

PFL 工法により補修された下水道管の耐震性能に関する解析的研究

九州大学大学院 学生会員 ○片岡 宗太

九州大学

非会員 木村 環

九州大学大学院

正会員 園田 佳巨

1. 緒言

長年月の供用により劣化損傷した下水道管の補修工法の1つに、炭素繊維グリッド、モルタルおよびポリエチレンパネルを管渠の内側に貼り付ける PFL 工法がある。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、震災時における下水道管の損傷が懸念されている。本研究は、PFL 工法で補修された下水道管(ボックスカルバート)について、レベル2地震動に対する耐震性能を、有限要素法を用いた数値計算により検討した。

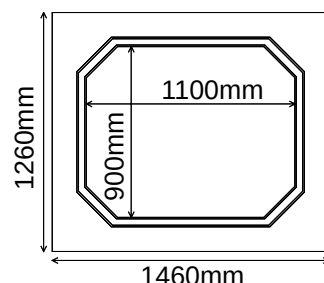


図-1 解析対象断面(更生管)

2. 解析手法の概要

2.1 概要

本解析は、以下の手順に基づき実施した。まず、2次元でモデル化した地盤およびボックスカルバート一体モデルの地震応答解析を行い、最大応答変位を算出する。得られた最大応答変位を、3次元でモデル化した補修前のボックスカルバート(老朽管)と PFL 工法により補修されたボックスカルバート(更生管)にそれぞれ静的に強制変位させ、ボックスカルバートの損傷状況について検討した。なお、一連の解析には汎用非線形構造解析プログラムである MSC.MARC/mentat2005 を用いた。

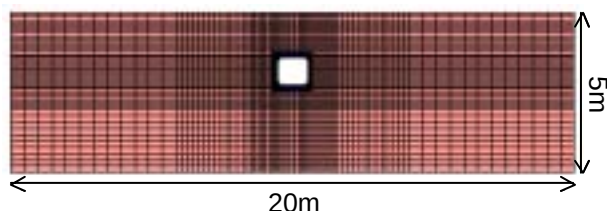


図-2 2次元有限要素モデル

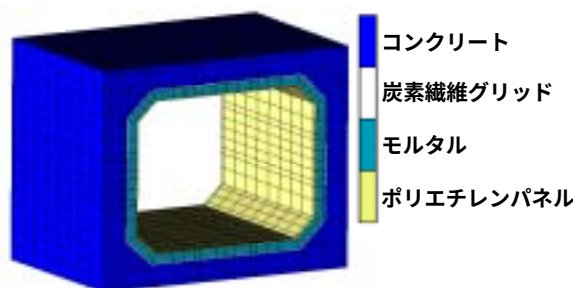


図-3 3次元有限要素モデル

2.2 解析対象

対象地盤は、N 値を3程度とする粘性土を想定し、基盤面を地表面から深さ5mとした。また、対象とするボックスカルバートは鉄筋コンクリート製であり、PFL 工法により補修された更生管の寸法を図-1に示す。

2.3 解析モデル

地盤の力学的特性を線形弾性体と仮定し、図-2に示すように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。入力地震動は、最大加速度に着目し、兵庫県南部地震で計測された地震波など4波形を用いた。また、ボックスカルバートの土被りを3.5mに想定しており、図-3に示すようにコンクリート、モルタル、炭素繊維グリッド、ポリエチレンパネルは8節点ソリッド要素、鉄筋は2節点トラス要素を用いてモデル化した。各材料の材料特性を表-1に示す。コンクリート、鉄筋、炭素繊維グリッ

表-1 材料特性

材料	物性値	
コンクリート	弾性係数(kN/mm ²)	20
	ポアソン比	0.2
	圧縮強度(N/mm ²)	30
	引張強度(N/mm ²)	3.0
鉄筋	弾性係数(kN/mm ²)	200
	ポアソン比	0.3
	降伏強度(N/mm ²)	300
モルタル	弾性係数(kN/mm ²)	20
	ポアソン比	0.2
炭素繊維グリッド	弾性係数(kN/mm ²)	100
	ポアソン比	0.2
ポリエチレンパネル	弾性係数(kN/mm ²)	1.0
	ポアソン比	0.4

ドおよびポリエチレンパネルの構成モデルを
図-4 に示す。境界条件は、ボックスカルバートの底面を全自由度拘束し、地震応答解析により求めた最大応答変位を左側壁より強制変位させた。

3. 数値計算結果および考察

図-5 に最大加速度約 800gal の地震動を想定し、左側壁上部における応答変位を与えた時の荷重-変位関係を示す。この図から、老朽管より更生管の方が 2 倍程度の耐力を有することが確認される。

図-6 に地震動によるボックスカルバートの損傷状況を示す。図に示すコンターは、相当応力分布を表している。図-6(a), (b)に示すように、福岡県西方沖地震時に観測された最大加速度約 200gal の地震動の場合、ボックスカルバート本体への応力集中は殆ど見られない。また、図-6(c), (d)に示すように、兵庫県南部地震時に観測された最大加速度約 800gal の地震動の場合では、老朽管、更生管ともに左側壁下部に応力が集中しており、老朽管より更生管の方が広範囲に分布している。これは、老朽管において応力が最も集中した箇所の応力値が 235N/mm^2 、更生管では 109N/mm^2 程度であることから、更生管においては応力を広範囲で分担していることが考えられる。従って、更生管の方が震災に対する耐震性能は優れていることが推察された。なお、本解析では、地盤を線形弾性体と仮定し、ボックスカルバート底面を全自由度拘束していることから、ボックスカルバートの損傷状況を現実よりも過大に評価している可能性があると考えられる。

4. 結論

PFL 工法で補修されたボックスカルバートのレベル 2 地震動に対する耐震性能を数値解析により確認することができた。また、老朽管と更生管では更生管の方が 2 倍程度の耐力を有することが確認できた。今後は、更なる的確な評価をするために地盤のモデル化の検討をする必要があると考えられる。

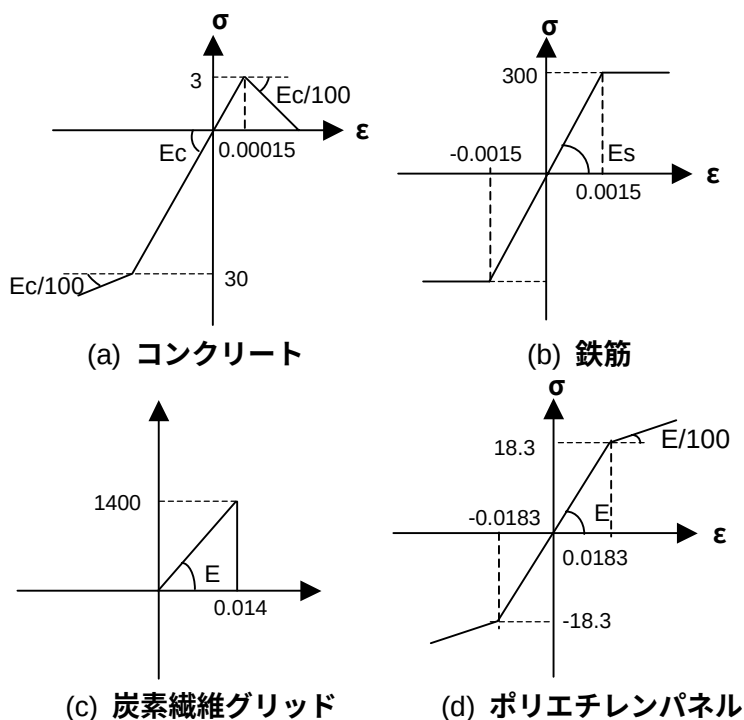


図-4 材料構成モデル

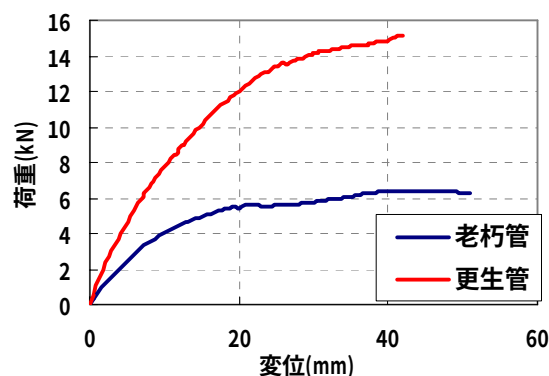


図-5 荷重-変位関係(800gal)

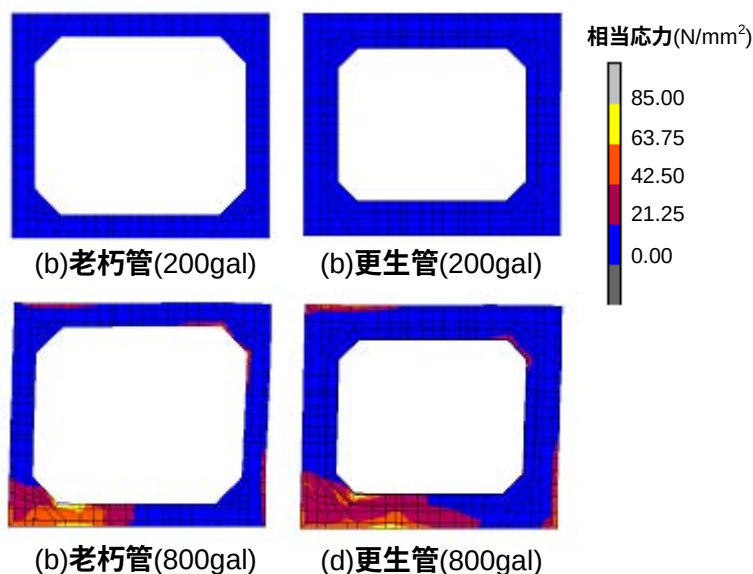


図-6 相当応力分布