

19. 松代群発地震による河川堤防の堤体震動について

建設省千曲川工事事務所 正会員 阿部丑郎

正会員 ○須山 洋

要約

昭和40年8月以降長野市松代地区を中心として連続的に発生している松代群発地震は3年目に入りしだいに終息に向っているように見える。

当事務所において、工研の指導のもと千曲川の右岸堤の天端法尻並びに法尻から40m離れた堤内地の3カ所に地震計(加速度計、変位計)を設置し、41年10月より観測を開始した。42年7月現在までの記録を整理し、堤防の耐震設計の将来への基礎資料を得る目的で、主としてグラフィカルに堤防の地震時の挙動を比較検討したものである。

1. 松代群発地震概況

昭和40年8月3日に端を発した松代群発地震は滿2年を経過した現在も、しだいに終息に向っていると推定されるものの、依然として継続して発生している。この状況を気象庁の資料により示せば図-2の通りである。

千曲川の堤防の被害としては、昭和41年4月11日に松代町西岸尾地失の右岸、堤天端に長さ約1kmにわたり、縦方向に巾0.5~1cm、深さ50cm程のクラックが発生、また同年8月28日に埴科郡戸倉町の左右岸堤防天端に巾2~10cm、深さ70~150cmに及ぶクラックが発生した。このほか7月4日には長野市小松原地失の岸川右岸堤が約100mにわたり50cm程度川表側がずり落ち被害を受けた。

2. 堤防震動調査

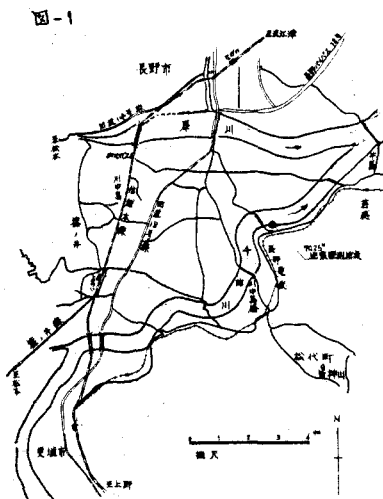
堤体の震動特性を観測し、耐震設計の基礎資料を得る目的で、昭和41年10月2日から長野市松代町柴地失において地震計(加速度計及び変位計)と伸縮計により観測を行なっている。

2.1 観測計器

2.1.1 観測計器の設置場所と仕様

計 器	
変位計(水平)	天端(AH-1)法尻(AH-2)基盤(AH-3)
加速度計(水平)	天端(AH-1)法尻(AH-2)基盤(AH-3)
加速度計(鉛直)	天端(AV-1)法尻(AV-2)基盤(AV-3)
伸縮計	天端

	変位計	加 速 度 計
型 式	可動線輪型	可動線輪型
固有周波数	1.0 c/s	3.0 c/s
感 度	0.27V/kinc	15 μ /gal
外部制動抵抗	30 Ω	60 Ω
コイル抵抗	10 Ω	121 Ω
振子質量	2.375gr	4.47gr(水平動) 2.94(上下動)
相当負点振長	7.35cm	2.2cm () 3.2cm



自動起動装置

起動最少感度 0.005 cm/sec

起動時間 0~180 sec

使用電源 AC100V

刻時装置

印字装置 自動起動装置と連動

最少印字間隔 1 sec

伸縮計

型式 式

測定範囲

出力

精度

差動トランス型

4レンジ(±50mm, ±25mm)

±10mm, ±5mm)

±0.1mA/±50mm

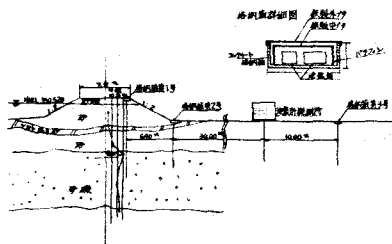
±1%/各レンジ最大変位)

2. 1. 2 観測計器の設置状況

設置位置は長野市松代町柴地先の千曲川右岸堤であり、震源地といわれる皆神山より北へ約5km離れた地点である。

同地点の堤防横断面及び天端、法尻、基盤の観測箇所相互位置を図-3

図-3 地震計設置箇所横断面図



を示す。なお、基盤とは法尻から40m離れた地点である。

各観測箇所とも内径90cm×90cm×30cmのコンクリート製格納箱を埋め、この中に針製のケースに入れた計器を納めた。

2. 2 記録紙の読みとり

1トレース中最大振巾を示す波を見出し、零線(基準線)を引いた後、その正の振巾、負の振巾及び1周期の時間を読みとった。

なお、応答増巾率、水平鉛直振巾比等を求めることを考慮すれば、同一地震に対しては、同一位相の振巾、周期を読みとることが望しいが、同一位相を確認することが困難

なときは、最大振巾を示すもののうち、同一位相と思われるものを読みとった。またとくに位相が揃わなくとも、明らかに最大振を示すものはそれを読みとった。

図-2 松代町柴地先地震観測点 (緯度36°38'30"N, 経度138°04'20"E, 標高90m)

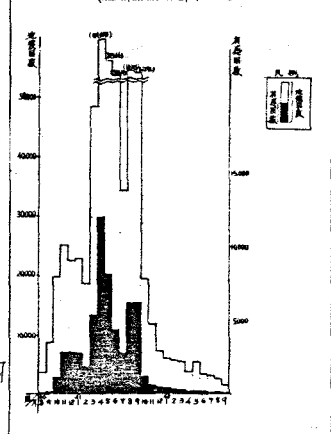
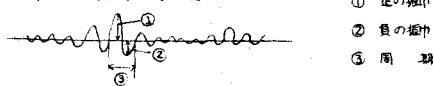


図-4 周期振巾の求め方



3. 解析結果

昭和41年10月3日から42年7月18日までの約400回の地震記録について、基盤、堤防法尻及び堤防天端の周期、加速度(水平、鉛直)、変位に関して、その相関関係を整理し、検討を加えた。

3. 1 変位、加速度と周期

図5~図8に示すように変位、加速度とも一般に短周期で、いずれも0.05~0.20 secの間に含まれる。とくに鉛直加速度は0.1 sec附近のものが、3割程度とも最も多い。これに対して、水平加速度は基盤、法尻、天端等順次に周期が長くなり、天端では0.1~0.2 secが卓越する。

また水平変位は一般に周期が長く、基盤では0.1~0.2 sec, 他は0.2~0.3 secが卓越する。な

お、加速度、変位とも大きくなると周期は長くなる傾向を示し、100 gal 以上のものに対しては0.

1~0.2 secが

ほとんどである。

3. 2

鉛直加速度と
水平加速度の比

図-9に両者の比を示す。20 gal 以下の小さな加速度に対しては、バラツキが多いが、それ以上の加速度に対しては、この比はいずれも

1.0 以下であり、鉛直加速度は水平加速度に比べて小さい。

とくに加速度が大きくなれば、この比は小さくなり、60 gal 以上の加速度に対しては、その0.5程度、すなわち約半分位であるといえる。

3. 3 応 答 増 巾 率

基礎に入射した地震波が堤防の法尻、天端などのように増巾、あるいは

は減衰するかを調べるために、基礎の地震波を基準として、法尻、天端との比を求めた。

3. 3. 1 水 平 加 速 度 比 (図-10)

基礎に対する水平加速度比は、法尻、天端とも平均して1より大きく、入射地震波は水平方向については、堤防によって増巾を来しているとさえよう。ここで詳細に調べてみると、60 gal 以上のものの多くは1.0~1.5の増巾率であるが、40 gal 付近では1.0以下のものも多く、かえって減衰しているものもある。

3. 3. 2 鉛 直 加 速 度 比 (図-11)

法尻と基礎との比の平均は1以上で、天端と基礎との比の平均は1以下である。しかし、詳細に検討してみると、60 gal 以上の加速度に対しては、いずれも比は1.0以下であり、0.5位である。これ

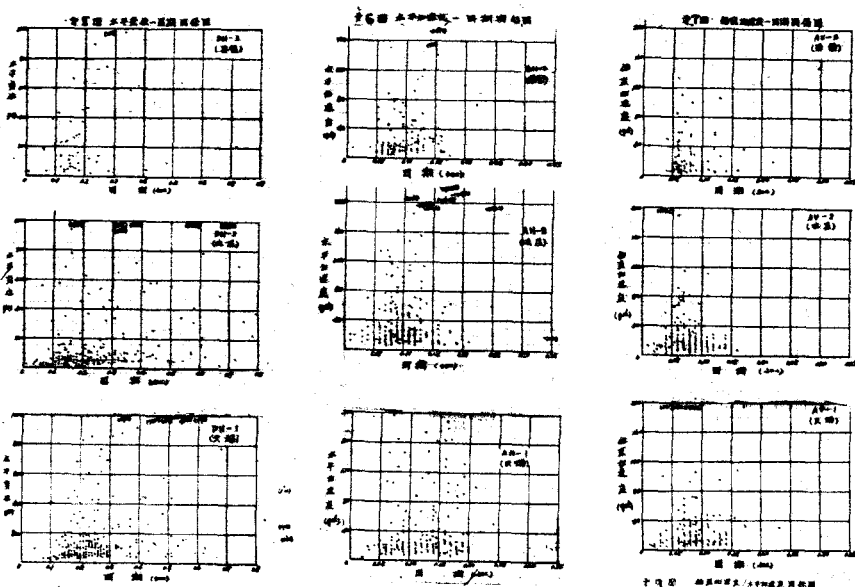
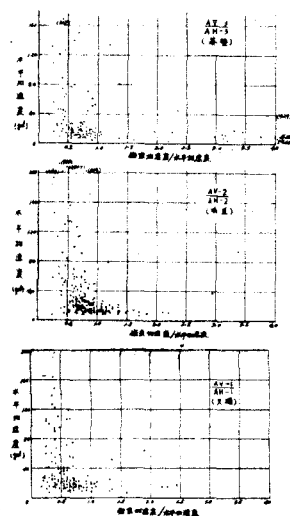
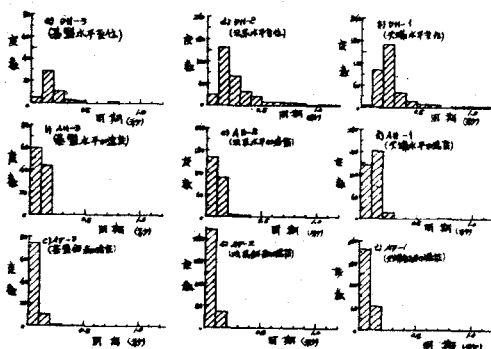


図-9 周期-頻度関係図(最大振幅を示す波に対して)



に対して、 20 gal 以下の加速度については、その比は 1.0 以上のものが多い。このように、前記の水平加速度の増巾率を示す図と比較すると、加速度が 40 gal 以下の部分については類似した傾向を示すが、 60 gal 以上については、増巾率は 1 以下のものが多い。

3.3.3 水平変位比 (図-12)

水平変位については、特に顕著な特徴を指摘はできないが、水平加速度比、鉛直加速度比と同様に、変位比は変位が大きくなれば小さくなり、変位が小さくなれば変位比が大きくなるような傾向を示しているようである。

この様に、入力地震波に対する堤防の振動は、地震波の加速度の大小によって、増巾されたり、減衰したりするようである。このことは、堤防の固有周期と地震波の周期と密接な関係があると思われるが、その詳細については明らかでない。

3.3.4 堤防の固有周期 (図-13)

堤防の固有周期を知るため、共振周波数を求める一般的方法に従い、基礎に対する法系、天端の変位比、及び加速度比と周期の関係を図13-1~13-2図に示し、この図より比が極大値を示す点の周期を求めて見た。しかし、データのバラツキが多く、このようにして求めた関係図より、固有周期を明確に指摘できないうが、図13-3図の水平変位の関係図からやや強引に固有周期を求めてみると、堤防の軸方向に直角な水平成分の固有周期は $0.15 \sim 0.20 \text{ sec}$ 附近に存在するように思われる。

3.3.5 伸縮計

伸縮計の記録は不良(フレミない)なものや、スポットがばらばらしてたりなかつたりで、良好な記録が少なく、今回は比較検討しなかった。

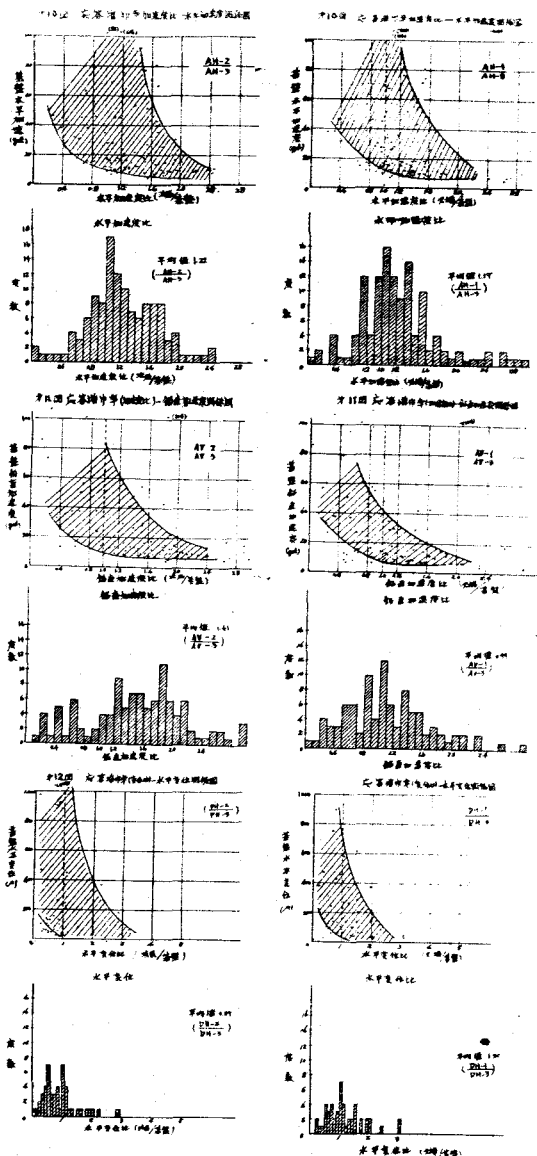
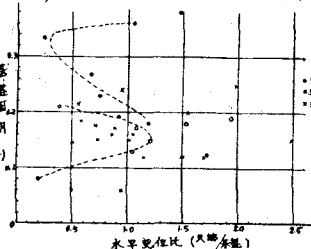


図13-1 基礎面平均(水平変位比)-基礎固有周期関係図



13-2

