

鉄道技研 正員 中村 豊
鉄道技研 正員 阿部 英彦

1. はじめに

国鉄では想定される東海地震に対処するため鉄道構造物の強化を図っている。この一環として昨年度、防災対策強化地域内の東海道新幹線沿線（平塚～浜名湖）の地震動を推定した。この地震動がもたらす構造物の被害を評価するためには地震動の強さと構造物の被害程度との関係を知る必要がある。ここでは、実験や応答解析によらず既往の被害事例によってこの関係を検討した。

2. 考え方

図1の流れに沿って地震動の強さと構造物被害程度との関係を検討した。

(1) 既往被害事例の分類： 既往被害事例を構造物の被害程度別に整理する。

国鉄では鉄道構造物が被害を受けても迅速に復旧できる程度に構造物を強化する計画である。この観点からここでは復旧に長期間を要する程度の被害(α)から無被害(δ)までの4段階に区分した。例として盛土と橋台裏についての被害程度の評価基準をそれぞれ表1および表2に示す。

(2) 被害構造物位置での地震動強度の推定： 既往の被害構造物が受けた地震動の強さは一般に不明であるから地震のマグニチュードや震央距離などをもとに推定する必要がある。この推定には評価の対象となる地震動の推定に用いた方法を採用するのがよいと考える。ここでは基盤での最大加速度を岡本・田村(1979)式によって推定し、表1の地盤の増幅特性を考慮して地表最大加速度を推定した。なお、最大速度や最大変位など他の量のほうが地震動強度として適切である場合も考えられる。

(3) 震害程度別累積曲線の作成： 震害程度別に横軸に地震動強度(ここでは最大加速度)、縦軸にデータの累積百分率をとった累積曲線を作成する。これによって地震動の大きさから被害の程度を評価することができる。

3. 具体例

表3に示した8つの地震の被害調査報告から鉄道構造物の被害を中心に整理した。図2および図3はそれぞれ盛土と橋台裏の震害データの頻度分布を示す。これらの震害はほとんどすべて震度ⅤとⅥで発生しており、4つに区分された被害程度を震度で評価することが不適当であることがわかる。そこで前節で述べた方法で地表面最大加速度を推定し、これ

と被害程度との相関をみることにした。図4および図5はそれぞれ盛土と橋台裏についてその沈下量と地表面最大加速度の関係をみたものである。沈下量の小さいデータが欠落しているが概ね図中に示した2本の曲線の間に

(1) 既往被害事例の分類



(2) 被害構造物位置での地震動強度の推定



(3) 震害程度別累積曲線の作成

(地震動強度と震害程度との関係)

図1 地震動強度と震害程度の関係調査手順

表1 盛土の被害程度の評価基準

被害パターン	被害程度	評価基準
Ⅰ	γ	
	α	段差量(沈下量) 50cm 以上
Ⅱ	β	" 50cm 未満
	α	
Ⅳ	α	沈下量 50 cm 以上
	β	20 cm 以上 50 cm 未満
	γ	20 cm 未満
Ⅴ	δ	無破壊

表2 橋台裏の被害程度の評価基準

被害程度	評価基準
α	沈下量 20 cm 以上または橋台の転倒
β	10 cm 以上または橋台の傾斜等
γ	10 cm 未満
δ	無被害

表3 地震ごとの関連資料数

NO.	地震名	発生日月	M	データ数						計
				盛土	橋台裏	高架橋	橋りょう			
1	関 東	1923. 9. 1	7.9	5	1	-	5	-	-	10
2	南 海	1946.12.21	8.1	-	-	-	1	-	-	1
3	福 井	1948. 6.28	7.3	3	2	-	5	-	-	10
4	十 勝 沖	1952. 3. 4	8.1	15	5	-	11	-	-	34
5	新 潟	1964. 6.16	7.5	2	7	-	18	-	-	27
6	十 勝 沖	1968. 5.16	7.9	1	7	-	2	-	-	8
7	伊豆大島近海	1978. 1.14	7.0	-	1	-	-	-	-	1
8	宮 城 県 沖	1978. 6.12	7.4	12	10	-	22	-	-	22
				1	22	-	7	-	-	36
				13	30	-	-	-	-	43
				44	40	-	9	-	-	141

※ データ数の下段は鉄道関係

はさまれるものと思われる。図6および図7は盛土と橋台裏のそれぞれについて α 、 β および γ の被害程度毎の累積曲線を示したものである。盛土のデータの中には'68十勝沖地震のものが含まれているがこのデータは地震前に多量の降雨があったため雨災害と連成したものであり他のデータと若干性質を異にすると思われる。

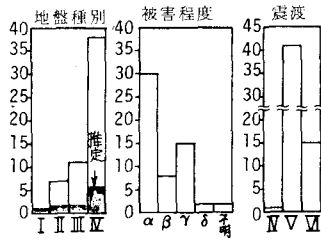


図2 盛土震害データ頻度分布

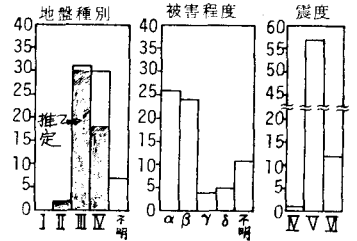


図3 橋台裏震害データ頻度分布

れ。そこで'68十勝沖地震のデータを除いたものと含めたものをそれぞれ・印および○印で区別して表示した。これによると雨災害が連成することにより被害が発生し始める地表加速度は低下することがわかる。橋台裏データの中には同様の構造物が小さい地域に集中的に存在したためにある地表最大加速度 α と γ の度数が急激に増加する現象がみられる。(○印)そこでこのデータの偏りをなくすため'64新潟地震の際の新潟市内のデータと'78宮城県沖地震の際の東北貨物線のデータをそれぞれ1つとして累積曲線を求めたものが○印である。

γ の被害が生じる上限加速度以上では β 又は α の被害が生じ、 β の被害が生じる上限加速度以上では α の被害が生じる可能性である。また α の上限加速度以上では α の被害が生じる確率が極めて高くなる。ある地表加速度のとき α 、 β 、 γ 、 δ の被害が生じる確率についてはデータが均一に与えられていないので不明であるが被害程度が連続量で表現できる盛土や橋台裏の場合には図4や図5からおよその見当はつけられる。

迅速な復旧を目指す耐震強化では α の被害をできるだけ少なくするように構造物を補強することが重要となる。盛土および橋台裏が α の被害を受ける加速度として10%累積をとれば、いずれもほぼ200galであり、50%累積をとれば、いずれもほぼ350galとなる。またいずれも600galを超えればほとんど確実に α の被害が発生する。

4. 考察

α 、 β 、 γ を地表加速度で整理した結果は互いにかなりの部分重なり合っており、 α 、 β 、 γ を区分する指標としての地表最大加速度には検討を要するところがある。また盛土や橋台裏は種々の高さのものがあり α 応答特性も様々であろう。これらの構造物の被害としては支持地盤の破壊によるものと構造物自体の振動破壊が考えられる。従って構造物の応答値と地表地震動などを各々させて被害程度を整理することが必要になろう。今後このような点について検討を進める予定である。

(参考文献) <1> 田村・加藤・岡本：岩盤地帯の地震動の最大加速度について、図6 α 、 β 、 γ の累積曲線(盛土) 図7 α 、 β 、 γ の累積曲線(橋台裏) 第15回地震工学研究発表会、1979.7. <2> 阿部・津井・中村：東海道新幹線沿線の地質的検討(その1)、第6回地質学大会、大規模地震に対する……、鉄研報告No.1216

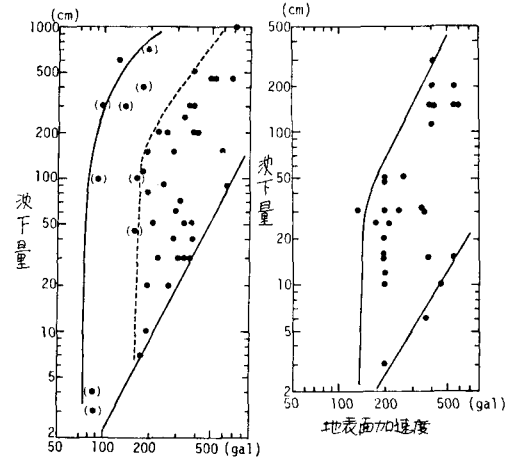


図4 被害量と地表加速度の関係(盛土)

注) (●)は'68十勝沖地震のデータ
図5 被害量と地表加速度の関係(橋台裏)

