

地下機械式駐輪場の地震時挙動と解析モデルとの検証

(株) 技研製作所 正会員 ○武内 隆政
 (株) 技研製作所 正会員 古市 秀雄
 (株) CPC 正会員 西 剛整

1. はじめに

近年、都市部の駅や商業施設周辺において、駐輪場不足からなる放置自転車が社会問題化している。この解決策として注目されているのが、高収容で利便性の高い地下機械式駐輪場「エコサイクル」であり、全国で17箇所46基導入・施工されている。

エコサイクルは通常時に内部への人の出入がなく、大規模地震により仮に被災を受けたとしても人命に関わる被害の発生は生じない。このため、地震時の照査は耐震性能Ⅰを基本方針としてきた。しかしながら、大規模地震に対して主要部材が許容応力度以上になれば、それによる周辺地盤の変形等により周辺への被害が生じる可能性も考慮しておく必要がある。このため、特に地震時の地下躯体の挙動と解析モデルとの検証を行う事は重要である。こうした背景から、2009年より躯体内部に計測機器を設置し、地震時の主要部材に生じる応力や加速度を計測してきた。本文では、地下躯体の構造概要に触れながら、東日本大震災時の計測結果と、地震時の地下躯体の挙動を考慮した動的解析モデルについて報告する。

2. エコサイクルの構造概要

エコサイクルは、有効幅600mmのハット形鋼矢板を円形の外殻壁として利用し、中間リング梁（H形鋼）で補強した円筒形の地下構造物である。図-1は、構造外観図を示す。底版部はRC構造、上床版はH形鋼による格子梁で支持されたRCスラブ構造となっている。

躯体構築方法は、長さ約16mの鋼矢板を内径8.15mの円筒状に連続して圧入工法で打込み、外殻壁を構築する。次に、この連続壁で囲まれた箇所の土砂を掘削掘り下げ→リング梁設置→掘削掘り下げを繰返し、床付け面にて底版RCを構築する。その後、機械装置を設置して上床版を構築し、最後に入出庫ブースを設置し完成となる。

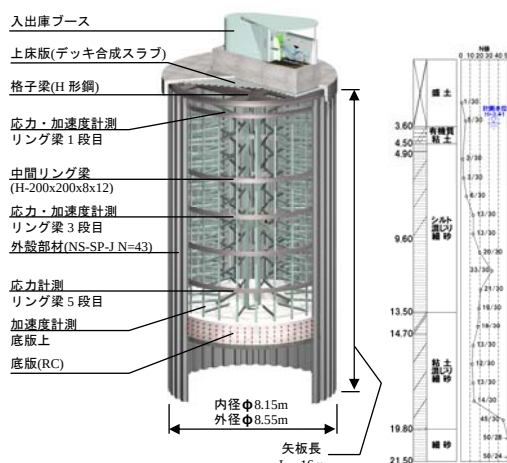


図-1 構造外観図及び計測箇所

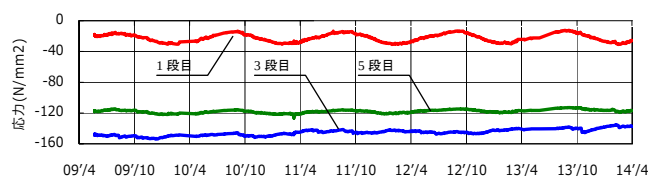


図-2 中間リング梁の経年応力（09'6～14'4）

3. 地下躯体の計測内容

当該地のエコサイクルは、2009年5月の竣工時から主要構造部材にひずみ計等の計測器を図-1の通り設置した。図-2は、中間リング梁の経年応力変化の情報を取得したものである。

具体的には、ひずみ計を中間リング梁（1,3,5段目）に各6箇所、加速度計（NS,EW方向の2軸）を中間リング梁（1,3段目）及び底版上に各々1台設置している。底版上の加速度計は、躯体の各種振動の影響を受けにくく、底版上の加速度データを正確な地震動と比較することで解析の際に特に有用と考えた。

計測項目と頻度は、常時については、ひずみ計測を1日1回行っている。通常の機械動作が計測結果に与える影響を考慮し、計測時期は使用頻度が低い時間帯に設定した。地震時については、10gal以上の地震動を加速度計が検知すると、全ての計測器が自動計測を始め、サンプリングクロック0.05秒で180秒間継続する。

キーワード 機械式駐輪場、エコサイクル、円筒形地下構造

連絡先 〒135-0063 東京都江東区有明1-3-28 (株) 技研製作所 TEL 03-3528-1629 FAX 03-3527-6055

4. 東日本大震災時の計測結果

2011 年 3 月 11 日に発生した東北太平洋沖地震は、宮城県栗原市で最大震度 7 を記録し、当該地では震度 5 強を記録した。図-2 は本躯体のリング梁 1 段目に設置した加速度記録であり、最大 172gal (NS 方向) の地震動による応答を示している。表-1 は常時・地震時のリング梁の計測応力及び許容応力度を示す。表内の値は、各リング梁計測値の最大応力であり、いずれも許容応力度内で、十分な余裕があることを確認している。

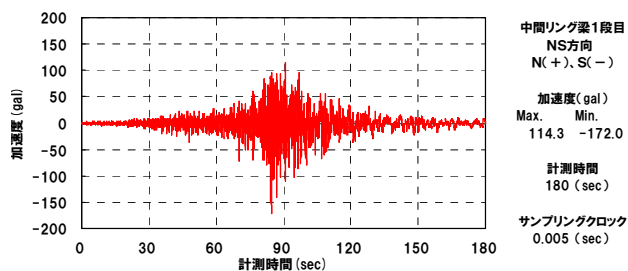


図-2 リング梁 1 段目 (NS 方向) の加速度

表-1 常時・地震時の計測応力及び許容応力度

曲げ応力 (N/mm ²)	常時 (※1)	地震時 (※2)	増分応力 (※2 - ※1)	許容応力度 常時(地震時)
リング梁1段目	29.5	29.4	-0.1	156(235)
リング梁3段目	148.3	152.2	4.0	216(325)
リング梁5段目	121.8	141.8	19.9	216(325)

※1 2011/3/11 02:00 計測 ※2 2011/3/11 14:47 計測

5. 計測値と解析値の比較

計測した加速度を基に、地震応答解析を用いて工学的基盤面相当層の地震動加速度波を算出した。その結果から得た模擬波と観測結果は良好に一致している。解析では、得られた模擬波を用い、水平方向 (NS,EW) に同時加震することとした。その際、地震時における躯体の挙動は、地盤と同調するようにモデル化した。

図-3 は構造解析モデルの概念図を示す。外殻壁の鋼矢板は、各々の接合が剛結ではないため、板要素ではなく独立した梁要素とした。上床版及び底板は板要素とし、中間リング梁は梁要素としてモデル化し、各々の接合条件はヒンジ接合とした。底板下の外殻部材に拘束された内部地盤は、ソリッド要素としてモデル化した。

表-2 はリング梁の地震時増分応力の計測値と解析値の比較を示す。全体的には、解析値が計測値より小さくなる傾向を得た。これは、解析結果は水平方向の地震動しか考慮していないことや、地層や部材モデルを理想条件でモデル化したためだと考えられる。但し、

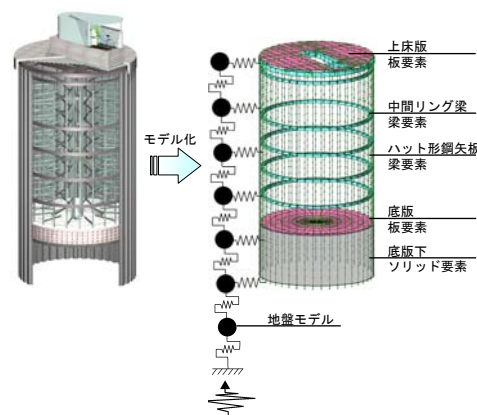


図-3 構造解析モデル概念図

表-2 計測値と解析値比較 (地震時増分応力)

曲げ増分応力 (N/mm ²)	計測値	解析値	差分応力
リング梁1段目	-0.1	-0.7	-0.5
リング梁3段目	4.0	0.8	-3.1
リング梁5段目	19.9	4.3	-15.6

差分応力は降伏応力度の数%程度であるため、問題ないと判断できる。

5. まとめ

本文では、エコサイクルの構造と計測の内容を説明し、地震時挙動の計測結果と解析結果の比較を示した。計測結果から震度 5 強の揺れに対しては、エコサイクルは十分な耐震性能を有していることが証明された。計測結果を基に動的解析を行った結果から、当初の想定通り躯体は地盤と同調して挙動することを確認し、地下躯体の動的解析に有益なデータを取得できた。

近年、構造物の耐震性への関心が急速に高まっており、より耐震性の高い構造が要求されている。地下機械式駐輪場の設置場所においても、鉄道構造物等の重要構造物等に隣接した計画も増えており、周辺への影響のない耐震性を考慮した最適な構造や解析手法を提案していくため、今後も継続的に躯体計測を行い、より精度の良い解析技術を目指していく。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，H24 年度版
- 2) 日本道路協会：駐車場設計・施工指針 同解説，H4.11
- 3) 日本建築センター：BCJ 評定（鉄鋼系低層建築物構造評定 認定番号: BCJ 評定-LS0052-01），H23.1
- 4) 地下構造物の耐震設計 鹿島出版社 川島一彦 著