

# 土構造物における弱点箇所の抽出～地震時抽出方法の研究～

○JR 東日本 盛岡支社 正会員 小池 健司  
 JR 東日本 青森保線区 正会員 須藤 慧  
 JR 東日本 盛岡支社 正会員 相川 信之

## 1. はじめに

1994年12月28日にマグニチュード7.5の「三陸はるか沖地震」が発生した(図1)。この地震により八戸地区を中心に鉄道、道路、建物等に多数の被害を受け、電気、ガス、上下水道のライフラインも寸断された。当社においても地震発生直後、列車を抑止するとともに線路点検を実施した結果、盛土崩壊、路盤沈下、軌道変状、高架橋柱の鉄筋露出等の被害が明らかになり、復旧までに多くの人力と時間を要した。また、昭和43年に震源箇所、地震の規模がほぼ等しい「十勝沖地震」が発生しており当時も甚大な被害を受けている。

本研究は、「三陸はるか沖地震」と「十勝沖地震」の被害を基に軟弱地盤の弱点箇所の傾向を把握し、土構造物の地震による被害が予想される箇所と被害形態を推定する方法を取りまとめたのでその概要を報告する。

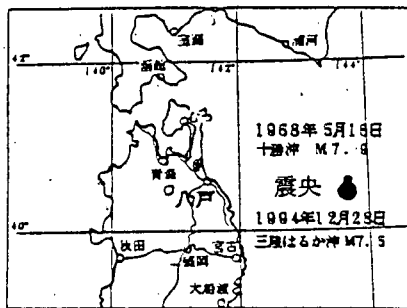


図1 位置図

表2 各被害状況

	被害内容	発生件数	
		はるか沖	十勝沖
盛土	盛土底部崩壊(1箇所) 盛土沈下、のり肩亀裂	14	78
軌道	軌道変状 軌道狂い 軌道沈下、道床流出	55	36
橋梁	姉沼高架 下部沈下、高架橋変状	1	2

表1 地震の規模比較

	三陸はるか沖地震	十勝沖地震
発生日	1994年12月28日	1968年5月16日
八戸震度	震度6	震度5
最大加速度	605 gal (八戸港)	230 gal (八戸港)
地震の規模	M7.5	M7.9
震源	横40.4° 縦143.7°	横40.7° 縦143.7°

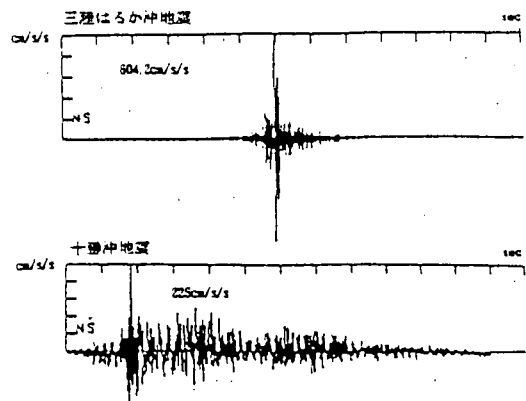


図2 地震波(八戸港)

キーワード 「三陸はるか沖地震」、「十勝沖地震」、「沖積層」、「基盤の傾斜」、「高盛土」。

〒020-0034 盛岡市盛岡駅前通 1-41, TEL:019-925-4065, FAX:019-625-1752.

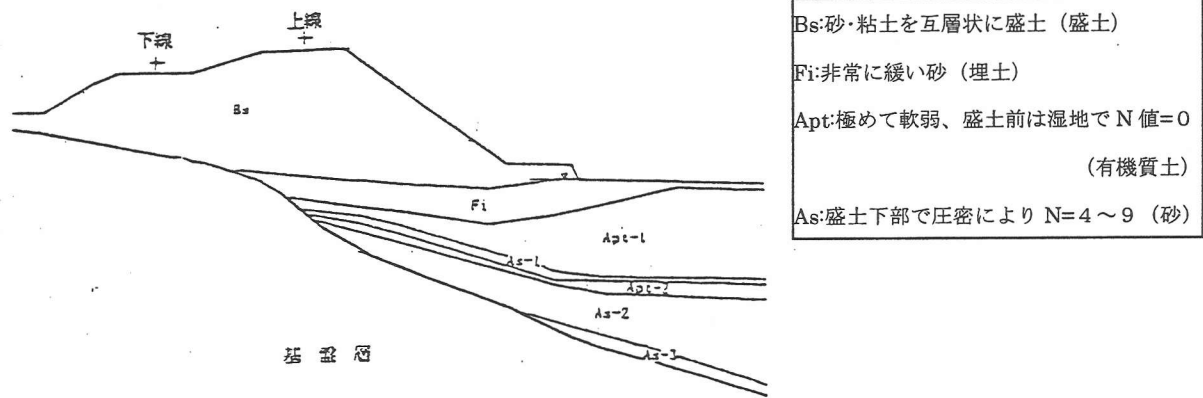


図3 盛土崩壊箇所断面図



写真1 被害状況 (東北本線八戸・陸奥市川間 (上り) 648 k 241m~284m)

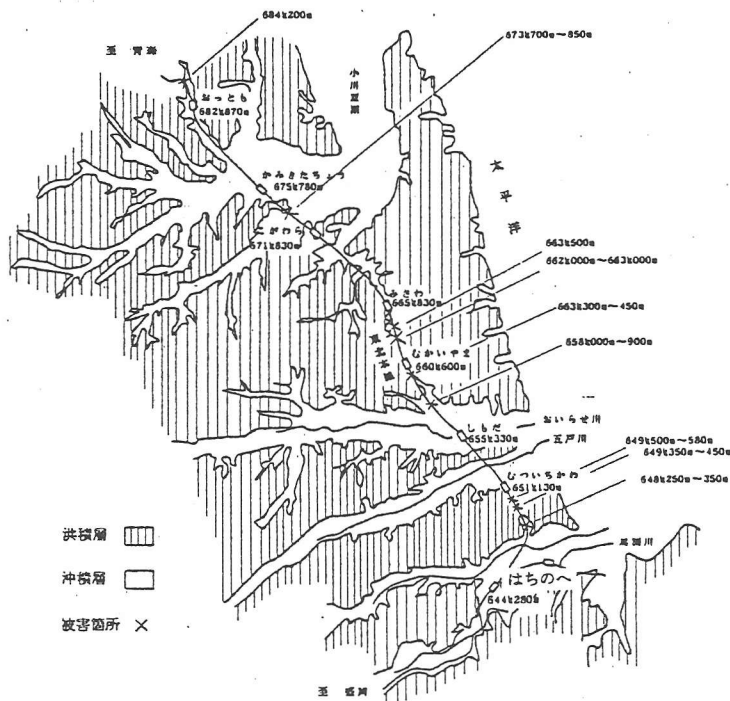
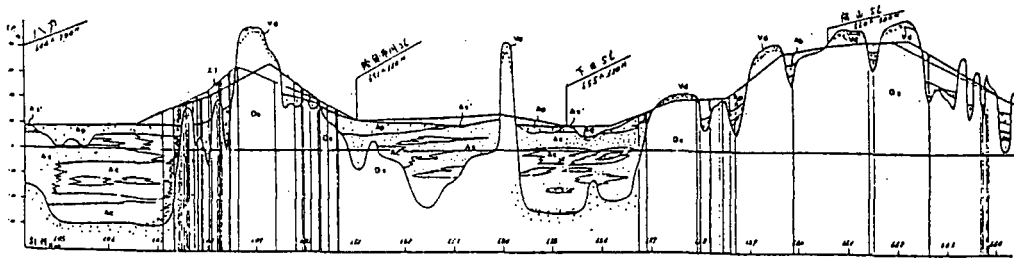
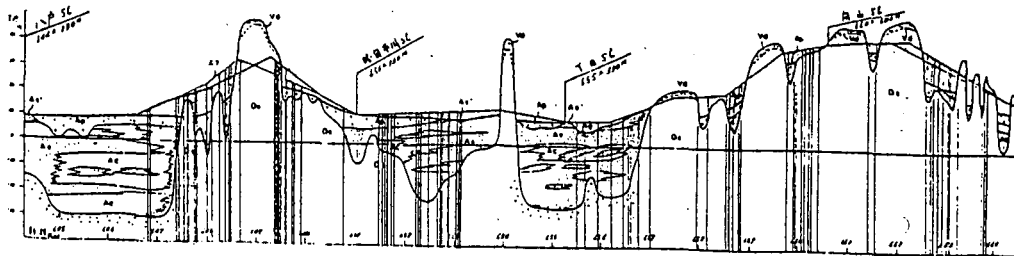


図4 おぼれ谷地形



〔三陸はるか沖地震〕 (縦線は被害発生位置を示す)



〔十勝沖地震〕 (縦線は被害発生位置を示す)

図5 被害分布断面図

## 2. 三陸はるか沖地震と十勝沖地震の概要と被害状況

### 2. 1 地震の概要比較

三陸はるか沖地震と十勝沖地震の規模を表1、図2に示す。震源はほぼ同じ位置、八戸東方沖約185kmの太平洋上のごく浅い地点で発生した。震度、振動加速度は十勝沖地震より三陸はるか沖地震の方が上回り、揺れの継続時間は三陸はるか沖地震の方が短く30秒、十勝沖地震では90秒であった。

### 2. 2 地震の被害状況比較

表2は、2つの地震における被害内容ごとの発生件数である。三陸はるか沖地震においては十勝沖地震に比べ、震度、最大加速度が大きかったにもかかわらず、盛土崩壊等の被害は少なく大規模な被害は東北本線八戸～陸奥市川間648K250m付近の盛土崩壊(図3、写真1)の1箇所であった。

また、全体の被害状況も東北本線八戸～小川原間の軟弱低地と洪積台地が交互に分布する地域に集中しており比較的狭い範囲であったが、十勝沖地震での被害は広範囲に及んでいる(図4、図5)。被害が集中しているこの地域では、洪積台地(Ds)が氷河期の海面低下で河川により浸食されて谷となった部分に沖積層(砂:As,粘性土:Ac,腐食土:Ap)が堆積しており、線路はこの河川により浸食された地形を横断する形で敷設されたため、洪積台地と沖積低地が交互に続く変化の激しい地形となっている。なお、沖積低地の表面は腐食土層(Ap)で覆われ非常にやわらかい地盤であった。

図4、5を基に、三陸はるか沖地震の沖積層と洪積層の被害発生率を比較すると、沖積層は10.6%、洪積層は1.5%と沖積層の発生率が洪積層の約7倍となって沖積層の発生率が高いことが分かる(表3)。

表3 洪積層と沖積層の被害比較

被害の有無	沖積層		洪積層	
	無	有	無	有
延長(m)	36,059	4,281	14,540	220
被害発生率		(10.6%)		(1.5%)
計	40,340		14,760	

表 4 地震波卓越周期

はるか沖地震	十勝沖地震
T=0.25~0.33s	T=1.1~2.9 s

表 5 常時微動卓越周期(八戸地区)

台地部	軟弱低地部
T=0.2~0.5 s	T=0.6~1.2 s

三陸はるか沖地震よりも十勝沖地震の方が被害が大きかった理由としては、以下のようなことが考えられる。地盤の振動特性と地震波の周期特性とが一致すると、振動が増幅することが分かっているが、三陸はるか沖地震の時は八戸地区の沖積層地盤の卓越周期 T とが一致しなかったため、被害が少なかったものと考えられる。一方、十勝沖地震では八戸地区の地盤の卓越周期と地震波の卓越周期が近似したため、被害が多くなったものと考えられる(表 4、5)。さらに、昭和 43 年の東北本線複線化工事に伴う盛土の構築中であり、盛土が十分に締め固まっていなかったことに加え、数日前から降り続いていた雨が盛土内に浸透し、盛土が多量の水分を含み飽和状態となり盛土内部の摩擦力が低下していたことが被害を助長したものと考えられる。

### 3. 被害箇所の分析

被害発生箇所の特徴を把握するため、被害データベースを作成し被害形態の分析を実施した。調査範囲は被害の集中した東北本線八戸～小川原間とした。

「地形別」に被害発生比率を算出した結果は表 6 に示すとおりで被害は洪積台地の切取区間に少なく、盛土区間の高盛土区間に多く発生している。大崩壊であった盛土基底崩壊箇所も高さ約 15m の高盛土であった。

表 6 地形別被害比率

	盛 土			切 取
	～3m	3～7m	7m以上	
全延長	23,847m	8,930m	4,320m	15,409m
被害長	1,320m	1,415m	1,524m	240m
発生率	5.5%	15.8%	35.3%	1.5%

注) 全延長は軌道延長(八戸～小川原間)

表 7 沖積層の厚さ別被害比率(土構造)

	～5m	5～10m	10～20m	20m以上
全延長	6,920m	6,200m	7,400m	13,760m
被害長	1,990m	800m	795m	20m
発生率	28.8%	12.9%	10.7%	0.1%

表 8 基盤層傾斜別被害比率

	傾斜区間	非傾斜区間
全延長	31,960m	9,820m
被害長	7,036m	222m
発生率	12.2%	3.8%

注) 全延長は軌道延長

次に、「沖積層の厚さ」(表7)で比較すると、三陸はるか沖地震では層厚が5m以下という沖積層の薄い区間の被害発生率が30%弱と多いものの、沖積層厚が20mを超えると被害は稀である。図5より十勝沖地震の場合は沖積層が厚い区間でも発生しており、両地震の間では被害発生傾向に相違が認められる。また、沖積低地と洪積台地の境界で被害が集中していることから被害の発生箇所を「基盤層の傾斜(洪積台地の勾配1/10以上である区間を基盤層の傾斜区間とした)」という点で比較したところ、表8のように基盤層が傾斜している区間に被害が集中して発生していることがわかった。この原因としては、「軟弱地盤層の厚さにより地表面での揺れ方に差が発生するが、その層厚が変化していく箇所では地表面での揺れ方も変化するため、地盤の不同変位が生じやすい地盤であること」、「地盤傾斜のため揺れやすい地盤であること」が考えられる。

これらのことから、三陸はるか沖地震では次の条件に適合する区間において被害発生率が高いことが判明した。

- ① 高盛土区間
- ② 軟弱地盤区間(比較的浅い沖積層)
- ③ 基礎地盤が傾斜している箇所

さらに、これらの3項目が重なり合った箇所が地震時においてもっとも弱点箇所と考えられる。

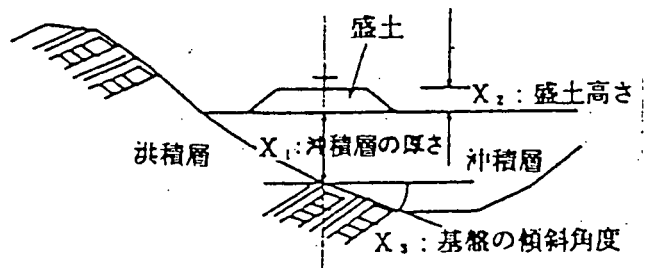


図6 基盤の傾斜角

表9 被害形態

0	25	50	75	100	被害形態(Y)
	■				軌道変状
		■			盛土亀裂
			■		盛土沈下
				■	盛土崩壊

#### 4. 弱点箇所抽出方法

「沖積層」と「基盤の傾斜」、「高盛土」の3項目を基に、弱点箇所を抽出する方法について以下に説明する。

- ①沖積層（軟弱地盤）の抽出方法については、地質平面図を利用し、洪積層内部に入り込んでいる沖積層の箇所を発見する。
- ②基盤の傾斜は、線路平面図を利用して等高線から横断図を作成し、盛土中心線と基盤が交差する角度を推定する。（図6）
- ③高盛土（7m以上）については、のり面台帳、現地踏査により抽出する。

#### 5. 被害形態の推定

被害形態をY、沖積層の厚さをx1、盛土の高さをx2、基盤の計斜角をx3とし、 $Y = \alpha \cdot x1 + \beta \cdot x2 + \gamma \cdot x3 + \delta$ と仮定する。（ $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ ：重回帰分析層により求められる係数）

例として三陸はるか沖地震で発生した被害箇所の被害形態を盛土崩壊、盛土沈下、盛土亀裂、軌道変状に分けてそれぞれ100、75、50、25と数量化してx1、x2、x3の相関を計算した結果、次式が得られた。

$$Y = -0.4 \cdot x1 + 1.5 \cdot x2 + 2.1 \cdot x3 + 10.9$$

例えば、沖積層の厚さx1=10m、盛土高x2=8m、基盤の傾斜角x3=16.7°のとき計算するとY=53となりこの数値は表9の被害形態から盛土亀裂が発生する範囲にあることが分かる。

#### 6. おわりに

三陸はるか沖地震、十勝沖地震での被害の特徴を分析することで以下のことが判明した。

- ①軟弱地盤下面に基盤層の傾斜がみられる箇所に地震被害は集中して発生する傾向にある。
- ②地盤の振動特性と地震の周期特性により被害箇所に変化が起きる。

また、「弱点箇所の抽出方法」、「被害形態の推定」を基に地震に対する警備区間の抽出や、地震による被害を未然に防ぐべき対策に活用できると考えられる。

東北本線八戸地区については、将来、同程度の地震が再度発生することも予想されるため、調査分析で判明した弱点箇所の特徴に着目し、引き続き必要な地震対策を進めることとしたい。

#### <参考文献>

- 1) 小野寺吉生、遠藤勝司：「三陸はるか沖地震の被害・応復旧概要」、日本鉄道施設協会誌、1995年6月。
- 2) 1994年三陸はるか沖地震災害調査報告書、三陸はるか沖地震災害調査委員会、1995年7月。
- 3) 三陸はるか沖地震災害記録誌（技術編）、JR東日本盛岡支社、1996年1月。
- 4) 角地山光浩：「三陸はるか沖地震における被害の特徴と分析」、日本鉄道施設協会誌、1996年1月。
- 5) 須藤慧、秋山淳一：「土構造物における弱点箇所の抽出」、日本鉄道施設協会誌、1998年9月。
- 6) 鉄道技術研究報告：「十勝沖地震調査報告」、日本国有鉄道 鉄道技術研究所、1968年8月。