

8. 港湾施設

8.1 港湾施設の被害概要

能登半島及び周辺には、西から時計廻りに、塩屋港、金沢港、滝港、福浦港、●輪島港、飯田港、小木港、宇出津港、●穴水港、半ノ浦港、●和倉港、●七尾港、●伏木富山港があり、目視点検の結果、下線を引いた港湾に何らかの変状が見られた（●は今回調査港湾）。本稿では震度6弱以上の計測震度が観測された地点に近い、輪島港、穴水港、七尾港の被害について述べる¹⁾。現地調査は、(独)港湾空港技術研究所と共同で3月25日(日)13:30に研究所を出発し、3月26日(月)に終了した。

8.2 輪島港、穴水港、七尾港の被害

震源に近い輪島港では、-7.5mケーソン式岸壁（写真-8.1左）が建設中でありエプロン背後に沈下（最大40cm程度）が認められ噴砂痕もある。埋立済部と埋立未了部分で20cm程度の法線のズレ（写真-8.1右）が目視で観測できる。当該地点の基礎地盤が比較的堅固であり被災程度が小さかったものと考えられる。



写真-8.1 輪島港-7.5m ケーソン式岸壁（左）及び目地部拡大（右）

穴水港-4m物揚場（写真-8.2）は背後地盤に噴砂痕が認められセルラーブロック式岸壁が海側へ20cm程度移動している。当該地点は河口部で軟弱層が厚いことから深層混合処理が施されており、被災程度が比較的軽微であったものと考えられる。

七尾港太田地区-10m矢板岸壁1号と2号（写真-8.3）は、1号岸壁エプロン背後の埠頭用地に液状化による噴砂が堆積しており最大50cm程度の段差が発生し、矢板天端が20cm程度海側へ移動（目視）している。一方、2号岸壁については、矢板前面はサンドコンパ



写真-8.2 穴水港-4m 物揚場

クシオンパイル工法、矢板直背後に1列グラベルドレーン工法、2列目からロードコンパクション工法で地盤改良がされていたことから、被災当日も木材の荷役が実施されていた。



写真-8.3 七尾港太田地区-10m岸壁
(手前1号岸壁から荷役中の2号岸壁)

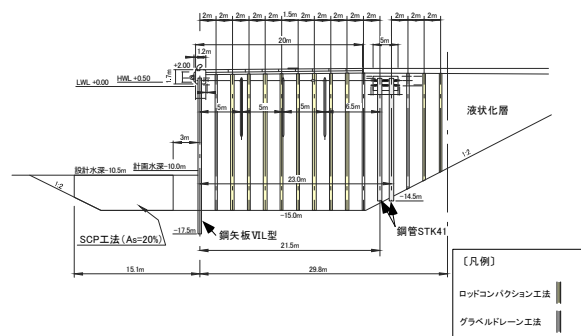


図-8.1 七尾港太田地区-10m
2号岸壁標準断面

8.3 余震観測

2007年能登半島地震では、石川県内の多数の港湾において被害が生じた。このうち、重要港湾では七尾港の太田岸壁（矢板式）の被害が顕著であったが、気象庁発表の当該地域の計測震度6強の揺れが港湾施設に作用したと仮定すると、被災程度が軽度な印象であった。矢板式岸壁は、一部の例外を除いて、矢板本体と控えをタイロッドで結合した複雑な構造であり、また、その地震時挙動は周辺地盤の挙動に大きく影響されることから、矢板式岸壁の地震時の被害メカニズムは、必ずしも十分に解明されているとは言い難い。従って、今回得られたような被災事例の解析を通じて、矢板式岸壁の被災メカニズムの解明を図っていくことが重要である。また、2007年4月より、港湾構造物の設計体系は性能規定型の設計体系へと移行しており、構造物の耐震性能を照査するために、有効応力解析に代表される数値解析手法が多用されるようになってきているが、それらの数値解析手法は依然として未完成の段階にあるのが現状であり、今後、被災事例の再現解析を地道に積み重ねることにより、解析手法の信頼性を高めていくことが必要であると考えられる。

地震時の地盤の揺れは一般には震源特性、伝播経路特性、サイト特性の三者の影響によって決まると言われている。なかでも、サイト特性の影響は顕著であり、比較的近い2点であっても、地震時の地盤の揺れは大幅に異なる場合がある。従って、上述のような被害の再現解析を実施する場合に、単に最寄りの既存の地震観測点（K-NET七尾）で取得された記録を入力として用いるだけでは、入力の大さきそのものを倍半分程度見誤る可能性が大いにある。その場合、その後に実施する解析がいくら精緻なものであっても、その解析は無意味となってしまう。従って、2007年能登半島地震による七尾港大田岸壁における揺れをできるだけ精度良く把握することが望まれる。

以上のことから、七尾港大田岸壁におけるサイト特性の把握・本震の推定を目的として、当該岸壁における余震観測が現地調査の翌日3月27日から、港空研によって実施された。

8.3.1 余震観測の概要

観測は、岸壁背後の1階建て建物の1階床面に携帯型地震計を設置し実施された。建物の長辺と短辺に対して地震計が平行になるように設置されており、水平2成分はN38W成分とE38N成分である。観測には(株)アカシ製のGPL-6A3Pが使用され(シリアル番号は720068)、観測成分は上下・水平の計3成分、イベントトリガー方式で観測を行い、トリガーレベルは1Galに設定された。余震観測のため電圧信号をアンプで10倍に増幅し、20bitのAD変換で収録している。計測可能最大振幅は約200Galであり、サンプリング周波数は100Hzである。写真-8.4に観測に用いたものと同型の地震計を示す。

地震計表面には余震観測中である旨の注意事項・連絡先等を表記し、データ取得を確実なものとした。観測は2007年3月27日18時ごろ開始され、2007年5月28日14時ごろに終了した。

大田岸壁で観測された地震のうち、K-NET七尾でも観測され、比較することの可能な地震が表-8.1に示すように、K-NET七尾と比較可能な記録として25記録が得られた。



写真-8.4 携帯型地震計 (同型)

表-8.1 K-NET 七尾と大田岸壁の両方で観測された地震の一覧

発生年月日	時分	マグニチュード	K-NET七尾での最大加速度 (Gal)	大田岸壁での最大加速度 (Gal)
2007/3/28	0:57	4.0	4.96	7.68
2007/3/28	8:08	4.9	15.59	21.83
2007/3/28	10:51	4.6	3.68	3.81
2007/3/28	13:05	4.7	7.32	8.67
2007/3/28	21:16	3.8	1.60	2.72
2007/3/29	10:46	3.8	2.33	2.83
2007/3/31	8:09	4.4	30.02	24.39
2007/4/2	2:51	4.2	4.62	2.95
2007/4/2	8:01	4.1	2.84	2.65
2007/4/2	21:49	3.3	1.68	1.51
2007/4/4	8:18	3.9	3.45	5.50
2007/4/5	15:14	4.3	2.28	3.97
2007/4/6	15:18	4.3	11.43	7.46
2007/4/6	21:42	4.7	3.15	3.69
2007/4/6	23:55	4.3	1.87	1.90
2007/4/11	22:12	4.3	4.15	3.08
2007/4/12	3:37	3.5	1.60	1.36
2007/4/14	23:08	3.5	1.67	1.81
2007/4/15	6:39	3.8	2.29	3.01
2007/4/15	12:19	5.4	1.27	1.57
2007/4/16	11:30	3.9	5.06	5.02
2007/4/26	20:16	3.3	2.76	1.32
2007/5/2	20:44	4.7	19.04	23.37
2007/5/5	1:11	4.5	2.52	1.86
2007/5/11	2:12	4.5	4.45	4.67

8.3.2 時刻歴波形

表-8.1に示した25の地震による大田岸壁における観測記録の事例を3月28日21:16 (図-8.2)、4月12日11:30 (図-8.3) について示す。

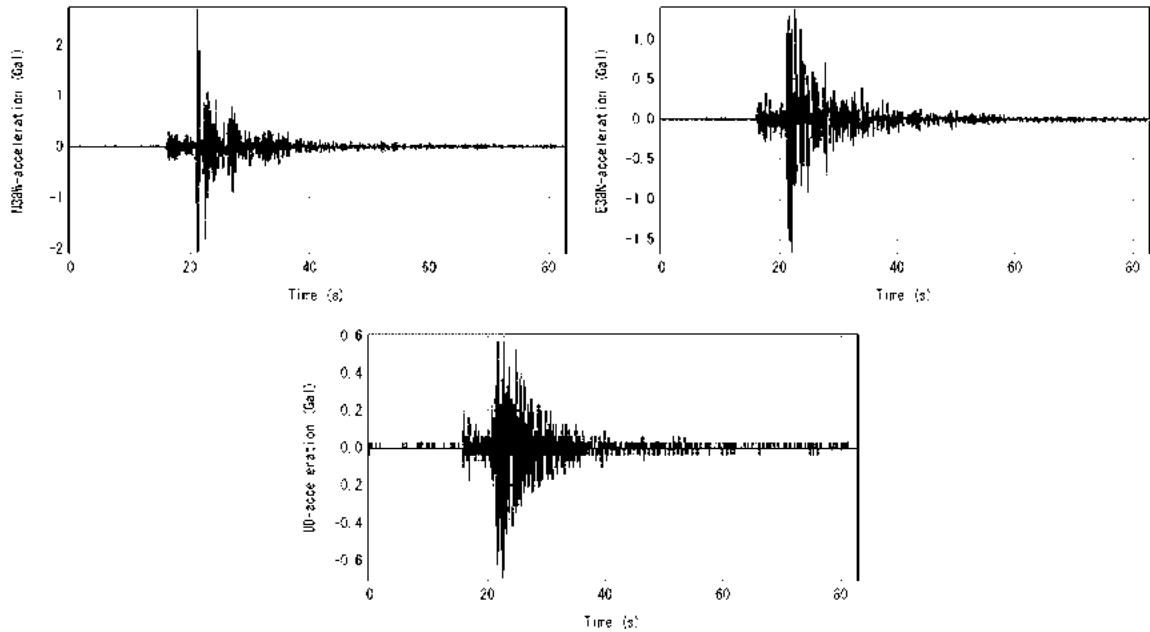


図-8.2 3月28日21:16の地震による観測記録

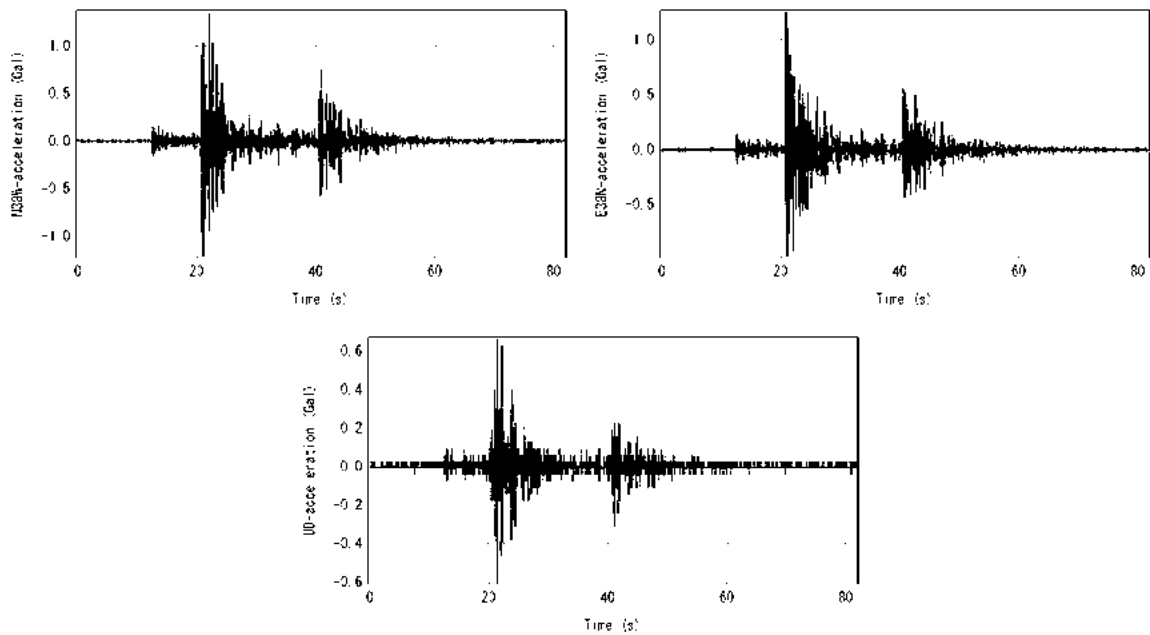


図-8.3 4月26日11:30の地震による観測記録

8.3.3 K-NET七尾における観測記録との比較

以上、25個の記録に基づいて、七尾港大田岸壁と、最寄りの既存地震観測点であるK-NET七尾における観測記録のフーリエスペクトルの比を計算して、その対数平均を求めた。結果を図-8.4に示す。まず、低周波側(0.1~0.4Hz)ではスペクトル比は概ね1に近く、

0.5Hz付近に小さな山がある。0.5Hz前後の成分は、K-NET七尾よりも大田岸壁の方がやや強い傾向が認められる。一方、1Hz付近にはかなり明瞭な谷が認められる。すなわち、1Hz前後の成分は大田岸壁よりK-NET七尾の方がはるかに強いと言える。これはK-NET七尾におけるサイト増幅特性のピークに対応するものと考えられる。3-4Hz付近には明瞭な山が認められる。すなわち、3-4Hz前後の成分はK-NET七尾より大田岸壁の方がはるかに強いことがわかる。過去の被害地震における港湾施設の被災程度と比較的相関のある1Hz前後の周波数帯領域に谷がある事から当該岸壁の被災程度が比較的軽微であったことと整合性が取れるものと考えられる。

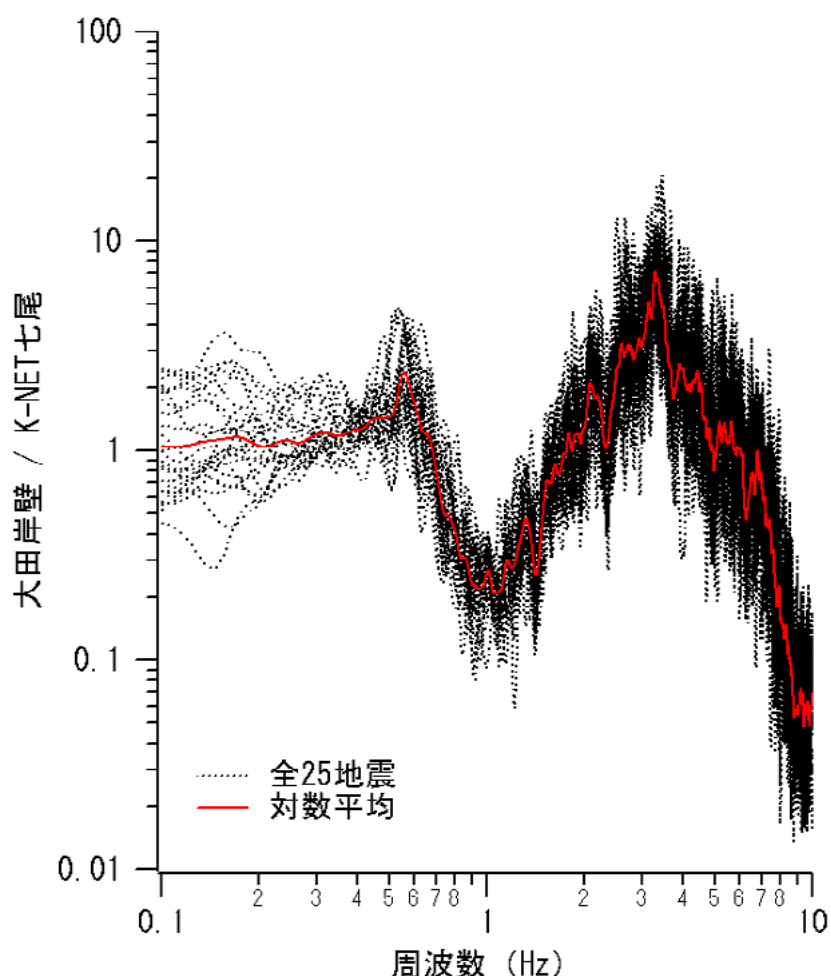


図-8.4 大田岸壁とK-NET七尾におけるフーリエスペクトルの比

8.4 おわりに

現地調査において、気象庁発表の計測震度からすると被災程度が小さい印象があり、サイト特性・埋立土砂・施設へ作用した地震動を評価する必要があると判断された。このため七尾港太田地区において3月27日から、サイト特性把握・本震の推定のため余震観測が、港空研によって開始された。港空研での検討から、七尾港大田岸壁におけるサイト増幅特性（K-NET七尾に対する相対値）を、高精度で把握することができたものと考えられる。今後は、余震観測で得られた情報をもとに、表層地盤の非線型挙動の影響も考慮しつつ、2007年能登半島地震による七尾港大田岸壁における地震動の推定を行い、これを入力波と

して用いることにより、有効応力地震応答解析による被害の再現・被害メカニズムの把握を行うことにより、解析プログラムの信頼性向上が可能になるものと考えられる。

さらに、ここで把握された七尾港大田岸壁におけるサイト増幅特性は、今後の耐震設計にも活用されるものと期待される。そのため、七尾港の複数地点における微動観測を実施し、ここで得られたサイト増幅特性を適用できる範囲を明確にしていく必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人土木研究所・独立行政法人建築研究所・独立行政法人港湾空港技術研究所緊急調査団：平成19年能登半島地震の緊急調査速報、土木技術資料、第49巻、第6号、pp. 6～11、2007