632.488	-106643.555 633.513	0.801
	緯度(or X座標) 経度(or Y座標)	-106527.814 604.617	-106542.333 606.689	0.726
M1-2(メジャー計測)	81.53	82.38	0.85	
(メジャー計測)				
岸壁の被災変形量(m) (A)		4.5	0.3	0.501
土留部	残橋-土留間距離(m) (B) <被災後>	残橋-土留間距離(m) (C) <被災後>	残橋-土留間対位変位量(m) (D) = (C)-(B)	土留部変形量(m) (A)-(D)
	4.8	4.8	0.3	0.501

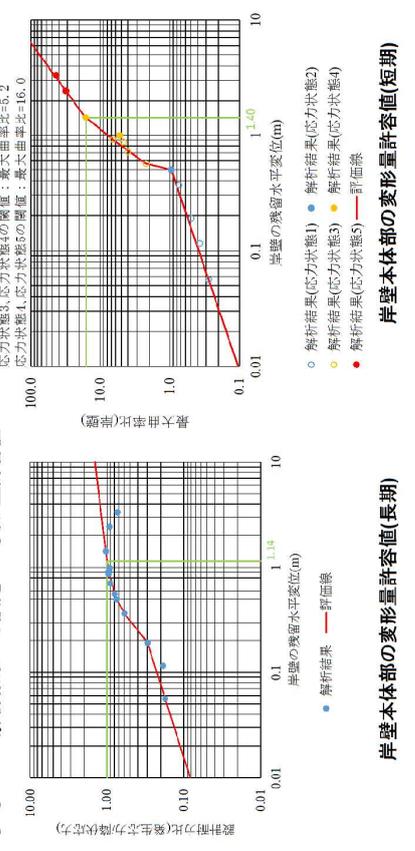
※1) 本表にはGPSによる計測値を採用。
※2) GPSが実施できない場合はメジャー計測値を採用。

■当該施設の変形量許容値※1)と供用可否判断結果

供用可否からみた変形量許容値(m)		残存耐力からみた変形量許容値(m)	
暫定供用可(長期) (岸壁本体部)	供用可否	残橋-土留間距離(m) (A)-(D)	供用可否
1.14	◎	0.13	△
最終供用可否	○	メーター(特記事項)	

※1)上記の変形量許容値は、FLIP解析結果から設定。
※2)残橋上部工の変形量許容値を超える場合は、現地での詳細点検を実施し、供用可否を判断すること。

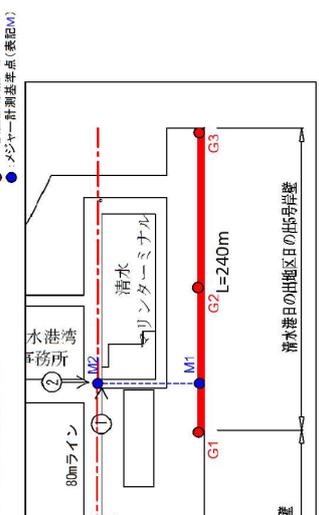
《参考》FLIP解析結果から設定した変形量許容値



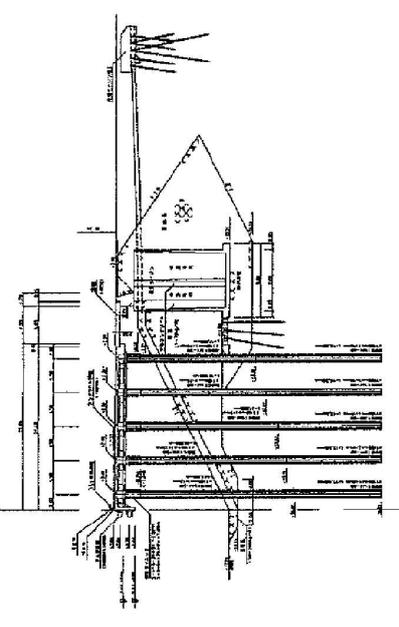
○施設位置図



○変形量計測位置図



○標準断面図



岸壁本体部の変形量許容値(長期)

岸壁本体部の変形量許容値(短期)

残橋上部工の変形量許容値

土留部の変形量許容値

※重力式の土留は2mを設定

図-7.1 施設診断カルテ (供用可否判断調査票)

RTK-GPS を用いた地震後岸壁変形量計測ツールの開発

Development of Metrology Tool for Quaywall Deformation after Earthquakes by RTK-GPS

小濱 英司 (こはま えいじ)

(独)港湾空港技術研究所 耐震構造研究チームリーダー

菅野 高弘 (すがの たかひろ)

(独)港湾空港技術研究所 特別研究官

1. はじめに

巨大地震の作用によって構造物は損傷する可能性があり、その後の利用においては安全性の確保に最大限注意しなくてはならない。しかし、地震動によって構造物がどのように損傷してどの程度性能が低下しているかを正確に把握することは容易ではない。構造物の損傷程度を正確に把握するには、地震中の加速度だけでなく変位やひずみといった多種のモニタリングを高精度かつ多数行うことが望ましいが、経済性の制約から重要施設以外の構造物では観測を行うことは困難である。したがって多くの構造物においては、地震後の変形を把握することにより損傷状態を確認することが多く、残留変形量の正確な測定が重要となる。

岸壁などの港湾施設においては、構造の大部分が海中および地中にあり、外面の調査だけからその安定性を検討するのが困難な場合がある。写真-1は1995年兵庫県南部地震発生後の神戸港での棧橋の事例であり、外観からは大きな変状は確認できないが、実際には1m以上の変位が生じており、鋼管杭の座屈も生じていた(図-1, 写真-2)。このように、港湾施設の安定性を検討する際には地中部などの確認が困難な部分の損傷も考慮することが必要である。棧橋構造においては、棧橋上部工の地震後残留変位量と鋼管杭の損傷状態の関係を事前に調査しておき、地震発生後に上部工残留変位量だけを求めることで棧橋構造の安定性を評価する試みも行われている²⁾。このような手法によれば、地震直後に正確な岸壁変形量を測定することができれば、観察困難な個所の状況が確認できなくても、その安全性を考慮して施設の利用可否を速やかに判断できると考えられる。

2. RTK-GPS による計測ツールの開発

岸壁は延長の長い施設であり、大規模岸壁においては一つのバースの長さは数百メートルにもなるため、施設の利用可否を判断するには、岸壁法線上の複数箇所について調査し、それぞれについて安定性を検討する必要がある。さらに、一つの港湾全体を考慮すると、複数の施設の利用可否判断に数多くの地点を測定する必要がある、それらを速やかに測定できる手法として、RTK-GPS (real time kinematic GPS) を用いた位置測定が考えられる。

RTK-GPS による測量では、基準となる位置情報が既知



写真-1 棧橋の被災例

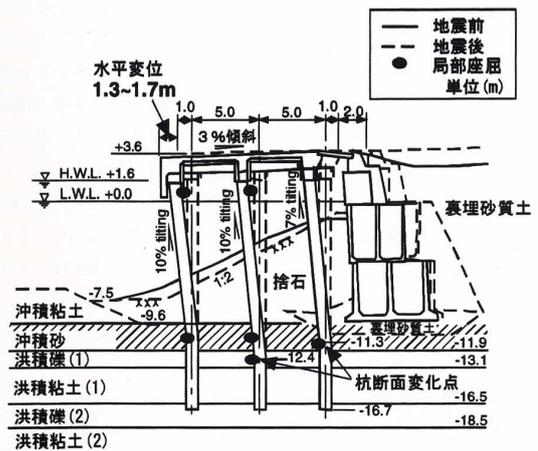


図-1 被災断面図



写真-2 引抜かれた棧橋の鋼管杭

の点(基準点)と測定したい点(観測点)のそれぞれにGPS受信機を設置する(基準局, 観測局)。両方の受信機で同時にGPS衛星からの信号を受信し、基準局で取得した信号を無線等で観測局に転送し、観測局側で即時に計算を行う。これにより、リアルタイム測定が可能となり、1~2cm程度の高精度での位置測定が行える。通常、測定者は観測点用のGPS受信機のみを携行し、基準局に

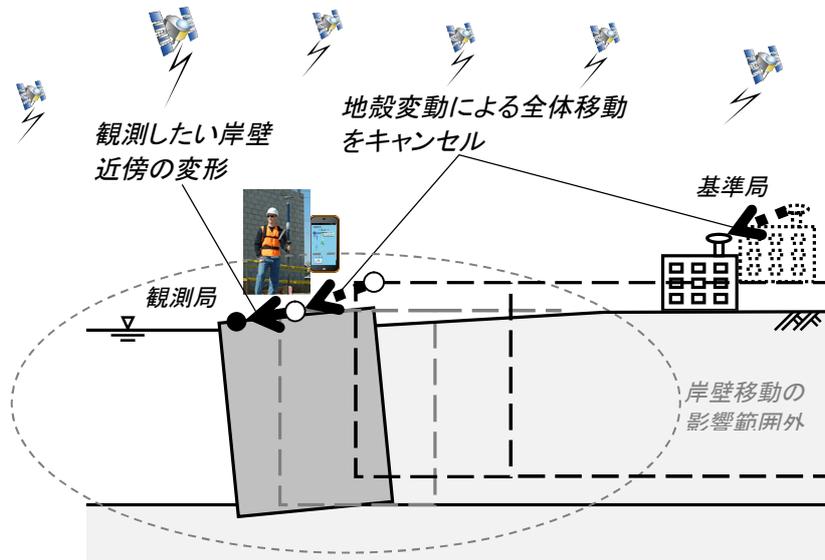


図-2 RTK-GPSによる岸壁変位量測定の概要

については国土地理院等有する基準点データを携帯電話回線や無線により提供するサービスを利用することが一般的である。ただし、このようなサービスは停電等により地震直後において停止される可能性があり、また、携帯電話回線を利用したものは地震後において回線が混雑して通信確保できないことも考えられる。そこで本計測ツールの開発では、地震直後においても支障無く測定ができることを目的とし、基準局は独自に運用することとした。

本検討で測定したい計測項目は岸壁法線の地震前後での変形量であり、地震前後での観測点の移動量である。よって、地震後の観測点の測定だけでなく、あらかじめ地震発生前の観測点位置を測定することが必要である。

プレート境界型などの規模の大きな地震においては断層運動に伴って広域的に地殻が移動することがあり、RTK-GPSの基準点が動いてしまうことも考えられる。その場合、基準点位置情報を更新せずに地殻変動前のままとすると、観測点の位置を正確に求めることは困難となる。しかし、ここで測定したい項目は岸壁構造に関わる観測点の地震前後の移動量であり、地殻変動による移動量が含まれる絶対位置は必要ではない。よって、基準局を岸壁変形の影響の無い箇所に配置し、地殻変動による移動量が基準局と観測局で同じであるとすれば、基準点位置情報がずれていることによる誤差は考えられるものの、求められた地震前後での観測点位置の差分から地殻変動分をキャンセルした岸壁構造の変形を取得できると考えられる(図-2)。

GPS受信機の操作にはスマートフォン端末を用い、詳細知識が無くともタッチパネルで簡単に操作できるアプリケーションを開発した(図-3)。これにより、熟練した技術が無くとも一人で受信機を操作することができ、その場で容易に変形量を確認することが可能となった(写真-3)。被災調査時に現場において変位量を確認出来ることから、目視だけで認識出来ない施設変形にも気付くことができ、調査個所の見落とし防止等にも役立つ、



図-3 GPS受信機を操作するアプリケーション
左から、ホーム画面、起動時メニュー画面、計測時画面。cadファイル等を読み込むことで、平面図上で変位方向(右図中央部の矢印)を確認できる。



写真-3 観測局での測定の様子
ポールを計測点上に置き、ポール上のGPS受信機とスマートフォン端末をBluetoothで接続して操作する

施設の安全性確保に寄与できると考えられる。

参考文献

- 1) 南兼一郎・高橋邦夫・園山哲夫・横田弘・川端規之・関口宏二・辰見ター：神戸港における横棧橋の被害調査と動的相互作用解析，第24回地震工学研究発表会，pp.693～696，1997.
- 2) 内田吉文・本多和彦・吉村藤謙・鬼頭孝明・神藤明彦・曾根照人・楠謙吾：棧橋式構造の残留水平変位と応力状態の関係について(その2)，土木学会第66回年次学術講演会講演概要集，I-332，pp.663～664，2011.

5. 緊急時の海上、陸上輸送に関する規制

緊急時の海上、陸上輸送に関する規制

項目	規制の根拠法令	規制の現状と要望理由	要望の具体的内容	制度の所管官庁及び担当課	回答及び対応策
運輸・流通分野	場内専用車の公道走行	復旧においては、自事業所内作業のみでは取まらない。フォークリフト等の場内専用車（ナンバークリーンの公道走行が出来ないため、公道走行可能な車両手配が必要となる。このような場合、車両手配も困難である。	フォークリフト等の場内専用車（ナンバー無し）の公道走行を認める。	国土交通省	要望する車両が小型特殊自動車であれば、公道走行にあたり道路運送車両法の自動車登録番号標は不要。小型特殊自動車以外の車両である場合、その登録・検査の要否は最寄りの運輸支局等に相談されたい。
	トラック運転資格の緩和	中型免許が、車両総重量11t未満、最大積載量6.5t未満となっており、旧制度の普通免許で運転可能であった範囲が中型免許保持者でないことと運転できなくなってきた為、緊急時の規制緩和を要望。	平成19年度に「中型免許制度」が創設され、4tトラックの運転をすけるには中型免許が必要となり、ドライバーの確保が困難な状況。緊急時は、普通自動車免許保持者へも緩和を要望したい。	国土交通省	
	貨物自動車運送事業に係る営業所間の車両移動の弾力化	繁忙期におけるトラック輸送対策として、申請を伴わずに、他の営業所に事業用自動車を配車することが認められているが、復興期間中も全期間拡大適用となれば、需要に即した機敏な対応受援が各所で可能となる。	一定期間（繁忙期）の事業計画の変更事前届け出を不要としていた。この特例を「震災復興期間中」にも拡大適用（事前届出不要）する。	国土交通省	被災地域に営業所を有する事業者については、変更手続きを事後的に行うことを認める等の措置をとっている（「東日本大震災の影響による事業計画の緊急対応について」（平成23年4月5日付け国自貨第13号）。今後、期限の延長については、被災地の状況を見据え検討することとしたい。
	災害復旧のための道路運送車両法の規制緩和	新規開発車両については当該運輸局での基準緩和の認定取得を必要とするが、取得には時間を要す。このため、一定の要件による基準を設けるなど、審査期間を短縮する必要がある。	車両長が12m、車両幅2.5m、車両高さ3.8m、車両総重量が25tのいずれかを超える場合は、登録時に運輸局から基準緩和の認定を取得しなければならぬ。この取得に時間を要するので、簡素化等を図る必要がある。	警察庁	

出典：「東日本大震災にかかる規制改革要望、平成23年4月28日（第1弾）、平成23年5月13日（第2弾）（社）日本経済団体連合会」より

	項目	規制の根拠法令	規制の現状と要望理由	要望の具体的内容	制度の所管官庁及び担当課	回答及び対応策
運輸・流通分野	青函トンネルにおける石油製品の鉄道輸送に対する規制緩和	鉄道営業法	鉄道営業法で「特別の設備を必要とする貨物については、その設備がある場合に限り当該貨物の運送を引き受ける」と定義され、通達（昭和63年官鉄保86号、貨技19号）によると、現状ではタンク車による石油製品の輸送が出来ない。鉄道輸送が可能となれば、東北地区への燃料油供給を、北海道から送る事が出来る。 東北方日本海側の地方港のダメージにより、京浜港への集中化が避けられず、輸出入貨物の迅速な搬入搬出の為に、現行稼働時間では能力不足と思われる。 ・東京税関 芝浦出張所(8:30-17:45) 大井出張所(8:30-17:45) ・横浜税関 川崎税関支署(8:30-17:45) 本牧埠頭出張所(8:30-17:45) 大黒埠頭出張所(8:30-17:45)	青函トンネルを通る鉄道貨物輸送において、現在、上記規制により通行不可となっている、石油タンク車による通行を可能として欲しい。	国土交通省	青函トンネルにおける安全の確保については、防災設備の実態等を勘案すると対応は困難。なお、災害発生直後に、RORO船により北海道からタンクローリー車の緊急輸送を実施しており、現在は内航油送船により、北海道の精油所・油槽所から東北地方へ石油製品の輸送を実施している。
	京浜港のフル稼働			24時間・365日フル稼働での通関手続き、コンテナヤード内での貨物の搬入出作業を要望する。	左記	
	ガソリン、軽油の空輸の実現	航空法	航空法によると、国土交通省令に定める物件は航空機で輸送してはならないとしている。離島や陸路遮断された地域での通信確保に用いる非常用電源の燃料等については迅速に何かしらの手段且つ定期的な運搬が必要であり、ヘリコプタ等を活用した運搬が可能となる必要な措置を要望する。(自衛隊は自衛隊法第107条で適用除外されている。)	離島、陸路遮断地域での商用電源停止時の非常用電源等に用いる燃料の空輸の実現を要望。	国土交通省	

出典：「東日本大震災にかかる規制改革要望、平成23年4月28日（第1弾）、平成23年5月13日（第2弾）（社）日本経済団体連合会」より

	項目	規制の根拠法令	規制の現状と要望理由	要望の具体的内容	制度の所管官庁及び担当課	回答及び対応策
土地・住宅 都市再生・ 観光分野	道路使用許可の迅速化	道路交通法	道路を使用して復旧作業をするに当たり、道路管理課に相談する際、従前と変わらない書類の提出を求められたり、許可が下りるまでに1週間～1ヶ月程かかる。緊急性に伴うにも拘わらず、運用に柔軟性がない。	道路使用許可申請により許可を受けけるのに所定の書類と時間(1週間～1ヶ月)を要している。点在する被災箇所を想定すると、許可証発行の簡素化・迅速化をお願いしたい。	道路管理者(都道府県)および警察庁	被災3県の警察において、道路使用許可申請のうち緊急を要するものについては、口頭での申告・許可を行い、事後の書類提出を認める運用を行っている。また、緊急性のない申請に対しても原則として許可証を即日交付するなど迅速な対応を図っている。
危険物・防災・保安分野	仮貯蔵・仮取扱の期間延長	消防法	指定数量以上の危険物を取扱う場所は、消防法の許可を得ているが、10日間の限定であるため、それを上回る期間の許可を得るためには、申請を繰り返すこととなる。災害時の期間以上の仮貯蔵・仮取扱を認めて欲しい。	危険物施設の復旧に際して、許可以外の行為を行う必要がある。その際には、期間限定(10日間)の許可を得て実施している。長期間の対応に適用できるために限定期間を免除してもらいたい。	総務省消防庁 危険物保安室	10日間であれば応急的に設けた仮設が適切に維持され、管理体制も確保できるといふ観点に立脚して承認しているため、期間延長することは困難である。
危険物・防災・保安分野	ガソリン・軽油等危険物に係る運搬等の制限緩和	消防法等	ガソリンや軽油に関する規制が多く、入手するのに時間を要す。平時での規制は止むを得ないとしても、緊急時には被災者あるいは被災企業には規制を緩和する等の配慮が望まれる。	1. 容器の制限緩和 2. 販売の制限緩和 3. 運搬の制限緩和 4. 貯蔵の制限緩和	総務省(消防庁) 都道府県	基準を緩和することは火災や流出事故につながる危険性が高くなることから困難である。
	港湾内クレーンの再稼働時の許可手続きの簡素化	労働安全衛生法	工事等の開始の一定期日前に所轄労働基準監督署に届け出る必要があるが、計画の届出後一定期間を待たずに復旧工事が開始されるよう製造業に適用して欲しい。	労働安全衛生法(クレーン等安全規則)上の手続き(監督官庁の立会い、検査手続)の簡素化	厚生労働省 労働基準局 安全衛生部	震災による被害を受けて構造部分の変更・修繕等を行ったクレーンの変更検査については、一定の要件の下で添付書類の省略を認めたり、検査実施日の設定によって事業に空白期間が生じないようクレーンの再稼働日に直ちに検査を実施する等、事業主の負担に配慮した取扱いを行っている。

出典：「東日本大震災にかかる規制改革要望、平成23年4月28日(第1弾)、平成23年5月13日(第2弾) (社)日本経済団体連合会」より