

V-494 地下鉄駅舎の被災メカニズムに関する一考察

神戸市交通局 正会員 佐俣千載
 大林組技術研究所 正会員 大内 一
 大林組技術研究所 正会員 松田 隆

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震で中柱の被害が大きかった神戸市営地下鉄上沢駅舎を対象に、地震応答解析によって得られた上圧荷重を用いて3次元静的FEM非線形解析を行い、破壊メカニズムを検討する。被害の大きかった構造のうち、非対称ボックスラーメンについては既に報告した [1]。ここでは中柱が断面中央に位置する対象ボックスラーメン構造について検討する。

2. 解析方法

スラブ・壁構造を鉄筋コンクリートシェル要素集合体でモデル化し3次元FEM材料非線形解析を行う [2]。

解析モデルを図-1に示す。壁および床スラブは平面ひずみ状態に、柱は平面応力状態にあると考えられる。中柱・スラブ・壁の単位構造を取り出し、応力状態を忠実に再現するようにした。常時荷重は土圧およびスラブ自重は分布荷重として、また壁・柱自重は集中線荷重としてそれぞれの部材頂部に作用させた。地震時荷重は地盤-ボックスラーメン動的相互作用解析で得られた応答変位ピーク時の面せん断および直土圧を静的に置き換え、漸増荷重した。

ここに、動的解析は2次元複素応答解析手法による地震応答解析を行った。対象地盤の側面は伝達境界を、工学基盤下方は粘性境界を設置し、地盤の非線形性は等価線形化手法で考慮、ボックスラーメンは弾性梁モデルとした。地盤物性はボーリングデータを参考に多成層状態を仮定した。基盤の入力地震動はポートアイランドでの水平加速度観測記録を重複反射解析を用いて入射波成分に分離したものをを用いた。入力強度は震度VII近傍における最大観測値の約800galになるよう調節した。

3. 解析結果

図-2に代表的な被害状況を示す。図-3および4にB1FとB2F階の中腹断面、中柱および壁に作用するせん断応力度履歴（各部材

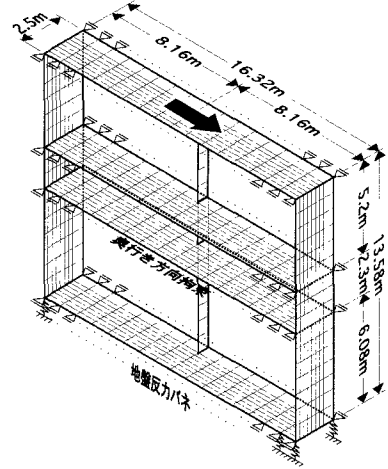


図-1 3次元静的非線形解析モデル

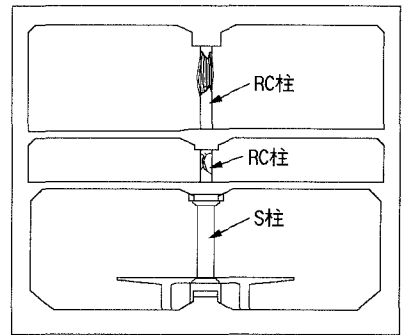


図-2 中柱の被害状況

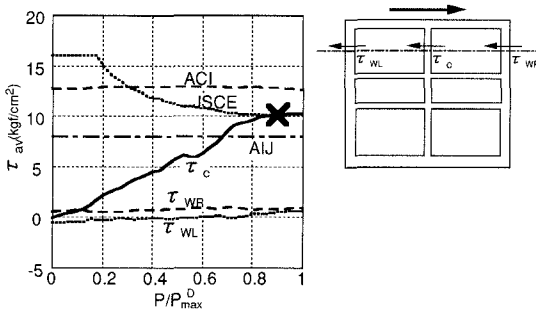


図-3 せん断応力度-荷重関係 (B1F中腹)

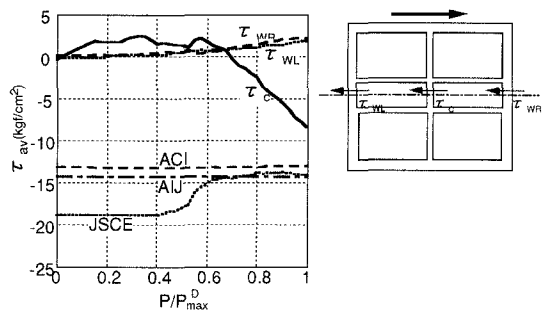


図-4 せん断応力度-荷重関係 (B2F中腹)

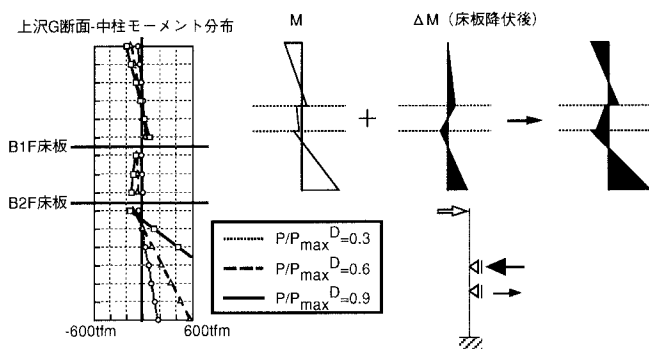


図-5 B2F中柱・逆せん断力の作用メカニズム

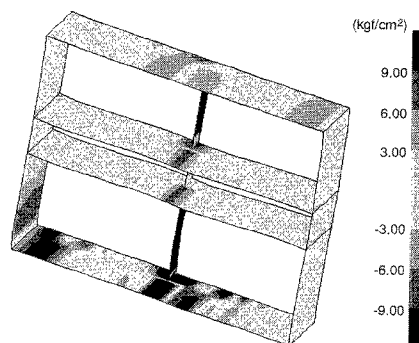


図-6 せん断応力度分布 (B1F中柱せん断破壊時)

とも平均せん断応力度)を示す。せん断破壊は図中に示すように既往のせん断耐力評価式との比較で検討する。横軸は作用土圧を動的解析で得られた最大応答時土圧荷重で割った P/P_{max}^D として無次元表示している。図-3に示すようにB1Fの壁には高々 1kgf/cm^2 しか作用しないのに対し、中柱のせん断応力は卓越し、土木学会(JSCE)式で評価すると $P/P_{max}^D=0.9$ でせん断破壊する。一方図-4に示すように、B2Fの中柱は荷重の増大に伴い逆せん断力に移行し、破壊に至らないが急増している。これらの解析結果は図-2の被害レベルと符合する。B2F中柱の逆せん断力については、図-5の中柱モーメント分布に示すように床スラブの曲げ剛性低下に伴うモーメント勾配の変化で説明できる。図中の連続梁支点反力に示すように、B1F床スラブからの逆せん断力が増加すると考えられる。B1F中柱破壊時のせん断応力度分布を図-6に示す。B3Fの鋼管中柱や左壁下方および床スラブも一部高応力が認められるが、B1F中柱のせん断破壊がこれらに先行する。図-7および8にB1F中柱せん断破壊時での曲げひずみ分布を示す。一部の壁とB1F中柱上端で主筋が降伏するが、B1FおよびB2F床スラブ材端では主筋が全て降伏している。

4. あとがき

兵庫県南部地震で被害を受けた地下鉄駅舎の対象ボックスラーメン構造をとりあげ、FEM非線形解析を行い破壊メカニズムを検討した。解析により求まるせん断応力と既往のせん断耐力式を比較することにより、B1F中柱のせん断破壊を予測することができた。またその時点でB1FおよびB2F床スラブ材端で主筋が降伏していること、実際に大きなせん断ひび割れが観察されたB2F中柱にも比較的大きな逆せん断力が作用すること、などが分かった。なお、本検討は土木学会コンクリート委員会阪神大震災調査特別研究委員会の調査活動の一環として行った。

参考文献

- [1] 田尻, 佐俣, 松田, 大内: 地下鉄駅舎の被害に関する一考察, 土木学会阪神・淡路大震災に関する学術講演論文集, 1996年1月, pp255-262
- [2] 長沼: 鉄筋コンクリート構造の3次元非線形FEM解析プログラム"FINAL", 大林組技術研究所

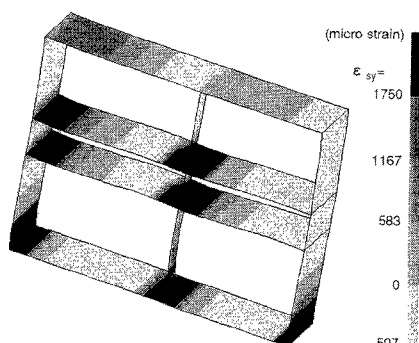


図-7 ひずみ分布
床板: 上面, 柱&壁: 右面
(B1F中柱せん断破壊時)

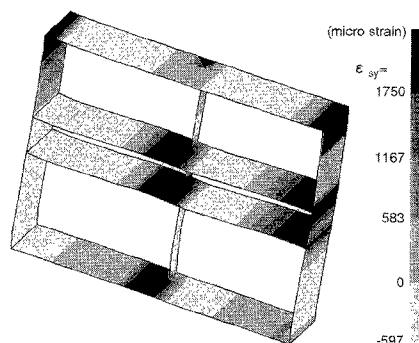


図-8 ひずみ分布
床板: 下面, 柱&壁: 左面
(B1F中柱せん断破壊時)