

1975年大分県中部の地震における歩道橋の被害について

東京都立大学 正会員 ○国井隆弘
同 同 福井留男

1 まえがき

昨年4月、大分県中部に発生した中規模な地震は内陸型浅発地震による山間地特有の被害をもたらした。これらの被害に関する詳細な調査結果はすでに各方面から報告されており、特に土木構造物に関しては土木学会耐震工学委員会がとりまとめている。¹⁾ここに報告するのは、地震被害としてはかなり稀と思われる歩道橋の被害に関するもので、今後の耐震工学のための1つの資料となれば幸いである。

2 地震の概要

地震および被害の概要、そして墓石調査から推定される加速度の分布を表-1および図-1に示す。加速度の分布は望月(都立大建)、片山(東大生研)、佐藤(同)の各氏の調査結果に筆者らの結果を加えてとりまとめたものである。^{2)~4)}図-1から推察できるように、九重町奥双石と直入町塩手を結ぶほぼN60°W方向の総延長約20kmの線上周辺の地域において強い地震動があったと思われる、被害を受けた歩道橋はこの地域に含まれると考えられることから、400~500gal程度以上の加速度を受けているものと推測される。

3 歩道橋

山下池南方には18ホールからなるゴルフ場があり、コース間の谷をわたる歩道橋が5橋存在する。この中で特に橋長の長い3橋に、肉眼でも確認できるような変状が生じた。この3橋を下流からA、B、C橋とそれぞれ名付けて、図-2に概略的位置を示す。この3橋はともに上路式2ヒンジパイプアーチを主体としたもので、橋長は70m程におよぶ。したがって、都市部に通常みられるような歩道橋とは橋長、構造等が異なるため、歩道橋というよりも人道橋と称するのが適当かも知れない。

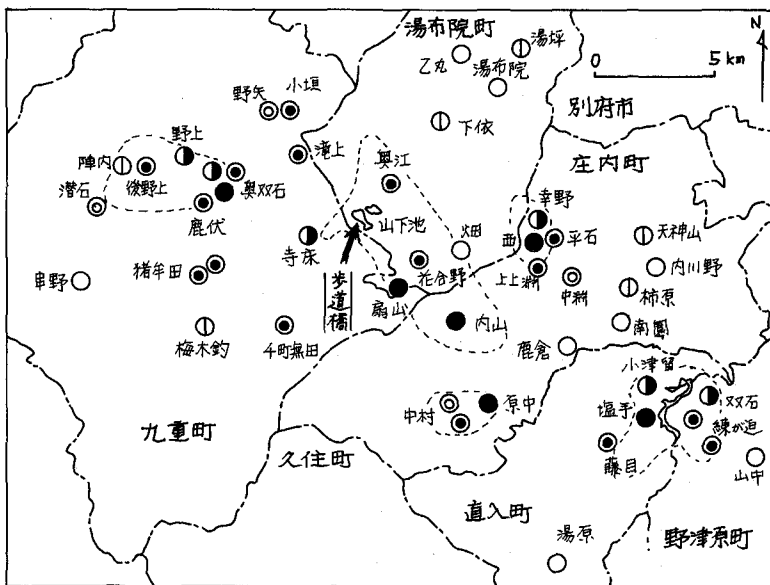


図-1 墓石調査から推定される最大加速度

道路被害および崖崩れ危険地区

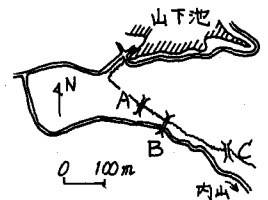
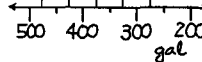


図-2 歩道橋概略位置

表-1

発震日	1975年4月21日
震央	庄内町南部
震源深さ	0 km
マグニチュード	6.4
気象庁震度	最大IV(大分,阿蘇)
住家被害率 10%以上の地区, ()内は%	内山(100), 寺床(100), 熊の墓(50), 道野内(34), 塩手(24), 奥双石(19), 4町兼田(22)
筆者らの調査日	1次:5月8日~11日 2次:6月12日~14日

架設は10年程前であるらしいが正確にはわからず、したがって残念なことに設計図あるいは完成時の資料等は残されていない。図-3は筆者らの測量をもとに描いた概略図である。このため諸寸法は地震後のものといえよう。

3橋ともアーチ部の両側にφ10~14^{cm}の鉛直材を支柱にした2~4径間の単純支持桁構造と思われるアプローチを持つ。

H型のたて桁の上には約3cmの木板がわたされ床版の役目となっている。

左右兩岸の橋端には、地表上1~2m高、幅2~3m、奥行1m程のコンクリート橋台がおかれ、橋台けた座にはたて桁の下フランジに浮き上がりを防ぐ程度の簡易な支承がある。

アーチ部においては、A、C両橋で左右が対称な構造であると思われるが、B橋はわずかに非対称を示し、その理由は周囲の状況からは判明できなかった。

谷の深さは橋面下最大で20m

ほどであり、A、C橋では谷はゴルフ場の1部となり芝が植えられ暗渠あるいは雨渠により水路が通されているがB橋周辺では通常の間隙部でみられる深い谷が形成され草木も多く立ち入ることができない。

4 被害

地震以前の橋の状態、および地震直後の修復(摩耗した部材の塗装、橋台の破損、キルトの修復、および橋台周辺の道路地盤の修復、等)について、ゴルフ場の管理支配人に注意深く確認して被害をまとめると以下に記す如くなる。

① アーチ部における路面の鉛直変形(A、B、C橋)

地震前にはみられなかった路面の変状が肉眼でも認められる程顕著である。図-4はレベルによる測量の結果を左岸を基準として示したものである。AとCの両橋は類似の変形を示し、ほぼ左右対称でアーチ中央部で最大の上向きのおくらみを持ち、右岸が相対的に左岸に対して沈下している。これに対してB橋ではこの沈下がみられず、変形はアーチ中央部に対して逆対称かと思われるほどである。路面とアーチリブを結ぶ鉛直材およびその接

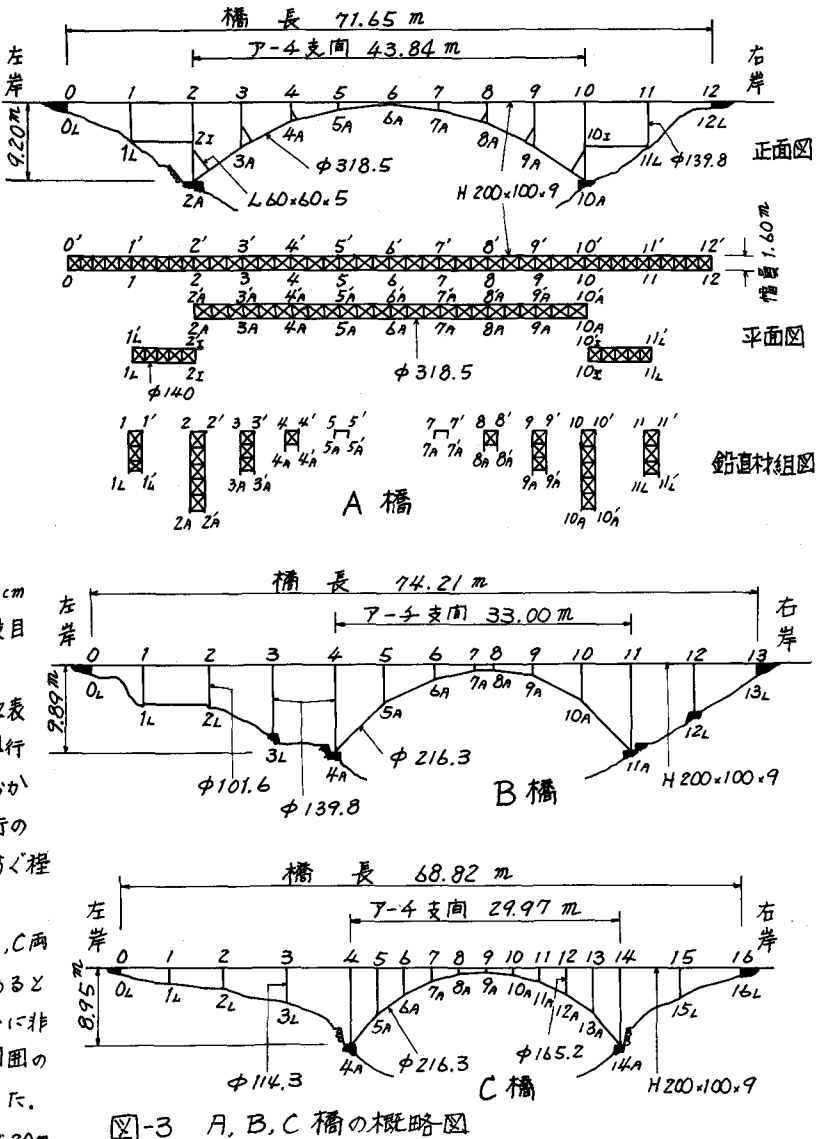


図-3 A、B、C橋の概略図

点には何ら変状がみられないことから、図-4に示した路面の鉛直変形はそのまア-4リブにおける変形と考えられる。

② 橋軸の水平方向の変形 (B橋左岸端)

B橋の左岸端では橋台(図-3のO~O₂)が下流側へ10~10数cm移動したためと思われる被害が生じた。図-5はその様子を示したものだが、このため、床組にいくつかの変状がみられた。端から3パネルにわたって、横材は数mmふくらみ斜材はターンバックルの位置で圧縮されたものは座屈し引張られたものはねじ山にすべった跡をみせている。ところが橋台の移動を示す周辺地盤の異状(たとえば橋台と地盤の接点におけるすき間)はみられず、また付近に大規模な地すべりの跡もみられなかった。

③ 橋台の移動、されつ、支承の破損 (A, B, C橋)

左右兩岸の橋端における橋台では、橋が明らかに軸方向に圧縮を受けたためと思われる被害が生じた。A橋では兩岸のアンカーボルト(φ44)がせん断変形し、右岸橋台に軽いされつがみられた。B橋でも同じくアンカボルトの変形が右岸のみみられ、たまたぎ(主桁)の支持点近くの下フランジには支承のサイドプレートにより削られた塗装の跡が数cmみられる。C橋では兩岸のアンカーボルトが切断され、左岸橋台の無筋の胸壁は桁に押されたためかせん断され後方へ20~30cm移動した。

④ 鉛直材の変形およびニープレスの座屈 (A橋)

A橋の左岸ア-4橋台上の支柱となっている鉛直材は図-6に示すように変形した。しかし隣り合う支柱に変形はみられず、また部材にも座屈等の異状はみられなかった。一方右岸の同位置のニープレスはL断面が円く形で座屈し10cm程のふくらみをみせた。

⑤ その他

ア-4リブにおける塗装のはく離が特にB橋に多くみられたが、地震によるものであるかは明らかでない。A, B橋ではクラウン付近のアーチリブの断面が表面で剥打つかの如く変状を示しているように感じられるが確認できなかった。また同様に確認できなかったものに、B橋のクラウン付近の鉛直材の上下流方向への傾斜が数箇所のみみられたことがあげられるが、これらはいずれも地震前の状況が明確にされれば検討可能となる。

5. 若干の数値的検討

前述した被害から、いずれの橋においても軸方向の圧縮の作用が直感される。またB橋を除けば、右岸のアーチ支点のコンクリート基礎工が山側に押された形跡があり(基礎工と谷側の地盤との間^のすき間がみられる)、表層地盤と橋とがともに右岸側(北方向)に強く移動する様な地震動があったと考えられなくもない。⁵⁾

被害の原因は、このように地すべりなのかあるいは地震動の特性にあるのか必ずしも明らかではないが、いずれにしても強い力がある

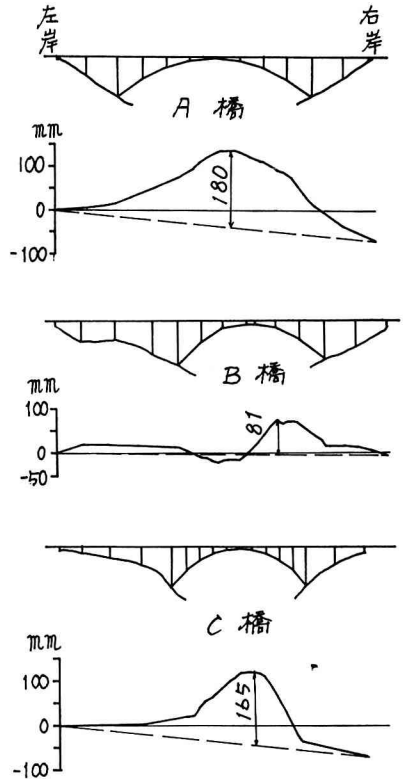


図-4 路面の鉛直変形



図-5

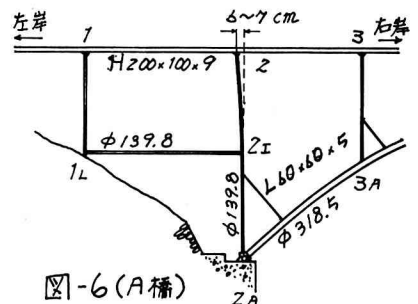


図-6 (A橋)

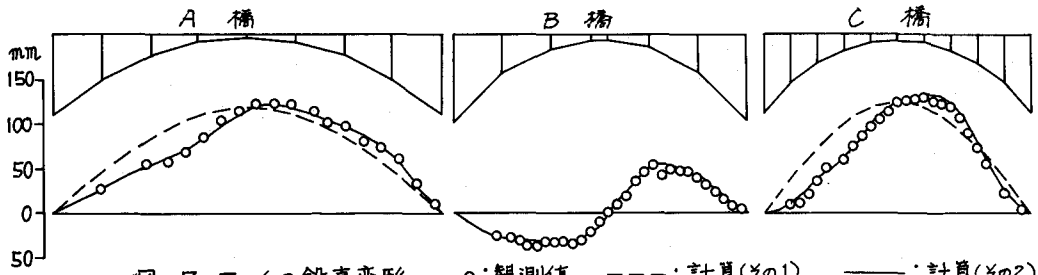


図-7 アーチの鉛直変形 ○:観測値 ---:計算(その1) —:計算(その2)

いは強制変位が橋端の橋台およびアーチ支点の基礎工に作用したものと考えられる。ここでの検討はこのような考えから、アーチ部分の鉛直変形に注目し、変形を再現するような支点変位あるいは力を対象とする。

検討にあたってはアーチをもっとも簡単な構造系に理想化する。すなわちアーチは放射線形の2ヒンジアーチとし、ヒンジ間は水平であり、アーチリブ上の鉛直材は軸力のみを生じた。すなわち鉛直材は単純支持されているものとする。

計算は以下の2種の方法とした。

(その1) ヒンジ支点を橋軸方向に水平に短縮して、それによる変形をクラウン点で観測値と同じようにする。

(その2) アーチ間を20等分し、観測された変形にもっとも近い変形を手える上下方向の集中荷重群をこの等分点に与える。このときどちらかの支点は橋軸方向に水平移動ができるものとする。

図-7 はこのようにして求めた計算結果と観測値との変形の比較であり、表-2 はこのときの支間短縮量である。短縮量はA、C橋で10cm前後となる。さきの図-4 における右岸の端あるいは右岸アーチ支点の左岸に対する相対的な沈下を考え、斜面の斜度とつき合わせればこの程度の短縮はおかしくない。表-3 はこの状態で生じたと思われる最大応力とその発生位置である。表-4 は通常大きな応力を生じやすい1/4点に注目して、設計人荷重 350 kg/m^2 とし、今後橋に設計人荷重が作用した場合の応力を試算したものであるが、B、C橋ではかなり大きな応力となる。

6. おわりに

本報告は「1975.4.21大分県中部の地震調査報告」東京郵立大学(望月,国井,宮野,福井,松田,田村)1975.7によるものであり、内容の1部は文献6)ですでに報告している。

未筆ながら、才1次調査で本報告内容外の調査で同行された片山恒男氏(東大生研)および佐藤暢彦氏(同)に深く感謝いたします。また測量の労をとられた宮野道雄氏(都立大院)および九州電力(株)大分支店、九州高原南発(株)に現地でお世話いただいた。ここに深く感謝いたします。

- 1) 土木学会耐震工学委員会「1975年大分県中部地震による被害」土木学会誌 Vol.61, 1976.4
- 2) 宮野, 望月「大分県中部の地震における加速度分布の推定」第12回自然災害科学総合シンポジウム, 1975.10
- 3) 片山, 佐藤, 国井「1975年大分県中部の地震による土木構造物の被害」生産研究 27巻・9号, 1975.9
- 4) 望月, 国井, 松田, 田村「1975年大分県中部の地震調査報告」No. 229, 1976.4, 土と基礎
- 5) 松田, 田村, 望月, 国井「1975年4月21日の大分県中部地震にみられた断層活動に関連せうする現象」地学雑誌 Vol.85 No.2, 1976.3
- 6) 国井, 福井「大分県中部の地震による橋の被害」第12回自然災害科学総合シンポジウム, 1975.10

表-2 支点間距離短縮量(mm)

橋	その1	その2
A	121	73
B	/	-2
C	177	118

表-3 変形による最大応力(kg/cm^2)

橋	その1		その2	
	応力	点	応力	点
A	-200	1/2	-630	1/2
B	/	/	-850	2/3
C	-310	1/2	-1,160	7/10

表-4 1/4点で予想される最大応力(kg/cm^2)

橋	死荷重	人荷重	変形		合計	
			その1	その2	その1	その2
A	-70	-1,300	-150	-70	-1,520	-1,440
B	-50	-1,890	/	-460	/	-2,400
C	-40	-1,570	-230	-660	-1,840	-2,270