

中部電力 K K 長野久吉, 長谷川幸雄

電力中央研究所 高橋忠, 堤一, 〇江刺靖行

§ 1 まえがき

軟弱地盤における構造物基礎の耐震的な効果を究明する研究の一環として、昨年来、長野県篠の井市にある中部電力の北信変電所構内(講演概要1の図-2参照)において、松代地震によるクイの地震観測と起振実験を行なった。

図-1 地盤柱状図および観測用ゲージの位置図

本実験、観測の主目的は、クイ頭条件をいろいろ変えた場合のクイおよび地盤の挙動を把握、解明することにより、クイの耐震的效果を明らかにせんとしたものである。

§ 2 地震観測および起振実験

図-1に示される地層状態の地盤に、先端閉塞の40mm径のスパイラル鋼管クイ2本をN-S方向に2.5m間隔で、深さ10mまで打込んだ。(表-1)

図-1に示される測点にて、クイのひずみと加速度(N-S)を測定し、また、クイから10m離れた地点のボーリング孔にて-10.7-5mの水平2成分と、地表3成分の加速度の測定を行なった。

実験、観測は昭和41年10月から42年3月まで行ない、その間、クイ頭部の構造を図-2に示されるように変え、最後には、クイを切離してコンクリートブロック(以下C.B.と略記)だけとし、各条件で、震度II~Nの地震の記録をえた。

起振実験には、クイ頭の構造に応じて、大小2種の偏心重錘式起振機を用いた。すなわち、クイ頭条件P-a, b, d, eは小型起振機

表-1 クイの寸法その他
川崎製鉄スパイラル鋼管

直径(mm)	40.4	単位重量(kg/m)	63.1
肉厚(mm)	6.4	クイ中心間隔(m)	2.5
断面積(cm ²)	80.44	打込み長さ(m)	10
断面2次モーメント(cm ⁴)	1.486×10 ⁴	打込み式打込み圧力(kg/cm ²)	200

により25~250kgの加振を行ない、P-c, f, g, hは大型起振機により、10

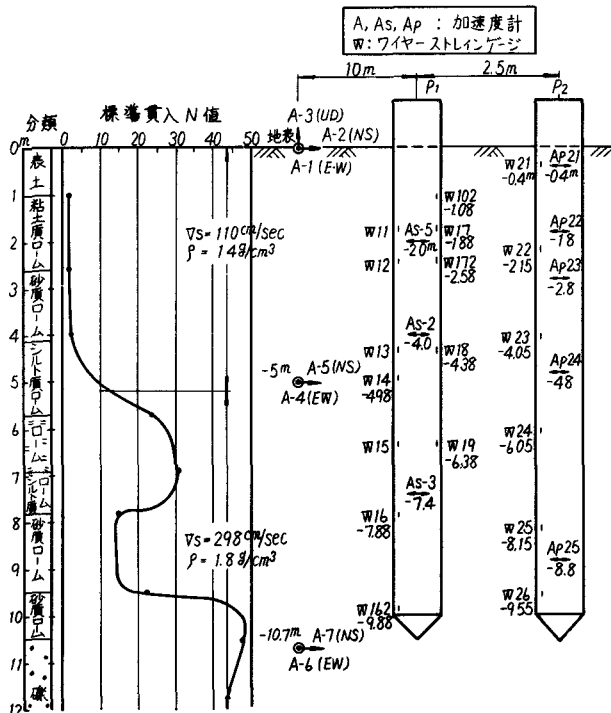
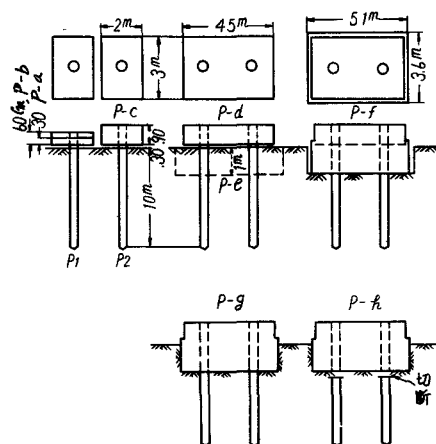


図-2 クイ頭条件



c. P. s. で 16.6 ~ 39.1 ton の加振を行なった。

§ 3 結果

種々のタイ頭条件における起振実験の結果、および、C. B. の卓越周期が表-2 に示されている。さらに、このタイの振動系を1質点系としてえられたバネ定数を用い、P-a のそれを基準としてえられるバネ定数比が K/K_1 として示されている。また C. B. の卓越周期は加速度記録の周期頻度曲線から求められたものである。

(1) タイ頭条件を減衰定数：タイ頭の C. B. が地盤から離れている場合 (P-a, b, c, d, e) と C. B. が地盤に接している場合 (P-f, g) この減衰定数を比較すると、後者が約 2 倍となつている。さらに、タイを切離した C. B. だけの場合 (P-h) には減衰定数がいちじるしく増加した。

(2) タイ頭条件とバネ定数比：表-2 のオ 7 列に示される結果をみると、基準の P_1 -a, b に比し、起振力のオーダーが異なるための非線型性によるものか、 P_2 -c は 0.3 ~ 0.4 となつている。後に行なつた静的水平載荷試験におい

ても、同じ水平力に対する P_2 の変位量は P_1 のその 2 ~ 3 倍であつた。

単グイ (P-b) と (P-c) を剛結し、組グイ (P-d) とした結果、タイ 1 本あたりのバネ定数比は 2.3 ~ 3.5 倍となつた。

P-d とコンクリートをべた打ちした P-e のバネ定数比を

比較すると後者が約 2.8 ~ 5 倍であつた。共振時の変位は P-e が 3 倍であるため、非線型性によりバネ定数は小さく現われているものと思われるが、これを無視して試算すれば、タイのバネは C. B. 底面の地盤によるバネの 2 ~ 4 割にすぎないことが認められる。また P-g と P-h とを同じ起振力について比較すると、図-3 に示されるように、ほぼ同じ値となつたが、P-f と P-h を比較すると、P-h のバネ定数比が約 2 割少ないので、この値がタイのバネ定数と考えられる。

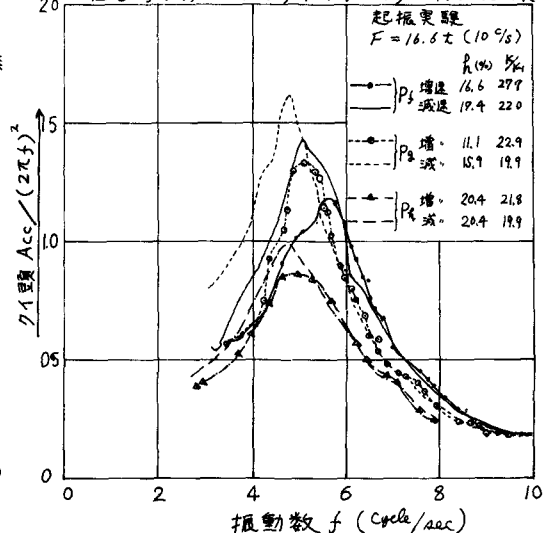
(3) タイ頭条件とタイ頭の卓越周期：タイ頭加速度の起振実験による共振周期 (T_0) と地震時の C. B. の卓越周期とを比較すると、表-2 に示されるように、

表-2 観測および実験結果

タイ頭条件	タイ頭重量 (ton)	共振振動数 f_0 (Cycles/sec)	共振周期 T_0 (sec)	減衰定数 δ (%)	卓越周期 T_{max} (sec)	K/K_1	備考
P-a *	44/本	N-S 4.3-4.8	0.21-0.23	4.3-7.2	0.27 地震 1% 2%	1-1.2	単グイ
P-b *	88/本	N-S 3.2-3.4	0.29-0.33	3.2-11.4	0.28 1% 2%	1-1.3	単グイ
P-c *	135/本	N-S 1.5-1.7	0.61-0.69	3.0-5.7	0.78 1% 2% 0.66 1% 2%	0.3-0.4	単グイ
P-d *	285/2	N-S 4.1-4.6	0.22-0.24	3.5-6.2	0.21 1% 2% 0.24 1% 2%	5.5-7.1	2本組グイ
P-e *	285/2	N-S 4.0-4.1	0.24-0.25	3.7-4.4		5.5-5.9	組グイのみ にて振動
P-f *	735/2	NS: 4.5-5.5 EW: 4.4-5.2	0.18-0.23 0.19-0.21	8.9-17.4 7.6-15.5	0.22 0.19	16.7-27.2 20-24.4	地面に直接 コンクリート打
P-g *	735/2	N-S 4.4-4.8	0.21-0.23	8.5-15.9	0.19 1% 2% 0.13 1% 2%	16.7-19.9	周囲を埋ませ
P-h *	735/2	NS: 4.4-5.2 EW: 4.5-5.4	0.19-0.22 0.19-0.22	18.1-22.1 14.4-15.5	0.14 1% 2% 0.14 1% 2%	18.2-24.4 18.2-24.4	タイとコンクリート と切離す

* ○: 小型起振機 (最大 10 ton) * ●: 大型起振機 (最小 10% で 16.6 ton)

図-3 グイおよびコンクリートブロックの共振曲線



P-a~fでは、卓越周期が T_0 より長い、ほとんど同じであった。しかし、C、B。を埋戻した場合には明らかに卓越周期が T_0 より短かく、さらに、C、B。をタイと切離した場合には、この傾向がはつきりした。また、起振実験においては、起振力が大きくなると T_0 が長くなる傾向が認められた。

(4) 地盤震動：10ヶの地震記録から、地盤の卓越周期は、地表で0.09, 0.16, 0.19秒、-5mで0.1~0.12秒、-10.7mで0.09秒であった。しかし、個々の周期頻度曲線はさまざまで、特に卓越した頻度を持つ場合とそうでない場合があつた。なお、同地点の常時微動の卓越周期は0.2秒、また、弾性波速度試験（講演概要21参照）による地表の卓越周期は0.19秒である。

(5) クイの地震応答：地盤加速度とクイの加速度の周期頻度曲線を比較すると図-4に示されるよ

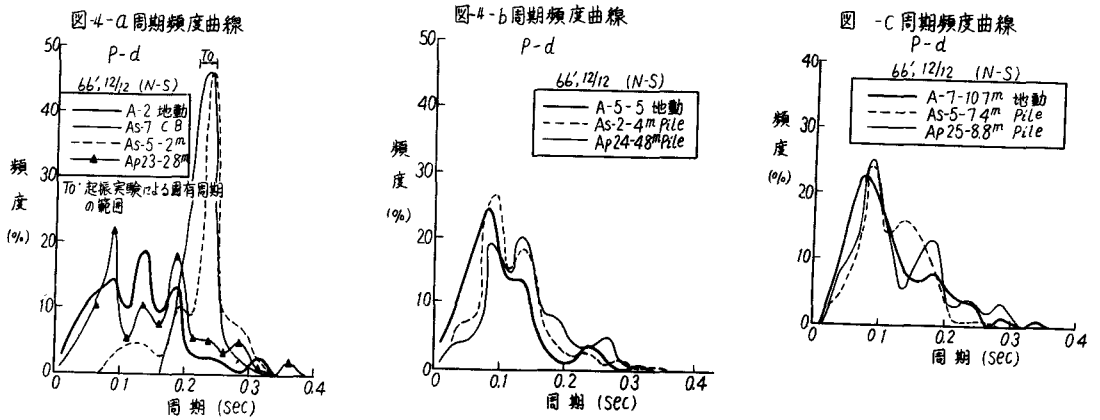
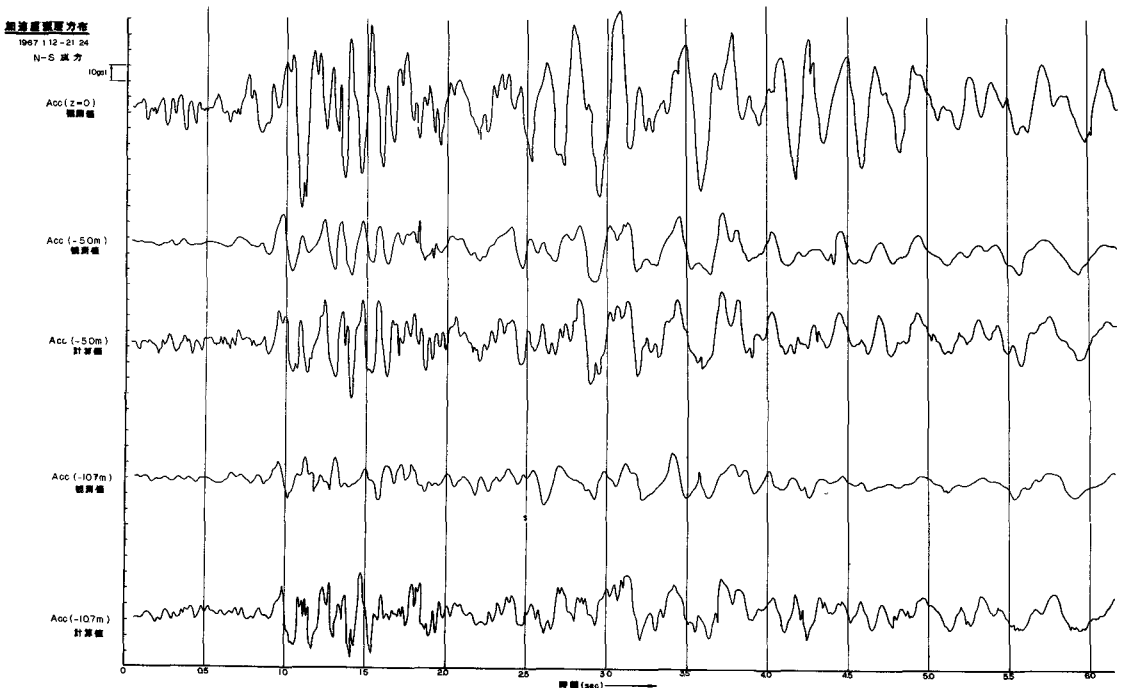


図-5 地盤加速度深度分布



うに、-2m以深の頻度は地表動とかなり異なるが、クイの-3m以深の頻度は地動の-5mのそれによく類似している。波動の多重反射の式より前出の ∇_B, ρ を用いて、地表の観測波から-5m, -10.7mの波形を、また-5mの観測波から-10.7mの波形をそれぞれ観測値とよく一致したので(図-5)地震動とクイの震動を対応させるため67年1月12日の地震の地表波形から-2.2, -4.4mを、また-5mの波形から-7.4mの波形を計算して比較すると図-6に示されるように地表波とブロックの波形は異なるが-2m以深の波形は非常に類似している。

§ 4 むすび

本研究にも、まだ多くの問題が残されているが今度の観測と実験の結果次のことがわかった。

(1) クイのブロックをべた打した場合は、そうでない場合の約2倍の減衰定数と2.5~5倍のバネ定数が得られ、卓越周期も短くなる傾向がありクイ頭ブロックのべた打の効果が著るしいことがわかった。またクイ頭ブロックの周囲を埋戻した場合と、このブロックとクイを切離した場合のバネ定数の比較から、クイのしめるバネ定数は2割程度で、さらにブロックだけの方が卓越周期は短かく、減衰定数も明らかに大きいのでクイの耐震効果は想像以上に少ないことがわかった。

(2) クイ頭ブロックの周囲を埋戻した場合およびブロックだけの場合には、ブロックの地震時卓越周期が起振実験時の共振周期より短い傾向があることがわかった。

(3) クイの各深度の周期頻度曲線、卓越周期は約-2m以浅では地盤のそれらと異なるが-4m以深では非常に類似し、また-2m以深では地盤とクイの対応する深さの地震波形が非常に似ていることから、クイの-2~-4m以深では両者がほとんど1:1の震動を行なうことがわかった。

以上、地震時挙動がかなり明らかになつてきたので、応答計算法を確立し普遍的なものとしていきたい。

末筆ながら中部電力、電研の増子氏、その他の方々へ懇切な御指導、御援助を戴いたことを記し、深く謝意を表したい。

