

八郎潟干拓堤防の地震動特性について

東北大学工学部 正員 河上 芳義
 東北工業大学 正員 ○ 浅田秋江
 東北大学工学部 正員 森 芳信

(1) まえがき

八郎潟中央干拓堤防は男鹿北西沖地震(1964,5,7), 新潟地震(1964,6,16)および十勝沖地震(1968,5,16)により著しい被害を受け, 軟弱な粘性土地盤上に築造された盛土構造物が極めて耐震性の低いことを物語っている。将来, 軟弱地盤上盛土の耐震設計を行うためには, 軟弱地盤内の地震動を観測し, 地盤内の地震波の伝播特性および応答特性を正確に把握することが先ず必要であろう。軟弱地盤の地震動観測は最近各所において盛んに行われ^{(1)~(8)}, 著者らも八郎潟干拓堤防正面堤盤中に地震計を埋設して以来, 初めて秋田県南東部地震(1970.10.16)を記録したので, 今回はこの地震記録を解析してまた八郎潟干拓堤防正面堤の地震動特性について二・三考察を加えてみる。

(2) 地震動の観測と解析

地震計は図-1に示すように八郎潟干拓堤防正面堤防FD+415地英に設置した。地震計を埋設した軟弱地盤の構成は図-2に示すように, 2層に分けらる。EL-6~7mまで砂層が存在し, その下に厚さ約20~30mの軟弱なシルト質粘土($\gamma=1.2\sim1.4\text{g/cm}^3$, $w=100\sim200\%$, $C=1.0\sim2.0\%$)がタイ積し, その下位は再び砂層を形成している。

地震計は地中地震計(固有周波数3%, 電磁速度方式, 最大許容振中土6mm, 測定周波数範囲1~30%)7台および堤防上にSMAC-B2強震計1台を設置し, すべて堤軸直角方向の水平動を記録する。

なお, 地震記録の解析は主要部分8秒間をフーリエ解析し, 変位スペクトルを求めた。

図-1 地震計設置地卓

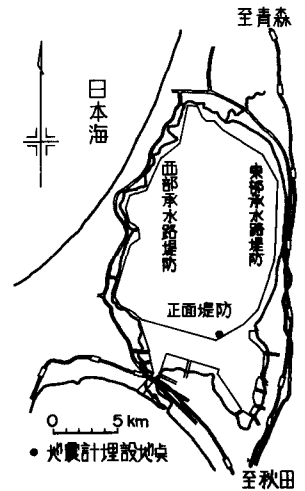
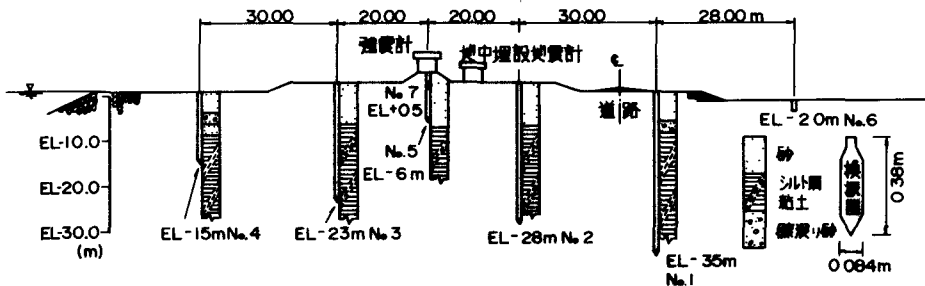


図-2 地震計埋設深度および地盤柱状図

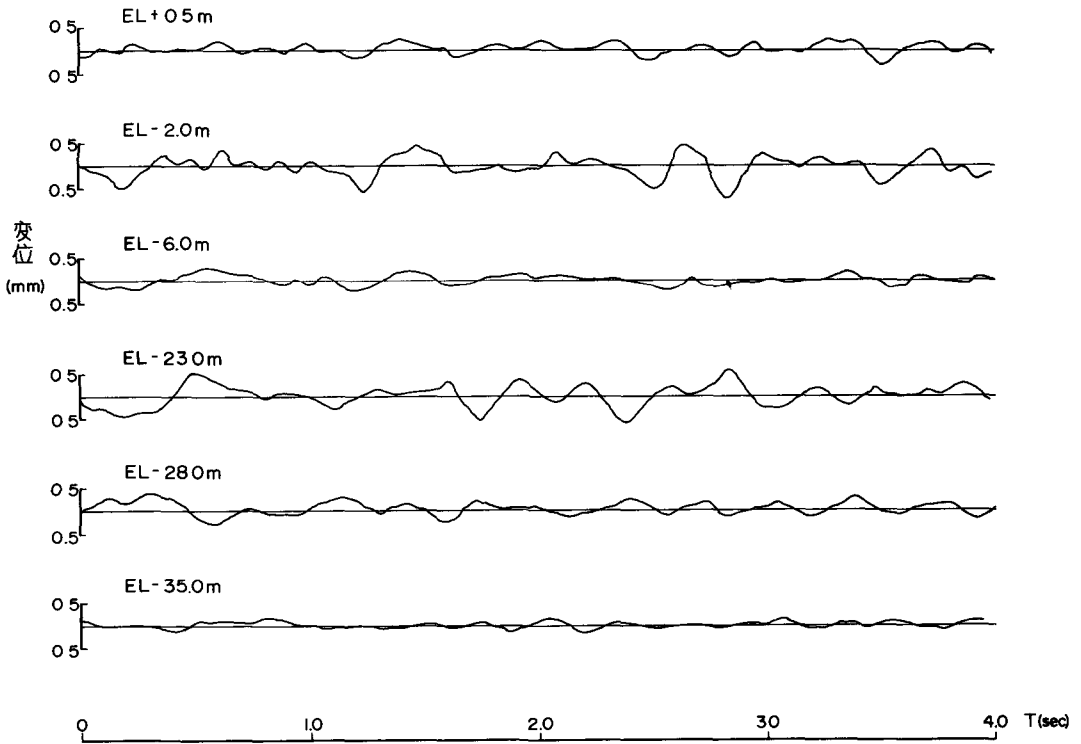


(3) 堤防および地盤の地震動特性

(3-1) 秋田県南東部地震の概要⁽⁹⁾

昭和45年10月16日14時26分ごろ、東北地方全域と北海道、関東地方の一部にかなり強い地震が発生した。発震時は10月16日14時26分14秒、震源地は北緯39°12′、東経140°46′、震源の深さ0km マグニチュードは概算6.5であった。八郎潟正面堤防付近における震度はⅢ～Ⅳと推定され、震央距離は約100kmである。なお観測された地震記録の主要部4秒間の記録を図-3に示した。

図-3 八郎潟正面堤における秋田県南東部地震の記録



(3-2) 堤防および地盤の周期特性

地震記録の変位スペクトル(図-4)から、EL-23、-28および-35mにおける卓越周期は0.33、および0.80secを示し、EL+0.5、-2および-6mの地表面近くではさらに1.33secの周期が卓越している。慣用されている式 $T=4H/V_s$ (T :地盤の卓越周期(sec), H :表面層厚さ(cm), V_s :横波の速度(m/sec))から $H=33$ mおよび $V_s=60\sim100$ m/secとすると地盤の卓越周期は1.32~2.20secとなり、さらに地盤上で常時微動を測定すると、2.0~2.20secの卓越周期が求められる。以上の結果から、今回の地震で示された地盤の卓越周期はどうみても少々短いように思われる。この理由としては、震源が近いために短周期が卓越し、長周期成分が隠れたためあるいは地震計の周波数特性上2秒以上の長周期成分を記録しえなかったかのいずれかによるものであろう。

(3-3)堤防おるび地盤の振中特性

変位スペクトル(図-4)から、0.33、0.80 および 1.33 secにおける変位振中をEL-35mに対するそれぞれの深さの比として描くと図-5に示す振動形がえられる。図-5からEL+0.5おるび-6mにおける振中が減少しているのはすでに図-2に示したようにこれらの地震計が堤体直下に埋設されているため、堤体の拘束を受けたものと思われる。したがって堤体が存在しなければ図中実線で示されるような振動形がえられるはずである。実線で示した振動形をみると、0.33および0.80 secにおける振中の増巾度は小さいが、1.33 secでは増巾度が著しく高くなり、より長周期が地盤の固有振動周期に近いことを表わしている。

なおスペクトル比をとると地表面における増巾度は約9になるが、実記録における最大変位のそれは約3~4の値を示している。

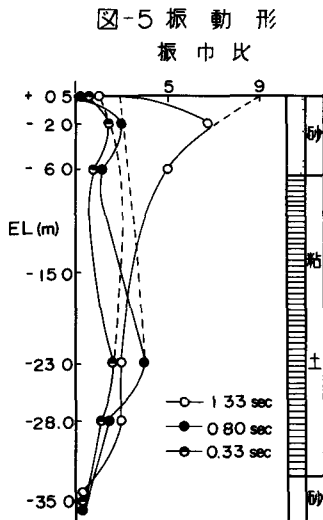
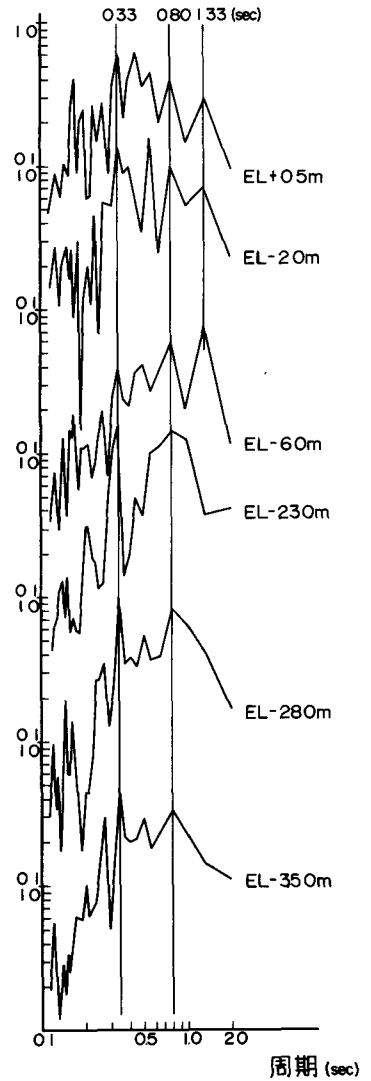


図-4 秋田県南東部地震の変位スペクトル



(4) 過去の地震時における最大変位および加速度の推定

前節で述べた秋田県南東部地震における八郎浮正面堤防の卓越周期を用いて(1)式で表わされる金井教授の式⁽¹⁰⁾により地盤上の最大変位および加速度を求めると表-1に示すように、

$$\alpha_{max} = \frac{5}{\sqrt{T_g}} \times 10^{0.61M - 1.73 \log_{10} \Delta + 0.13} \quad \text{----- (1)}$$

- ただし α_{max} : 地盤上の最大加速度 (gal.)
- T_g : 地盤の卓越周期 (sec)
- Δ : 震央距離 (Km)
- M : マグニチュード

秋田県南東部地震時における実測変位と計算変位は比較的一致している。

さらに表から、秋田県南東部地震と十勝沖地震時の最大変位および加速度を比較すると、各周期に対してほとんど同じ値を示している。しかしながら、正面堤防は十勝沖地震の際には被害をうけ、秋田県南東部地震では無被害であった。

また震源の近い秋田県南東部地震では短周期が卓越し、震源の遠い十勝沖地震では長周期が卓越することにより、秋田県南東

部地震時には加速度が大きく、十勝沖地震では変位が大きいことが推定される。このことから軟弱地盤上盛土の被害に及ぼす要因としては加速度よりも変位がきわめて大きく影響することがわかる。このことは十勝沖地震の際著しい被害を受けた軟弱地盤上盛土（たとえば東北本線）がかなり長周期（1.0~2.0 sec）を示す地盤上に集中していた事実からも説明される⁽¹¹⁾。

表-1 八郎湯正面堤における最大変位および加速度

地震名	△ (km)	M	最大変位(mm) (最大加速度(gal))			
			T _g 0.33 sec	0.80 sec	1.33 sec	2.00 sec
男鹿火面沖地震 (1964.5.7)	85	6.9	2.3	8.2	19.0	35
			[87]	[56]	[43]	[35]
新潟地震 (1964.6.16)	194	7.5	1.4	5.0	8.0	2.0
			[49]	[31]	[25]	[20]
十勝沖地震 (1968.5.16)	330	7.9	0.95	3.7	6.0	1.4
			[34]	[22]	[17]	[14]
秋田県南東部地震 (1970.10.16)	110	6.5	0.7 0.9	3.5	5.5	1.3
			[32]	[21]	[16]	[13]

参考文献

- (1) 河上, 浅田, 柳沢; 地震時における軟弱地盤の振動性状について, オ3回災害科学総合シンポジウム論文集, 1966年11月
- (2) 浅田, 柳沢; 地震時における軟弱地盤の振動性状について(オ2報), オ22回年次学術講演会, 昭42年
- (3) 藤原; 地中の地震観測について, オ9回地震工学研究発表会, 昭42年10月
- (4) 河上, 浅田; 軟弱地盤の振動性状について(オ3報), オ9回地震工学研究発表会, 昭和42年10月
- (5) 有江, 玉野, 中村, 岡田, 矢作; 荒川軟弱地盤における常時微動と観測地震の比較(2), オ4回土質工学研究発表会, 昭和44年6月
- (6) 浅田; 軟弱地盤の地震応答について; オ10回地震工学研究発表会, 昭和43年7月.
- (7) 浅田; 軟弱地盤の振動性状に関する研究; 東北工業大学紀要土木工学編オ1号, 昭和45年3月
- (8) 桜井, 高橋; 松代地震観測に基づく地震動特性の検討, 土木学会論文報告集, オ106号, 1971年2月
- (9) 河上; 秋田県南東部地震災害の概報, 土木学会誌 56-1
- (10) 金井清著; 地震工学 PP196
- (11) 河上, 浅田, 森, 神山; 青森県テウ積平野の常時微動特性について, オ6回土質工学研究発表会