

動揺振動入力を考慮した構造物応答解析

金沢大学工学部 ○楡井康哲
 金沢大学工学部 正会員 村田 晶
 金沢大学工学部 正会員 北浦 勝
 金沢大学工学部 正会員 宮島昌克

1. はじめに

現在、構造物の耐震性は、2 方向、上下 1 方向の地震動入力に関して考慮されている。しかしながら、構造物の多くは面的な広がりを持たず持っているため、1 点の地震計によって観測される波形だけでは十分に構造物の入力を捉えているとは言い難い。地盤の不規則性、地震波の伝播特性などを考慮すれば、構造物に対して、一様とは言えない複雑な入力が入力作用していると考えられる。

地盤の振動は、概して水平方向と上下方向に分けられるが、特に地表面の各点において、上下方向の地盤応答に差が生じている場合は、地表面に傾斜が発生しているため、それによる回転成分に起因した入力が入力が構造物に作用していると考えられる。本研究では、この入力成分を動揺成分と呼ぶ。動揺成分の構造物に対する影響について検討することにより現行の耐震設計基準や耐震補強法が妥当であるか否かを認識できると考えられる。本研究では、動揺振動が構造物に及ぼす影響を構造物の材料特性を線型、非線型として解析し、動揺振動入力による構造物の応答特性を考察する。

2. 解析結果および考察

2.1 構造物解析モデル・入力波形について

本研究では、動揺成分は高層構造物に対して大きく影響するという特性を考慮して、7 階建ての RC 造を 2 次元的に捉えてモデル化する。各層は幅 9 メートル、高さ 3 メートルで全体で 21 メートルの高さを有する。今回は紙面の都合上、動揺成分が構造物に与える影響を各部材の特性を線形として扱い解析した結果を掲載する。

構造物に作用する入力は、水平方向の入力では、構造物の各層に対して同一の大きさで作用する。一方、動揺成分の入力では構造物の高さに比例する形で作用する。

入力加速度波形は正弦波とし、振動数は構造物の 1 次の固有振動数に相当する 3.5Hz、大きさは耐震設計法のひとつである震度法において、水平振動 0.2G (G:重力加速度、 $1G=9.8m/s^2$) の大きさを設定していることを踏まえて、 $2m/s^2$ とする。

2.2 水平・動揺両入力の比較

図 1(a)は水平・動揺各入力の際に、構造物の各階に発生している最大の柱部材のせん断力の分布を表わしている。動揺入力と比較して水平入力のほうが、各階において大きなせん断力が各部材で発生していることがわかる。水平入力時の 2/3 程度のせん断力が、動揺振動時に発生していることもわかる。

また、せん断力を、最大のせん断力 (1 階部) で構造物各階各所のせん断力を基準化する事により各部材間のせん断力の関係を示すと図 1(b)のようになる。この図から、水平入力と動揺入力では、各部材間の断面力の関係はほとんど変わらないことが読み取れる。耐震設計においては、部材に発生する断面力の大きさが特に問題となるが、各部材間の断面力の関係が、水平入力と動揺入力ではほとんど変わらないという結果は、動揺成分の影響をこれまでの耐震設計の範囲の中で取り扱うことが可能であると言う事を示唆できる。

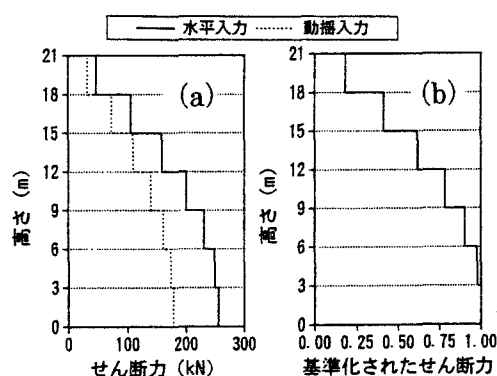


図 1 各階のせん断力分布

構造物頂部において水平入力と動揺入力の大きさを同程度とした場合、動揺成分が構造物に作用させる入力、高さに比例した入力のため水平入力の約半分であると考えられる。しかし、断面力という観点で判断すれば、動揺成分の入力は1/2の水平入力ではなく2/3の水平入力と等価であるという点は、動揺成分が有する大きな特徴といえる。

2.3 動揺入力の振動モード

図2は、入力波の振動数変化に伴う構造物各層の応答の変化を示した図である。水平入力では、構造物の1次と2次の固有振動数にあたる振動数の入力時に大きな応答が発生していることから、せん断方の振動モードが、応答に明確に表れている。動揺入力では一次の固有振動にあたる振動数の入力時に大きな応答を示しているが2次以降の固有振動数付近の応答に関しては、ほとんど表れていない。つまり動揺振動入力は、構造物の1次の振動モードを強く誘発させるような入力である

2.4 水平・動揺同時入力による応答

動揺入力を等価な水平入力で置き換えることができるとして、その影響を耐震設計に反映させるためには同時入力の考察が必要となる。

構造物各層の最大水平応答加速度を水平・動揺同位相入力、水平・動揺逆位相入力のそれぞれの場合について水平入力のための最大水平応答加速度で基準化した図を図3に示す。同位相入力と逆位相入力では、おおよそ同程度の応答値の増加、減少が確認できる。これは、動揺入力の効果が、同位相では応答を増加させる側に、逆位相では応答を逡減させる側に働いており、その影響の大きさは同程度であることを表わしているものと考えられる。

耐震設計に動揺成分の影響を考慮するにあたって、水平入力との位相差を考慮することが必要となるが、最も危険な同位相入力を考慮した上で、効率的で経済的な設計を施す必要があると考えられる

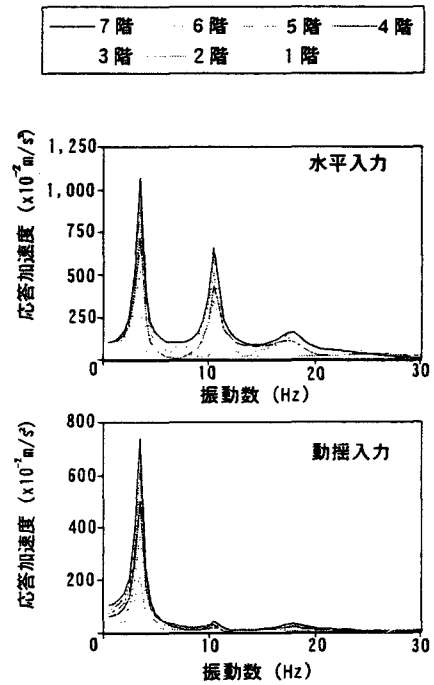


図2 各階の水平応答と振動数の関係

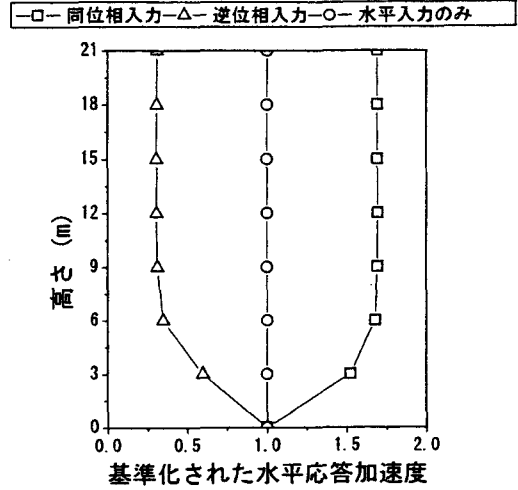


図3 基準化された各階の最大応答加速度

3. まとめと今後の課題

- 本研究をまとめると以下のようなものである。
- ・水平入力と動揺入力を断面力という観点からみると動揺入力は2/3の水平入力と等価である。
 - ・水平・動揺同時入力では水平入力のための場合を基準にとると同位相、逆位相で同程度の応答差の増加・減少がみられる。
 - ・動揺入力は1次の固有振動モードを強く誘発させるような入力である。
- 今後の課題として、動揺成分の特性を考慮し、より振動特性の影響を受けやすいような構造モデルを対象とした解析、実験を行う必要がある。本研究は、構造物を有限梁要素としてモデル化して解析している。今後、構造物の壁要素や、3次元化したモデルも解析できるようなプログラムを作成する必要があると考えられる。

参考文献

1) 大崎順彦：建築振動理論、彰国社、1996。