

地震と列車の安全*

—新潟地震時の乗務員の列車停止アンケートより—

土木学会耐震工学委員会

1. はじめに

新潟地震は国鉄にも大きな被害を与え、その直接的な被害だけでも金額にして約110億円におよんだ。もちろん線路が破壊されたため列車の運転はいたる所で支障された。中には地震で停車後に車両が土中に沈降して動けなくなった例もあった。しかしながらその大きな被害にもかかわらず、列車の脱線転覆が一つもなかったこと、旅客や職員の死傷者が皆無であったことは、まことに奇跡に近いできごとであったが、それは全くの偶然によるものではないと考えている。

国鉄では、今後もこのような不測の事態に役立てるため、走っている列車で、乗務員はどのような手配をとったかを調査してみた。

2. 乗務員の地震感知状況

地震当時新潟支社をはじめ、秋田、仙台、高崎、長野、盛岡および金沢鉄道管理局の震度の比較的強かった43の線区で勤務中であった乗務員（旅客、貨物、入換え、単行機関車などをふくむ）425名についてアンケートを求めた。

表-1が当時の列車運転状況であり、425本の列車のうち、255本（60%）が運転中で、170本（40%）が停止中であった。このうち地震を感知したものは表-2のとおりであり、停止中のものは170本中164本で97%、すなわち大部分は地震を感知しているのに対し、運転中

表-1 調査対象列車数

状態	列車種別	列車種別				計	割合(%)
		旅客	貨物	入換え	単機		
運 転 中		137	96	12	10	255	60
停 止 中		56	95	14	5	170	40
合 計		193	191	26	15	425	100

* 本稿は日本国有鉄道 運転局の好意により、土木学会耐震工学委員会を経て登載となった資料である。

表-2 列車の運転状態と感知の有無

局 別	項 目	停止中		運 転 中						計		合計	感知割合 (%)
		感知した	感知しない	力行中		惰行中		小 計		感知した	感知しない		
				感知した	感知しない	感知した	感知しない	感知した	感知しない				
新 秋	潟 田	43	1	16	5	31	3	47	8	90	9	99	91
	仙 台	33	—	9	15	21	18	30	33	63	33	96	66
	高 崎	34	—	9	10	9	26	18	36	52	36	88	59
	長 野	10	—	1	5	1	4	2	9	12	9	21	57
	盛 岡	18	5	1	8	1	9	2	17	20	22	42	48
	金 沢	21	—	3	20	2	17	5	37	26	37	63	41
	計	5	—	—	7	—	4	—	11	5	11	16	31
	計	164	6	39	70	65	81	104	151	268	157	425	63
	総 合 計	170		109		146		255		425			
	感知割合 (%)	97		36		45		41		63			
	割 合 (%)	40		(42)		(58)		60 (100)		100			

注：割合欄中（ ）内数字は小計に対する割合を示す。

のものでは255本中104本で41%程度にしからなかった。なお全体では約60%が地震を感知したことになる。

つぎに運転中のもののうちでは、力行中の感知割合は36%で、惰行中の44%に比較して感知しにくいことがうかがえる。

震源地にもっとも近かった新潟支社管内においては、停止中に感知したもの98%、運転中に感知したもの86%と感知割合は高率となっている。

3. 震度と感知割合

地震の強弱による運転中の列車の地震感知割合は、表-3のとおりであった。なお、列車が停止中の場合は、前述のようにほとんど全部の列車が感知しているのここでは省略した。表-3でわかるように、震度3未満の所では、わずかに6%の乗務員が感知しにすぎないが、震度3以上では、震度が1段階上るごとに感知割合はほぼ倍増していることがうかがえる。

表-3 震度別地震の感知状態

震度	列車数	運転中の列車数 (A)	地震を感知した列車数 (B)	割合 B/A
5		91	60	67
4		103	35	34
3		45	8	18
3未満		16	1	6
合計		255	104	41

注：震度による分類は昭和39年6月18日気象庁発行「昭和39年地震津波速報第2号」による。

4. 感知割合と種々の条件

先に述べたごとく、運転中の列車でも、力行中と惰行中では乗務員の感知割合はちがう。種々の条件が感知割合とどのような関係にあるかも調べたが、動力車の種別と運転速度が比較的明りょうに感知割合を左右しているように見受けられた。

動力車別による差異は表-4のとおりで、停止中の場合は、一般にボギー台車の電車、気動車、ディーゼル機関車が横揺れをよく感知しており、一体台わくの蒸気、および電気機関車はやや感じ方が鈍い。運転中では、ディーゼル機関車と気動車は車体下の機関の振動、その音のためか感知割合が低い。振動の比較的大きい蒸気機関車が予想に反し高い感知割合を示した。

速度による差異は表-5に示すとおりであり、時速20

表-4 動力車種別の地震感知状況

項目	列車状態	蒸気機関車		電気機関車		ディーゼル機関車		気動車		電車		合計	
		全列車数	地震感知列車数	全列車数	地震感知列車数	全列車数	地震感知列車数	全列車数	地震感知列車数	全列車数	地震感知列車数	全列車数	地震感知列車数
調査対象列車合計	運転中	139	60	27	12	18	5	59	22	12	5	255	104
	停止中	106	102	35	33	4	4	19	19	6	6	170	164
	計	245	162	62	45	22	9	78	41	18	11	425	268
感知割合 (%)	運転中	43		45		28		37		42		41	
	停止中	96		94		100		100		100		97	
	計	66		73		41		53		61		63	

表-5 速度別地震感知状況

項目	速度	km/h 0~20		21~40		41~60		61~80		81~100		計	
		全列車数	地震感知列車数	全列車数	地震感知列車数	全列車数	地震感知列車数	全列車数	地震感知列車数	全列車数	地震感知列車数	全列車数	地震感知列車数
列車数		47	36	81	24	98	36	26	6	3	2	255	104
感知割合 (%)		77		30		37		23		67		41	

注：時速81キロ以上の地震感知列車2件は、架線の動揺により感知したものである。

km以下の低速では77%が感知したが、時速20kmを超えると急速に感知割合が低下し、速度が高くなると感知しにくくなるのがうかがえる。時速80km以上が高いが、これは列車数が少ないので対象外と考えてよい。

このほか勾配別、曲直線別にも調査したがここでは省略する。

5. 地震はどのようにして感知されたか

運転中の列車の乗務員が何によって地震を感知したかは表-6のようになっている。

表-6 地震感知方法

感知方法	力行中	惰行中	計
該当列車本数	39	65	104
動力車の異常動揺	31	61	92
樹木の動揺、倒壊または傾斜	1	3	4
家屋の動揺、倒壊または傾斜	0	3	3
電柱、信号機等の動揺または傾斜	10	11	21
線路浸水、線路変状	0	2	2
信号機の停止現示	2	3	5
停止信号現示	2	3	5
その他	2	5	7
合計	48	91	139

注：感知方法のうち「動力車の異常動揺」とそれ以外の項目は重複している。

震度の大きかった線区においては、極度の異常動揺のため、車両が脱線したものと思っ非常制動をとった例が多く、その他のものも線路に異常があったため車両に動揺を起こしたものと思っブレーキをかけている。ほとんどの乗務員はまず車両の異常動揺により異変を知り、なお表-6のごとき異常現象とあわせて、地震が発生したことを感知している。

電化区間では架線、き電線の異常動揺により比較的早く地震に気づいており、電柱、信号機、樹木、家屋等の震動や、傾斜、屋根瓦の落下などで地震を感知したものもある。変わった例としては、地震を田の水面が波立ったり、進んで行く先の線路が曲り出したのを見て知ったり、駅に入ろうとして、行違い列車が左右に揺れていた

表-7 列車種別別感知状況

項目	列車種別	旅客		貨物		入換え		単機		計		割合 B/A (%)
		全列車数	感知列車数	全列車数	感知列車数	全列車数	感知列車数	全列車数	感知列車数	全列車数 (A)	感知列車数 (B)	
列車状態	運転中	137	46	96	45	12	10	10	3	255	104	41
	停止中	56	56	95	90	14	13	5	5	170	164	97
	計	193	102	191	135	26	23	15	8	425	268	63
運転中列車の感知割合 (%)		34		47		83		30		41		
停止中列車の感知割合 (%)		100		95		93		100		97		
全列車の感知割合 (%)		53		71		89		53		63		

り、ホームや駅の建物が揺れているのを見て知った者のみいる。

なお、トンネルの中を走っていた列車が12本あったが、これらの列車の乗務員は、誰も地震を感知していない。これは、トンネル内でのその音と対象物が何も無いことによって地震を感知しにくいことを示したよい例である。これに反して表-7の列車種別で、入換中の機関車の感知割合が高いのは速度の低いことと、構内のため付近に対象物が多いことが原因と考えられる。

6. 地震を知ってどうしたか

列車を運転中に地震を感知した乗務員104名が、どのような処置をしたかは表-8のとおりであり、ほとんどの乗務員が列車を停止させるか、速度を落して注意運転をした。ブレーキを扱かわなかったのは、秋田や仙台地区などで、揺れの少なかったところであって、9名全部が地震というはっきりした認識をもたず、何か動揺があったという漠然とした気持であったようである。

表-8 地震感知後の処置

処置項目	局別								計	割合(%)
	新潟	盛岡	秋田	仙台	長野	金沢	高崎			
非常制動により停止したもの	33	1	10	9	1	0	0	54	52	
常用制動により停止したもの	6	3	7	4	0	0	1	21	20	
注意運転したもの	5	1	10	3	0	0	1	20	19	
その他	1		4	3	1	0	0	9	9	
合計	45	5	31	19	2		2	104	100	

その後の調査によって、今度の地震で動揺を感知して停止した列車が、もし停止しないでそのまま運転を続けたとすれば、最悪の場合、15本の列車が線路の破壊のため脱線等の事故に遭遇したとも考えられる。

また、一方地震を感知しなかった列車の処置は、つぎのようになされた。揺れを感じないで運転を継続した乗

務員も、次駅で(通過列車は臨時停車のうえ)それぞれ地震を知らされている。

列車の停止については、多くの列車が駅の場内、または出発信号機の停止信号や、停止手信号をみて停車している。このほかに架線の停電により停車したり、線路巡回中の保線係員や線路わきの住民の停止合図により停車した列車もあった。

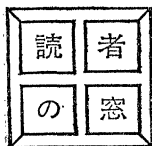
7. 地震の場合のとるべき処置

今回の地震で、国鉄に死傷事故のなかったのは不幸中の幸であった。これには普段の乗務員の仕事に対する熟練、不測の事態に対する訓練の功績が大きい。

本線を運転中の列車のうち、築堤、切取斜面、橋梁上など危険な箇所へ停止した列車が22本あったが、奇跡的に一件の列車脱線も発生しなかったことをみても幸運も味方したといえるが、地震直後列車をただちに停止させ、保線係員により前方の線路に異常のないことを確認し、あるいは注意運転を行なって安全をはかったことが無事故を収め得た大きな要因となっている。

今回の経験にかんがみ、今後地震発生に際し取るべき処置はつぎによるべきものとする。

- ① 強い地震を感知した場合は、乗務員、地上勤務職員の別を問わず、ただちに列車を停止する措置を講ずる。
- ② 列車を停止させた位置が、築堤、切取り、橋梁上、あるいは陸橋下のような場合は進路の安全を確認のうえ、このような箇所を避けて移動する。
- ③ 停止後乗務員は最寄りの駅長と連絡をとり、その指示にしたがう。
- ④ 運転の再開は、前途の線路に異常のないことが確認されてから行なう。



学会誌を後でもう一度あけて読むように、報告欄に半分ぐらいのページ数を与えてくれませんか。それでは、報告と論文をあわせて論文集に載せ、毎月8件、年間100ぐらい載せるようにできませんか。報告を投稿したいが、二ノ足をふんでいる会員が多くおります。
(正会員 成岡昌夫・記)

新年号の編集後記を拝見しました。「Over Load」と英字綴を使ってありましたが、大賛成です。かねがね、私は少なくとも土木技術家に片仮名英語は無用のもの、著者の真意を伝え得ない場合が多いので、その廃止を主張しているのですが、少しでも多くの著者が自己の考えを活字にする際、生の英語綴を使うよう願ってやみません。
(正会員 今井芳雄・記)