

(91) 盛土構造物の地震被害 — 被害率と沈下量について —

(株) 応用地質調査事務所 殿内啓司  
 会 上 ○金子史夫

1. 概要

大規模地震対策特別措置法の制定以後、広域を対象とした地震動予測および盛土を含めた各種構造物の被害予測が実施されるようになってきている。こうした広域での被害予測では、全体的な被害の割合、個々の構造物の被害の有無、あるいは被害の程度を算定することが必要となる。被害の程度を算定するためには、個々の地点ごとに構造物の状況および各種の条件を詳細に調べていく方法では、広域での被害予測に適用するには煩雑かつ膨大であって現実的にはとぐわぬ点があり、被害程度を量的にかつ広域に適用しうる予測方法の必要性が高まっている。

本報では、過去の震害事例に基づき、河川堤防および道路、鉄道の盛土を対象にして、被害の発生率および沈下量、残留率について、地盤種別、震度との関係を検討した。対象とした被害地震は、1891年濃尾地震、1923年関東大地震、1948年福井地震、1952年十勝沖地震、1964年新潟地震、1968年十勝沖地震、および1978年宮城県沖地震の7地震である。被害に関する資料としては、既に公開されている震害調査報告<sup>(1)</sup>から抽出し、地盤種別については地質図や地盤図を判読することにより道路標示方書に規定している1〜4種の分類を用いた。また地震力としての震度は、気象庁による震度階を用いた。

2. 盛土の地震時被害率

地震時の盛土の被害率としては、被害が発生するかどうかといった確率的現象としてとらえることもできるが、ここでは震害事例から被害盛土の延長を求め、無被害延長を含めた盛土の総延長で除した値をもって被害率とした。したがって、盛土の単位延長当りの被害延長の割合を示すことになる。この被害率を同一地盤種、同一震度ごとに整理した。

被害率算定の対象とした被害地震は、ここでの検討に使えるデータの比較的揃った、濃尾地震、福井地震、宮城県沖地震の3地震である。対象とした盛土は、濃尾地震では木曾川、長良川、揖斐川はじめ6河川、福井地震では九頭竜川、大聖寺川など4河川、宮城県沖地震では阿武隈川、名取川、北上川、塩瀬川の4水系の17河川の堤防である。対象とした地域の地盤種別の分類図を地震ごとに図-1〜図-3に示した。これらの図では、1種と2種をまとめて3分類で表現しているが、これは1種地盤には河川堤防がみられないためであり、1種、2種の分類のデータはすべて2種地盤のデータである。

算定方法の1例として、表-1に宮城県沖地震の際の吉田川の本復旧の例を示した。このように被害延長としては、地震直後の応急復旧だけでなく、本復旧が必要な延長という観点から選定した。宮城県沖地震では詳細な報告が残されているが、濃尾地震では復旧についての記述はほとんどなく、被害そのものについても、とくに木曾三川の下流部では全面的に陥没、崩壊または亀裂という

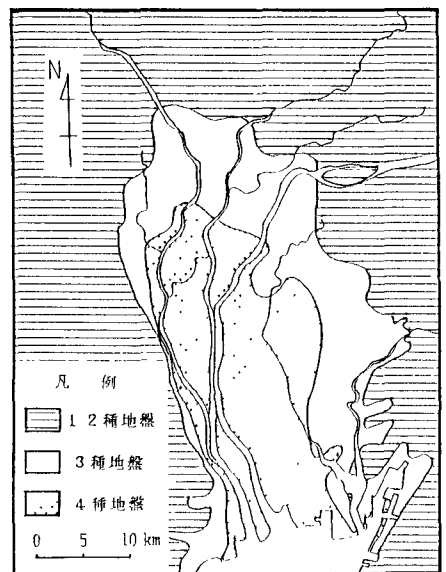


図-1 地盤種別分類図(濃尾)

記述があるのみであるので全面的に被害として算定した。また福井地震では、地震の3ヶ月後の測量結果を用い、応急復旧は終了しているものとして、本復旧の必要は、沈下量の残っている延長を被害として算入した。

震度分布については、気象庁発表のものを用いた。ただし、濃尾、福井の両地震の際には震度階が現行とは異なった分類であったため、最近の発表<sup>(2)</sup>に従い両地震の対象地域は震度VIとした。なお、一部の地域では震度VIに相当する部分も含むと考えられるので<sup>(3)</sup>、評価としては震度VI以上とみるべきかもしれない。宮城県沖地震では現行どおりの分類であり、対象地域は大部分が震度Vの地域である。

以上の要領で同一地盤種、同一震度における被害率を整理すると、表-2のようになる。この結果をまず震度についてみると、震度IVでは延長そのものも短いのが被害延長は0kmで被害率は0%である。震度Vでは被害率2.7%、震度VIでは40.2%となっており、被害率は震度とともに急激に増加する傾向となっている。地盤種別でみると、被害率は2種、3種、4種の順に増加する傾向がみられ、被害率が最大となる震度VIの3種、4種では45%前後となる。このように、被害率は地盤種別、震度とよい対応を示している。なお、この検討においては、液状化による影響や盛土の構造等はとくに考慮して区別していない。

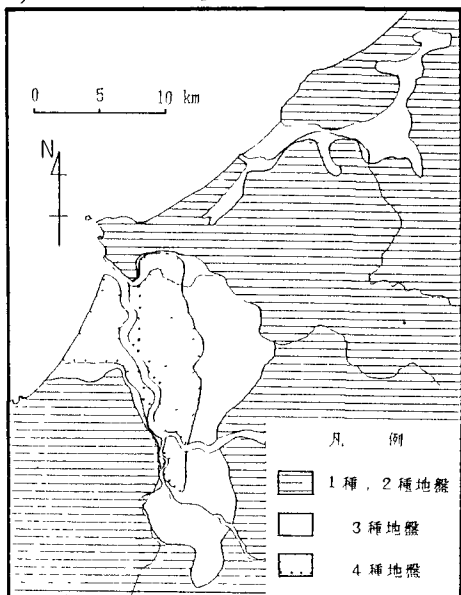


図-2 地盤種別分類図(福井)

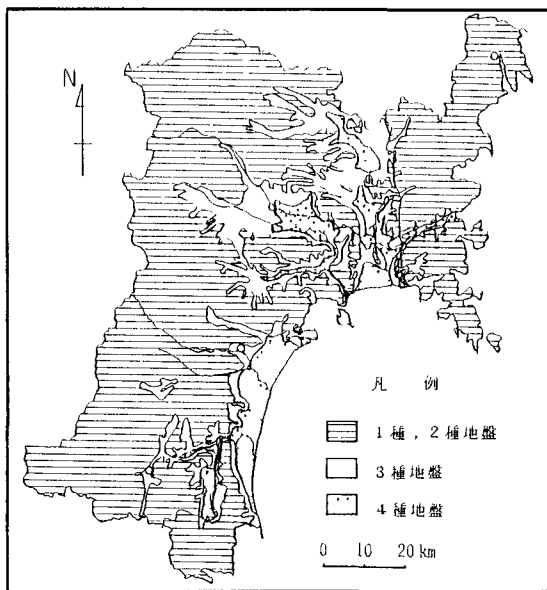


図-3 地盤種別分類図(宮城)

表-1 河川堤防本復旧例(宮城県沖地震・吉田川)

キロ標	11	12	13	14	15	16	17	18 km
左岸被害			フェレン 代ト	キレノ 代ト	陥没		フェレン	
右岸被害				キレノ	陥没	フェレン	陥没	陥没
地盤種別	4種地盤							
震度	震度V							

表-2 盛土の地震時被害率

震度	地盤種別	2種地盤			3種地盤			4種地盤			合計		
		総延長(km)	被害延長(km)	被害率(%)	総延長(km)	被害延長(km)	被害率(%)	総延長(km)	被害延長(km)	被害率(%)	総延長(km)	被害延長(km)	被害率(%)
IV		38.0	0.00	0.0	—	—	—	—	—	—	38.0	0.00	0.0
V		36.0	0.15	0.4	166.0	1.43	0.9	325.0	12.50	3.9	527.0	14.18	2.7
VI		115.6	28.15	24.4	107.8	47.16	43.7	262.2	120.07	45.8	485.6	195.38	40.2

### 3. 盛土の地震時沈下量, 残留率

地震時の盛土被害としては, 被害率と同時に, 被害の程度も重要な点である。被害形状としては, 縦断亀裂, 沈下, 陥没, 崩壊などが挙げられるが, ここでは盛土天端の沈下量および地震時の堤高を基準にした残留率について, 地盤種別, 震度との関係を検討した。

対象とした地震は前記の7地震, 対象盛土は河川堤防および道路, 鉄道の盛土である。被害資料に記載された被害例から, 断面形状, 基礎となる地盤の状況, 震度および沈下量の明確な621例を抽出した。なお, 1種地盤における盛土は1例のみであり, 2種地盤を含めて, 2種~4種の3分類としたほか, 盛土や周辺地盤の噴砂, 液状化についての資料の記載から確実に液状化しているものを液状化有として区分した。

抽出した被害例について, 各分類ごとに, 沈下量は0.1m間隔, 残留率は5%間隔で区分してその頻度をとり表-3, 表-4に示した。さらに, それ

ぞれの累積度数分布を図-4, 図-5に, 累積度数50%, 90%での値を表-5にまとめた。なお, 震度VIでは地盤種別不明のものが多く, 地盤種による分類は行っていない。また, 用いたデータは何らかの被害のあった資料のみであり, 無被害の地点は含めていない。したがって, 沈下量が0mのデータは沈下はなく, 亀裂等の被害のあった地点である。

累積度数90%における沈下量, すなわち被害盛土の9割が含まれる沈下量の上限の値を例にとり, 各要素における傾向をみると以下ようになる。地盤種では, 震度Vの2種, 3種, 4種の順に沈

表-3 盛土の地震時沈下量一覧表

沈下量 (m)	震度V			震度VI		震度VII	
	地盤種別			液状化		液状化	
	2	3	4	無	有	無	有
0.0	11	61	63	9	15		
0.1	12	6	32	48	2	11	
0.2		2	26	22	6	2	
0.3		10	19	26	3	7	1
0.4	1	2	20	20	3	9	
0.5		3	11	14		18	
0.6		5	15	18	2	4	3
0.7		1	14	15	2	10	1
0.8		3	23	26		13	6
0.9			15	8	7	5	
1.0	1	1	18	20		9	3
1.1		1	7	8	2	11	1
1.2		1	8	7	2	3	4
1.3			9	8	1	6	
1.4			9	6	3	6	4
1.5			6	5	1	4	4
1.6			4	4	1	4	9
1.7		2	2	4	2	1	1
1.8		1	4	2	3	5	4
1.9			1	1	2	2	1
2.0		1	2	3	2	3	2
2.1						1	1
2.2						2	3
2.3							3
2.4							4
2.5							2
2.6							2
2.7			1		1	1	2
2.8							1
2.9			1		1	1	1
3.0			1	1	2	1	1
3.3			1	1		1	
3.6							1
3.7							1
3.9							1
4.0			1		1		
4.5						1	2
5.0			1		1		1
Total	14	50	325	330	59	163	69

表-4 盛土の地震時残留率一覧表

残留率 (%)	震度V			震度VI		震度VII	
	地盤種別			液状化		液状化	
	2	3	4	無	有	無	有
0			1		1	4	1
5							
10							3
15			1	1			
20			1		1		1
25							
30			3	2	1		1
35			3	1	2	1	
40			5	4	1	1	3
45			3	3			5
50			6	3	3	6	3
55			10	5	5	1	3
60			13	10	3	8	13
65			11	8	3	7	7
70			2	14	14	2	11
75			3	20	19	4	12
80			3	31	25	9	18
85	1	4	32	35	2	19	5
90		10	33	39	4	29	3
95	2	10	43	48	7	18	1
100	11	18	95	113	11	28	
Total	14	50	325	330	59	163	69

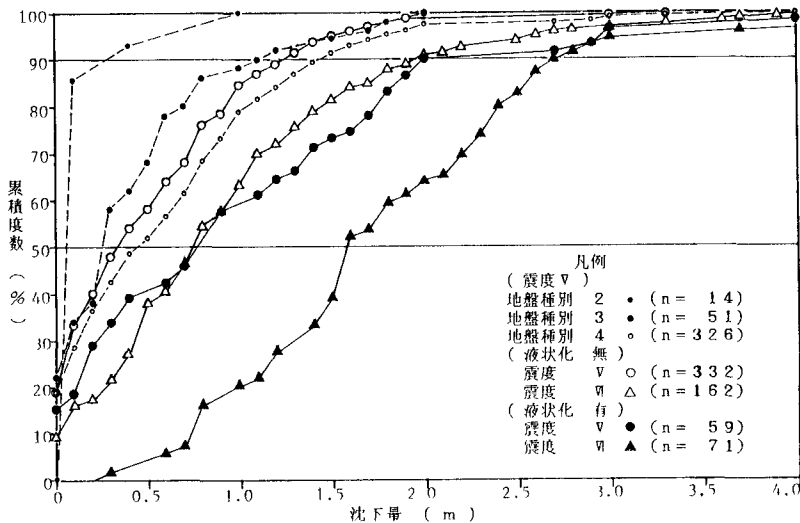


図-4 沈下量の累積度数分布

表-5 累積度数 50%,90% における沈下量、残留率

	累積度数	震度 V			震度 VI		震度 VII	
		地盤種別			液状化		液状化	
		2	3	4	無	有	無	有
沈下量 (m)	50%	0.06	0.27	0.44	0.33	0.78	0.75	1.58
	90%	0.28	1.10	1.43	1.23	2.00	1.95	2.70
残留率 (%)	50%	100	96.5	91	94	82	88	66
	90%	96	80	60	67	50	62	42

下量は大きくなり、その差は2種と3種で0.8m、3種と4種で0.3mとなっており、基礎となる地盤の種別の相違が被害に与える影響が明瞭である。また、2種と3種の差が、3種と4種の差よりも大きくなっていることも地盤の状況を反映している。震度による差は震度VとVIの間で、液状化無、有の両方の場合とも約0.7mとなり、地震力の増加によって沈下量が増加する傾向が示される。さらに、液状化の有無による差は、震度V、震度VIとも約0.75mであり、液状化によって被害がより大きなものになることを物語っている。なお、残留率についても同様な傾向を指摘することができる。

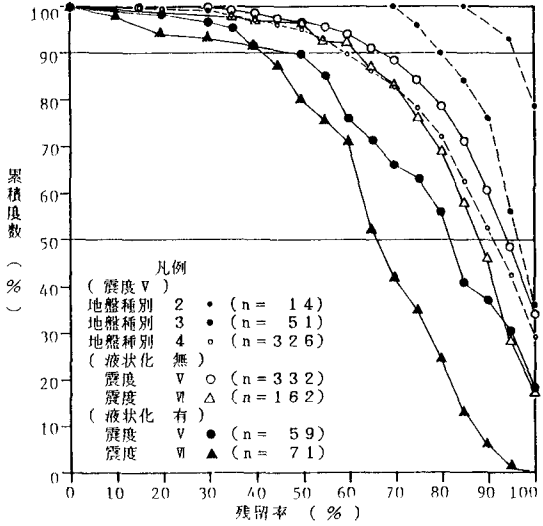


図-5 残留率の累積度数分布

#### 4. 考察

以上のように、震害事例をもとにして算定した、地震時の盛土の被害率、沈下量および残留率は、地盤が軟弱になるに従って、また地震力が増すに従って被害が増加する傾向を示し、その量的な程度を把握することができる。さらに、液状化が沈下量、残留率に及ぼす影響もとらえることができる。

したがって、盛土構造物の地震被害の予測をする場合に、ごく限られた狭い範囲で行なう際には、個々の盛土に対して詳細な検討を行なうことが可能でありまた望ましいが、広域において予測する場合あるいはやや粗い予測で十分な場合には、本報で示した方法で地盤種別と震度を知ることにより、被害の発生率および沈下量、残留率といった量的な予測を簡便に行なえる。

さらに、広域での被害予測に基づいた耐震対策や防災対策を講ずるうえで、対策の重点地域の把握や対策地域の順位付けにも活用できるものと考ええる。

なお、被害率や沈下量の算定にあたっては、さらに多くの被害例をとりあげて、盛土の建造年代や用途による差も検討していけば、より精度のある実用的な方法となることが期待できる。

#### 参考文献

- (1) 震災予防調査会報告 第2号(1894)  
建設省土木研究所, 昭和23年6月28日北陸震災調査報告, 建設省土木研究所報告 第78号(1949)  
土木学会東北支部, '78年宮城県沖地震調査報告書(1980)  
震災予防調査会報告 第100号(1925~1926)  
十勝沖地震調査委員会, 十勝沖地震調査報告 1952年3月4日(1954)  
土木学会, 昭和39年新潟地震震害調査報告(1966)  
(株)応用地質調査事務所, 1968年十勝沖地震による青森県下の災害調査報告(1968)
- (2) 宇佐美龍夫, 日本被害地震総覧(1975)
- (3) 村松郁栄, 濃尾地震の震度分布について, 第13回自然科学総合シンポジウム(1976)