

港湾空港技術研究所 資料

TECHNICAL NOTE
OF
THE PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE

No.1386 June 2021

港湾地域強震観測年報（2018）

長坂 陽介
野津 厚

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

National Institute of Maritime,
Port and Aviation Technology, Japan

港湾空港技術研究所資料 No.1385

2021.6

編集兼発行人 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所

発行所 港湾空港技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号
TEL. 046(844)5040 URL. <http://www.pari.go.jp/>

Copyright © (2021) by MPAT

All rights reserved. No part of this book must be reproduced by any means without the written permission of the President of MPAT

この資料は、海上・港湾・航空技術研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部または一部の転載、複写は海上・港湾・航空技術研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

目 次

要 旨	3
1. はじめに	4
2. 観測網と観測機器	6
2.1 観測網	6
2.2 強震計の維持管理	6
2.3 観測地点	7
3. 記録の整理	7
4. 補正と積分	8
5. 2018年に取得された代表的な記録について	8
6. まとめ	11
謝辞	11
参考文献	13
強震観測担当者（2018年1月～12月）	16

Annual Report on Strong-Motion Earthquake Records in Japanese Ports (2018)

Yosuke NAGASAKA *

Atsushi NOZU **

Synopsis

Since 1962, strong ground motions and earthquake responses of structures have been observed in the major ports in Japan. In 2018, 2546 accelerograms were obtained and analyzed at the Port and Airport Research Institute.

The strong-motion earthquake observation network in Japanese ports consisted of 157 strong-motion accelerographs installed at 61 ports as of December 2018. Seventy-eight accelerographs out of 157 are installed on ground surface, 59 accelerographs are in ground by using bore-hole and the rest 20 are on structures such as quay walls. Six types of accelerographs were used in the network in 2018, namely, the ERS accelerograph, the SMAC-MDU accelerograph, the Omni accelerograph, the Basalt accelerograph, the CV-374 accelerograph, and the SAMTAC (SA-355) accelerograph, all of which were negative feedback accelerographs equipped with a digital recorder.

This report presents the results of observation and preliminary analysis of records obtained in 2018. ASCII data of the recorded accelerations for all the records in 2018 are available on the DVD in the user-friendly CSV format. Also, computer plots of recorded accelerations are available on the DVD for the records with peak accelerations exceeding 20 Gal. For the records with peak accelerations exceeding 50 Gal, computer plots of recorded accelerations, integrated velocities and displacements, Fourier spectra and response spectra are available on the DVD.

Key Words: earthquake, port, strong-motion earthquake observation, acceleration record,
Fourier spectra

* Senior Researcher, Engineering Seismology Group, Earthquake Disaster Prevention Engineering Department

** Director of Earthquake Disaster Prevention Engineering Department

3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan

Phone : +81-46-844-5085 Fax : +81-46-844-0839 e-mail:nagasaka-y@p.mpat.go.jp

港湾地域強震観測年報（2018）

長坂 陽介*・野津 厚**

要 旨

1962年より実施されている港湾地域強震観測により、2018年には2546の強震記録が得られた。強震計の台数としては、2018年末現在、157台の強震計が61港に設置されており、設置状況としては、78台が地表に、59台が地中に、20台が構造物上に設置されている。2018年の観測に使用された強震計はERS型強震計、SMAC-MDU型強震計、Omni型強震計、Basalt型強震計、CV-374型強震計、SAMTAC(SA-355)型強震計の6種類であり、いずれもサーボ型加速度計である。

本資料は2018年に港湾地域強震観測網で得られた記録について報告するものである。得られた記録は港湾毎に分類され、地震諸元・記録番号・最大加速度等とともに付録の表にまとめられている。付録の表の地震諸元は気象庁の地震月報（カタログ編）に基づいている。また、強震記録の記録番号は各観測地点から記録が送られてきた順番に付けられており、記録の分類として、頭文字「F」で始まる記録はERS型強震計で得られた記録、頭文字「U」で始まる記録はSMAC-MDU型強震計で得られた記録、頭文字「O」で始まる記録はOmni型強震計で得られた記録、頭文字「B」で始まる記録はBasalt型強震計で得られた記録、頭文字「C」で始まる記録はCV-374型強震計で得られた記録、頭文字「A」で始まる記録はSAMTAC(SA-355)型強震計で得られた記録をそれぞれ示している。付録の表にまとめているすべての記録のデジタルデータを付録にCSV形式で収録している。最大加速度が20Galを越える記録については加速度波形を画像ファイルの形で付録に収録している。また、最大加速度が50Galを越える比較的大きな記録については、加速度波形に加え、速度波形、変位波形、フーリエスペクトル、応答スペクトルも画像ファイルの形で付録に収録している。

2018年の観測は次に示す諸機関の協力の下に実施された。

国土交通省港湾局 国土交通省地方整備局 国土交通省北海道開発局 内閣府沖縄総合事務局
東京都港湾局 静岡県港湾局 大阪市港湾局 神戸市みなと総局 宮崎県港湾課

強震観測は、各観測地点での強震観測担当者の努力に負うところが非常に大きい。担当者各位に敬意と謝意を表すと同時に、各観測地点で実際に観測に携わった方々の氏名を巻末に掲載する。

キーワード：地震、港湾地域強震観測、加速度記録、フーリエスペクトル

* 地震防災研究領域 地震動研究グループ 主任研究官

** 地震防災研究領域長

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 港湾空港技術研究所

電話：046-844-5085 Fax：046-844-0839 e-mail: nagasaka-y@p.mpat.go.jp

1. はじめに

港湾地域強震観測は当所の前身である運輸省港湾技術研究所が中心となり 1962 年に開始され、国の機関や地方自治体が参画して実施されてきた。2018 年末の時点では全国 61 の港に 157 台の強震計が設置されている(図-1)。図-1 には強震計の機種も示しているが、これについては 2. を参照されたい。

港湾地域強震観測の目的は極めて多岐にわたるが、ここでは代表的な三つの目的を説明する。

(1) 強震観測の第一の目的は、港湾に被害をもたらすような大地震が発生した場合に、その揺れを記録して、これを被害メカニズムの解明や適切な復旧工法の選定に利用することである。1995 年兵庫県南部地震で被災した神戸港の岸壁の被害原因の解明には、神戸港で取得された強震記録が活用された^{1), 2)}。また、2011 年東北地方太平洋沖地震の際に取得された強震記録も、防波堤等の被害原因の解明に活用されている。

(2) 強震観測の第二の目的は、地点毎に異なる地震動の特性を解明することである。図-2 では八戸港と関西国際空港で得られた強震記録のフーリエスペクトルを比較している。八戸港では 1968 年十勝沖地震と 1994 年三陸はるか沖地震の強震記録が得られているが、26 年の時を隔てて発生した二つの大地震で、いずれも周期 2.5 秒(周波数 0.4Hz)の成分が卓越している。一方、関西国際空港では 1995 年兵庫県南部地震と 2000 年鳥取県西部地震の記録が得られているが、いずれも周期 5 秒(周波数 0.2Hz)の成分が卓越している。このように、場所により地震動の特性が異なるのは、地震基盤上に存在する堆積層の地震動への影響(サイト特性)が場所毎に異なるためである。港湾の施設の技術上の基準では、平成 19 年 4 月の改訂以降、設計用入力地震動の評価を行う際、対象施設設置位置もしくはその周辺における地震動の実測値に基づいてサイト特性の評価を行うことが求められるようになった。従って、設計実務において強震観測の果たす役割の重要性は今後一層高まるものと予想される。このことに関連して、全国の港湾等の強震観測地点におけるサイト増幅特性の評価結果をとりまとめた資料が刊行されているので^{3), 4), 5)}、参考にしていただければ幸いである。強震観測により地震動の卓越周期の解明が進めば、構造物の固有周期と地震動の卓越周期が一致しないように工夫することも可能になるので、地震による被害の軽減に資するものと期待される。

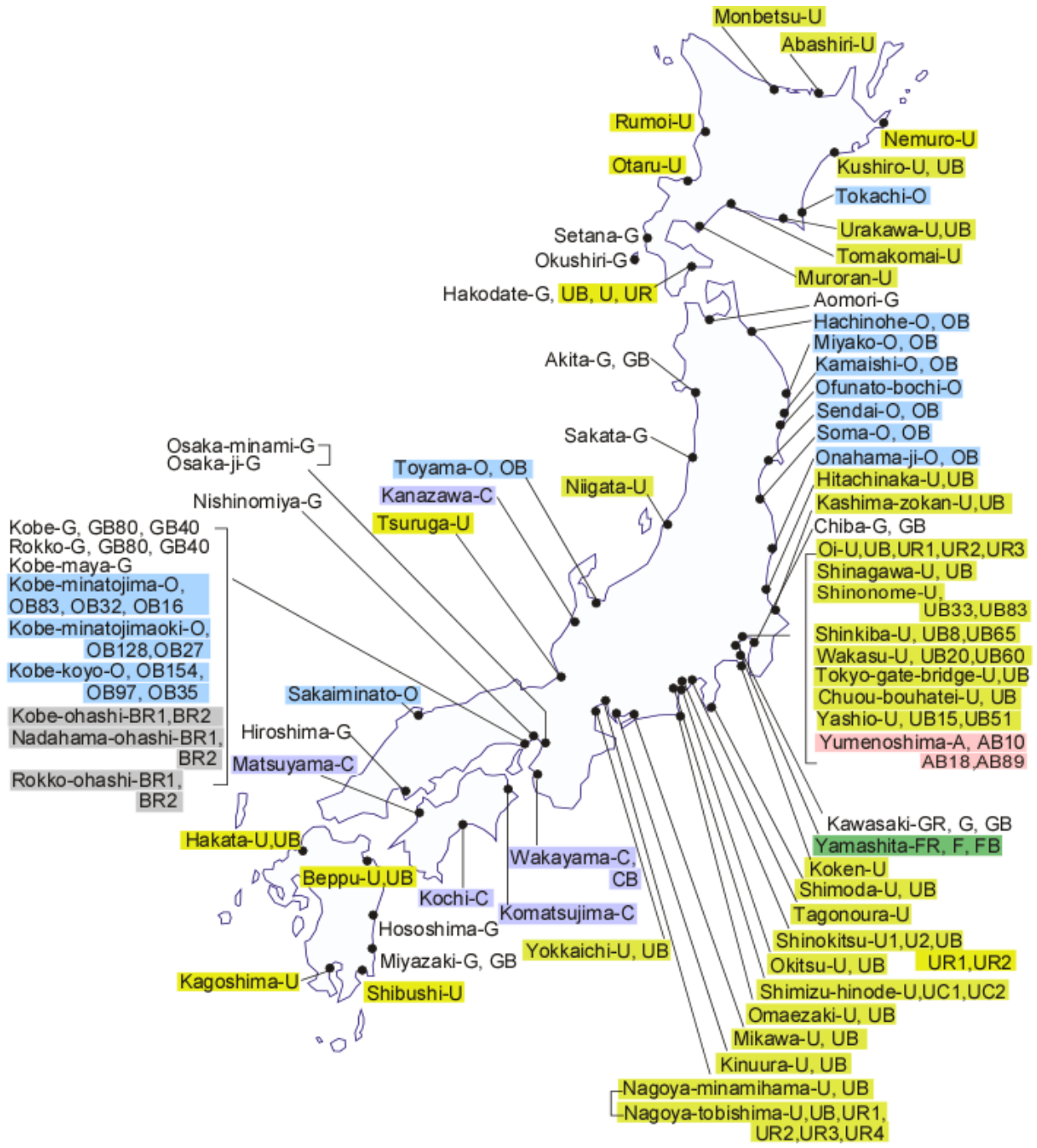
(3) 強震観測の第三の目的は、良質な(SN 比の高い)中小地震の記録を取得して、将来の大地震の揺れの予測

に活用することである。上述のように地震動の性質は地点毎に異なるため、構造物の耐震設計には地点毎の特性を反映した入力地震動を用いることが望ましい。各港湾で得られた中小地震の記録には、港湾毎の地下構造の情報が含まれており、この情報を生かすことにより、将来の大地震による揺れの予測に役立てることができる。その一例として、2000 年鳥取県西部地震の余震の際に境港とその周辺の複数の地点(図-3)で取得された記録を経験的グリーン関数法と呼ばれる方法で多数重ね合わせることにより、鳥取県西部地震の本震地動をシミュレーションした結果を図-4 に示すが、各地点の地震動の振幅、周期、継続時間などの特徴をかなり良好に再現できていることがわかる。ここで用いた手法の詳細については文献 6) を参照していただきたい。

港湾地域強震観測で得られた記録は、後に説明するような処理と解析を経た後に、強震観測年報として公表されてきた。まず、1963 年から 1975 年の記録が強震観測年報として公表された⁷⁾⁻¹⁷⁾。1963 年から 1975 年の年報には鉛直成分が含まれていなかったため、それらは別冊¹⁸⁾として公表された。1976 年と 1977 年の強震観測年報からは新しいデータ処理の方法を取り入れ、計器補正を施した加速度波形とそれを積分した速度波形と変位波形、フーリエスペクトルや応答スペクトルを年報で報告するようになった¹⁹⁾⁻⁵⁵⁾。また、通常年報とは別に、被害地震の記録だけを集めた資料も刊行されている⁵⁶⁾⁻⁶⁷⁾。強震観測年報の変遷を表-1 に示す。

昨今のように公的機関の組織再編が進む中では、強震記録のデジタルデータを研究室内で保管することが最も確実な保管方法であるとはもはや言えなくなっている。デジタルデータを保管する場所としてはウェブ・サーバも考えられるが、ウェブ・サーバのサービスが停止すれば、それと同時にデータが失われる可能性がある。しかるべき出版物に電子媒体を添付して、その中にデジタルデータを収めておくことが、強震記録のデジタルデータを後世に残すための最も確実な手段であろう。電子媒体にも種々のものがあるが、容量・価格・普及の度合いなどから CD または DVD が最適と判断される。このような考えから 1999 年以降の強震観測年報³⁸⁾⁻⁵⁵⁾には、デジタルデータを収録した CD または DVD を添付した。

2018 年を対象とした本資料では、本文と付録が一つの DVD に収められている。付録には、2018 年に取得されたすべての加速度記録のデジタルデータを CSV 形式で収めている。また、20Gal を越える記録については、加速度記録を図化したものを付録に収めている。さらに、50Gal を越える記録については、加速度記録と、これを



2018年12月31日現在 61港157地点	
ERS-F	---- 3
ERS-G	---- 26
SMAC-MDU	-- 79
OMNI	----- 33
BASALT	---- 6
CV-374	----- 6
SAMTAC	---- 4
オンライン化完了地点 150地点	

図-1 港湾地域強震観測網

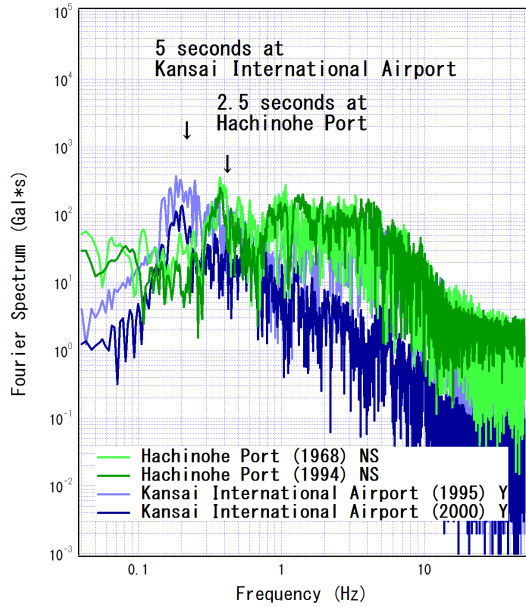


図-2 八戸港と関西国際空港の地震動特性の比較。縦軸：フーリエスペクトル，横軸：周波数。

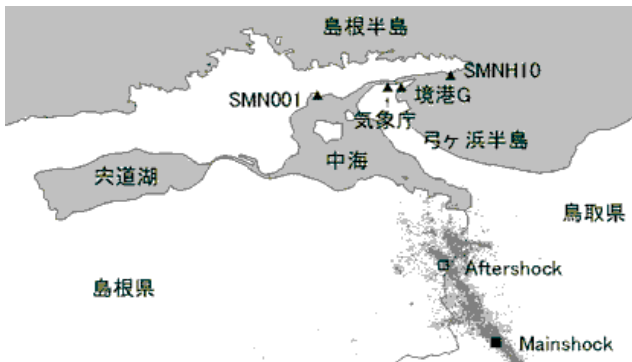


図-3 境港およびその周辺の強震観測地点

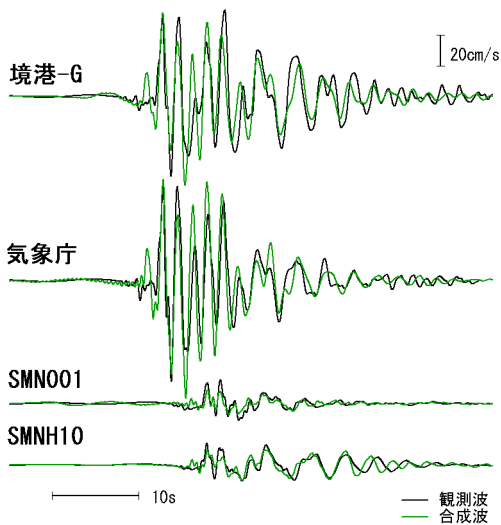


図-4 経験的グリーン関数法による 2000 年鳥取県西部地震の本震地動の再現⁶⁾

表-1 強震観測年報の変遷

年	強震観測年報の内容	CD
1963～1975	加速度波形，フーリエスペクトル，応答スペクトル。鉛直成分は別冊として公表。	無
1976～1998	計器補正を施した加速度波形とそれを積分した速度波形と変位波形，フーリエスペクトル，応答スペクト	無
1999～本資料	同上	有

積分して得た速度波形，変位波形，フーリエスペクトル，さらに応答スペクトルを図化したものを付録に収めている。

2. 観測網と観測機器

2.1 観測網

港湾地域強震観測網は日本全国の海岸線をカバーしており，2018 年末の時点では 157 の強震計が 61 の港に設置されている。2018 年末の時点で強震計の設置されている港湾は図-1 および付録の地図に示すとおりである。付録の地図上の港名をクリックすれば，強震計の機種と設置条件が表示される。観測地点の土質柱状図等も付録に収められており，地図からたどることができる。観測地点のさらなる詳細情報については観測地点資料⁶⁸⁾⁷³⁾を参照されたい。2018 年末の時点では，157 の観測地点のうち 29 地点に ERS 型強震計が，79 地点に SMAC-MDU 型強震計が，33 地点に Omni 型強震計が，6 地点に Basalt 型強震計が，6 地点に CV-374 型強震計が，4 地点に SAMTAC 型収録装置と SA-355 型加速度計の組み合わせ（本資料では「SAMTAC (SA-355) 型強震計」と称する）が設置されている。これらはいずれもサーボ型加速度計（フォースバランス型または速度帰還型⁷⁴⁾である。各強震計の仕様については付録を参照していただきたい。

2.2 強震計の維持管理

強震計の維持管理は当所と港湾地域強震観測の他の参画機関との緊密な協力の下に実施されている。現在，観測網を構成する強震計の大半は通信機能を有しており，観測点から当所へのデータ転送が可能な状況となっている。オンラインによるデータ転送が可能な地点は，2018 年末の時点では，157 の強震観測地点のうち 150 地点である。

強震計の通信機能は，データ収集だけでなく，強震計の健全度把握にも用いられている。いつ発生するかわからない大地震に備えて，強震計を常に健全な状態に保つことが極めて重要である。そのためには，強震計に不具合が発生

した場合、それを早期に発見することが必要である。強震計の通信機能を活用し、当所の職員が強震計の健全度把握を行うことが、観測網の維持に大きく寄与していると考えられる。

なお、通信方式については、従来はダイヤルアップ方式であったが、地震直後に強震計から当所サーバまで波形データを自動で転送できる新しいシステム（地震動情報即時伝達システム）が2011年に開発され、2018年末の時点では125地点に導入されている。この新しいシステムの詳細については文献75)を参照していただきたい。

2.3 観測地点

観測網には3種類の観測地点がある。1つ目は地表面の加速度を記録するもの、2つ目はボアホールを使用し地中の加速度を記録するもの、3つ目は建造物の地震応答を記録するものである。建造物の地震応答を記録するための観測点のそばには必ず地盤の加速度を測定するための観測点が設けられている。

各観測地点では、原則として、強震計の水平成分の一つは真北を向いている。ただし、例外として、建造物の応答を記録する観測点と、これに付随して地盤加速度を記録する観測点では、強震計が建造物と平行に設置されている場合もある。岸壁や栈橋など多くの港湾建造物は2次元的な形状をしており、建造物の法線方向に垂直な成分と平行な成分を計測する方が解析上便利であるため、そのようにしている。強震計の2つの水平成分が真の南北方向と東西方向に一致しない場合には、方向成分を表すために偏角（単

位は度）が使用される。例えば N10E は真北から東に 10° 回転した方向を意味する。

観測網のそれぞれの観測地点には観測地点名が付けられている。観測地点名は位置と強震計の型と設置条件の組み合わせである(図-5)。例えば北海道の釧路港の観測点は「釧路-U」および「釧路-UB」と名付けられている。「釧路」は観測地点の位置を表している。港湾事務所に設置されている観測点では「小名浜事」のように「事」という文字をつけている場合がある。添え字の「U」は強震計の型を表しており、釧路港にはSMAC-MDU型強震計が設置されていることを意味する。添え字には「F」「G」「U」「O」「B」「C」「A」があり、それらと強震計の機種との対応は図-5に示すとおりである。「釧路-UB」で添え字「U」の後ろの「B」は設置条件を示し、ボアホールを使用して地中に強震計を設置していることを意味する。例えば「釧路-U」のように設置条件を表す添え字がない場合は、その強震計が地表に設置されていることを意味する。添え字「R」がついている場合は強震計が構造物上に設置されていることを意味する。「神戸」等のように地中の異なる深さに強震計が設置されている場合は、添え字「B」の後ろに強震計の深度を表す「40」等の数字をつけている(単位 m)。また、「清水日の出-UC1」と「清水日の出-UC2」の「C」は、強震計がCDM改良地盤に設置されていることを示している。

強震計を地表に設置する場合、強震観測小屋に設置する場合とハンドホール内に設置する場合がある。設置方法の詳細については付録を参照していただきたい。

3. 記録の整理

当所に到着したすべての強震記録は以下に述べる手順で整理・保管される。まず、各々の強震記録は、研究室に到着した順に番号がつけられる。ERS-F,G,GV型強震計の記録には「F」で始まる番号、SMAC-MDU型強震計の記録には「U」で始まる番号、Omni型強震計の記録には「O」で始まる番号、Basalt型強震計の記録には「B」で始まる番号、CV-374型強震計の記録には「C」で始まる番号、SAMTAC(SA-355)型強震計の記録には「A」で始まる番号が付けられる。次に、各々の強震記録に対応する地震を確認する。記録に対応する地震の震源情報としては、気象庁地震・火山月報(防災編)⁷⁶⁾のものを仮に採用しておき、強震観測年報の刊行までには気象庁地震月報(カタログ編)⁷⁷⁾のものに置き換える。このようにして整理された記録を付録に収録している。なお、付録の強震記録一覧のマグニチュードは気象庁マグニチュード(M)⁷⁸⁾である。

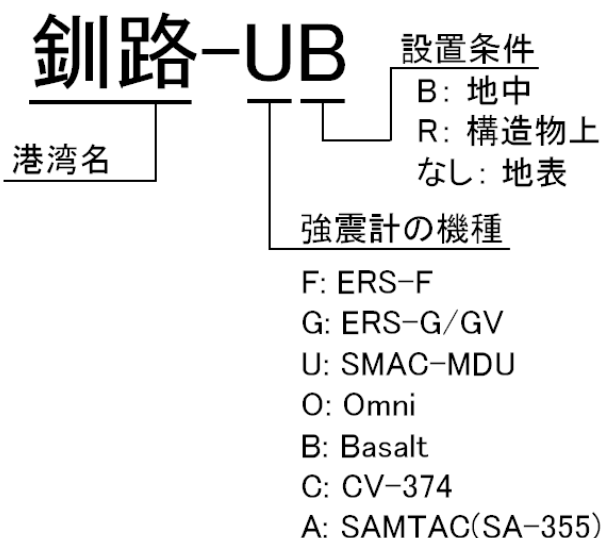


図-5 観測地点名のルール

4. 補正と積分

得られた記録に対して、まず基線補正が行われる。次に、定められた方法^{78),79)}に従い、計器特性補正のためのフィルタリング、高周波成分と低周波成分の補正のためのフィルタリング、積分、応答スペクトルとフーリエスペクトルの計算などを実施する。処理の手順を図-6に示す。この手順は1976年以降の記録に適用されてきている。図-6においてオリジナル加速度波形とは基線補正のみを行った波形、補正加速度波形とは、計器特性に関する補正を行った上で、SN比の十分でない低周波成分をハイパスフィルタにより削除した波形、SMAC-B2相当加速度波形とは、港湾地域強震観測で長く用いられてきたSMAC-B2型強震計による記録と比較可能なように周波数成分を調整した波形のことである。

補正と積分の詳細については付録を参照していただきたい。

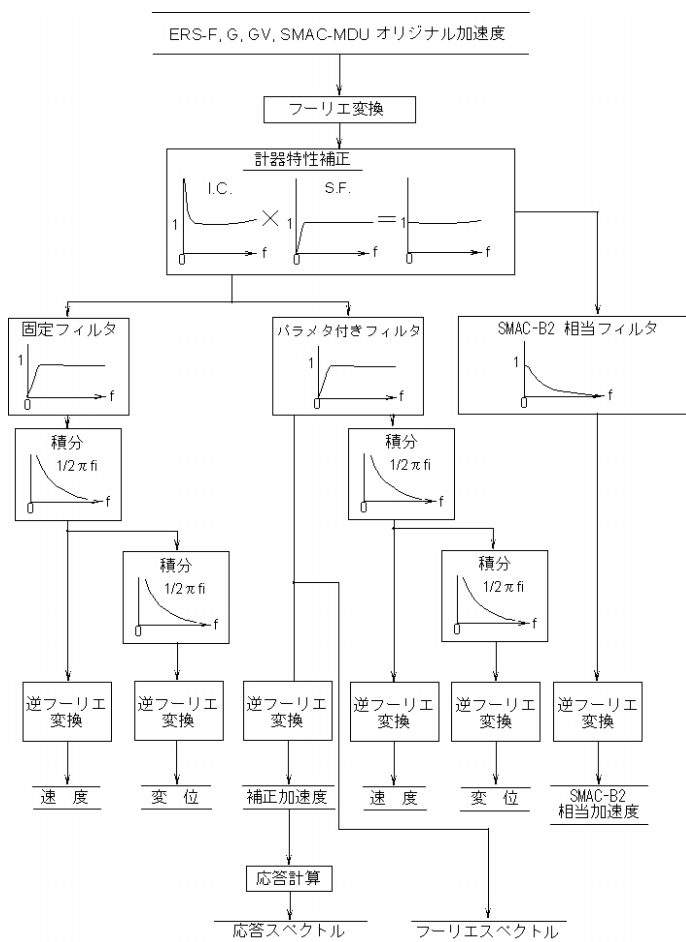


図-6 補正と積分の手順

5. 2018年に取得された代表的な記録について

2018年1月から12月に港湾地域強震観測により2546の記録が得られた。表-2に港湾地域強震観測における強震計台数と得られた記録数の推移を示した。2011年の東北地方太平洋沖地震の発生以後は、それ以前と比較して格段に多くの記録が得られるようになった。2018年もこの傾向が続いている。これは、東北地方太平洋沖地震の余震活動がまだ続いていることに加え、強震計の更新により、より小さな振幅の地震動まで記録できるようになったことによる。2018年に港湾地域強震観測により記録が得られた地震の数は662であり、それらの震央分布を図-7に示した。東北から関東にかけての太平洋側で地震が多いことが分かる。2018年で最も規模の大きい地震は9月6日に発生した2018年北海道胆振東部地震(Mj6.7)であった。

表-2 強震計台数と記録数の推移 (台数は年末の数字)

年	港湾数	強震計台数	記録数
2001	60	97	207
2002	60	98	140
2003	60	104	394
2004	60	110	468
2005	60	111	434
2006	61	113	276
2007	61	119	520
2008	61	119	417
2009	61	119	488
2010	61	119	296
2011	61	136	2417
2012	61	136	752
2013	61	137	2474
2014	61	136	2363
2015	61	152	2488
2016	61	153	2864
2017	61	153	2034
2018	61	157	2546

2018年に港湾地域強震観測で観測された代表的な記録を表-3に示す。2018年に得られた記録のうち最大加速度の大きい記録としては、2018年9月6日北海道胆振東部地震(Mj6.7)による苫小牧-Uでの記録、同地震による室蘭-Uでの記録、2018年6月18日大阪府北部の地震(Mj6.1)による六甲大橋-BR1, BR2での記録、同地震による大阪事-Gでの記録等がある。なお、六甲大橋では橋脚天端と上部工の2か所にセンサーが設置されており、地表の記録ではないことに注意が必要である。

2018年北海道胆振東部地震の震央と観測点位置図等を図-8に、本地震により苫小牧-Uと室蘭-Uで観測された加速度波形と加速度フーリエスペクトル(水平2成分の自乗和平方根、バンド幅0.05HzのParzenウィンドウを適用)

を図-9～図-11 に示す。苫小牧-U の記録は最大加速度が 349.6Gal, PSI 値が 28cm/s^{0.5} (いずれも水平 2 成分の大きい方) となっている。2018 年北海道胆振東部地震によって苫小牧港では被害が発生したが、苫小牧-U は苫小牧西港に設置されており、被害が大きかった苫小牧東港とはある程度離れている。苫小牧東港はより震源に近く (図-8), そのため苫小牧-U より揺れが大きかった可能性がある。苫小牧-U で得られた記録について、同じ地点での 2003 年十勝沖地震 (M_s 8.0) による記録, および同じ地点でのサイト増幅特性との比較を図-12 に示した。なお, 2003 年十勝沖地震発生時の観測地点の名称は「苫小牧-G」であるが、苫小牧-U と同一地点である。2003 年十勝沖地震はマグニチュードは大きい, 震央距離は約 220km と比較的遠くで発生した地震である。この影響はフーリエスペクトルにもはっきりと表れている。すなわちマグニチュードの大きい地震であるため震源で低周波成分が強く励起され, また, 低周波成分は距離による減衰が比較的小さいことから, 2003 年十勝沖地震の記録は 2018 年北海道胆振東部地震の記録に比べ低周波数帯では大きくなっている。一方, 距離による減衰が比較的大きい高周波数帯では逆に 2003 年十勝沖地震の記録の方が小さくなっている。また, サイト増幅特性の山谷の特徴と北海道胆振東部地震のフーリエスペクトルの山谷の特徴は大きくは異なることから, 本地震では苫小牧-U の平均的なサイト特性が現れたと考えられる。なお, サイト増幅特性は国土技術政策総合研究所⁸⁰⁾により公開されている苫小牧-G (先ほど述べたとおり苫小牧-U と同一地点) のサイト増幅特性 (地震基盤～工学的基盤) と地盤モデルをもとに, 地盤モデルから計算される伝達関数をサイト増幅特性 (地震基盤～工学的基盤) に乗じることにより, サイト増幅特性 (地震基盤～地表) を求めたものである。

2018 年 6 月 18 日大阪府北部の地震の震央と観測地点位置図を図-13 に, 本地震による六甲大橋-BR1, BR2, 大阪事-G における加速度波形と加速度フーリエスペクトル (水平 2 成分の自乗和平方根, バンド幅 0.05Hz の Parzen ウィンドウを適用) を図-14～図-16 に示す。六甲大橋は橋軸方向がほぼ南北となっている。図-14 より, ほぼ橋軸方向にあたる S03E 成分は橋脚天端と上部工の揺れがほぼ同程度であ

るが, ほぼ橋軸直角方向にあたる S87W 成分は橋脚天端に比べ上部工の揺れがかなり大きくなっていることが特徴的である。図-17 に示すように BR1 は橋脚の天端, BR2 は上部工に設置されており, BR1 と BR2 の違いは主に上部工の応答によるものと考えられる。

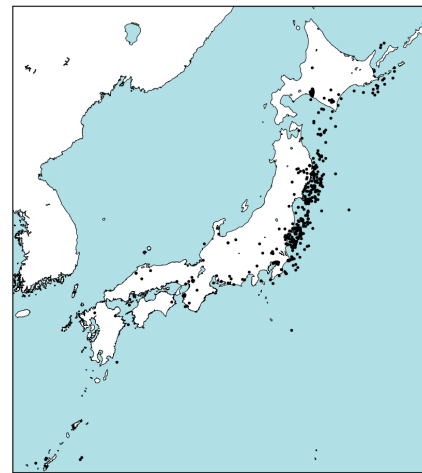


図-7 2018 年 1 月から 12 月に港湾地域強震観測で記録が得られた地震の震央分布

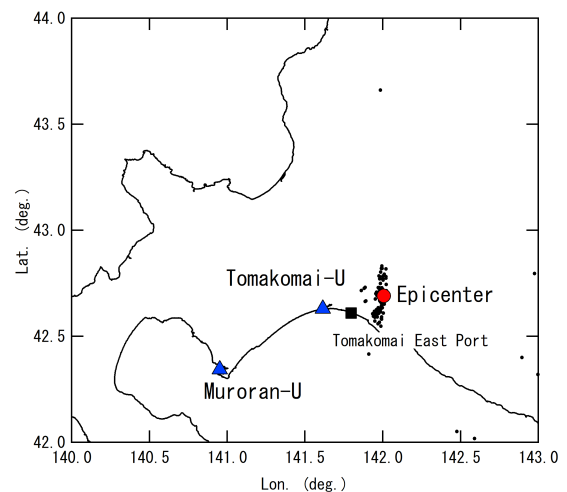


図-8 2018 年北海道胆振東部地震と余震の震央, 周辺の港湾地域強震観測地点 (苫小牧東港を追加)

表-3 2018 年に得られた主な記録

日	時刻	深さ (km)	M	震源地名	観測地点	震央距離 (km)	最大加速度 (Gal)	PSI 値 (cm/s ^{0.5})
2018/9/6	3:07	37	6.7	胆振地方中東部	苫小牧-U	32.8	349.6	28
2018/9/6	3:07	37	6.7	胆振地方中東部	室蘭-U	94.5	197.3	14
2018/6/18	7:58	13	6.1	大阪府北部	六甲大橋-BR1	36.1	267.5	—
2018/6/18	7:58	13	6.1	大阪府北部	六甲大橋-BR2	36.1	192.0	—
2018/6/18	7:58	13	6.1	大阪府北部	大阪事-G	27.1	180.7	14

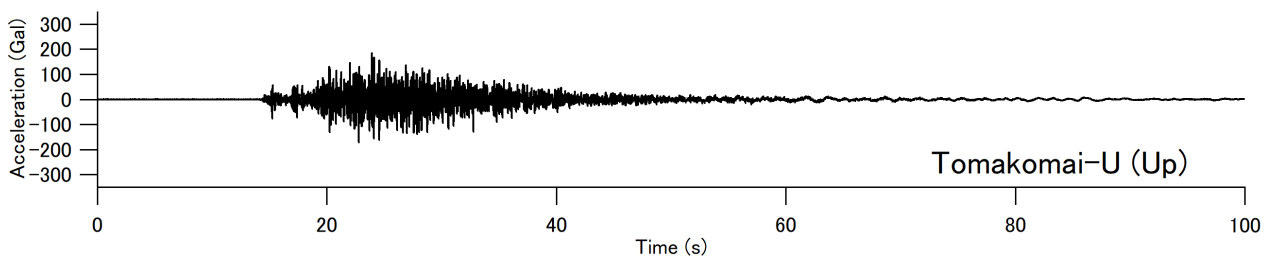
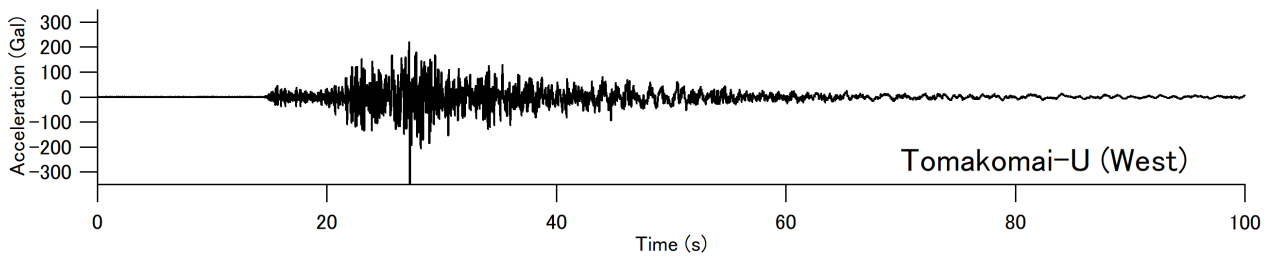
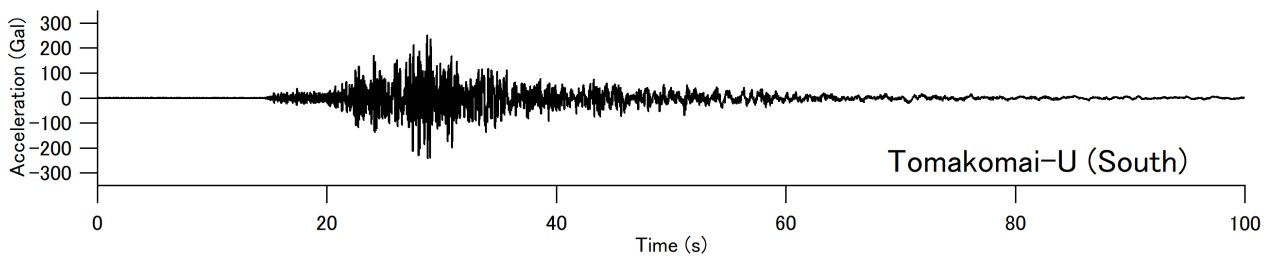


図-9 2018年9月6日北海道胆振東部地震 ($M_j6.7$) による苫小牧-Uでの加速度波形。縦軸：加速度，横軸：時間。

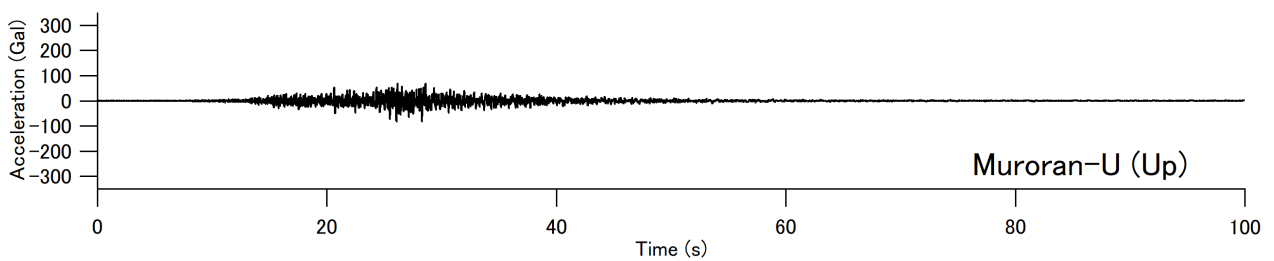
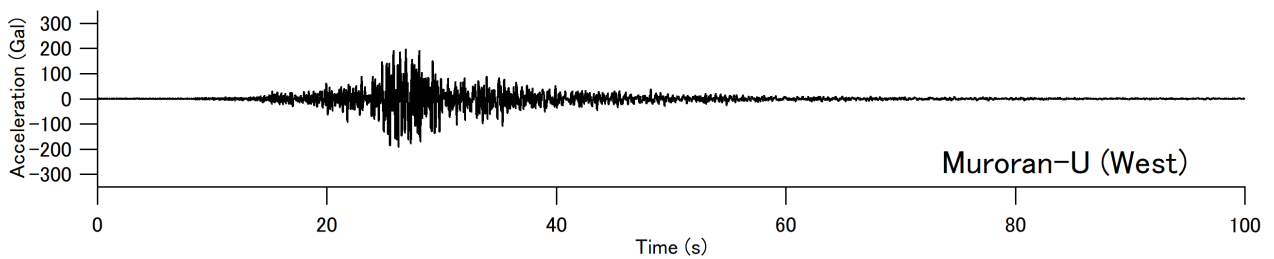
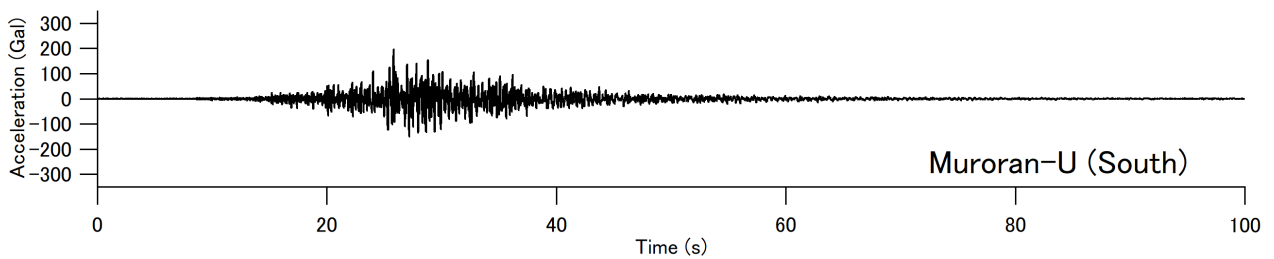


図-10 2018年9月6日北海道胆振東部地震 ($M_j6.7$) による室蘭-Uでの加速度波形。縦軸：加速度，横軸：時間。

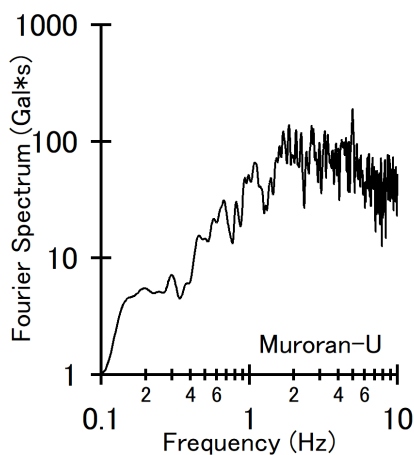
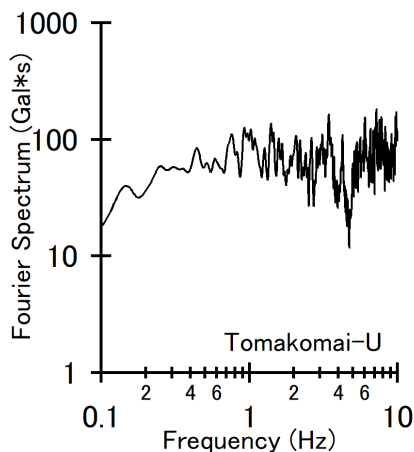


図-11 2018年9月6日北海道胆振東部地震 (M_{6.7}) による苦小牧-U, 室蘭-Uでの加速度フーリエスペクトル

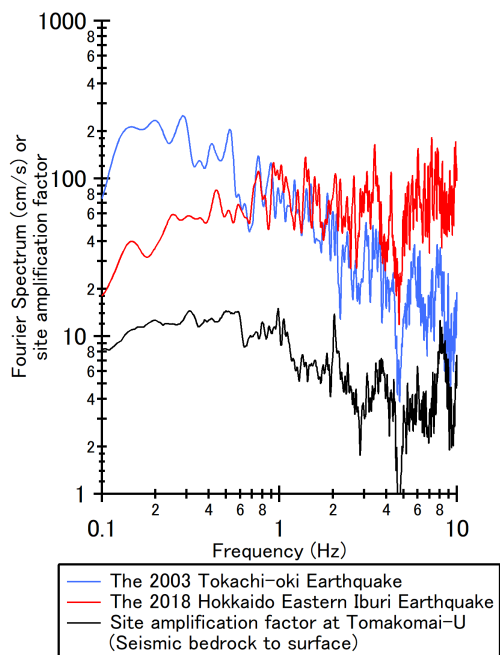


図-12 苦小牧-Uで得られた記録の比較

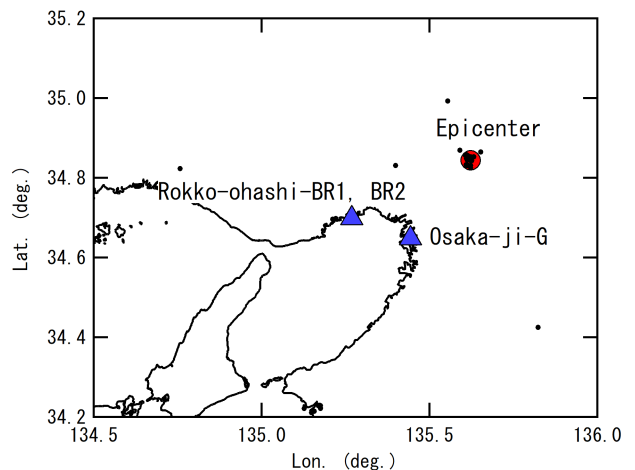


図-13 2018年6月18日大阪府北部の地震 (M_{6.1}) と余震の震央, 周辺の港湾地域強震観測地点

6. まとめ

本資料は、1962年より実施されている港湾地域強震観測の記録のうち、2018年に得られた記録について報告するものである。得られた記録を地点毎に分類し、地震諸元、記録番号、最大加速度等とともに付録の表にまとめている。表の地震諸元は気象庁の地震月報（カタログ編）に基づいている。得られた記録の中で、最大加速度が20Galを越える記録については加速度波形を示している。また、最大加速度が50Galを越える比較的大きな記録については、加速度波形に加え、速度波形、変位波形、フーリエスペクトル、応答スペクトルも併せて示している。

(2021年6月4日受付)

謝辞

港湾地域強震観測は、当所の他、国土交通省港湾局、東北地方整備局、関東地方整備局、北陸地方整備局、中部地方整備局、近畿地方整備局、中国地方整備局、四国地方整備局、九州地方整備局、北海道開発局、内閣府沖縄総合事務局、東京都港湾局、静岡県港湾局、大阪市港湾局、神戸市みなと総局および宮崎県港湾課の各機関の協力の下に実施されています。地震動研究チームの林公美さん、吉田さよ子さんには記録の処理などで大きく貢献していただいています。

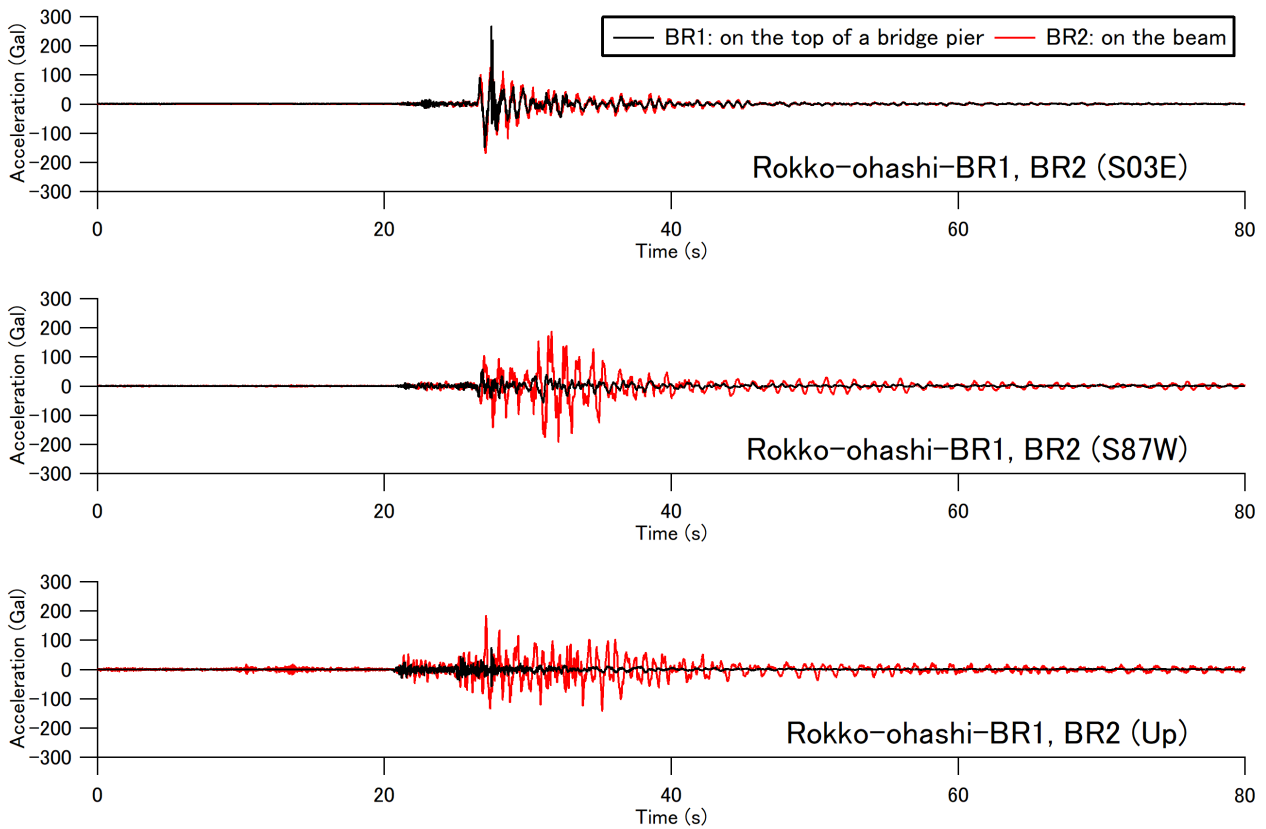


図-14 2018年6月18日大阪府北部の地震 (M_J6.1) による六甲大橋-BR1, BR2 での加速度波形.

縦軸：加速度，横軸：時間.

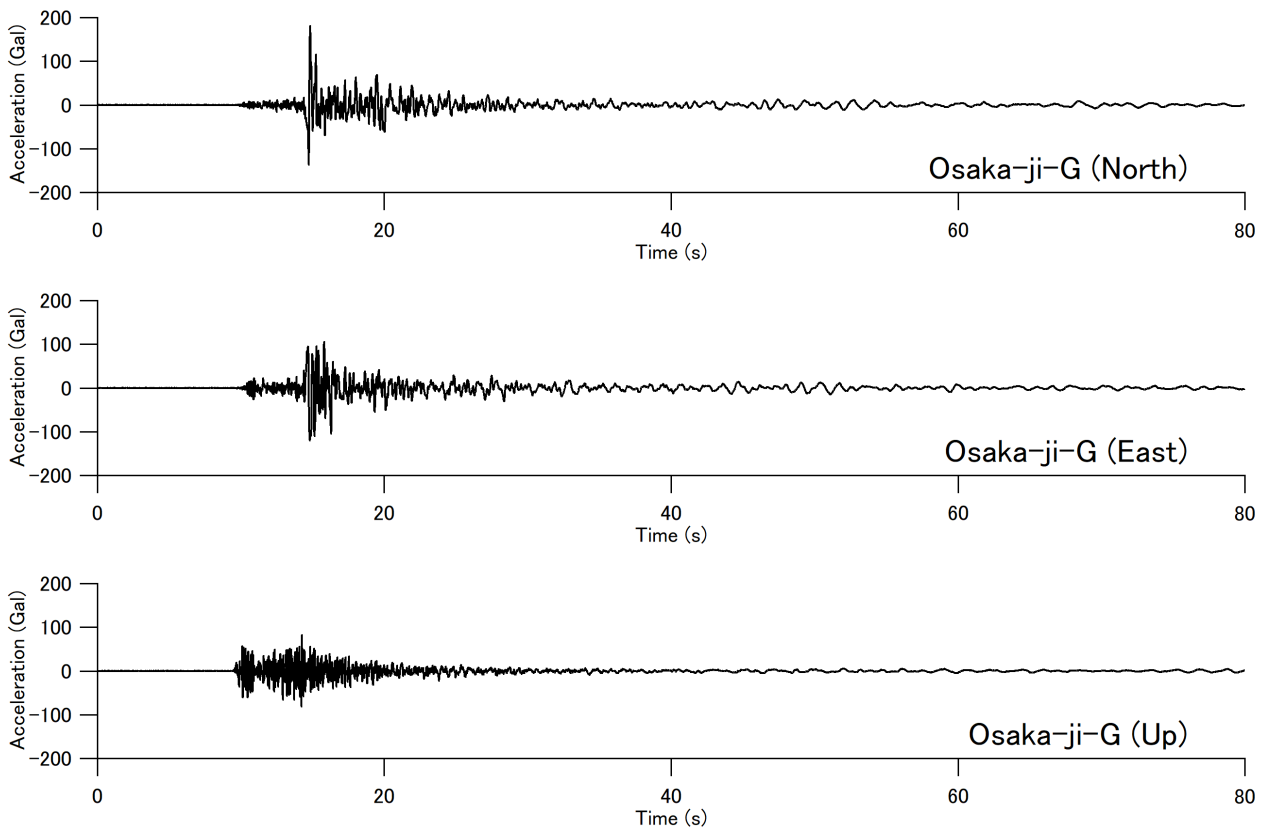


図-15 2018年6月18日大阪府北部の地震 (M_J6.1) による大阪事-G での加速度波形. 縦軸：加速度，横軸：時間.

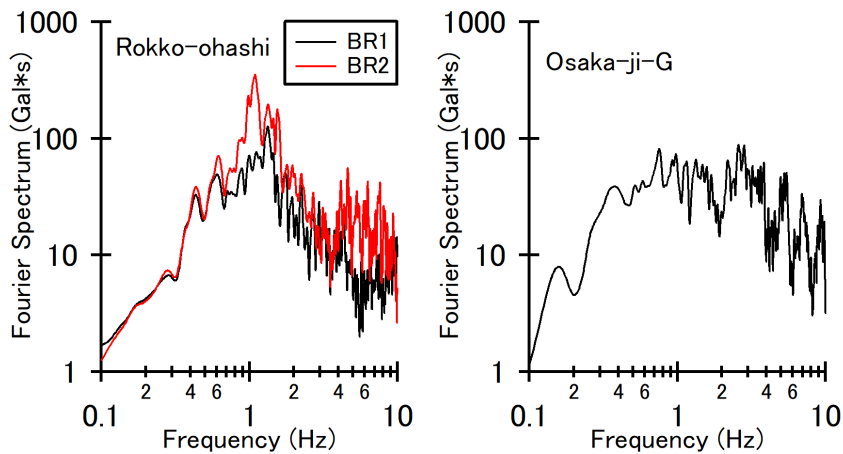


図-16 2018年6月18日大阪府北部の地震(Mj6.1)による六甲大橋-BR1, BR2, 大阪事-Gでの加速度フーリエスペクトル

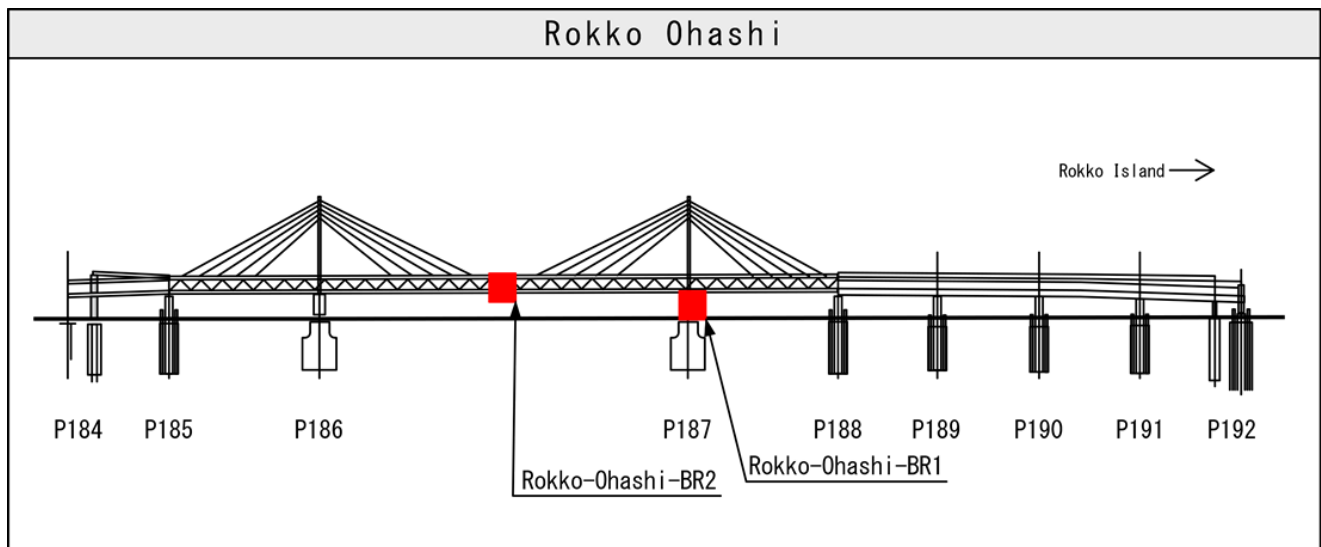


図-17 六甲大橋-BR1, BR2 設置位置

参考文献

- 1) 菅野高弘・三藤正明・及川研：兵庫県南部地震による港湾施設の被害考察（その 8）ケーソン式岸壁の被災に関する模型振動実験，港湾技研資料，No.813，1995年9月，pp.207-252.
- 2) 一井康二・井合進・森田年一：兵庫県南部地震におけるケーソン式岸壁の挙動の有効応力解析，港湾技研報告，第36巻，第2号，1997年6月，pp.41-86.
- 3) 野津厚・長尾毅：スペクトルインバージョンに基づく全国の港湾等の強震観測地点におけるサイト増幅特性，港湾空港技術研究所資料 No.1112，2005年12月.
- 4) 野津厚・菅野高弘：スペクトルインバージョンに基づく南西諸島の強震観測地点におけるサイト増幅特性，港湾空港技術研究所資料 No.1149，2007年3月.
- 5) 野津厚・菅野高弘：スペクトルインバージョンに基づく道北の強震観測地点におけるサイト増幅特性，港湾空港技術研究所資料 No.1214，2010年6月.
- 6) 野津厚・盛川仁：表層地盤の多重非線形効果を考慮した経験的グリーン関数法，地震2，第55巻，2003年3月，pp.361-374.
- 7) 土田 肇・山田通一郎・倉田栄一・須藤克子：港湾地域強震観測年報（1963・1964），港湾技研資料 No.55，1968年9月.
- 8) 土田 肇・山田通一郎・倉田栄一・須藤克子：港湾地域強震観測年報（1965・1966），港湾技研資料 No.62，1968年12月.

- 9) 土田 肇・倉田栄一・須藤克子：港湾地域強震観測年報 (1967), 港湾技研資料 No.64, 1969年3月.
- 10) 土田 肇・倉田栄一・須藤克子：港湾地域強震観測年報 (1968), 港湾技研資料 No.98, 1970年3月.
- 11) 土田 肇・倉田栄一・須藤克子：港湾地域強震観測年報 (1969), 港湾技研資料 No.100, 1970年6月.
- 12) 土田 肇・倉田栄一・須藤克子：港湾地域強震観測年報 (1970), 港湾技研資料 No.116, 1971年3月.
- 13) 倉田栄一・石坂徳三・土田 肇：港湾地域強震観測年報 (1971), 港湾技研資料 No.136, 1972年3月.
- 14) 倉田栄一・石坂徳三・土田 肇：港湾地域強震観測年報 (1972), 港湾技研資料 No.160, 1973年3月.
- 15) 倉田栄一・石坂徳三・土田 肇：港湾地域強震観測年報 (1973), 港湾技研資料 No.181, 1974年3月.
- 16) 倉田栄一・石坂徳三・土田 肇：港湾地域強震観測年報 (1974), 港湾技研資料 No.202, 1975年3月.
- 17) 倉田栄一・井合 進・土田 肇：港湾地域強震観測年報 (1975), 港湾技研資料 No.236, 1976年3月.
- 18) 倉田栄一・井合 進・土田 肇：港湾地域強震観測年報, 補遺(1963~1975, 上下動成分), 港湾技研資料 No.250, 1976年12月.
- 19) 倉田栄一・井合 進・土田 肇：港湾地域強震観測年報 (1976・1977), 港湾技研資料 No.287, 1978年3月.
- 20) 倉田栄一・井合 進・横山淑子・土田 肇：港湾地域強震観測年報 (1978・1979), 港湾技研資料 No.338, 1980年6月.
- 21) 倉田栄一・井合 進・横山淑子・野田節男：港湾地域強震観測年報 (1980), 港湾技研資料 No.374, 1981年6月.
- 22) 倉田栄一・野田節男：港湾地域強震観測年報 (1981), 港湾技研資料 No.426, 1982年6月.
- 23) 倉田栄一・福原哲夫・野田節男：港湾地域強震観測年報 (1982), 港湾技研資料 No.446, 1983年6月.
- 24) 倉田栄一・福原哲夫・野田節男：港湾地域強震観測年報 (1983), 港湾技研資料 No.487, 1984年6月.
- 25) 倉田栄一・福原哲夫・野田節男：港湾地域強震観測年報 (1984), 港湾技研資料 No.519, 1985年6月.
- 26) 倉田栄一・福原哲夫・野田節男：港湾地域強震観測年報 (1985), 港湾技研資料 No.547, 1986年6月.
- 27) 倉田栄一・井合 進・野田節男：港湾地域強震観測年報 (1986), 港湾技研資料 No.588, 1987年6月.
- 28) 倉田栄一・野田節男・樋口豊志：港湾地域強震観測年報 (1987), 港湾技研資料 No.618, 1988年6月.
- 29) 倉田栄一・井合 進：港湾地域強震観測年報 (1988), 港湾技研資料 No.649, 1989年6月.
- 30) 倉田栄一・井合 進：港湾地域強震観測年報 (1989), 港湾技研資料 No.676, 1990年6月.
- 31) 倉田栄一・井合 進：港湾地域強震観測年報 (1990), 港湾技研資料 No.705, 1991年6月.
- 32) 倉田栄一・井合 進：港湾地域強震観測年報 (1991), 港湾技研資料 No.727, 1992年6月.
- 33) 松永康男・桜井博孝・森田年一・井合 進：港湾地域強震観測年報 (1992&1993), 港湾技研資料 No.776, 1994年6月.
- 34) 宮田正史・佐藤幸博・一井康二・森田年一・井合 進：港湾地域強震観測年報 (1994), 港湾技研資料 No.840, 1996年6月.
- 35) 佐藤幸博・一井康二・井合 進・星野裕子・佐藤陽子・宮田正史・森田年一：港湾地域強震観測年報 (1995&1996), 港湾技研資料 No.909, 1998年9月.
- 36) 佐藤幸博・一井康二・井合 進・星野裕子・佐藤陽子：港湾地域強震観測年報 (1997), 港湾技研資料 No.936, 1999年6月.
- 37) 佐藤幸博・一井康二・星野裕子・佐藤陽子・井合 進・長尾 毅：港湾地域強震観測年報 (1998), 港湾技研資料 No.942, 1999年9月.
- 38) 野津 厚・深澤清尊・佐藤陽子・玉井伸昌・菅野高弘：港湾地域強震観測年報 (1999&2000), 港湾空港技術研究所資料 No.1016, 2002年3月.
- 39) 深澤清尊・佐藤陽子・野津厚・菅野高弘：港湾地域強震観測年報 (2001), 港湾空港技術研究所資料 No.1019, 2002年6月.
- 40) 野津 厚・佐藤陽子・深澤清尊・佐藤泰子・菅野高弘：港湾地域強震観測年報 (2002), 港湾空港技術研究所資料 No.1054, 2003年9月.
- 41) 野津 厚・鈴木嘉秀・早田泰子・菅野高弘：港湾地域強震観測年報 (2003), 港湾空港技術研究所資料 No.1084, 2004年9月.
- 42) 野津 厚・菅野高弘：港湾地域強震観測年報 (2004), 港湾空港技術研究所資料 No.1109, 2005年9月.
- 43) 野津 厚・菅野高弘：港湾地域強震観測年報 (2005), 港湾空港技術研究所資料 No.1136, 2006年9月.
- 44) 野津 厚・菅野高弘：港湾地域強震観測年報 (2006), 港湾空港技術研究所資料 No.1164, 2007年9月.
- 45) 野津 厚・菅野高弘：港湾地域強震観測年報 (2007), 港湾空港技術研究所資料 No.1184, 2008年9月.
- 46) 野津 厚・菅野高弘：港湾地域強震観測年報 (2008), 港湾空港技術研究所資料 No.1207, 2010年3月.
- 47) 野津 厚・若井 淳：港湾地域強震観測年報 (2009), 港湾空港技術研究所資料 No.1223, 2010年12月.

- 48) 野津 厚・若井 淳：港湾地域強震観測年報（2010），港湾空港技術研究所資料 No.1243，2011年12月。
- 49) 野津 厚・若井 淳：港湾地域強震観測年報（2011），港湾空港技術研究所資料 No.1266，2013年3月。
- 50) 野津 厚・若井 淳・長坂陽介：港湾地域強震観測年報（2012），港湾空港技術研究所資料 No.1283，2014年3月。
- 51) 野津 厚・長坂陽介：港湾地域強震観測年報（2013），港湾空港技術研究所資料 No.1302，2015年3月。
- 52) 野津 厚・長坂陽介：港湾地域強震観測年報（2014），港湾空港技術研究所資料 No.1322，2016年6月。
- 53) 野津 厚・長坂陽介：港湾地域強震観測年報（2015），港湾空港技術研究所資料 No.1331，2017年3月。
- 54) 野津 厚・長坂陽介：港湾地域強震観測年報（2016），港湾空港技術研究所資料 No.1347，2018年9月。
- 55) 長坂陽介・野津 厚：港湾地域強震観測年報（2017），港湾空港技術研究所資料 No.1356，2019年8月。
- 56) 土田 肇・倉田栄一・須藤克子：1968年十勝沖地震とその余震の港湾地域における強震記録，港湾技研資料 No.80，1969年6月。
- 57) 倉田栄一・井合 進・土田 肇：1978年伊豆大島近海の地震の港湾地域における強震記録，港湾技研資料 No.317，1979年3月。
- 58) 倉田栄一・井合 進・横山淑子・土田 肇：1978年宮城県沖地震の港湾地域における強震記録，港湾技研資料 No.319，1979年6月。
- 59) 倉田栄一・野田節男：昭和57年（1982年）浦河沖地震の港湾地域における強震記録，港湾技研資料 No.442，1983年3月。
- 60) 倉田栄一・福原哲夫・野田節男：昭和58年（1983年）日本海中部地震の港湾地域における強震記録，港湾技研資料 No.458，1983年9月。
- 61) 倉田栄一・福原哲夫・野田節男：昭和59年（1984年）8月7日日向灘地震の港湾地域における強震記録，港湾技研資料 No.503，1984年12月。
- 62) 倉田栄一・野田節男・樋口豊志：昭和62年（1987年）12月17日千葉県東方沖地震の港湾地域における強震記録，港湾技研資料 No.619，1988年6月。
- 63) 松永康男・桜井博孝・森田年一・井合 進：1993年釧路沖地震の港湾地域における強震記録，港湾技研資料 No.777，1994年6月。
- 64) 松永康男・桜井博孝・森田年一・井合 進：1993年北海道南西沖地震の港湾地域における強震記録，港湾技研資料 No.778，1994年6月。
- 65) 佐藤幸博・宮田正史・一井康二・森田年一・井合 進：1994年北海道東方沖地震の港湾地域における強震記録，港湾技研資料 No.853，1996年12月。
- 66) 佐藤幸博・一井康二・宮田正史・森田年一・井合 進：1994年三陸はるか沖地震の港湾地域における強震記録，港湾技研資料 No.892，1997年12月。
- 67) 佐藤幸博・一井康二・星野裕子・佐藤陽子・宮田正史・森田年一・井合 進：1995年兵庫県南部地震の港湾地域における強震記録，港湾技研資料 No.907，1998年6月。
- 68) 土田 肇・山田通一郎・倉田栄一：港湾地域強震観測地点資料（その1），港湾技研資料 No.34，1967年11月。
- 69) 倉田栄一・土田 肇・須藤克子：港湾地域強震観測地点資料（その2），港湾技研資料 No.107，1970年12月。
- 70) 倉田栄一・石坂徳三：港湾地域強震観測地点資料（その3），港湾技研資料 No.156，1973年3月。
- 71) 横山淑子・倉田栄一：港湾地域強震観測地点資料（その4），港湾技研資料 No.298，1978年6月。
- 72) 横山淑子・倉田栄一：港湾地域強震観測地点資料（その5），港湾技研資料 No.351，1980年9月。
- 73) 一井康二・佐藤幸博・佐藤陽子・星野裕子・井合 進：港湾地域強震観測地点資料（その6），港湾技研資料 No.935，1999年6月。
- 74) 木下繁夫：サーボ型地震計，地震2，第50巻，1998年3月，pp.471-483。
- 75) 若井 淳，野津 厚，菅野高弘，長坂陽介：港湾地域強震観測におけるデータ伝送方法の改良—地震動情報即時伝達システムの開発—，港湾空港技術研究所資料 No.1310，2015年9月。
- 76) 気象庁：地震・火山月報（防災編），2018年。
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/gaikyo/>。
- 77) 気象庁：地震月報（カタログ編），
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/>。
- 78) 井合 進・倉田栄一・土田 肇：強震記録のデジタル化と補正，港湾技研資料 No.286，1978年3月。
- 79) Susumu Iai and Eiichi Kurata: Integration of strong-motion accelerograms, Proceedings of the 5th Japan Earthquake Engineering Symposium, 1978, pp.225-232.
- 80) 国土技術政策総合研究所 港湾施設研究室，
<https://www.y.sk.nilim.go.jp/kakubu/kouwan/sisetu/sisetu.htm>
1.

強震観測担当者（2018年1月～12月）

東北地方整備局

青森港湾事務所		太田 充	藤森 勉	
八戸港湾・空港整備事務所		吉田 靖	河原 聡志	家子 清吉
釜石港湾事務所		佐藤 匡	山田 裕之	菊地 隆二
		進藤 武		
釜石港湾事務所	宮古港出張所	斉藤 雅志	伊藤 尚斗	
塩釜港湾・空港整備事務所		田村 勇	鬼嶋 充	小山内 聡
		瀬川 哲		
小名浜港湾事務所		齋藤 信之	畠山 大	
小名浜港湾事務所	相馬港出張所	佐藤 真人		
秋田港湾事務所		須藤 浩	佐々木 誠	吉田 勘一郎
酒田港湾事務所		阿部 寛	津谷 達彦	

北陸地方整備局

新潟港湾・空港整備事務所		東條 慎太郎	加藤 真朗	赤岡 肇
		和泉田 隆雄	加藤 良朗	
伏木富山港湾事務所		安井 哲博	澤崎 守道	竹田 敏之
金沢港湾・空港整備事務所		間野 豊春	村崎 清武	桜井 裕
		鈴木 智憲		
敦賀港湾事務所		清水 雄太	長田 光正	

関東地方整備局

鹿島港湾・空港整備事務所		深澤 真智	山田 崇人	一戸 秀久
		千葉 恵一		
鹿島港湾・空港整備事務所	常陸那珂港事務所	深澤 真智	山田 崇人	一戸 秀久
		千葉 恵一		
千葉港湾事務所		狭間 松博	中村 浩明	笹森 秀一郎
横浜港湾空港技術調査事務所		遠藤 正洋	北山 亮人	
京浜港湾事務所		溝川 慎一郎	千葉 仁	化生 順一郎

中部地方整備局

清水港湾事務所		本多 宗隆	六ツ名 俊輝	
清水港湾事務所	下田港事務所	後藤 修一		
清水港湾事務所	御前崎港事務所	山崎 光俊	福田 真人	
三河港湾事務所		森下 倫明	片山 芳彦	山下 高明
		岡田 達彦		
三河港湾事務所	衣浦港事務所	日比 智也	鈴木 真也	
名古屋港湾事務所		山口 正高	長谷川 雅弘	
名古屋港湾空港技術調査事務所		大塚 尚志	大橋 幸彦	安藤 大輔
		長瀬 和光		
四日市港湾事務所		佐藤 友紀	野上 周嗣	住田 晃昭

近畿地方整備局

和歌山港湾事務所		橋本 愛	岩原 克仁	
神戸港湾事務所		高橋 幸成	春山 哲彦	大前 剛

中国地方整備局

境港湾・空港整備事務所 西丸 剛史 下山 尚毅
広島港湾・空港整備事務所 吉持 香織

四国地方整備局

松山港湾・空港整備事務所 伊藤 陽二
小松島港湾・空港整備事務所 小山 活史 石本 真憲
高知港湾・空港整備事務所 六車 晋助 谷定 大輔

九州地方整備局

博多港湾・空港整備事務所 豊田 洋輔
別府港湾・空港整備事務所 山下 孝輔 有田 孔人
宮崎港湾・空港整備事務所 緒方 友法
志布志港湾事務所 荒田 育弥 森満 賢治
鹿児島港湾・空港整備事務所 酒井 勝 熊川 幸人

北海道開発局

釧路開発建設部 釧路港湾事務所 山口 圭太 青野 奨
釧路開発建設部 根室港湾事務所 高橋 望
室蘭開発建設部 浦河港湾事務所 杉森 信博
室蘭開発建設部 苫小牧港湾事務所 片山 勝
室蘭開発建設部 室蘭港湾事務所 菅原 吉浩
小樽開発建設部 小樽港湾事務所 上川 浩幸 藤田 一夫 松野 健
函館開発建設部 函館港湾事務所 水口 陽介
函館開発建設部 江差港湾事務所 渡部 壮史 佐藤 篤志 森谷 佳太
留萌開発建設部 留萌港湾事務所 芳賀 公貴
網走開発建設部 網走港湾事務所 森 昌也 佐々木 智之
網走開発建設部 紋別港湾事務所 松谷 明典

沖縄総合事務局

那覇港湾・空港整備事務所 金城 信之 長嶺 朝仁 山田 文人
那覇港湾・空港整備事務所 中城湾港出張所 玉城 侑
平良港湾事務所 大橋 修 野瀬 晴生 石橋 透
石垣港湾事務所 瀬間 基広 富田 健

都道府県

東京都港湾局 岸野 浩昌 河合 菜穂子 南川 浩輝
伊藤 晃
大阪市港湾局 友永 良太 伊勢脇 壽 中島 信行
松本 新平
神戸市みなと総局 藤元 功 一色 智彦 水野 哲也
静岡県田子の浦港管理事務所 大岡 朗 多賀 和人
宮崎県北部港湾事務所 中川 高幸 泉田 渉 橋倉 誉典