

高強度ポリマーセメントモルタルの開発

ー 高強度ポリマーセメントモルタル製マンホールの性能照査および有限要素法を用いた構造解析 ー

茨城大学工学部 正会員 ○福沢 公夫、 正会員 三井 雅一
太平洋セメント(株) 正会員 唐沢 明彦、 正会員 福田 康昭
(株)イズコン 猿木 浩二、 阿部 公平

1. はじめに

これまでの一連の研究^{1) 2) 3)}で、一般的な常圧蒸気養生により優れた曲げ性能、引張性能および接着性能を発揮する高強度ポリマーセメントモルタル（以下PMM：Polymer-Modified Mortar とする）を開発し、コンクリート製品への適用を検討してきた。現在、この特長を活かし、分割された無筋PMM部材を施工現場で接着剤を使って連結し、製品を完成させるPMM製マンホールの開発を進めている。本研究では、PMM製マンホールの使用状態性能と一体性能を日本工業規格（JIS）にて定める性能試験で照査するとともに、有限要素法を用いた構造解析（以下FEM解析とする）により力学的挙動のシミュレーションを試みた。

2. PMM 製マンホールの部材厚設計

PMM 製マンホールの性能照査を行うに当たって、基本となる製品の部材厚の設計を行った。設計はFEM解析により行い、設計応力度により最適な部材厚を決定した。図1に解析モデルを示す。解析モデルは、内部寸法 W1,300×D3,720×H1,800mmの製品を対象とし、構造の対称性を用いて1/4の切断モデルを使用した。解析は、図1のように妻板を接着剤で連結したモデルの他、妻板を持たないモデルについても行った。荷重条件は、自動車荷重 T-245・土被り厚 1m を設定した。母材および連結部の力学的特性値はこれまでの室内試験結果から表1の値を使用した。表2に解析結果を示す。PMM 製マンホールは、同じ内部寸法の既存 RC 製マンホールに比べて部材を薄肉化できる解析結果が得られた。

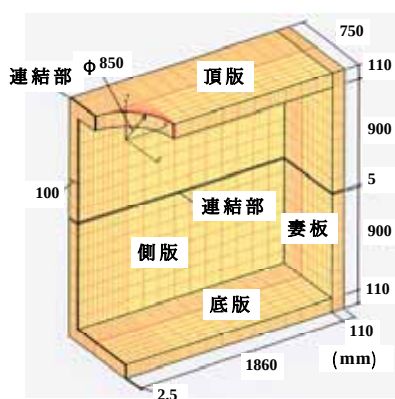


図1 1/4切断解析モデル

表1 母材および連結部の力学的特性

母材	圧縮静弾性係数 (N/mm ²)	30,000
	ポアソン比	0.2
	設計曲げ強度 (N/mm ²)	12.0
	設計安全率 S.F	3.0
	設計応力度 (N/mm ²)	4.0
連結部	設計応力度 (N/mm ²)	2.8

表2 FEM 解析による部材厚の解析結果

	PMM製マンホール		RCマンホール
	妻板有	妻板無	既存製品
頂版厚 (mm)	130	140	200
側版厚 (mm)	110	110	180
妻板厚 (mm)	110	110	140
底板厚 (mm)	130	140	200

3. PMM 製マンホールの性能照査の概要

本研究では、JIS A 5362-2001「プレキャストコンクリート製品一要求性能とその照査方法」の規定に則し、使用状態性能と一体性能を以下の性能試験により照査した。試験体の製造は、製品工場のマンホール製造設備を使って行った。試験体は各性能試験ともに同じ配合とし、常圧蒸気養生（前置 2h→昇温 20°C/h→65°C 3h→自然放冷）後、7月および8月の環境下の屋内で試験材齢まで養生した。試験材齢は62日とした。試験体の連結はエポキシ樹脂系 2液混合型接着剤を用い、試験材齢の7日前に行った。なお、雨天時の施工条件も考慮し、連結面が乾燥した状態で接着した水準と連結面に多量に水分が残る湿潤状態で接着した水準を設けた。

3.1 母材の強度試験

母材の強度性状を確認するため、曲げ強度試験（JIS A 1171-2000）、引張強度試験（JIS A 1113-1999）および圧縮強度試験（JIS A 1108-1999）を実施した。また、圧縮静弾性係数とポアソン比についても測定を行った。

3.2 外圧試験

外圧試験は、JIS A 5363-2001「プレキャストコンクリート製品一性能試験方法通則」の箱形ラーメンの線荷重試験に準拠した。試験体の寸法は、前述のFEM解析モデルの6/13とした。図2に外圧試験方法を示す。(a)の通常設置形状はボックスカルバートとしての外圧荷重を得る目的で実施した。(b)の90°回転形状は連結部の外圧に対する評価を目的として実施した。試験体は(a)(b)ともに妻板を持たないものを使用した。試験では、頂版内面に幅0.05mmのひび割れが発生する荷重を測定し、この荷重を有効長 L (=800mm) にて除すことで、ひび割れ発生荷重とした。この他、変位計による変形量の測定、ワイヤストレーンゲージによるひずみの測定、クリップ変位計による連結部の開き量の測定を行った。

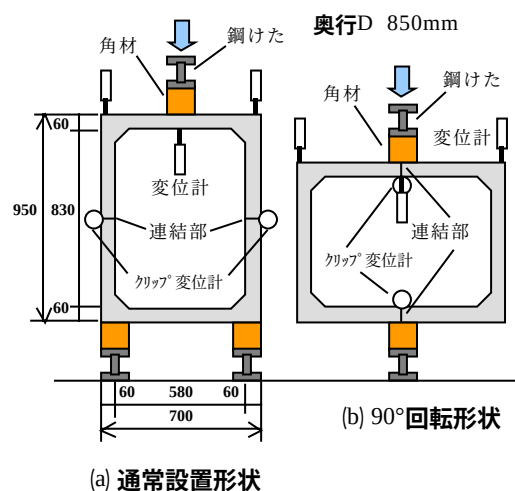


図2 外圧試験方法

〔キーワード〕 ポリマーセメントモルタル、蒸気養生、マンホール、性能照査、有限要素法、構造解析

〔連絡先〕 〒316-8511 茨城県日立市成沢町 4-12-1 TEL.0294-38-5162 FAX. 0294-38-5268

3.3 輪荷重試験

PMM 製マンホールは、上下に連結部を有する場合のみでなく、上下左右の連結部を有する場合や妻板との連結部を有する場合もある。そこで、その一体性能を評価すべく、図 3 に示すように頂版の連結部に輪荷重を想定した荷重を作用させる試験を行った。試験体は、前述の FEM 解析モデルの 6/13 の試験体を左右方向に 2 個連結したものとした。試験の水準として妻板を持たない試験体と妻板を接着剤で連結した試験体を設けた。試験では、前述の外圧試験と同じ測定を行った。

3.4 水密性試験

PMM 製マンホールの上下左右の連結部および妻板との連結部の止水性能を内水圧試験により評価した。試験体は、前述の輪荷重試験の妻板を連結した試験体と同じものとした。試験は、中空部を満水状態にした状態を 24 時間保持して漏水の有無を調べた。

4. FEM 解析の概要

前述の性能照査のうち、3.2 外圧試験および 3.3 輪荷重試験に関して FEM 解析により力学的挙動のシミュレーションを試みた。前述 3.1 母材の強度試験の結果から、解析における母材の弾性係数は 30,000 N/mm²、ポアソン比は 0.2 として、母材に生じる第一主応力の最大値が母材の引張強度 7.5 N/mm² に達した時点をひび割れ発生荷重とした。また、連結部については、これまでの研究結果から 30% の低減率を考慮し、5.25 N/mm² を閾値とした。

5. 性能照査および FEM 解析の結果

表 3 に母材の強度試験他から得られた力学的特性値を示す。製品工場の実設備で製造した試験体において、室内試験結果と同等の優れた強度性状が確認できた。表 4 に外圧試験および輪荷重試験におけるひび割れ発生荷重と FEM 解析結果の比較を示す。図 4 に外圧試験 (b) 90° 回転形状における頂版のコンクリートひずみと載荷荷重の関係を示す。外圧試験 (b) と図 4 から連結面の乾湿の違いによる試験体の力学的挙動に差は認められなかった。外圧試験 (a) と輪荷重試験において、ひび割れ発生荷重が連結面乾燥の方が大きいのは、ひび割れ発生位置が連結部とは異なることから試験体のバラツキと考えられる。図 5 に輪荷重試験における妻板無しの試験体の頂版中央内面の鉛直変位量と載荷荷重の関係を示す。図 5 には T-245 の設計荷重 F [F=後輪荷重 100kN×衝撃荷重 (1+0.4)×縮尺 (6/13)²=29.8kN] も合わせて示す。妻板無しの場合、試験体は T-245 の設計荷重の 3 倍の荷重に対しても弾性域にあり安全であることを確認した。さらに、妻板を設けることにより約 1.5 倍の耐荷力となることを確認した。また、水密性試験の結果、漏水は認められなかった。そして、性能試験結果全体を通して、FEM 解析は試験体の力学的挙動を正確に再現していることを確認した。

6. まとめ

- PMM 製マンホールの性能照査および FEM 解析において以下の知見を得た。
- (1) PMM 製マンホールは、製品工場の実設備での製造で曲げ強度 13.5 N/mm²、圧縮強度 68.9 N/mm² の高強度を有する。
 - (2) 連結面の乾湿の違いによる力学的挙動に差はなく、雨天時でも分割された無筋 PMM 部材を接着剤を使って連結できる。
 - (3) 輪荷重が直接、鋼蓋を介して試験体に作用する試験を行った結果、妻板無しの場合、T-245 の設計荷重の 3 倍を超える耐荷力を有する。さらに、妻板を設けることにより約 1.5 倍の耐荷力となる。
 - (4) 水密性試験の結果、漏水は認められず、接着剤を使った連結方法により実用上十分な一体性能が得られる。
 - (5) FEM 解析は試験体の力学的挙動を正確に再現しており、PMM 製マンホールの設計手法として有用である。
 - (6) FEM 解析で設計した PMM 製マンホールは、同じ内部寸法の既存 RC 製マンホールに比べて部材を薄肉化できることから、部材の軽量化が図れ、施工の合理化につながる。

【参考文献】

1) 三井他：ポリマセメントコンクリート接合部のはく離付着特性，土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，pp.503-504（2003）
2) 林他：高強度ポリマセメントモルタルの開発－配合、材料および養生条件－，土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集（2004）
3) 福田他：高強度ポリマセメントモルタルの開発－フレッシュ性状、力学的性質および耐久性－，土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集（2004）

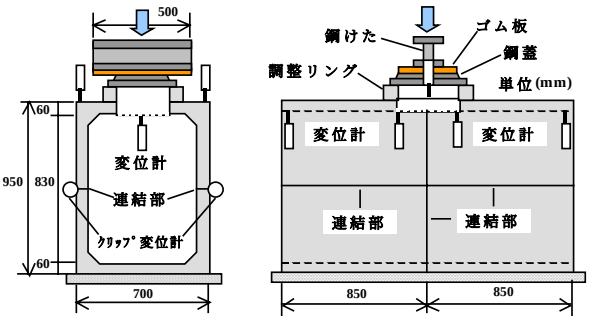


図 3 輪荷重試験方法

表 3 母材の力学的特性値

曲げ強度 (N/mm ²)	15.5
引張強度 (N/mm ²)	7.5
圧縮強度 (N/mm ²)	69.5
弾性係数 (N/mm ²)	29928
ポアソン比	0.2

表 4 性能試験結果と FEM 解析結果の比較

性能試験結果				FEM 解析結果	
試験方法	連結面	妻板	ひび割れ位置	発生荷重 (kN)	ひび割れ位置
外圧試験	(a)	乾燥	頂版中央内面	46.6	性能試験と同じ
		湿潤	頂版中央内面	39.7	性能試験と同じ
	(b)	乾燥	下連結部内面	14.8	性能試験と同じ
		湿潤	下連結部内面	15.0	性能試験と同じ
輪荷重試験	乾燥	無	底板中央	123.0	性能試験と同じ
	湿潤	無	底板中央	108.0	性能試験と同じ
	乾燥	有	底板中央	187.0	性能試験と同じ

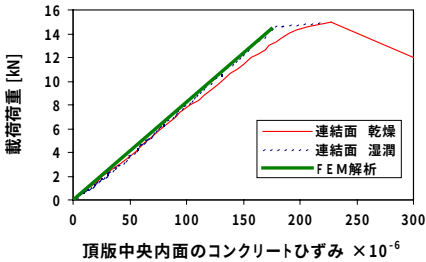


図 4 外圧試験 (b) における頂版のコンクリートひずみと載荷荷重の関係

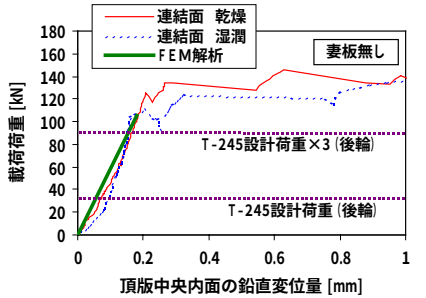


図 5 輪荷重試験における頂版の鉛直変位量と載荷荷重の関係