

## 非線形動的解析によるストラット構造物の耐震検討に関する考察

名古屋高速道路公社 正会員 大内 博男  
 同 上 正会員 森 成顕  
 同 上 夏目 則雄  
 (株)日建設シビル 正会員 坂本 仁昭

## 1. はじめに

名古屋高速東山線半地下構造区間は、兵庫県南部地震以前に、常時設計もしくは震度法に基づいて設計されてきた。兵庫県南部地震後、耐用期間中に発生する可能性は少ないが、発生したときにはその規模が大きい地震（レベル2地震）に対する耐震性能の確保が社会的にも強く必要とされ、半地下構造物・地下構造物等の指針・基準等も徐々に整備されてきている。標準的な矩形断面の耐震検討は、応答変位法により検討が行われているが、今回のような特殊構造物（ストラット構造物）を二次元動的解析により耐震照査を実施したのでその検討結果を報告する。

## 2. 解析手法の概要

検討対象構造物の構造形式は、図-1 に示す通りのストラットタイプの2連ボックスであり、異径間ボックス構造で幅員も広く(L=17.3m)内空も高い(h=7.4m)。2径間の中に非対称な位置に有る中柱は、外壁に比べ比較的細い構造となっている(中柱/側壁=0.6)。そして本構造物は、兵庫県南部地震の発生以前に設計されたものである。

通常的设计手法である応答変位法では、ストラット部の断面力を過小に評価する可能性も考えられることから、解析手法は構造物と地盤を連成でモデル化し検討を実施した。Step-1 としては地盤と構造物による周波数領域の等価線形化法による二次元FEM連成動的解析を実施し、Step-2 として構造物部分のみの静的非線形骨組解析を実施した。

【Step-1】Step-2 の静的非線形骨組解析に用いるための、相対変位量算出のために、地盤と構造物の連成動的解析を実施した。地下構造物の部材の剛性低下率(0.5EI)を考慮したビ-ム材でモデル化し、入力地震波は、基盤面に道路橋示方書標準波(種地盤波:最大加速度=765~812gal)波形を用いた。

【Step-2】地下構造物の耐震性能は、静的非線形骨組解析により確認を行った。地震時荷重としては、Step-1 で求めた構造物の相対変位を強制変位として載荷した。その変位量を用いて解析を行った結果得られた変形量および断面力と、部材の持つ変形性能および断面耐力から、対象構造物の安全性の確認を行った。

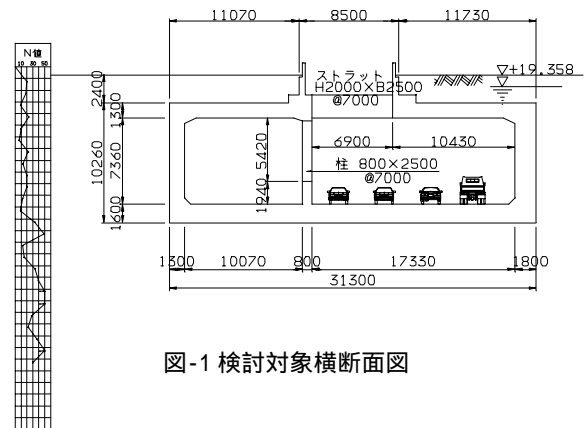


図-1 検討対象横断面図

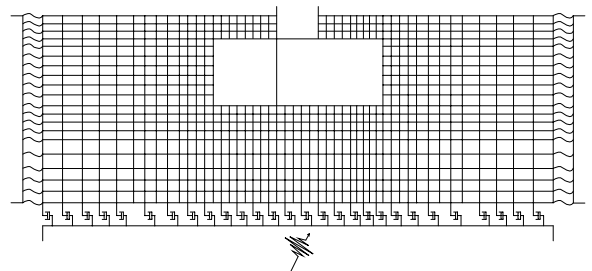


図-2：地盤と構造物の連成動的解析モデル

## 【検討条件】

- ・側面境界条件：エネルギー伝達境界
- ・底面境界条件：粘性境界
- ・解析ツール：FLUSH

キ-ワ-ド：ストラット構造物・非線形動的解析・静的非線形骨組解析・耐震検討

連絡先：大阪市中央区高麗橋 4-6-2 TEL：06-6203-3694（代） FAX：06-6227-1534

### 3. 耐震性能照査方法

開削トンネルの場合、部材の取替えや地震後の補修・補強が著しく困難なことから、部材毎の損傷レベルの制限値は、中柱は損傷レベル3・中柱以外の部材は損傷レベル2 ( $d/m < 1.0$ )までとした。発生変位が、図-3の損傷レベル概念図のどこに位置しているかによって耐震性能の確認を行う。

表-1：損傷レベルのイメージ

損傷レベル1	無損傷
損傷レベル2	場合によっては補修が必要な損傷
損傷レベル3	補修が必要な損傷
損傷レベル4	補修が必要な損傷で、場合によっては部材の取替えが必要な損傷

### 4. 解析結果と考察

【Step-1の検討結果】 地盤と構造物の連成動的解析の結果、構造物に載荷する地震時地盤変位量の最大値は、6.2cm(1995 JMA KOBE OBN.N-S)であった。

【Step-2の検討結果】 構造形式が非対称であることから、左右方向の地震動について検討を行った。曲げモーメントについては、上床版・下床版・側壁・中柱の一部で降伏曲げモーメントを超えている部材があった。中柱以外の部材は、変形性能照査から見ると、発生曲率  $d$  は最大曲率  $m$  以下であった。中柱の上下端については、鉄筋の抜け出しを考慮した結果、発生曲率  $d$  は最大曲率  $m$  以下であった。

表-2：地震時荷重載荷方向 ( )

部 材	$d/m$	損傷レベル
右上床版：外側	0.17	2
右下床版：内側	0.03	2
左側壁：外側	0.28	2
右側壁：内側	0.04	2
中 柱：上端	0.67	2
中 柱：下端	0.58	2

表-3：地震時荷重載荷方向 ( )

部 材	$d/m$	損傷レベル
左上床版：外側	0.23	2
右上床版：内側	0.13	2
右下床版：外側	0.19	2
左側壁：内側	0.23	2
中 柱：上端	0.87	2
中 柱：下端	0.87	2

せん断耐力については、中柱部分を含み全部材で耐震性能は確保されている。以上の結果より、本対象構造物は耐震性能を有していることが確認出来た。

### 5. まとめ

地下構造物の地震時の挙動を把握するため、二次元FEM連成動的解析による応答変位の算定から、静的非線形骨組を用いた解析の一連の検討手法について紹介した。本例では、一応の耐震設計がなされており、ほぼ想定した範囲の結果が得られたと考えており、本構造物は耐震性能を有していることの確認ができた。また、本構造物の両側に連続地中壁が残置されており、これらも考慮した解析を行えば、さらに耐震性能の向上が予想される。今後の連続地中壁を考慮したモデルでの検討を課題としたい。

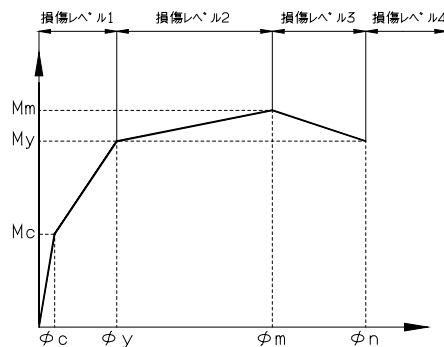
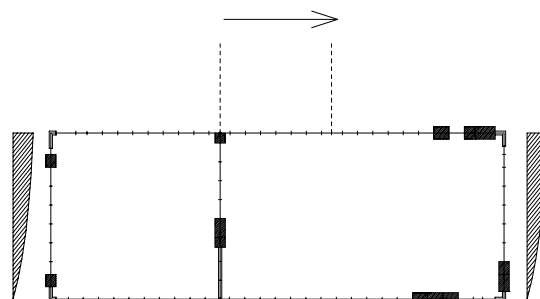
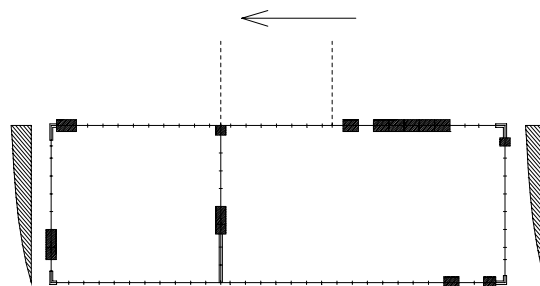


図-3：M-φ関係



注)  $M_d > M_y$ となる部材

図-4：曲げ耐力照査結果 ( )



注)  $M_d > M_y$ となる部材

図-5：曲げ耐力照査結果 ( )

注) 上記のハッチ部分と矢印は、地盤変位・地震力の載荷方向を示す概念図である。