

九州大学 工学部 正 員 小坪 清真
" " " 鳥野 清
" " " 園田 敏矢
" " 学生員 ○津高 守

1. 緒論

地下埋設管の地震時の安全性は地盤内のひずみに依存することはわかっているが、地盤ひずみを合理的に推定する方法は確立されていない。従来の地下埋設管の耐震設計においては、ラブ波、レイリー波等の各種の地震波が、地盤中を伝播するものとして地盤ひずみを算定しているが、それによっても地震時の、埋設管の被害分布を説明できないことが多い。これは、都市内には、高層ビル等各種の大型構造物が存在しており、地震時に地盤は複雑に振動しているためと思われる。そこで構造物の平面的な分布を考慮した地盤-構造物系のモデルを作り、解析を行なって地盤ひずみを求めた。また、模型実験を行ない、理論との対応を検討した。

2. 地盤-構造物系のモデル化

モデルの概要を図1、図2に示す。解析にあたって次の仮定を行なった。

- MODEL 1-1
建物Iの高さ 3.2m
建物IIの高さ 4.8m
建物IIIの高さ 6.4m
建物IVの高さ 1.6m
とモデルの対象とした福岡市中央区天神地区の地盤卓越周期(約0.4秒)とから、S波の $\nu = 0.48$
 $\gamma = 1.8$
1波長以上となるよう選んだ。(ここでは300m)

(2) 地盤及び構造物は、加振方向のみに振動するバネマス系と考えた。

(3) 構造物の地中部分においては、地階のみを考え、杭などの基礎が構造物の振動特性及び地盤剛性に及ぼす影響は無視した。

(4) 同一構造物の同一層上における質点の水平変位は等しい。

(5) 地盤及び構造物の減衰は、内部粘性減衰のみを考えた。

地盤-構造物系を図2のように分割し、分割点に質点を設け、質量は各質点に集中し、各質点はバネによって互いに連結されているものとみなす。

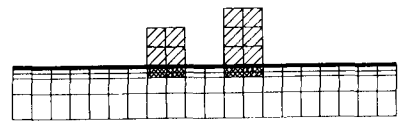
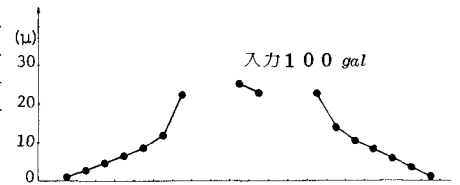
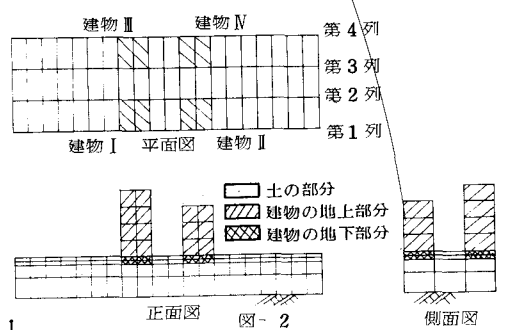
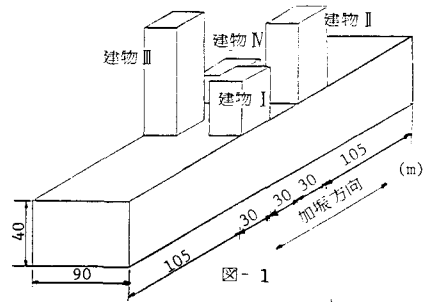


図-3 第1列水平伸縮ひずみ

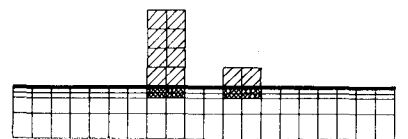
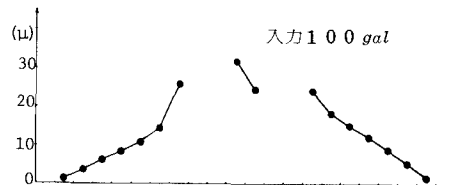


図-4 第3列水平伸縮ひずみ

次数	固有振動数 f(Hz)	剛度係数 B
1	0.770	1.418
2	1.020	1.545
3	1.504	2.032
4	2.190	-2.130
5	2.432	4.576
6	2.752	-1.319
7	2.784	-0.599
8	2.808	-1.702
9	3.280	-0.156
10	3.337	-0.024
11	3.457	-0.088
12	3.503	-0.003
13	3.661	0.294
14	3.826	-0.105
15	3.886	0.057
16	4.143	-0.001
17	4.460	0.001
18	4.666	0.001
19	4.667	-0.000
20	4.991	-0.000

表-1

3. 数値計算結果

上述の仮定に従って作成したモデルの固有値解析を行なった。その結果の1例を表1に示す。1次から4次は構造物の変位が大きく、5次は地盤の変位が大きいモードである。さらにこれらを用いて応答スペクトル法により地盤ひずみを求めた。応答スペクトルは、建設省土木研究所の新耐震設計法のスペクトルを用いた。減衰定数については、構造物が大きく振動するモードにおいては構造物の減衰定数を、地盤が大きく振動するモードにおいては地盤の減衰定数を用いた。（ここでは0.02及び0.2とした）図3、図4は地表付近の第1列及び第3列水平伸縮ひずみの分布図であり、これにより、構造物近傍でひずみが増大していることがわかる。

4. 模型実験

振動方向長さ2.5m、幅1.5m、深さ1.0mの鋼製の箱に砂を入れて模型地盤とし、これに地階及び地上部とも、その振動特性が先に計算した地盤-構造物系の振動特性と、およそ相似になるような剛性ラーメン形式の建物模型を作成して、図5のように設置した。

実験において、直接に地盤ひずみを測定することは困難であるので、構造物の地階部の上部に差動変位計を設置し、それぞれの構造物の地階部における変位の相対差を構造物間距離で除して地盤ひずみとした。図6、図7は正弦波加振による建物Ⅱの天端と地表面のそれぞれの加速度共振曲線であり、表2には得られた地盤ひずみの値を示す。図8にはランダム波加振において入力波として用いた3種類のランダム波のパワースペクトル図を示す。図9は入力波Cによって得られた建物Ⅰと建物Ⅱの間のひずみのパワースペクトル図である。これより明らかなように地盤ひずみに影響を与えるのは、建物の1次の固有振動であり、2次より高次の固有振動の影響はさほど大きくないといえる。

5. 結論

構造物の存在により、地震時の地盤は局部的に大きなひずみを生じる。本法によって得られた地盤ひずみの値は従来の応答変位法により得られる地盤ひずみの値（115μ）位ぐくかなり小さくなっているが、これは、応答変位法が、ラブ波、レイリー波等各種の地震波の進行を考慮しているからであって、都市内においては進行波によるひずみに加えて、大規模構造物近傍では大きなひずみが発生しているものと考えられる。

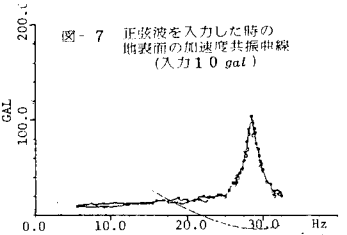
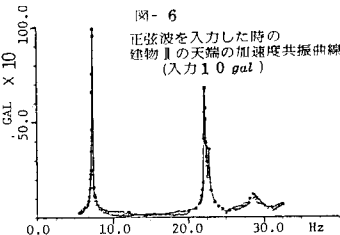
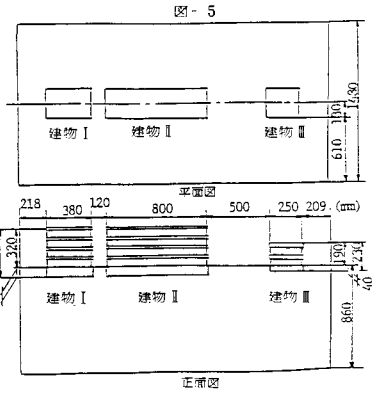


表-2 正弦波 (10 gal) を入力した時の地盤ひずみ

次数	固有振動数 Hz	建物Ⅰと建物Ⅱの間の最大ひずみ	建物Ⅱと建物Ⅲの間の最大ひずみ	振動形態
1	7.40	350.0 μ	86.4 μ	建物Ⅱの1次
2	10.80	186.5 μ	1.9 μ	建物Ⅰの1次
3	19.05	8.1 μ	39.9 μ	建物Ⅲの1次
4	22.25	30.8 μ	8.2 μ	建物Ⅱの2次
5	28.50	48.6 μ	10.1 μ	地盤の1次
6	31.60	22.6 μ	4.1 μ	建物Ⅰの2次

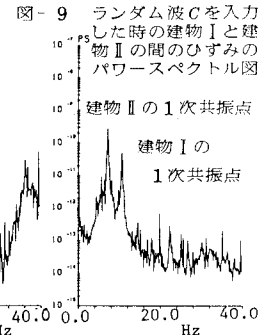
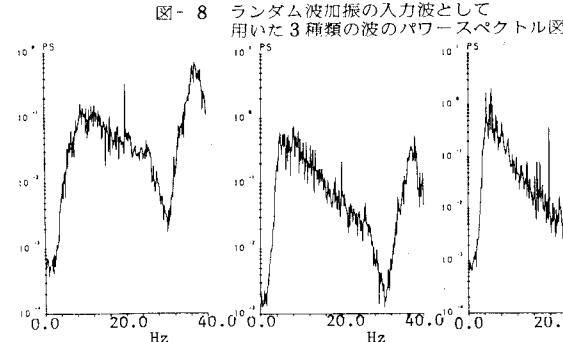


表-3 最大加速度10 galのランダム波を入力した時の地盤ひずみの最大値

	入力波A	入力波B	入力波C
建物Ⅰと建物Ⅱの間の最大ひずみ	10.2	13.9	20.0
建物Ⅱと建物Ⅲの間の最大ひずみ	1.5	3.4	5.2