

神戸大学大学院
神戸大学工学部

学生員 ○船越 寿明
フェロー 高田 至郎

神戸大学工学部
東日本旅客鉄道(株)

正員 森川 英典
正員 花川 和彦

1. 研究目的 兵庫県南部地震により被災した橋梁は、その被災度がさまざまな条件により影響を受けており、既往の研究ではこの問題についておもに構造条件に着目することにより評価してきた。本研究に関連した多くの報告において橋梁の構造形式からのさまざまな知見が得られているが、地盤特性との詳細な報告はあまり多くなく、本稿において地形分類、ボーリングデータを用いて地盤特性について改めて注目することとした。本研究では構造条件に加え、さらに地盤特性を取り上げ、橋梁被災度のバラツキへの地盤特性の影響度について評価を行うことを目的とした。

2. 本研究で扱う地盤特性 本研究では地形分類および地盤の固有周期を表す TG 値を地盤特性として扱い、GIS 上にインプットすることにより、橋脚形式やアンケート震度といった種々の要因と重ね合わせて総合的に評価することとした。また、地形分類に関しては人工天井川、砂州といった微高地、河川による堆積物の背景にある河成平野、旧河道といった低地、河川の最下流部に形成される沿岸低地、それ以外の地形として沿岸低地の 4 種の分類を用いた。TG 値の算出については道路橋示方書¹⁾に示される算定式を使用した。

3. 地盤特性による橋脚被災要因分析 ここでは構造条件同一の下で地盤特性による橋脚被災要因分析を行うために兵庫県南部地震以降、既往の研究において整理された橋梁データベースの RC 単柱橋脚の構造条件によるグループ化²⁾を参考に、本稿ではとくに曲げ破壊先行とされた RC 単柱橋脚のうち断面形状円形、段落としなしのグループ C-f と断面形状矩形、せん断スパン比 2.5 以上の R-f (以下グループ C-f+R-f) について述べていく。表-1 には地形分類を用いたグループ C-f+R-f の橋脚被災確率分析の結果を示す。この結果より、微高地においてもっとも被災度が高いことが判る。また、微高地以外の地形分類においては概ね C,D 被害に被災確率のピークが存在するが、微高地においてはのみ AS,A といった大被害の被災確率が高くなっていることが判る。さらに、このグループについて TG 値を用いた被災確率分析を行った結果を表-2 に示す。表中に用いている地盤分類は TG 値の平均値(0.32)を境界に、 $TG \geq 0.32$ の TG 値が高い地盤を H 地盤、 $TG < 0.32$ の TG 値の低い地盤を L 地盤と定義している。この結果から TG 値のみによる被災確率の顕著な差は見られないことが判った。本研究ではこれら 2 つの分析結果を踏まえて、橋脚被災要因となりうる地盤特性として微高地を取り上げ、詳細に検討することとした。微高地の特徴として、人工天井川、砂州といった多くが南北に細長い地形となっているものであり、これより微

表-1 地形分類と橋脚被災度の関係

橋脚被災度	微高地		低地		沿岸低地		沿岸砂州	
AS	2	4%	0	0%	3	2%	0	0%
A	12	24%	2	2%	9	7%	5	10%
B	9	18%	20	22%	16	13%	6	12%
C	8	16%	23	25%	43	34%	17	34%
D	20	39%	46	51%	54	43%	22	44%
総計	51	100%	91	100%	125	100%	50	100%

高地の多くが地盤の変化点に位置することが考えられる。これより本研究では地盤の変化点での地震時の地盤応答が橋脚被災度に大きな影響を与えたのではないかと考え、以下に分析を行った。まず、地盤の変化点を表す指標として TG 値変化量を用いることとした。ここで扱う TG 値変化量は対象の橋脚とそれに隣接する 2 橋脚との TG 値の差のうち

表-2 TG 値と橋脚被災度の関係

橋脚被災度	H地盤		L地盤	
AS	3	1%	3	2%
A	16	8%	12	10%
B	33	16%	18	15%
C	55	27%	37	31%
D	97	48%	51	42%
総計	204	100%	121	100%

高地の多くが地盤の変化点に位置することが考えられる。これより本研究では地盤の変化点での地震時の地盤応答が橋脚被災度に大きな影響を与えたのではないかと考え、以下に分析を行った。まず、地盤の変化点を表す指標として TG 値変化量を用いることとした。ここで扱う TG 値変化量は対象の橋脚とそれに隣接する 2 橋脚との TG 値の差のうち

表-3 地形分類と TG 値変化量

地形分類	微高地	低地	沿岸低地	沿岸砂州
TG値変化量平均値	0.076	0.026	0.046	0.027
TG値変化量標準偏差	0.093	0.024	0.042	0.025

Toshiaki Funakoshi, Hidenori Morikawa, Shiro Takada and Kazuhiko Hanakawa

大きい値を絶対値をとって表すと定義した。そこで、TG 値変化量についてグループ C-f+R-f の存在する各地形分類ごとの平均値および標準偏差を表-3 に示す。これより微高地において TG 値変化量が高いことが判り、先に述べた考え方を示唆する結果となった。また、TG 値変化量の平均値および標準偏差はそれぞれ 0.059,0.040 となっており、TG 値変化量が平均値+標準偏差(=0.10)以上の地盤を TG 値変化量大、それ

表-4 TG 値変化量と橋脚被災度の関係

橋脚被災度	TG値変化量小		TG値変化量大	
AS	6	3%	0	0%
A	15	6%	8	26%
B	37	16%	5	16%
C	67	29%	12	39%
D	109	47%	6	19%
総合	234	100%	31	100%

以下の地盤を TG 値変化量小と評価した。この分類を用いて表-4 には TG 値変化量を用いた被災確率分析の結果を示す。これより、AS 被害だけに注目すると TG 値変化量小の地盤において被災度が高いように見えるが、AS,A といった大被害を併せて評価すれば TG 値変化量大の地盤において被災度に顕著な差が見られることが判る。このように本研究では微高地において被災度が高い原因として、地盤の変化点を取り上げ TG 値変化量を用いて評価することにより、有意な結果を得ることができた。

4. 地震動強度を考慮した損傷確率の評価

ここでは地盤特性を考慮することによる損傷確率への影響度を評価するため、上田らにより算定されたアンケート震度³⁾を用いて損傷確率マトリックスを構築し、比較検討を行うこととした。表-5 には構造条件のみによる損傷確率マトリックス、表-6,7 には地盤特性として TG 値変化量を考慮した損傷確率マトリックスを示す。これらを比較すると、TG 値変化量小のグループでは構造条件のみによるグループと比べ若干危険度が緩和された損傷確率マトリックスとなっている。TG 値変化量大のグループでは震度7 地域において非常に高い被災確率となっており、表-5 とは大きく違ったものとなっている。この結果より TG 値変化量の大きなグループについては地盤特性の影響が大きかったことが判る。

表-5 構造条件による損傷確率マトリックス

橋脚被災度	気象庁震度階			
	5+	6-	6+	7
AS	0%	0%	0%	1%
A	0%	0%	9%	10%
B	0%	40%	21%	14%
C	0%	50%	37%	31%
D	100%	10%	33%	44%

表-6 地盤特性による損傷確率マトリックス

(TG 値変化量小)

橋脚被災度	気象庁震度階			
	5+	6-	6+	7
AS	0%	0%	0%	1%
A	0%	0%	9%	5%
B	0%	57%	20%	15%
C	0%	29%	41%	30%
D	100%	14%	30%	49%

表-7 地盤特性による損傷確率マトリックス

(TG 値変化量大)

橋脚被災度	気象庁震度階			
	5+	6-	6+	7
AS	—	0%	0%	0%
A	—	0%	11%	46%
B	—	0%	33%	8%
C	—	100%	22%	38%
D	—	0%	33%	8%

5. まとめ 本稿では橋脚被災度のバラツキについて地盤特性として地形分類および TG 値を考慮することにより評価を行った。まず 3.で行った地形分類を用いた橋脚被災確率分析より、とくに微高地に着目し、その要因として地盤の変化点を取りあげた。本研究では地盤の変化点を TG 値変化量を指標として表現することにより、橋脚被災度に大きな影響を与える要因と評価することができた。さらに表-5~7 において地震動強度を考慮することにより地盤特性の橋脚被災度への影響の評価を行ったが、TG 値変化量大のグループについて影響が大きかったことが判った。また、本稿では地震動強度としてアンケート震度を用いたが、必ずしも大きい地震動強度において被災度が高いとはいえず、今後どのような指標をもって地震動強度を評価していくかといった課題が残る結果となった。

(参考文献)

- 1)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，1996.12
- 2)松本正人：兵庫県南部地震における被災橋梁の GIS データベース化とその利用による橋梁耐震診断法の構築に関する研究，神戸大学修士論文，1997.2
- 3)高田至郎，上田直樹，田中良英：計測震度に対応する新しいアンケート震度の算定手法，平成 10 年土木学会関西支部年次学術講演会，1998.5