

低摩擦材を用いた地中ボックスカルバートの耐震性に関する研究（その2）

—2次元FEM非線形動的解析によるシミュレーション解析—

前田建設工業(株) 正会員 保立 豊、大嶋 義隆、坂 哲
東京電力(株) 正会員 佐藤 博

1. はじめに

筆者達は、地震時の主要外力である上載地盤からのせん断土圧を構造物上床版と地盤間に設置した低摩擦材により低減させる耐震性向上工法の研究をおこなっている。本研究では低摩擦材の効果を確認するための模型振動実験と非線形動的解析によるシミュレーション解析を行っている。本文では、そのうち主にシミュレーション解析について報告する。尚、本文のシミュレーション解析の対象とした模型実験は、参考文献1)と類似であるが、模型の寸法を大きくするとともに低摩擦材としてのシートの敷設範囲をパラメータとしている。実験の詳細については別紙で報告する予定である。

2. シミュレーション解析の対象とした実験の概要

せん断波速度 200m/sec (N 値 15) の一様な砂質地盤中の 2 連ボックスカルバートを、香川・国生の相似則に基づき 1/25 の模型に縮小した。この相似則に基づき、地盤模型には豊浦標準砂、構造物模型の材料にはアクリル板を用いた。また、低摩擦材として摩擦係数 0.17 のポリエチレンシート(厚さ 0.1mm)を 2 枚重ね合わせたものを用いた。せん断土槽内の模型とセンサーの配置を図 1 に示す。実験ケースは、低摩擦材の敷設範囲をパラメータとした図 2 の 3 ケースで最大加速度 200gal の水平方向正弦波による共振実験とした。

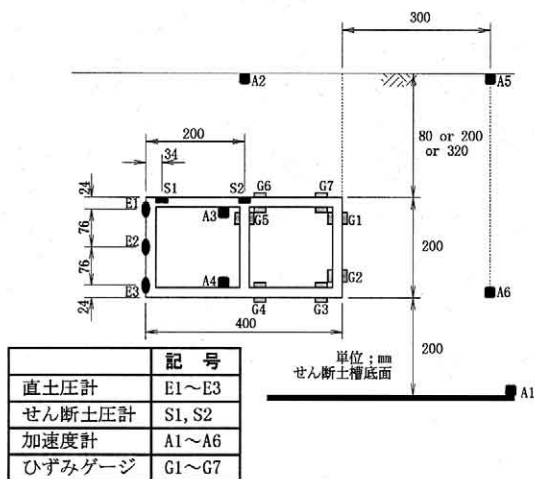


図 1 セン断土槽内の模型とセンサーの配置

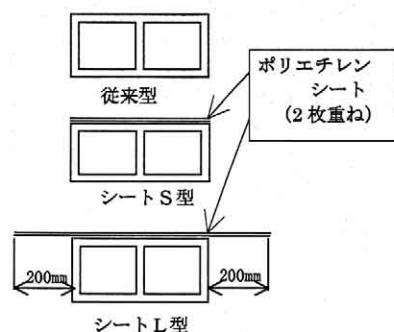


図 2 低摩擦材の種類と配置

3. 解析手法と解析条件

シミュレーション解析は 2 次元 FEM 非線形動的解析により行った。地盤は RO モデル、構造物は線形のはり要素、低摩擦材はシートの剛塑性的な材料特性を考慮したバイリニアのせん断ばねと線形の直ばねでモデル化した。低摩擦材のモデル化の概要を図 3 に示す。入力地震波は実験より得られた共振振動数、最大加速度 200gal の正弦波とし、また FEM の境界条件は、底面は固定、側面は水平ローラーとした。

4. 実験結果と解析結果の比較

(1) 応答加速度

地表面(図 1、A2)における最大応答加速度は従来型では実験値が 811gal、解析値が 965gal、シート S 型では実験値が 883gal、解析値が 945gal、シート L 型では実験値が 671gal、解析値が 766gal であり、解析値が実験値よりやや大きい結果となっている。

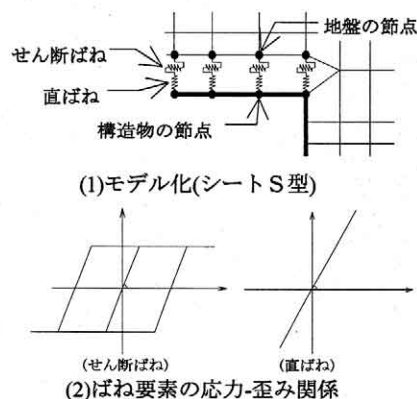


図 3 低摩擦材のモデル化

Key Words 地中 R C 構造物、地震時せん断土圧、低摩擦材、模型振動実験、非線形動的解析

(2) 地震時せん断土圧

図4にシートL型の上床版中央部(図1、S2)のせん断土圧の実験値と解析値の時刻歴波形を示す。同図よりせん断土圧の時刻歴波形が台形状になっており、低摩擦材によりせん断土圧が低減できていることがわかる。

(3) 曲げひずみ

図5に中壁上部(図1、G5)の曲げひずみの最大値を示す。解析、実験ともシートS型、シートL型では従来型に比べ曲げひずみが低減する。ただし、シートS型の曲げひずみ低減効果はシートL型に比べて小さい。

(4) 地震時増分直土圧

中壁上部の曲げひずみ最大時の地震時増分直土圧を図6に、このときの土圧分布の概念図を図7に示す。図6よりシートS型の側壁上部の地震時増分直土圧は従来型と比べると土圧の方向が反転し値は増加していること、これに対しシートL型では従来型と土圧の方向も同じで値も同程度となっていることがわかる。

シートS型の地震時増分直土圧の増加のメカニズムの概念図を図8に示す。シートS型の地震時増分直土圧(図8、①)は、低摩擦材によって上載土を図8の矢印方向に変位させたことにより発生した増分土圧(図8、②)と従来型の地震時増分直土圧(図8、③)を足し合わせたようになっているため、側壁上部では直土圧の方向が反転し値が増加している。

(5) 中壁上部の曲げひずみ最大時の地盤の σ_x

構造物の変形が左向きで、中壁上部の曲げひずみが最大となる時の地盤の σ_x を図9に示す。この図より、シートS型、シートL型ともに地震時せん断土圧を低減すると低摩擦材の端部に地盤応力が集中することがわかる。シートS型では低摩擦材の端部が構造物に近いので、集中した地盤応力の影響で側壁上部の地震時増分直土圧が増大する。これに対し、シートL型のように低摩擦材の端部を構造物から離すと、集中した地盤応力が地盤中に分散するため側壁の地震時増分直土圧の増加を抑制することができる。

5. まとめ

低摩擦材により上載地盤からの地震時せん断土圧を低減させるとシートS型では側壁上部の地震時直土圧が増加し、シートL型では側壁上部の地震時直土圧の増加が抑制される。この直土圧の差によりシートS型に比べシートL型ではより大きな曲げひずみ低減効果が得られた。この現象を実験と解析で同様に示す事ができた。

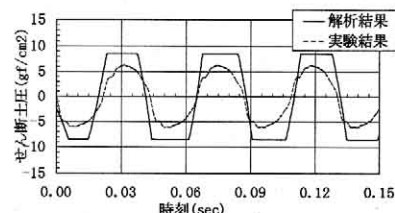


図4 せん断土圧時刻歴波形

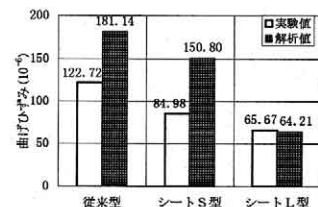


図5 曲げひずみ最大応答値

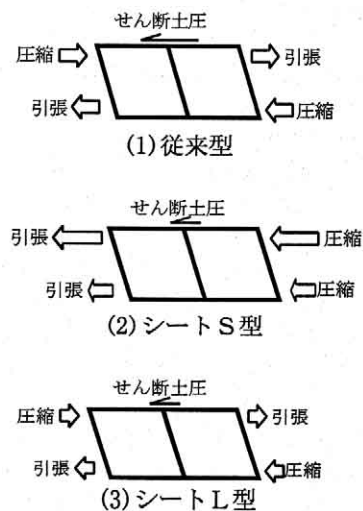


図7 最大曲げひずみ発生時の各土圧分布の概念図

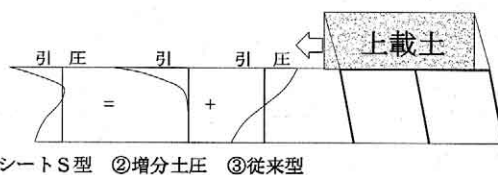


図8 地震時直土圧の増加のメカニズム概念図

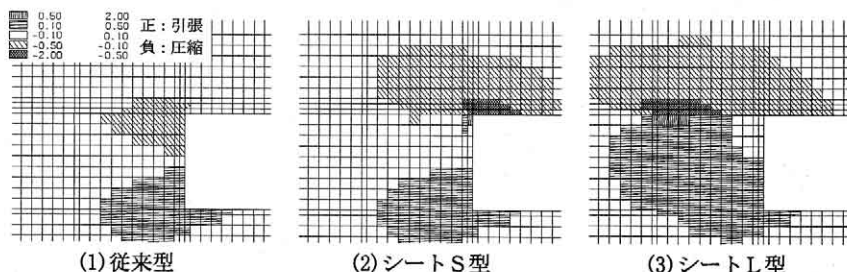


図9 中壁上部の曲げひずみ最大時の地盤の σ_x