

松代群発地震地域における橋りょうの震動観測結果について

京都大学工学部 正員 後藤 尚 男
 京都大学大学院 学生員 亀田 弘 行
 京都大学工学部 正員 石田 昌 弘

1. まえがき

昨年8月上旬に始まった松代群発地震は本年9月中旬現在なお活動を続けている。本年7月の京大防災研究所と同工学部の協同の地震・土木・建築3班による地盤と構造物の耐震性のための調査研究に際して、われわれは現地橋りょうで震動観測を実施し、若干の記録を解析したのでその結果を報告する。

2. 観測橋りょう

地震動の観測は図1の千曲川筋の川中島・落合・更埴の3橋を対象とした。川中島橋は昭和9~10年に架設された幅員5.5m, 橋長495.8m(タイドアーチ2連, I桁28連)の三等道路橋で、観測は図2にみる左岸橋台寄を選んだ。落合橋は昭和34年4月に着工, 同41年12月に完成予定の幅員6m, 橋長948.25m(ケルバー桁12連, 単純プレート桁10連)の一等道路橋で、観測点は図3の第11号橋脚地点である。更埴橋は現在は流水部のみが仮設の木橋であるが、近く永久橋が架設される予定で、観測は図5に示した左岸の堤防部を対象とした。各橋りょうの地盤は落合橋は砂礫地盤(図4), 更埴橋は玉石と粘土を含む硬い砂礫地盤(図5)であり、また川中島橋は砂利層地盤と記録されている。

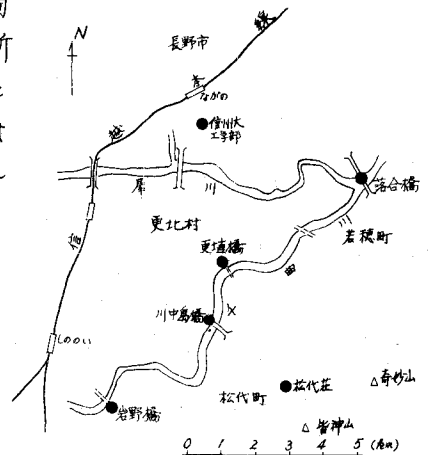


図1 地震動観測地(●印)の略示

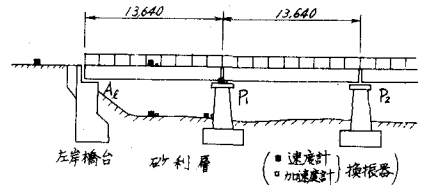


図2 川中島橋観測点一般側面図(幅員5,500)

3. 観測の実施

橋りょうと地盤とに対して図2~図5のように換振器を配置して、データレコーダ一方式により、磁気テープに地震動を記録して整理解析した。換振器は橋りょうと地上は水平・上下電磁型速度計(1 cps), 地中

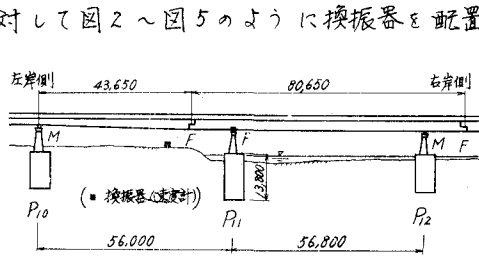


図3 落合橋観測点一般側面図(幅員6,000)

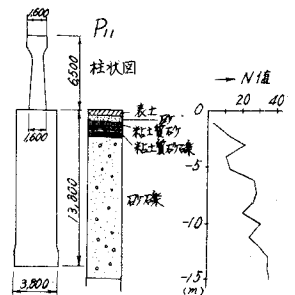


図4 落合橋観測橋脚地盤調査図

は3成分電磁型速度計(3cps)で、川中島橋のみは抵抗線型加速度計(35cps)を追加した。いずれも7チャンネルのデータレコーダーを用い、観測は本年7月11~23日の間に実施した。

4. 地震記録の整理解析

(1) 地震記録の再生例

川中島・落合・更

植3橋の順次約

20・8・36時間の磁気テープ記録よりそれぞれ42・6・32個の地震を再生したが、その2例が図6、図7である。図6より橋脚とこれに接する地盤の震動は類似し、図7より橋脚から離れた地盤ではその類似度が低下している傾向が見受けられる。

(2) スペクトル

図6、図7の地震記録をフーリエ変換して求めた速度スペクトルの例が図8、図9であり、さらに

橋脚上のスペクトルの地盤上のそれに対する比率を示したのが図10、図11である。川中島橋の図8では地盤上と橋脚上のスペクトルがかなりよく対応し、橋脚とこれに接する地盤とが同様に震動していることを裏付けており、図10の8cps付近の倍率約3なるピークは橋桁を含むこの橋脚の固有振動の影響とみて大過なからう。また落合橋の図9では地盤上と橋脚上のスペクトルがあまり対応しておらず、特にスペクトルのピークに相当する振動数が橋脚上では地盤上より低くなっており、この傾向は倍率を示した図11でさらに明らかに認められる。図9のスペクトルの相異は地盤測点が橋脚より離れていることが主原因と考えられ、また図11の4cps前後のピークは橋桁を含むこの橋脚の固有振

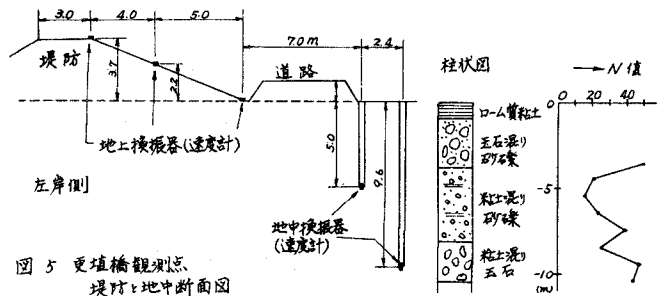


図5 更植橋観測点
堤防と地中断面図

図6 地震記録の例、川中島橋(橋軸直角方向、昭41.7.16、12:51、震度II)

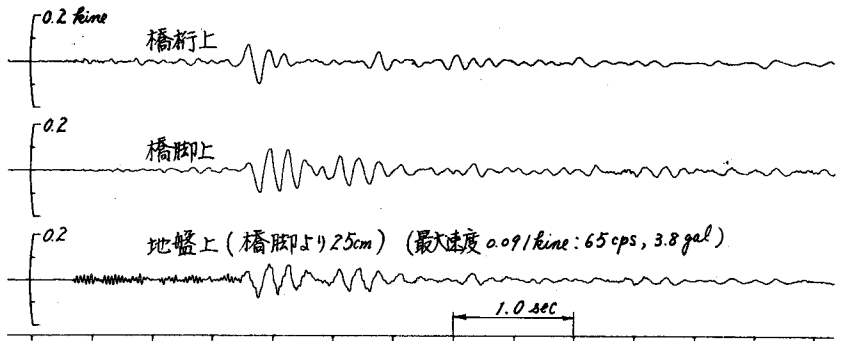
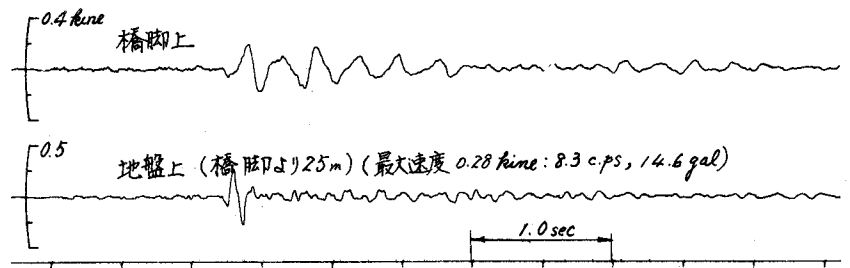


図7 地震記録の例、落合橋(橋軸平行方向、昭41.7.19、2:03、震度II)



動の影響とみられる。このように落合橋橋脚の固有振動数が4 cps程度で、川中島橋脚のそれが8 cps程度らしいのは、いずれも地盤が硬いことから前者の橋脚高が後者のそれより大きいであろう。

更埴橋でのスペクトルを示した図12ではいずれの測点においても約9 cpsを境としてその前後にピークを持っている。9 cpsより低い振動数では-9.6 mの地中とのり尻とは良く似たスペクトルを持ち、そのピークの高さもほぼ同じであるが、のり肩と中腹とはそれらが4~5倍に増幅されている。一方高振動数の成分は堤防中腹においてかなり増幅され、のり肩ではそれがほとんど見られないが、これは護岸石垣などで中腹部が破損しやすいという震害例と対応するものかも知れない。

(3) 自己相関関数

得られた地震記録図6, 図7より自己相関関数を求めて遅延時間に対して示したのが図13, 図14であり、また更埴橋の結果を図15に示した。一般に原波形にランダム成分が多いほど図13~図15

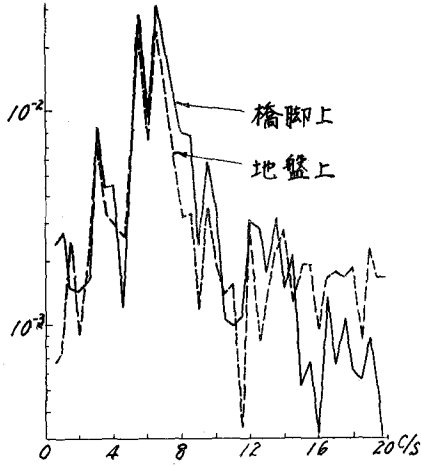


図8 速度スペクトル,川中島橋(直角)

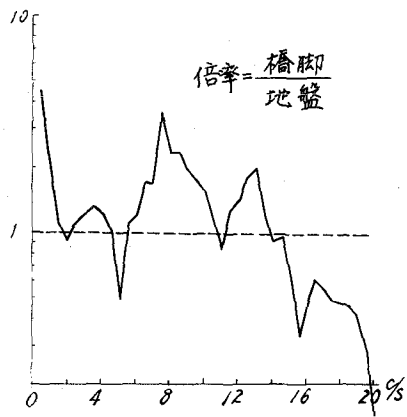


図10 スペクトル倍率,川中島橋(直角)

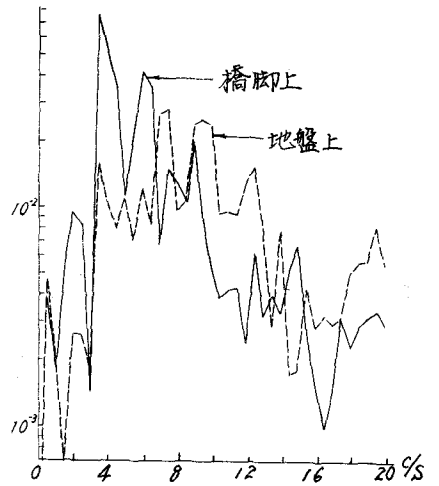


図9 速度スペクトル,落合橋(平行)

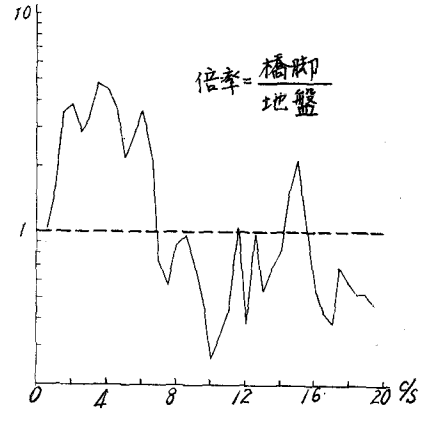


図11 スペクトル倍率,落合橋(平行)

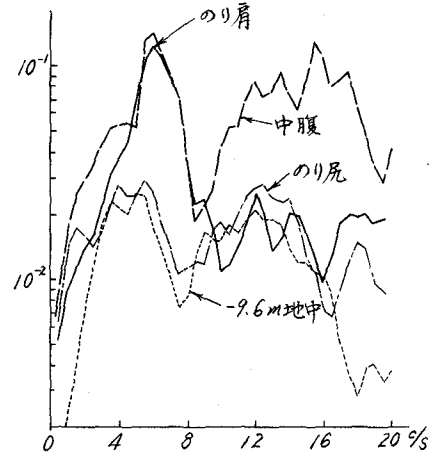


図12 速度スペクトル,更埴橋(堤防直角)

の自己相関関数—遅延時間曲線が減衰状の傾向を示すことはよく知られている。

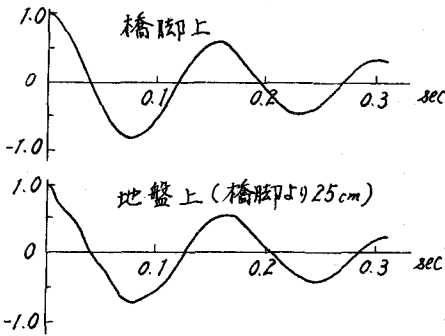


図13 自己相関関数, 川中島橋(直角)

かくして図13の

川中島橋では橋脚とそれに近接した地盤上の相関曲線がきわめてよく類似しており、両者の原波形に差異の少ないことが示されている。また落合橋の図14からは橋脚では周期成分が多いが、これより離れた地盤では橋脚上と相関曲線形がかなり異なり原波形にランダム成分の多いことがわかる。さらに更埴橋の堤防位置における図15からは、地表・のり尻・中腹・のり肩と上方に向うほど地震のランダム波が周期化されやすく、のり肩では図13、図14の橋脚上に近い傾向となっていることが認められる。

整理解析した記録は未だ少ないが、以上のことから地盤よりも構造物では周期成分が多く、構造物に接する近傍の地盤は構造物の影響を受けて、両者は相関連して連成的に運動する傾向の強いことを把握することができたと考えられる。このことは構造物下部工の耐震設計施工に貴重な資料を提供しているものといえよう。

5. 結語

松代群発地震地域の橋りょうと地盤において地震動観測を実施し、その記録を整理解析することによって上述のような成果を収めた。さらに記録の整理解析と考察を進め、地盤について本講演会Ⅲに報告される土岐・横山・秋吉3氏による別文と相まって、土木構造物の耐震設計施工の有力な資料たらしめたく思っている。別文と本研究の数値計算は京大電子計算機KDC-IIによったことを付記し、またこれらの調査研究は文部省科研費(特定課題)に負うところが大きいとともに、京大防災研究所と長野県土木部より絶大な御支援を頂き、さらにわれわれ研究室の諸氏にも終始協力を願った。あわせて謝意を表す。

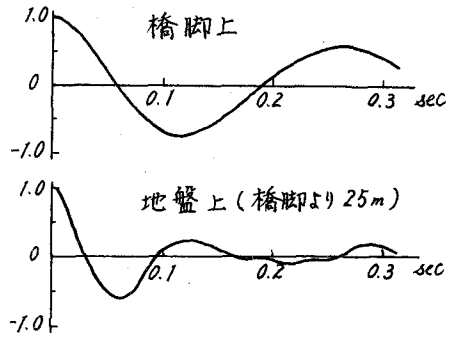


図14 自己相関関数, 落合橋(平行)

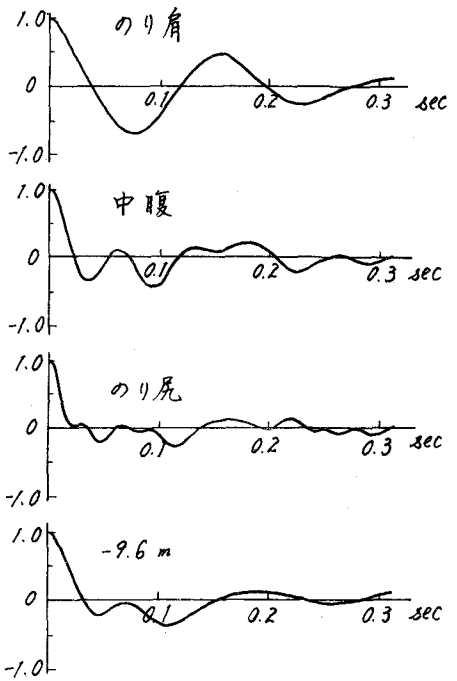


図15 自己相関関数, 更埴橋(堤防直角)