

泥炭性軟弱地盤上の地震被害に関する考察—平成15年十勝沖地震による清真布川の被災を例として—

国土交通省 正会員 井出 康郎

岡島 隆雄

塚本 博紀

応用地質（株） 正会員 川井 正彦

佐藤 謙司

1. はじめに

平成15年9月に発生した平成15年十勝沖地震によって、震源から250km以上離れた石狩川水系清真布川流域においても震度5弱の揺れを観測し、堤防の一部区間においてすべり状の段差・開口をとまなう縦断亀裂が発生するなどの甚大な被災が生じた（写真－1参照）。

この被災を受け、原因究明のための地質調査や堤防開削調査が実施され、被災が築堤時に敷設されたサンドマット工の液状化に起因することが捉えられるとともに、被災区間が一部区間に限定された要因についての分析が進められた。

本論文では、被災箇所における各種調査・分析によって明らかとなった被災箇所の特性をもとに、泥炭地盤上の被災要因について考察する。



写真－1 右岸側の被災状況

2. 清真布川の特性

清真布川流域は道内でも有数の軟弱な泥炭地盤が広がっている地域であり、通常に築堤盛土を施工することが困難であったため、パイルネット工法を中心とした軟弱地盤処理工法を用いて築堤工事が実施されてきた経緯がある。

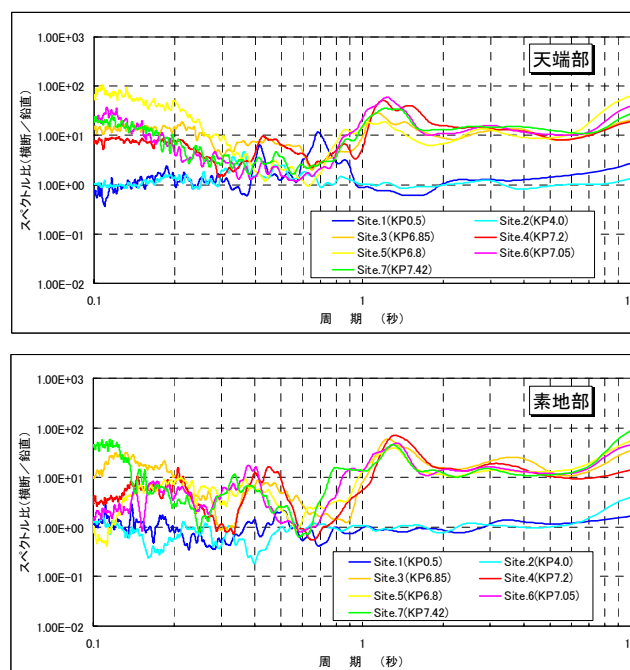
これら清真布川の特性については、参考文献1)において詳述したが、その概要を述べると以下のとおりである。

(1) 地盤・堤体特性

- ・被災箇所は、地質図幅で低位泥炭の分布域に分類される。
- ・被災箇所は清真布川において2番目に橋梁間の距離が長い区間のほぼ中央に位置しており、かつ、この区間は、直線的で、その堤軸方向は震源方向に対し65度と清真布川全川の中で最も直角に近い角度となっている。
- ・地質構造に着目すると、被災区間の下流約1kmまでは深度20～30m程度の位置に連続してN値50程度を示す締まった砂礫層が確認されているが被災箇所ではこの層の分布が確認されていない。

(2) 振動特性

常時微動測定によって得られたスペクトル比について着目すると、天端部・素地部ともに同様の傾向が見られ、被災箇所とその周辺（Site3～Site.7）は下流域の無被災区間（Site.1、Site.2）に比べると、周期1秒以上のやや長周期成分でスペクトル比が卓越する傾向にあり、長周期の地震動による応答が激しい区間であると考えられる。



図－1 横断成分と鉛直成分のスペクトル比

キーワード 平成15年十勝沖地震、河川堤防、液状化、動的変形解析、固有周期

連絡先 〒003-0023 札幌市白石区南郷通1丁目北9番20号 応用地質（株）札幌支社 TEL011-863-6711

3. 把握された特性からの考察

(1)変形解析手法による被災機構の検証

①東畑モデルによる解析

東畑モデルを用い、サンドマットの液状化を考慮した変形解析結果を図-2に示す。

この方法は比較的簡便に実施できるものであるが、サンドマットの液状化に伴い堤体が堤内側に水平変位を生じる現象を再現できている。

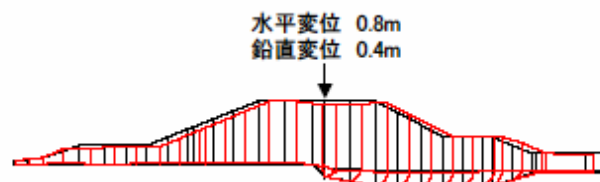


図-2 東畑モデルによる解析結果

②LIQCAによる解析

LIQCAを用いた解析結果を図-3に示す。

解析結果によると、新規サンドマットの液状化に伴い、堤体が堤内側に変状し、天端の沈下や堤内法面のはらみ出しなど、被災直後に現地で確認された現象が詳細に再現できている。また、亀裂の発生した位置において、大きな引張ひずみが発生しており、亀裂の再現もなされているものと考えられる（連続体としての解析であるため亀裂などの非連続部の表現が出来ない）。

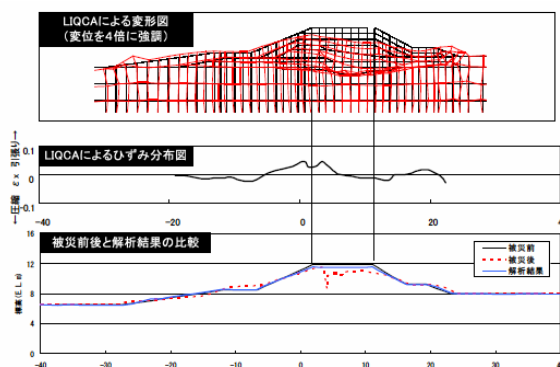


図-3 LIQCAによる解析結果

(2)長周期成分が卓越する要因について

上述のように、被災箇所とその周辺では、軟弱層の下位締まった砂礫層の分布が確認されておらず、かつ、長周期成分が卓越する傾向が捉えられている。このため、基盤の深度（堤防天端からの深度）が卓越周期に与える影響を捉えるため、重複反射理論を用いて、基盤の深度が変化した場合の周波数特性について検討を試みた（図-4参照）。

これによると、深度が増すごとに長周期成分が卓越する傾向があり、その形状は、下流の Site.1 の実測と深度約 50m、被災箇所の Site.3 と深度約 70m の場合が類似していることが分る。つまり、被災箇所においては、無被災箇所よりも 20m 程度、基盤が深くなっているものと推定でき、この地盤構造の違いが、被災箇所周辺で長周期成分を卓越させる結果となって現れたものと考えられる。

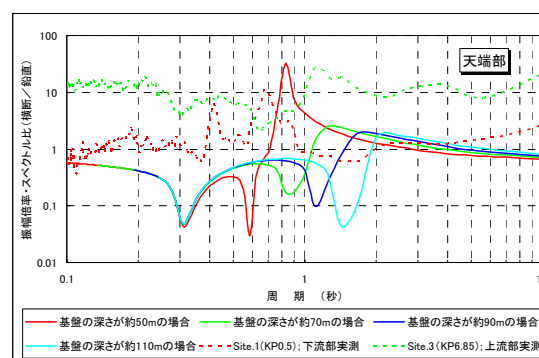


図-4 基盤深度を変化させた場合の増倍率の変化と実測スペクトル比の比較

4. まとめ

これまでの考察から、清真布川では長周期成分が卓越する地盤上の堤体に対し、長周期の地震動が作用したことによって、より激しく振動し、これによって堤体下部のサンドマットが液状化を生じ、被災したものと考えられる。

また、堤防の線形が直線的であり、かつ、この方向が震源方向とより直角に近い角度で交差していることから、三次元的な応答特性が影響した可能性もある^{3)・4)}。

<参考文献>

- 1)井出, 岡島, 坂井, 川井;「平成15年十勝沖地震による清真布川の被災と復旧工事」土木学会北海道支部平成16年度年次技術発表会, 2005年
- 2)井出, 広野, 岡島, 川井;「平成15年(2003年)十勝沖地震による清真布川の被災について」土木学会第59回年次学術講演会, 2004年
- 3)加納, 佐々木, 榎野;「堤防湾曲部の地震時応答に関する実験的検討」土木学会地震工学論文集, 2003年
- 4)秦, 加納, 佐々木;「地震時における堤防の三次元応答に関する振動台実験」土木学会地震工学論文集, 2003年