

I - B 86

橋梁の地震時被災度に対する地盤特性の影響と損傷確率マトリックスの評価

神戸大学大学院 学生員 船越 寿明 神戸大学工学部 正員 森川 英典
 神戸大学工学部 フェロー 高田 至郎 東日本旅客鉄道（株） 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については、多くの機関から構造形式に関するさまざまな知見が報告されており、本研究においてもおもに構造条件に着目することによりその被災度を評価してきた。しかし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し、地震時における地盤特性の橋梁被害への影響を検討するとともに損傷確率マトリックスの評価を行うこととした。

2. **本研究で扱う地盤特性** 本研究で扱う地盤特性は地形分類と地盤の卓越周期を表す TG 値であり、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微高地（人工天井川、砂州）、河川による堆積物の背景にある低地（河成平野、旧河道）、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。また、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害の分析** 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 には地形分類とグループ C-f+R-f の橋脚被害の分析の結果を示す。

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%

この結果より、微高地においてもっとも被災度が高く、微高地以外の地形分類においては概ね被災度が低くなっていることが判る。この結果より、本研究では微高地について詳細に検討することとした。微高地とは、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、これより微高地の多くが地盤の変化点に位置することが特徴として考えられる。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害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-2 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。これより、また、橋梁データベース全体における 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

表-2 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

キーワード：地盤特性、TG 値変化量、損傷確率マトリックス

表-3 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%

連絡先：〒657-0013 神戸市灘区六甲台 1-1, 0.78-803-1040

表-4 各地形分類におけるTG値変化量と橋脚被害

橋脚被災度	微高地				低地				沿岸低地				沿岸砂州			
	TG値変化量小		TG値変化量大		TG値変化量小		TG値変化量大		TG値変化量小		TG値変化量大		TG値変化量小		TG値変化量大	
AS	2	8%	0	0%	0	0%	0	0%	3	4%	0	0%	0	0%	0	0%
A	4	17%	6	55%	1	1%	1	33%	7	9%	1	8%	3	7%	0	0%
B	5	21%	1	9%	19	24%	0	0%	7	9%	3	25%	5	12%	1	25%
C	3	13%	2	18%	18	23%	2	67%	24	32%	6	50%	15	37%	1	25%
D	10	42%	2	18%	41	52%	0	0%	35	46%	2	17%	18	44%	2	50%
総計	24	100%	11	100%	79	100%	3	100%	76	100%	12	100%	41	100%	4	100%

が平均値+標準偏差(=0.10)を境界として

表-5 地形分類と主桁スパン長の関係

TG値変化量大, TG値変化量小と分類した. 表-3にはTG値変化量による分類と橋

地形分類	沿岸砂州	沿岸低地	低地	微高地	総計
主桁スパン長平均値(m)	35.3	32.0	36.3	35.9	35.0

脚被害の分析結果を示す. これより A 被害以上についてみると, TG値変化量大の地盤において被災度に顕著な差違が見られることが判る. また, 表-4に地形分類ごとのTG値変化量と橋脚被害の分析結果を示す. これより同じTG値変化量大のグループにおいても, やはり微高地において被害が大きいたことが判る. また微高地は河川を跨ぐ地形分類であるため, 他の地形分類と比べ主桁のスパン長が長いといったことが考えられる. そこで表-5に各地形分類と主桁のスパン長の平均値を示す. この結果より, 分析に用いたグループC-f+rについては主桁スパン長の差違は見られず, やはり地盤特性の影響が大きいたと考えられる. よって表-4の結果についてはTG値変化量大のグループのデータ数が少ないことから確率的誤差と考えられる.

4. 地震動強度を考慮した損傷確率の評価

表-6 構造条件によるDPMs

ここでは地震後に被災地域について算出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により地盤特性の損傷確率への影響を評価する. 表-6には構造条件のみによる損傷確率マトリックス, 表-7,8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と構造条件のみによるグループについては比較的類似した損傷確率マトリックスとなっている. 一方, 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率となっており, 大きな差違がみられる. 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いたことが判る.

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%

5. まとめ

表-7 地盤特性によるDPMs (TG値変化量小)

本稿では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橋脚被害への影響を評価を行った. 本研究ではTG値変化量を指標として地盤の変化点を表現することにより, 橋脚被災度に影響の大きな要因と評価することができた. さらに表-6~8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結果, TG値変化量大のグループについて影響が大きいたことが判った. 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べきかといった課題が残った.

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-8 地盤特性によるDPMs (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%

(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)高田至郎, 森川英典, 松本正人ら: GIS データベースに基づいた橋梁耐震診断法の構築と損傷確率マトリックスの評価, 構造工学論文集 vol.44A, pp.689-699, 1998.3

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