

|         |    |      |
|---------|----|------|
| 電源開発(株) | 正員 | 有賀義明 |
| 電源開発(株) | 正員 | 堀正幸  |

## 1 まえがき

当社では、原子力発電所の地下立地に関する研究の一環として、昭和51年度より、沼原（栃木県）、池原（奈良県）、御衣衣（岐阜県）の各既設水力地下発電所で地震観測を実施している。沼原地点での地震観測からは、これまで報告して来たように、①深い地下の地震動の強さは、水平動の場合、地表の $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 以下に、上下動の場合は、地表の $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 以下になる、②地表に対する地下での減衰効果は、震央距離が小さくなるにつれて、大きくなる、③地下の地震動のスペクトルは、地表で卓越する短周期成分が低減し、地表に比して長周期型のフラットな形状を示す、④地下発電所の側壁は、互いに逆位相で震動することがある、等々の知見を得ている<sup>1), 2)</sup>。こうした成果を踏まえた上で、地下地震動特性および大規模地下空洞の地震時挙動について、地点依存性も含め、更に詳細に検討するために、昭和56年度より、新たな地震観測に着手した。本報では、下郷地下発電所における地震観測の概要と、得られた記録の一部を紹介する。

## 2 下郷地下発電所における地震観測

下郷発電所は、福島県西南部（東経139°55′，北緯37°20′），阿賀野川本流上流部に位置する純揚水式発電所（最大出力100万KW，建設中）である。発電所は、土被り約100mの地下に開削され、長さ171m・幅22m・高さ45.5m・空容積13万m<sup>3</sup>の大規模地下空洞である。発電所周辺の地質は、主として閃緑岩と大戸層細粒砂岩より構成されている。（図-2参照）閃緑岩は、発電所北東約1kmから発電所南約50mまで、約200mの幅で大戸層に貫入している。

地震計の配置は、①地表と地下の地震動特性の比較、②地下空洞の地震時挙動、③地下空洞側壁と地下空洞周辺岩盤内部の地震動特性の比較等の検討を考慮して、地表部1ヶ所（S-11）、地下部6ヶ所（設置型2ヶ所〔S-9, S-10〕、埋設型4ヶ所〔S-1～S-4〕）、地下発電所側壁コンクリート内部4ヶ所（S-5～S-8、走行クレーンレール位置）の合計11ヶ所とした。（図-1、図-2参照）また、観測成分は、1ヶ所当り3成分、すなわち、地下発電所長軸方向（X-X方向）・地下発電所短軸方向（Y-Y方向）・鉛直方向（Z-Z方向）とした。観測システムは、センサーとして速度型換振器を用い、全自動感度調整器・遅延装置（20秒）等を経て、テーブ

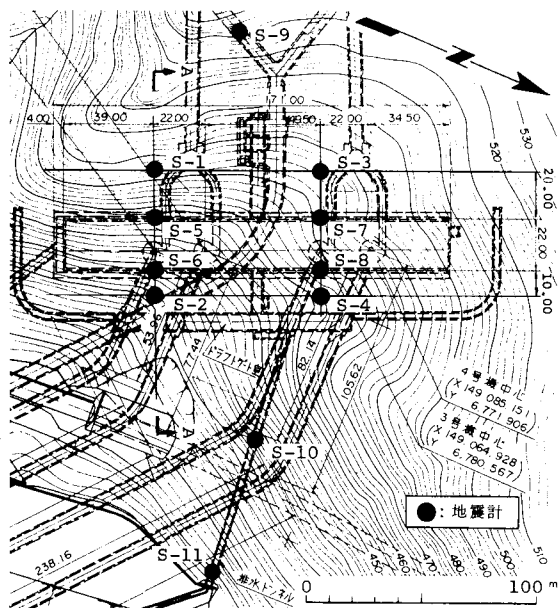


図-1 下郷地震計設置位置(平面)

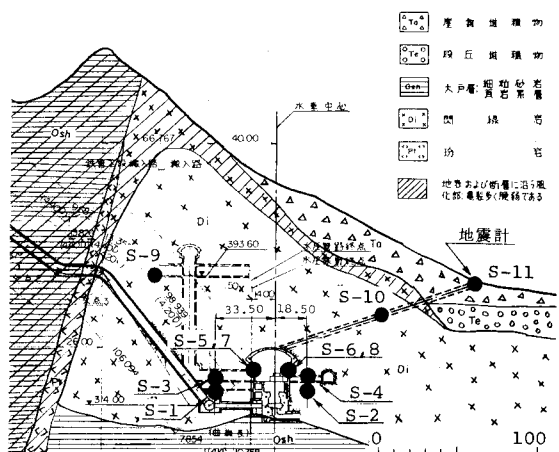


図-2 下郷地震計設置位置(A-A断面)

レコーダーに速度波で記録するフローとなっている。

### 3 観測例

地震観測は、まず、昭和56年7月に、地震計S-1～S-8について開始され、その後、昭和58年3月に、S-9～S-11の地震計が増設され現在に至っている。これまでに観測された地震の数は11回で、その概要は表-1に示す通りである。記録中、地表部の最大速度振幅はNo.10の0.848(kine)，地下部・地下発側壁部の最大速度振幅はそれぞれNo.4の0.214(kine)と0.293(kine)であった。なお、マグニチュード7.7のNo.10は、被害地震として有名な日本海中部地震である。現段階では、記録の数が少ないので、検討に当っては、今後のデータの蓄積が待たれるところであるが、これまでの記録から推察される事項について、2点を以下に記す。

(i) 地下発側壁部と地下発周辺岩盤内部の速度振幅  
地下発側壁コンクリート部の最大速度振幅( $V_w$ )を横軸に、地下発周辺岩盤内部の最大速度振幅( $V_R$ )を縦軸にプロットした結果を図-3に示す。 $V_w$ と $V_R$ の比( $V_w/V_R$ )は、最大2.07、最小0.76、平均1.15(サンプル数は98)であった。これより、地下発側壁コンクリート部は、地下発周辺岩盤内部より、大きい応答を示す傾向があると推察される。

(ii) 地表部と地下部の地震動特性の比較

地表部〔S-11位置〕と地下部〔S-10位置〕の絶対加速度応答スペクトル(減衰:2%)の比較を図-4(No.9)と図-5(No.11)に示す。図中、実線は地表部〔S-11位置〕、破線は〔S-10位置〕を示す。図より、地下部では、地表部に比して、短周期成分が低減し、スペクトル形状が平坦化することが分る。この傾向は、沼原地点での結果と符合するものである。なお、地表部と地下部の最大速度振幅比(地表/地下)の平均値は、水平動で1.55、上下動で1.14であった。

以上、下郷発電所における地震観測結果の一部を報告したが、今後、データの蓄積と併せて、更に詳細な検討を行う予定である。

表-1 下郷地震観測記録概要

| NO | 発生日月日    | M   | 震央     |       | 震源深さ<br>[km] | 最大速度振幅(Kine) |       |       |
|----|----------|-----|--------|-------|--------------|--------------|-------|-------|
|    |          |     | 東経     | 北緯    |              | 地表部          | 地下部   | 側壁部   |
| 1  | 56.12.22 | 4.4 | 139 56 | 36 56 | 0            | ---          | 0.060 | 0.067 |
| 2  | 57. 3. 7 | 5.5 | 140 39 | 36 28 | 60           | ---          | 0.026 | 0.026 |
| 3  | 57. 3. 3 | --- | ---    | ---   | ---          | ---          | 0.034 | 0.032 |
| 4  | 57. 7.23 | 7.0 | 141 57 | 36 11 | 30           | ---          | 0.214 | 0.293 |
| 5  | 57. 7.25 | 5.9 | 141 56 | 36 20 | 10           | ---          | 0.059 | 0.067 |
| 6  | 57. 8.14 | 5.4 | 141 13 | 36 29 | 40           | ---          | 0.026 | 0.028 |
| 7  | 57. 8.16 | 5.4 | 141 03 | 36 30 | 40           | ---          | 0.018 | 0.018 |
| 8  | 58. 2.27 | 6.0 | 140 09 | 35 56 | 72           | ---          | 0.077 | 0.085 |
| 9  | 58. 5.24 | 5.8 | 142 02 | 37 54 | 42           | 0.041        | 0.034 | 0.037 |
| 10 | 58. 5.26 | 7.7 | 138 54 | 40 24 | 5            | 0.848        | 0.179 | 0.232 |
| 11 | 58. 7. 2 | 5.8 | 141 12 | 36 54 | 54           | 0.207        | 0.096 | 0.115 |

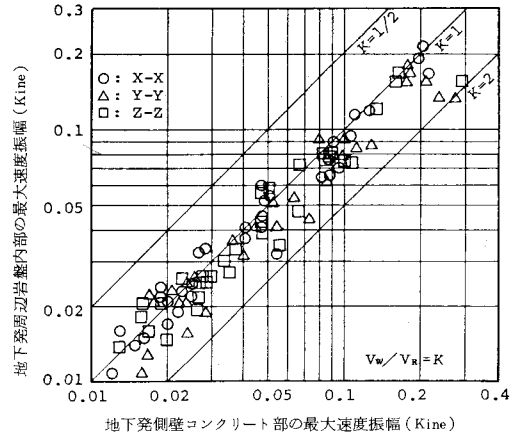


図-3 地下発側壁コンクリート部と地下発周辺岩盤内部の最大速度振幅

ACCELERATION RESPONSE SPECTRA  
(DAMPING 0.02)

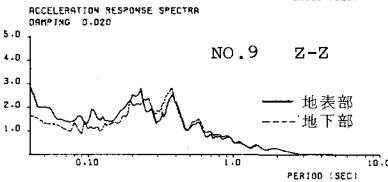
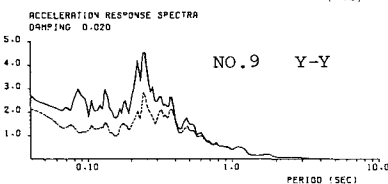
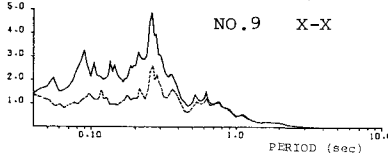


図-4 地表部と地下部の絶対加速度  
応答スペクトル(No.9 S58.5.24)

ACCELERATION RESPONSE SPECTRA  
(DAMPING 0.02)

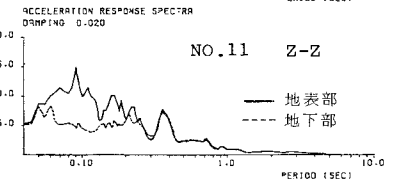
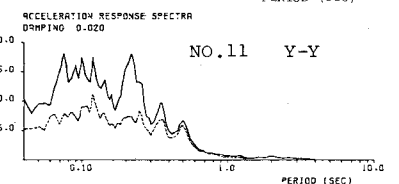
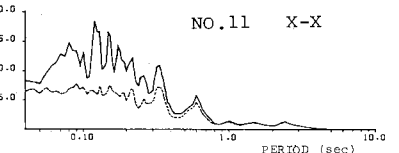


図-5 地表部と地下部の絶対加速度  
応答スペクトル(No.11 S58.7.2)

#### 参考文献

- 1) 有賀, 堀, 市川: 沼原地震記録による地下地震動特性—応答スペクトル形状—土木学会第38回年講講演概要集 I-419 PP837-838 1983.9
- 2) 有賀, 堀, 市川: 地下空洞の地震時挙動観測例—その3—第17回地震工学研究発表会講演概要 PP123-126 1983.7