更生されたマンホールの耐震性能に関する基礎的研究

九州大学大学院　○学生会員　片岡　宗太
正会員　園田　佳巨

1. 序論

劣化損傷したマンホールの更生工法の１つに、汚泥焼却灰と粘土を混合させて 1000～1200℃の高温度で焼いて製造したセラミックタイルを既設マンホール内面に耐硫酸型モルタルを用いて貼り付ける工法がある（図-1）。しかし、本工法の耐震性能については十分に検討されているとは言い難く、地震時にセラミックタイルの剥がれや落下が生じることが心配されている。

本研究は、更生されたマンホールにレベル２地震動が作用したときにセラミックタイルの剥離が生じるか否かを数値計算によって照査するものである。

図-1 更生されたマンホール

2. 解析手法

2.1 概要

本研究では、有限要素法を用いた数値解析を以下の手順に基づいて実施した。まず、自然地盤（地中構造物の存在を考慮しない地盤）の地震応答解析を行い、得られた応答変位のうち地盤表面部が最大となる時刻の応答変位を出力した。次に、出力された応答変位を強制変位として更生されたマンホールモデルに与えて静的解析を行い、セラミックタイルが剥離するか否かを判定した。なお、一連の解析には汎用ソフト MARC/mentat2005 を使用した。

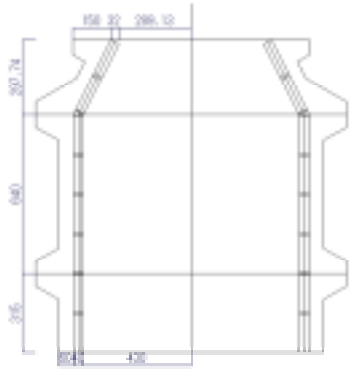

図-2 解析対象

2.2 解析対象

対象とする地盤には、N 値が３程度の関東ローム層を想定し、基盤面を地表面から 5m の深さと仮定した。また、対象とする更生管は、図-2 に示すような高さ約 1.2m の更生管とした。

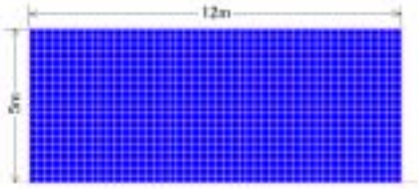

図-3 地盤の解析モデル

2.3 解析モデル

地盤の力学特性を線形弾性体と仮定し、平面ひずみ状態を想定した２次元アイソパラメトリック要素を用いてモデル化した（図-3）。境界条件には、モデル側方の境界を水平方向自由とし、底面（基盤面）を固定した。地盤のヤング係数は、以下に示す土木研究所の式により算定した。

$$E = 10(5N + 70)g$$

（E：弾性係数　N：N 値　g：重力加速度）

入力する地震波は、兵庫県南部地震で計測された地震波（図-4）など４波形を用いた。

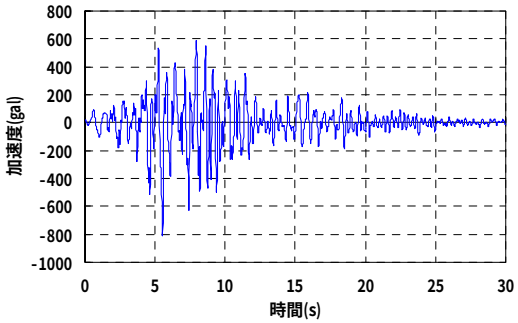

図-4 兵庫県南部地震　神戸海洋気象台記録

更生されたマンホール（図-5）は、３次元でモデル化し、コンクリート、セラミックタイル、モルタルそれぞれを８節点ソリッド要素、鉄筋は２節点トラス要素でモデル化した。各材料は、表-1 に示す材料定数を有す

表-1 材料定数

	コンクリート	鉄筋	モルタル	セラミックタイル
ヤング係数(N/mm^2)	2.0×10^4	2.1×10^5	1.8×10^4	3.1×10^4
ポアソン比	0.2	0.3	0.2	0.2

る線形弾性体を仮定した。要素分割数は節点数 90516、要素数 82560 とした。境界条件は更生管の底面を固定し、地震応答解析により求めた地盤の相対変位（図-6 中の点線枠）を強制変位としてモデル側方より与えた。

2.4 セラミックタイルの剥離

本解析では、セラミックタイルの剥離を評価するために、汎用ソフト MARC/mentat2005 の機能である deactivate 機能を使用した。deactivate 機能とは、モルタルの引張応力が付着強度を超えたとき、その要素は剛性マトリックスを作成する段階で除外されるように設定するとともに、視覚的には要素を消失したように表示する機能である。本解析ではモルタルの壁面垂直方向の引張応力が、モルタルとセラミックタイルの付着強度である 2.5N/mm^2 に達したときに、剥離が発生したと判断した。

図-5 更生管の解析モデル

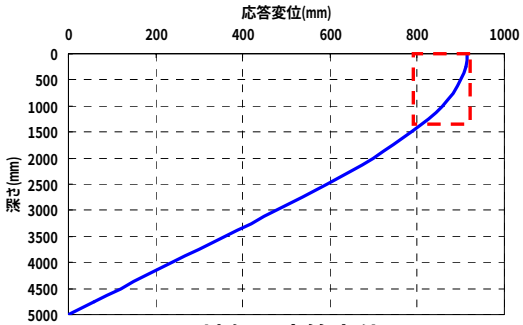

図-6 地盤の応答変位

3. 解析結果

図-7～図-10 に、地震動による地盤変位を与えたときのモルタル要素の損傷状況を示す。

兵庫県南部地震で計測された最大加速度 800gal 程度の地震波、及び北海道釧路沖地震で計測された最大加速度 600gal 程度の地震波においては、モルタル要素の破壊が顕著に見られ、セラミックタイル剥離の可能性が大きいものと判断された（図-7，図-8）。

また、新潟県中越地震で計測された最大加速度 400gal 程度の地震波においては、モルタル要素の破壊が各所に発生しているがその領域は点在したもので、最も損傷が集中した箇所においても内面に貼り付ける 1 枚のセラミックタイルの接着面積の 25%程度にとどまることから、タイル剥離の可能性はほとんど無いものと判断された（図-9）。

更に、福岡県西方沖地震で計測された最大加速度 200gal 程度の地震波においては、モルタル要素の損傷はほとんど見られず、セラミックタイルの剥離の可能性はないと判断された（図-10）。

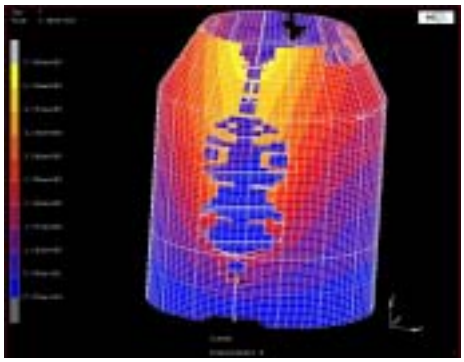

図-7 兵庫県南部地震による損傷 (800gal)

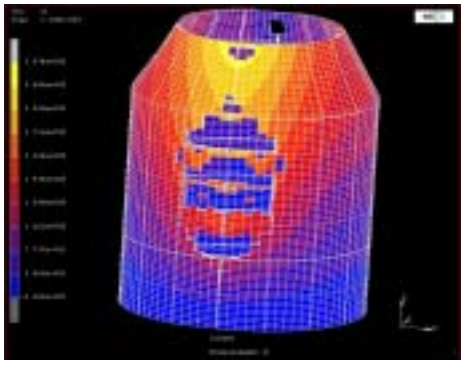

図-8 北海道釧路沖地震による損傷(600gal)

4. 結論

自然地盤に地震波を入力し、得られた応答変位を更生されたマンホールモデルに強制変位として与えることで、セラミックタイルの剥離の可能性を評価できた。本解析の結果、セラミックタイルが剥離しない地震強度は最大加速度が 400gal 程度であると考えられる。

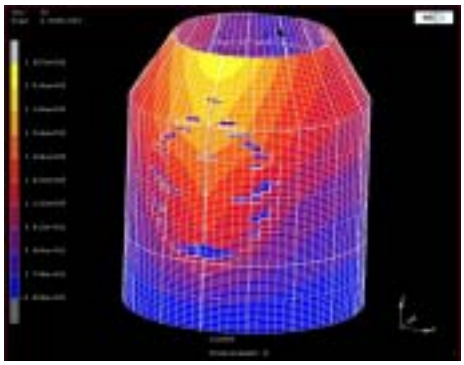

図-9 新潟県中越地震による損傷(400gal)

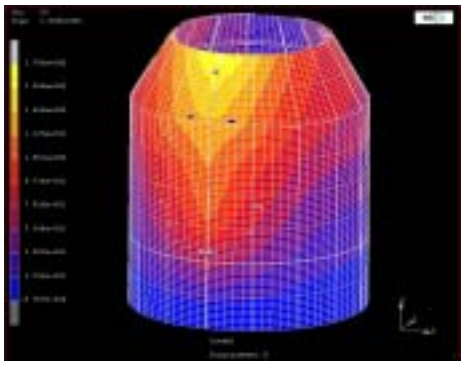

図-10 福岡県西方沖地震による損傷(200gal)