

プレキャスト式雨水地下貯留施設 に関する共同研究(その2)

1. 研究目的

1995年1月17日に発生した阪神・淡路大震災の被害状況から、これまで地震には強いと考えられてきた地下構造物に対しても、耐震性能評価が要望されるようになってきている。

特にプレキャスト式雨水地下貯留施設は、地震時の避難場所となる公園、駐車場等での設置が考えられるため、その耐震性能評価は極めて重要となってきた。

そこで、プレキャスト式雨水地下貯留施設の「技術マニュアル(設計・施工・積算)」(1994年度)発刊以後、耐震性能評価の検討を行う必要性が生じてきている。

本共同研究は、この様な状況を踏まえ、耐震性能評価の検討を行った。

2. 研究体制

本研究は、鶴見コンクリート(株)と本機構の共同で実施した。

3. 研究成果の概要

3.1 耐震性能評価

本検討は「耐震基準等に関する第二次提言」(土木学会 平成8年1月)を参考に、2種類の地震動(レベル1, 2)を想定して、プレキャスト式雨水地

下貯留施設に関する独自の耐震性能評価を行ったものである。

3.1.1 レベル1地震動に関する検討

(1) 概要

プレキャスト式雨水地下貯留施設(ボックス型, スタンド型)をN値2~5の地層に直接基礎で設置した場合を想定し、施設条件及び地盤条件がそれぞれ異なる計16ケースの解析モデルを設定した。耐震解析は応答変位法で行ない、外力条件は、土木学会の「耐震基準等に関する第二次提言」によるレベル1地震動(50年に1回程度)とし、「駐車場設計・施工指針」の地震力を使用した。

解析結果より、プレキャスト部材に発生する応力は部材の許容応力度以下であり、また、部材間における接合部の耐力は外力に比べて大きく、目地開き量も防水性能を有する範囲内であることがわかった。

したがって、プレキャスト式雨水地下貯留施設は貯留機能を損なわず、耐震性能に関しては十分安全であることが確認された。

レベル1における耐震性能評価は、図-1の検討フローに添って行った。

(2) 解析モデルの設定

1) 施設条件

施設形態(ボックス型, スタンド型)と内空寸法(内空高さボックス型2m, 4m, スタンド型4m, 7m)によって、4ケースを設定した。施設形態図を図-2に示す。

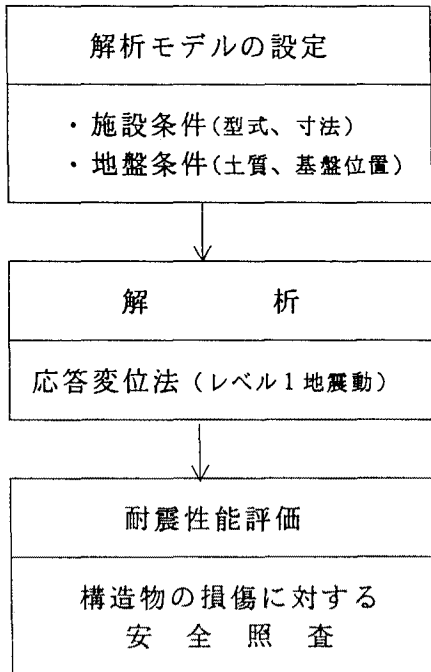


図-1 レベル1地震動の検討フロー

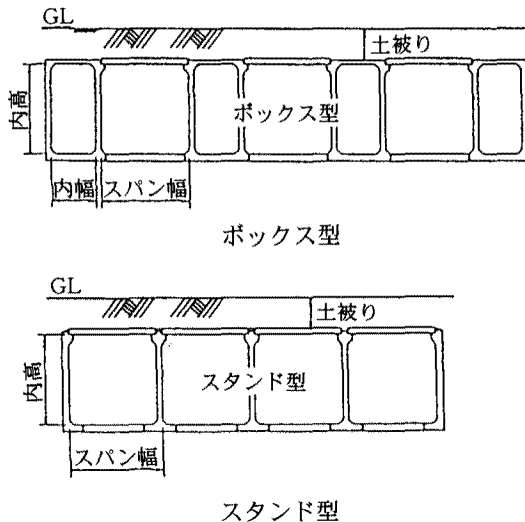


図-2 施設形態図

2) 地盤条件

基盤の位置 (GL-10m, GL-20m), 土質性状 (粘性土, 砂質土) によって4ケースを設定した。

3) 解析モデルの設定

施設条件 (4ケース) と地盤条件 (4ケース) の組み合わせによる計16ケースについて解析モデルを設定した。

(3) 解 析

1) 解析方法

解析方法の設定に関しては, 本施設の構造形式が地下駐車場と類似しており, 地中構造物の耐震基準として「駐車場・施工指針」(H4.11日本道路協会) 第3章 耐震設計を参照し, 応答変位法による解析を行った。

2) 応答変位法による荷重条件

荷重条件は, 常時の荷重及び地震時の荷重を設定した。

① 常時の荷重

常時の荷重は, 上載荷重, 自重, 鉛直土圧, 水平土圧, 地下水圧とした。

② 地震時の荷重

レベル1における地震時の荷重は, 「駐車場設計・施工指針」で設定されている地盤変位, 地震時土圧, 地震時周面せん断力, 慣性力 (自重, 貯留水) とした。

レベル1地震動は, 多くの土木構造物に対して従来から設計されていた地震時の外力に相当し, 標準の水平加速度で0.2 Gとした。

(4) 耐震性能評価

耐震性能評価は, 許容応力度法による鉄筋コンクリート部材の内部応力照査に加え, 本施設の構造的特長となる接合部分の軸力照査と目地開き量による防水性能照査を行った。

以下に安全照査項目を示す。

- ・鉄筋コンクリート部材の内部応力照査
- ・部材横方向接合部の軸力照査 (頂版スラブと本体ブロックの接合部分)
- ・部材縦方向接合部の軸力照査 (本体ブロックの接合部分)
- ・部材接合部の防水性能照査

(5) 評価結果

耐震性能評価は, 安全照査項目について行い, 全てのモデルケースについて耐震性能を確認することができた。

ここでは, 16ケースのうち, 代表としたケースの評価結果を表-1に示す。

3.1.2 レベル2地震動に関する検討

(1) 概 要

プレキャスト式雨水地下貯留施設(スタンド型)をN値2~5の地層に直接基礎で設置した場合を想定し, 解析モデルを設定した。耐震解析は, 時刻歴応答解析法で行い, 外力条件は, 土木学会の「耐震基準等に関する第二次提言」によるレベル2地震動 (千年単位に1回程度) として, 神戸気象台で観測された兵庫県南部地震波を使用した。

表-1 レベル1地震動に対する評価結果

	安全照査項目	単位	発生値	許容値	判定
ボックス型施設	・鉄筋コンクリート部材 曲げ圧縮力（コンクリート）	kgf/cm ²	110.0	< 210.0	OK
	せん断力（コンクリート）	kgf/cm ²	6.80	< 8.25	OK
	曲げ引張力（鉄筋）	kgf/cm ²	1960	< 2400	OK
	・部材横方向接合部の軸力	tf	11.5	< 185.6	OK
	・部材縦方向接合部の軸力	tf	11.9	< 18.3	OK
	・部材接合部の防水性能	mm	1.79	< 5.00	OK
スタンド型施設	・鉄筋コンクリート部材 曲げ圧縮力（コンクリート）	kgf/cm ²	106.4	< 210.0	OK
	せん断力（コンクリート）	kgf/cm ²	6.10	< 8.25	OK
	曲げ引張力（鉄筋）	kgf/cm ²	2002	< 2400	OK
	・部材横方向接合部の軸力	tf	12.7	< 140.6	OK
	・部材縦方向接合部の軸力	tf	11.9	< 24.2	OK
	・部材接合部の防水性能	mm	1.45	< 5.00	OK

耐震性能評価は、本施設が損傷はするものの崩壊や倒壊には至らないことを確認するため、限界状態設計法の終局限界状態で鉄筋コンクリート部材の照査を行った。また、頂版スラブの落下が生じないことを確認するため、頂版スラブの水平変位量がその掛かり長以下であることを照査した。

その結果、本施設はレベル2地震動において終局破損は生じず、頂版スラブの落下も起きないとわかった。

レベル2における耐震性能評価は図-3の検討フローに添って行った。

(2) 解析モデルの設定

1) 施設条件

施設規模がボックス型施設よりも大きいスタンド型施設で、その中でも施工実績の多い内空高さH=5.0m、スパン幅B=4.0mを設定した。

2) 地盤条件

スタンド型施設（直接基礎）の施工実績が多い関東地方の一般的な事例から地盤条件を設定した。図-4に施設条件及び地盤条件を示す。

(3) 解析

1) 解析方法

本検討におけるレベル2地震動には兵庫県南部地震波を適用しているため、具体的な地震動

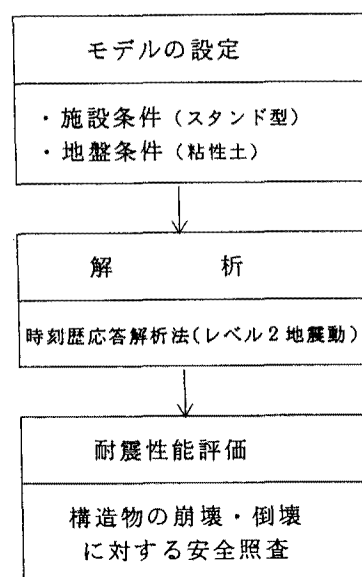


図-3 レベル2地震動の検討フロー

の時間経過を想定し、解析モデルに地震波を入力することで、地震動に対する応答値を直接求めることが可能である時刻歴応答解析法を用いた。

なお、本解析で使用した時刻歴応答解析プログラムFLUSHは、国内でも原子力発電所、LNGプラント、地下石油備蓄タンク等の重要な地中施設の構造解析に使用され信頼性が実証されている。

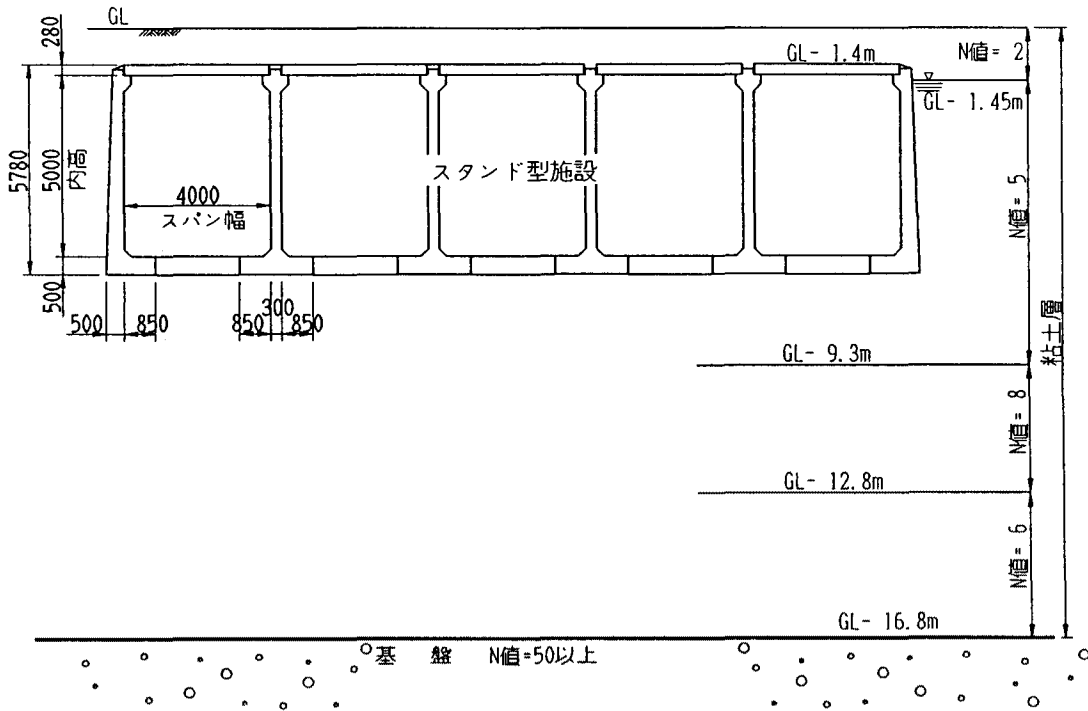


図-4 施設条件及び地盤条件

2) 荷重条件の設定

荷重条件は、常時の荷重及び地震時の荷重を設定した。

① 常時の荷重

常時の荷重は、上載荷重、自重、鉛直土圧、水平土圧、地下水圧とした。

② 地震時の荷重

地震時の荷重は、神戸気象台で観測された地震波（兵庫県南部地震波形）とし、解析モデルに設定した基盤面へ入射することにより生じる荷重とした。

(4) 耐震性能評価

本施設が損傷はするものの崩壊や倒壊には至らないことを確認するため、限界状態設計法の終局限界状態で鉄筋コンクリート部材の照査を行った。また、頂版スラブの落下による施設上部の地盤変状が生じないことを確認するため、頂版スラブ両端の接合部における水平変位量の差が頂版スラブの掛かり長以下であることを照査した。

1) 鉄筋コンクリート部材の断面力照査

鉄筋コンクリート部材は、限界状態設計法にて終局限界状態の照査を行い、断面耐力の発生断面力に対する安全率が1.0以上であることを確認する。

2) 頂版スラブ接合部の変位量照査

頂版スラブの接合部における水平変位量が頂版スラブの掛かり長以下であることを確認す

る。

(5) 評価結果

1) 部材補強

予備解析結果をもとに曲げモーメントとせん断力に対して、部材の鉄筋補強を行った。

- ・曲げモーメントに対して端部ブロックの側壁主鉄筋をD19からD25に変更した。
- ・せん断力に対して端部ブロックの側壁にせん断補強筋（D 13 @ 150）を追加した。

2) 評価結果

耐震性能評価は、安全照査項目について行い、主鉄筋の増強及びせん断補強をすることで、部材の終局破壊は生じず、頂版スラブの落下も生じないことがわかった。

したがって、本施設が地震時の避難場所となる公園、駐車場の地下に設置された場合でも、避難場所の安全性は確保されるものと考えられる。その結果を表-2, 3に示す。

4. まとめ

プレキャスト式雨水貯留施設において、ある条件を設定した後、レベル1、レベル2の地震動に対する耐震性能評価を行った結果、どちらも安全であるとの結果が得られた。

今後、改定中の耐震設計基準の動向をふまえ、本施設の耐震性能の向上を目指すこととする。

表-2 レベル2地震動に対する評価結果

安全照査項目	発生断面力	断面耐力	安全率	判定
・鉄筋コンクリート部材の断面力				
曲げモーメント (tf.m)	53.87	56.46	1.05 > 1.00	OK
せん断力 (tf)	50.32	55.27	1.10 > 1.00	OK

表-3 レベル2地震動に対する評価結果

安全照査項目	変位量の差	頂版スラブ掛かり長	判定
・接合部水平変位量の差			
地震発生後 2.38 秒の変位 (cm)	11.0	< 23.0	OK
地震発生後 2.94 秒の変位 (cm)	10.9	< 23.0	OK

また、実質的には、構造物の形状、位置、地盤の土質、地震波の波形等実際の条件に添って耐震設計を行っていく必要がある。

● この調査に関する問い合わせは

研究第二部長

研究第二部主任研究員

研究第二部研究員

藤田 昌一

伊藤 紀夫

石川 泰裕