

参考資料 2 東北地方太平洋沖地震(M9.0)における地震動

独立行政法人港湾空港技術研究所の研究¹では 2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震の際に地震記録が得られた強震観測地点と比べて、石油コンビナート防災区域におけるサイト増幅特性が大きく異なっており、サイト増幅特性の違いから 2 倍ぐらい揺れていた可能性もあるとの指摘がなされている。

この結果を踏まえて、実際に観測された地震動だけではなく、石油コンビナート防災区域の強震計が存在しない地点における事後推定波についても活用することとした。

2.1 仙台地区

仙台地区においては、独立行政法人港湾空港技術研究所の研究から、北航路地区、高松埠頭地区、高砂埠頭地区にある事業所とそれらの地区と栄地区に挟まれた事業所とではサイト増幅特性が異なる可能性がある。高砂埠頭における東北地方太平洋沖地震時の地震動は独立行政法人港湾空港技術研究所の研究により事後推定されている。

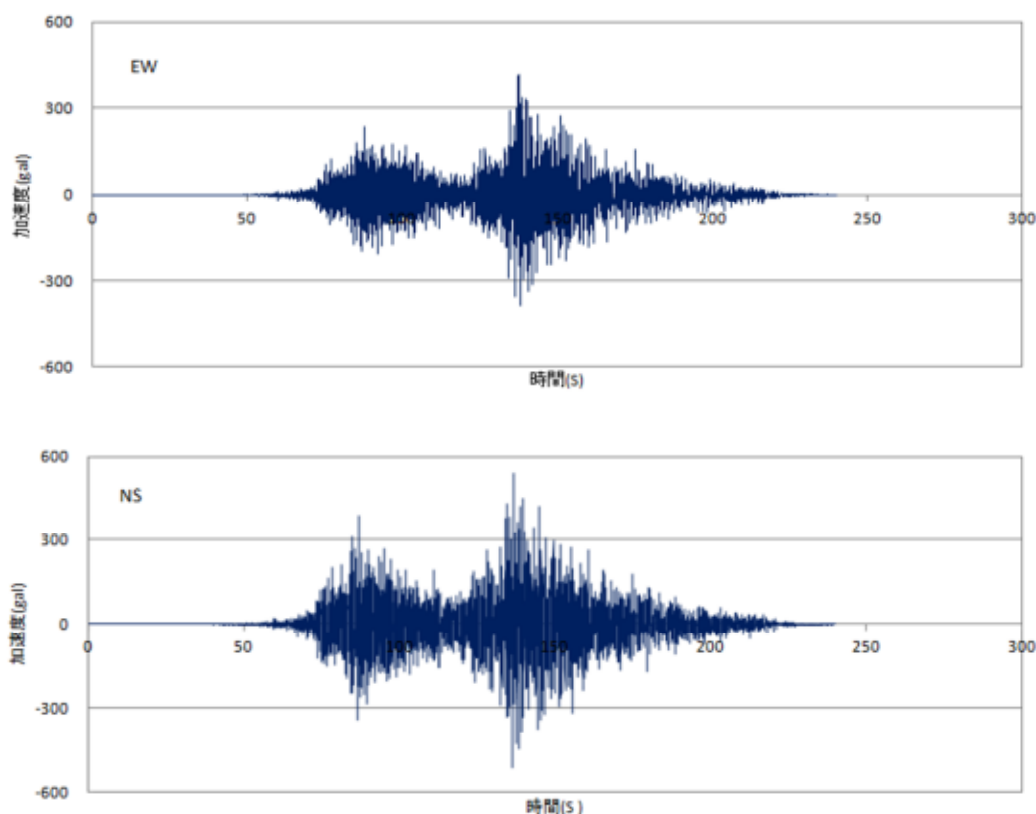


図 2.1 仙台港区高砂埠頭 東北地方太平洋沖地震の加速度時刻歴(工学的基盤 2E)
(独立行政法人港湾空港技術研究所のサイト²よりダウンロード)

¹ 2011 年東北地方太平洋沖地震による仙台塩釜港（仙台港区）高砂埠頭における地震動の事後推定（第 1 版）
http://www.pari.go.jp/bsh/jbn-kzo/jbn-bsi/taisin/research_jpn/research_jpn_2011/jr_4051_rev1.html

² 2011 年東北地方太平洋沖地震による仙台塩釜港（仙台港区）高砂埠頭における地震動の事後推定（第 2 版）
http://www.pari.go.jp/bsh/jbn-kzo/jbn-bsi/taisin/research_jpn/research_jpn_2011/jr_4052_rev2.html

(1) 北航路地区、高松埠頭地区、高砂埠頭地区にある事業所

北航路地区、高松埠頭地区、高砂埠頭地区にある事業所については、図 2.1 の加速度波形と各事業所から得られた地盤データと土質調査結果より、非線形の重複反射理論により地表面での加速度波形を求めた。地盤の非線形地震応答計算には(株)アーク情報システムの ArkQuake を用いた。

(2) 北航路地区、高松埠頭地区、高砂埠頭地区と栄地区に挟まれた事業所

当該地区においては、消防庁消防大学校消防研究センター(以下、消防研究センター)が 2011 年 3 月 11 日以前に当該地区の事業所内に地震計を設置しており、同年 3 月 9 日(M7.3)の地震動が得られている。これより港湾観測点サイト特性のコンビナート地区サイトへの補正が可能である。

図 2.2 に消防研究センターによる 3 月 9 日の地震動の波形を示す。

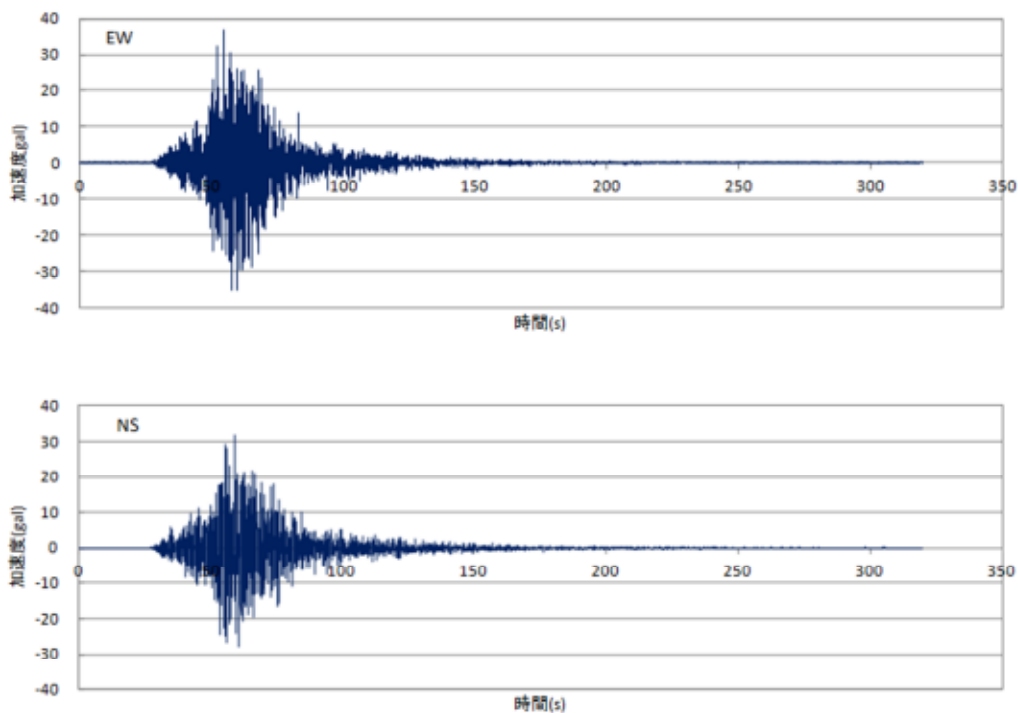


図 2.2 消防研究センター 2011 年 3 月 9 日の地震(M7.3)の加速度時刻歴
(消防研究センターご提供から加工)

また、港湾観測点としては、独立行政法人港湾空港技術研究所の観測点(仙台・G)において 3 月 9 日(M7.3)と東北地方太平洋沖地震時の加速度波形が得られている。図 2.3 に 3 月 9 日の加速度波形を、図 2.6 に東北地方太平洋沖地震時の加速度波形を示す。

A. 2011 年 3 月 9 日(M7.3)における工学的基盤のスペクトルの比較

図 2.2 と図 2.3 の観測記録からボーリングデータ等を用いて、非線形重複反射理論により、工学的基盤に戻して両者を比較する。

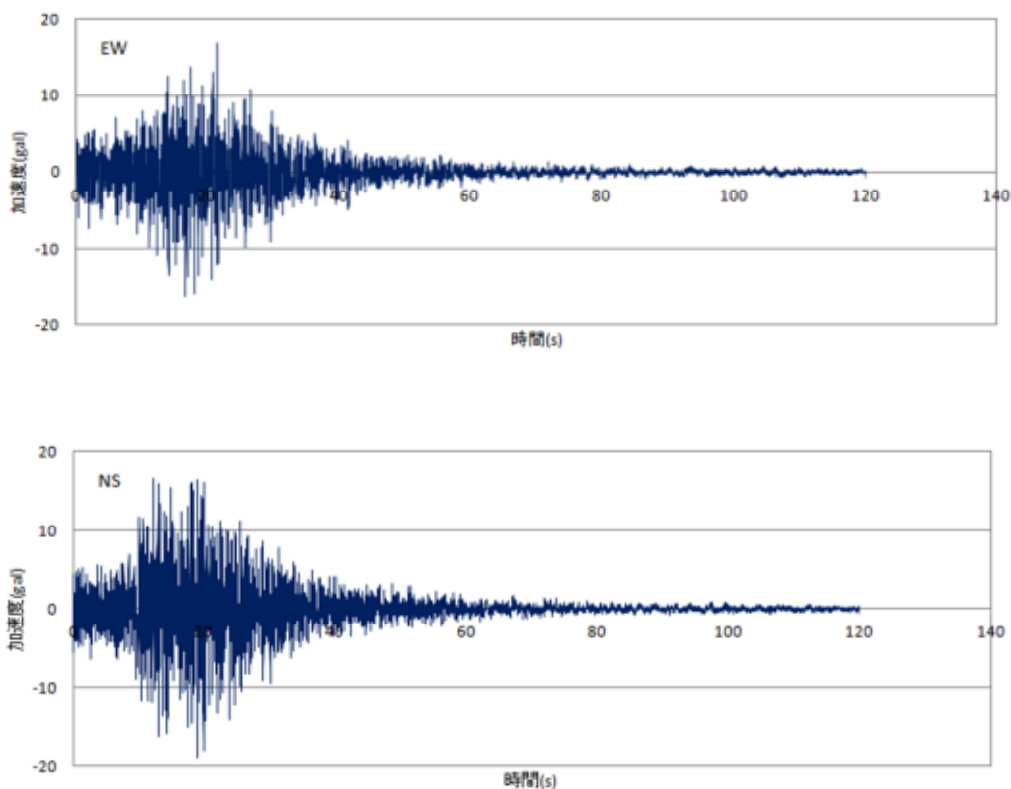
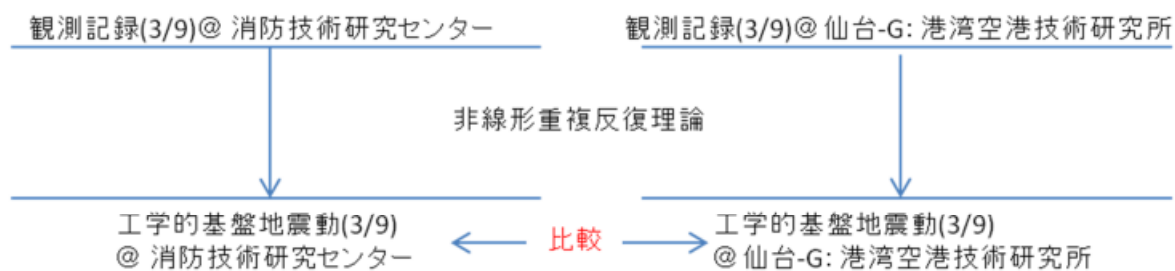


図 2.3 観測点(仙台-G)における加速度時刻歴(2011年3月9日(M7.3))
(港湾空港技術研究所 港湾地域強震観測のサイト³よりダウンロード)

B. 2011/3/11 における地震波形の推定

事業所における東北地方太平洋沖地震時の加速度波形の推定は以下のように行う。

2011年3月9日(M7.3)における工学的基盤のスペクトルの比較からスペクトル比(3/9)(事業所/仙台-G)を求めた。

³ <http://www.mlit.go.jp/kowan/kyosin/eq.htm>

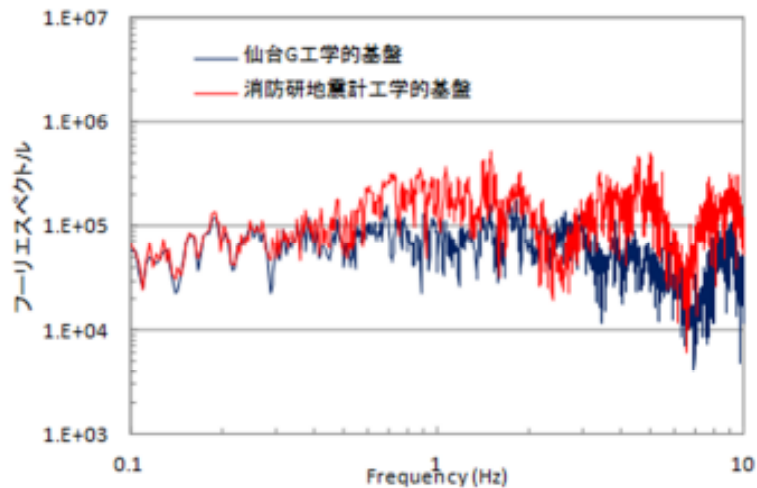


図 2.4 2011年3月9日(M7.3)における工学的基盤のスペクトル

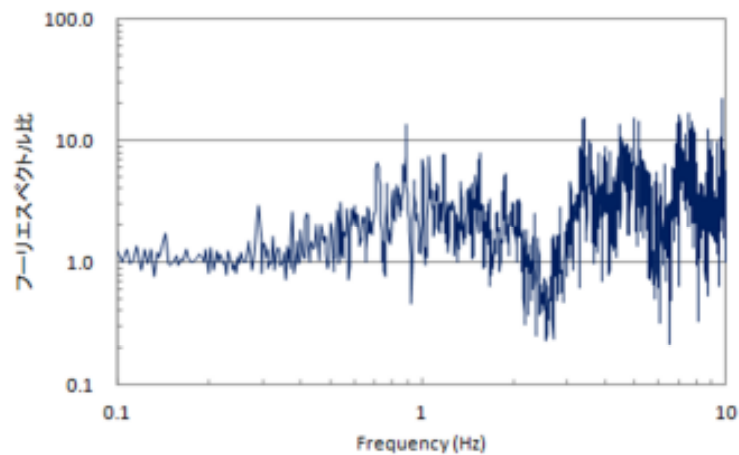


図 2.5 消防研究センター設置地震計/観測点(仙台-G)のスペクトル比

工学的基盤における地震波形(3/11)@仙台-G：港湾空港技術研究所のフーリエスペクトルにスペクトル比(事業所/仙台-G)を乗じて、観測記録(3/9)@事業所：消防研究センターのフーリエ位相を組み合わせ、逆フーリエ変換をして工学的基盤における地震波形@事業所(3/11)を推定する。ここで、工学的基盤における地震波形(3/11)@仙台-G：港湾空港技術研究所のフーリエスペクトルの計算においては、地震波形に関して、前半部分と後半部分に切り出して行った。切り出された前半部分と後半部分のフーリエスペクトルに事業所と仙台-Gのスペクトル比を乗じることにより、事業所におけるフーリエスペクトルを推定した。また、前半部分と後半部分の波形の足し合わせにおいては、前半部分と後半部分の各々に対応するS波初動の間隔が仙台-Gと同様になるように足し合わせを行った。

工学的基盤における地震波形@事業所(3/11)から非線形性を考慮して地表面での地震波形(3/11)@事業所を推定した。

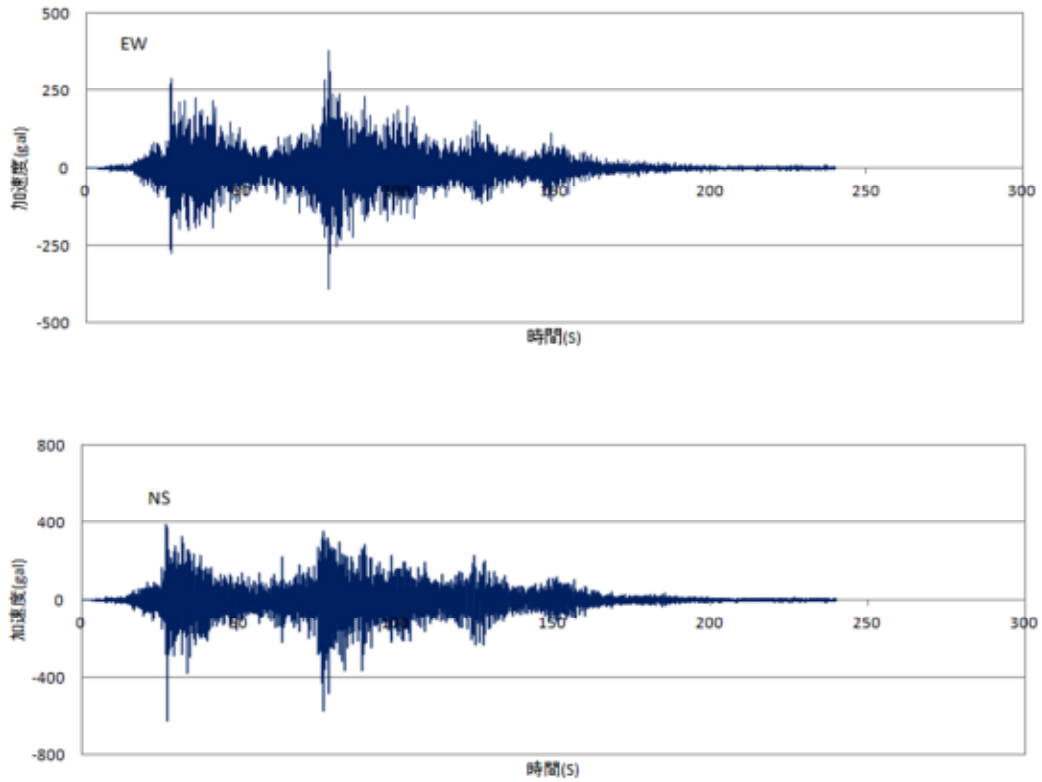


図 2.6 観測点(仙台-G)における加速度時刻歴(東北地方太平洋沖地震)
(港湾空港技術研究所 港湾地域強震観測のサイトよりダウンロード)

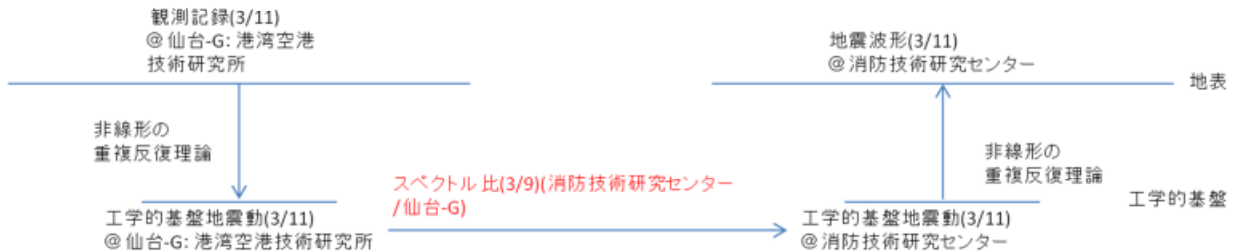


図 2.7 北航路地区、高松埠頭地区、高砂埠頭地区と栄地区に挟まれた事業所の推定手順

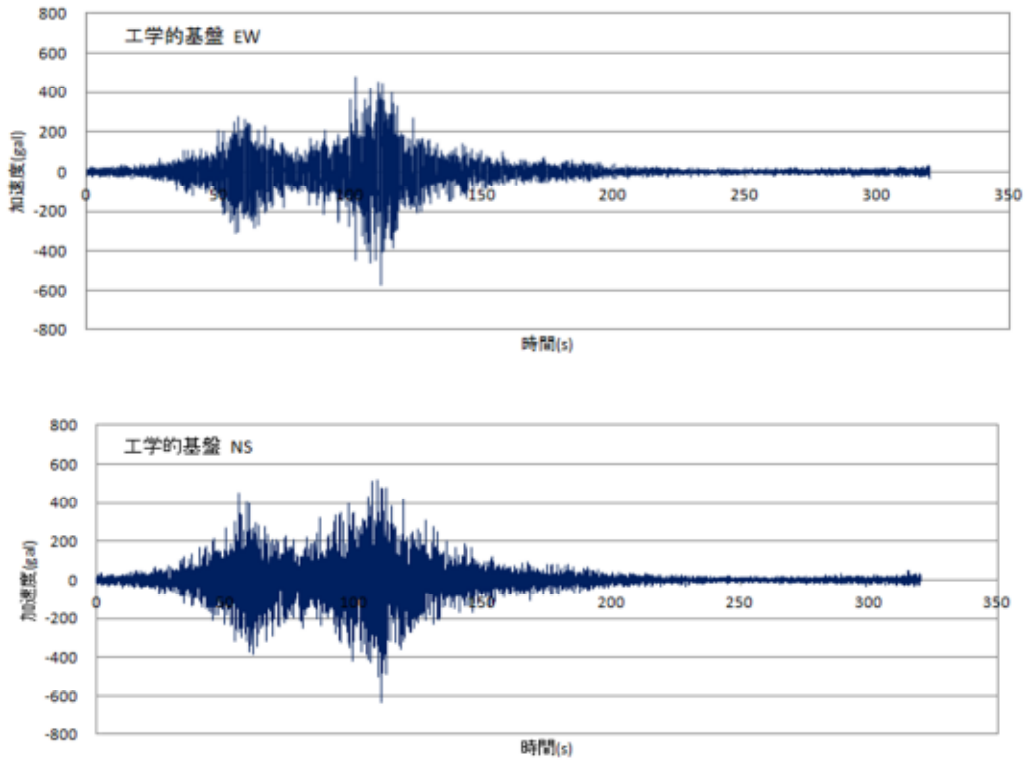


図 2.8 消防研究センターにより設置された当該地区の事業所内における工学的基盤での地震動の推定結果(東北地方太平洋沖地震)

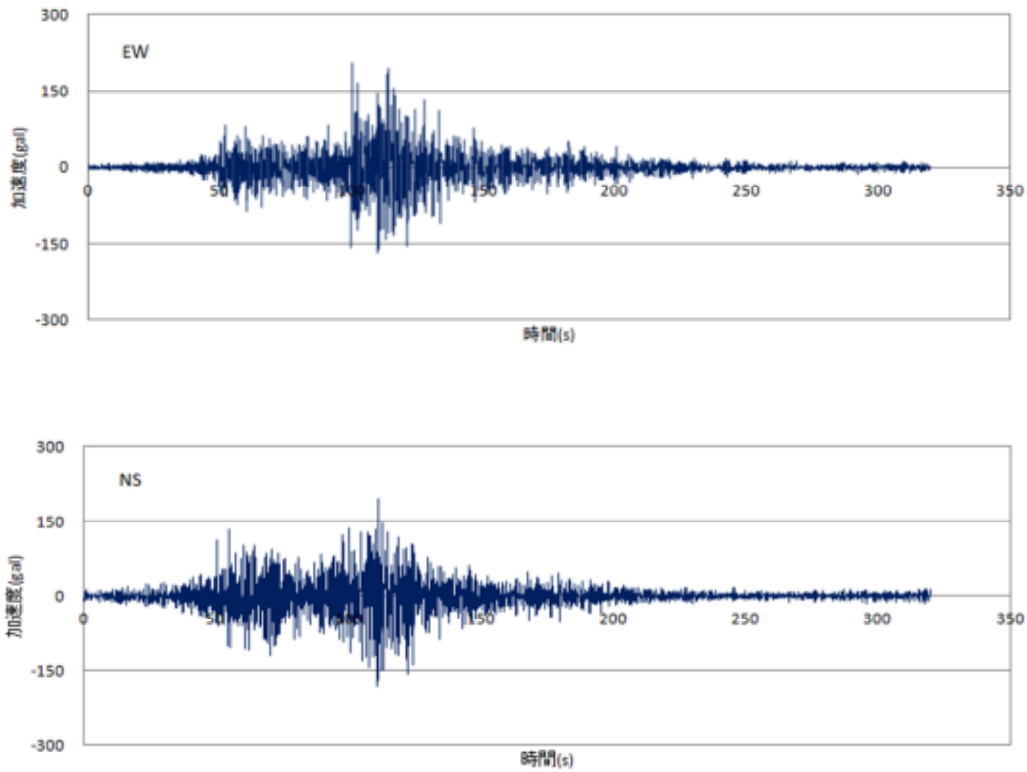


図 2.9 消防研究センターにより設置された当該地区の事業所内における地表での地震動の推定結果

2.2 塩釜地区

塩釜地区においては、国土交通省東北地方整備局仙台港湾空港技術調査事務所により東北地方太平洋沖地震時における塩釜港区貞山地区の地震動が推定されている。

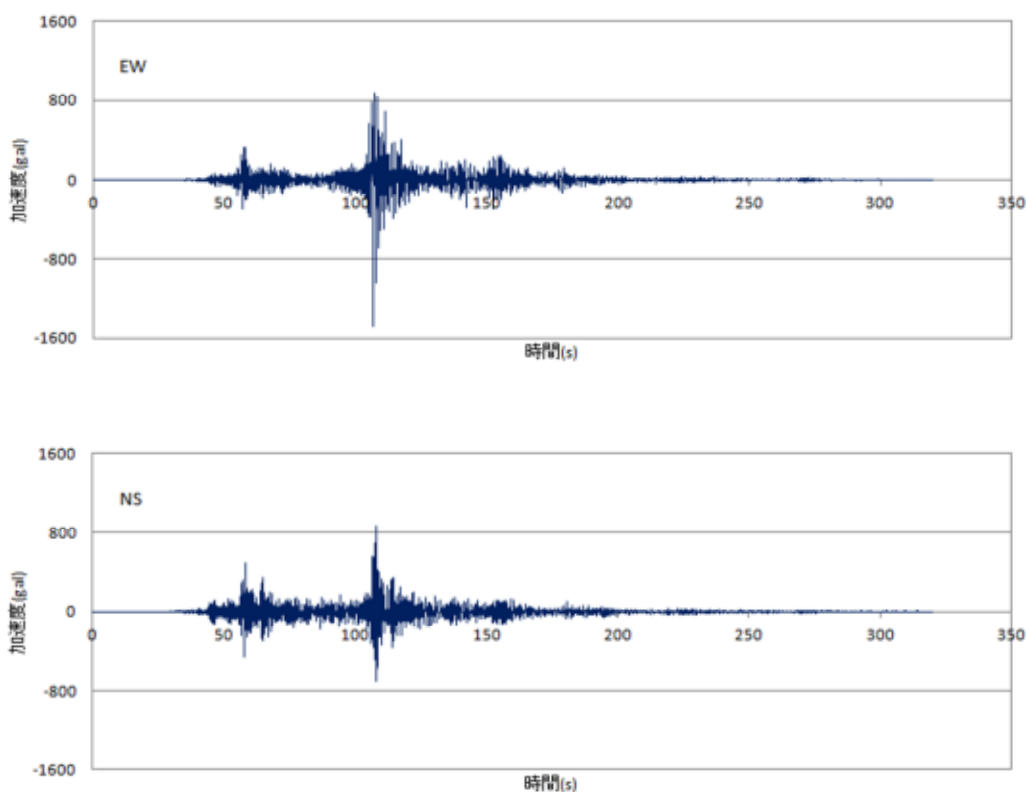


図 2.10 塩釜港区貞山地区 東北地方太平洋沖地震の加速度時刻歴(工学的基盤 2E)
(国土交通省東北地方整備局仙台港湾空港技術調査事務所ご提供)

塩釜地区の各事業所は貞山通 2 丁目と 3 丁目にあり、上記の事後推定が実施された地点の南に位置する。塩釜地区については図 2.10 の加速度波形と各事業所から得られた地盤データと土質調査結果より、非線形の重複反射理論により地表面での加速度波形を求めた。重復理論による計算には(株)アーク情報システムの ArkQuake を用いた。ここで、非線形の重複反射理論による計算における歪依存曲線には旧建設省土木研究所資料⁴による曲線を用いている。歪依存曲線においてはパラメータにより結果に幅が出てくることある。

⁴ 建設省土木研究所資料 第 1778 号、「地盤の地震時応答特性の数値解法」