

# 浮上防止対策で重量化した無筋マンホールの側壁補強効果についての一考察

日本水工設計株式会社 ○青野紀夫 山本忠典 西脇和也

## 1. はじめに

著者らは、液状化時のマンホール浮上防止対策の1つとして、マンホールの重量化による方法を開発し、昨年、公的機関の技術審査証明を取得した。これは、マンホール内部に铸铁製の重錘を設置し、マンホールの見掛け比重を地盤と同等にすることで、マンホールに作用する揚圧力（常時の浮力+液状化による過剰間隙水圧）とつり合わせ、浮上も沈下もしない平衡状態を保つ方法である。

本方法の開発の過程で、マンホール内部に铸铁製の材料（インナーブロックと称している）を設置することは、無筋マンホールの常時の補強を兼ねることができるのではないかとこの思想があった。

そのため、本工法が、無筋構造のマンホールに対して浮上防止と共に強度的補強を兼ねられることを検証した事例をここに報告する。

## 2. 解析対象と解析方法

### (1) 解析対象の無筋マンホール

解析対象は、関東圏内の無筋構造の矩形マンホールで、平面形状（内寸）は0.6m×0.9m、深さは1.6mである。本マンホールは古い時代（昭和60年）に建設された比較的小型の構造である（図-2）。マンホールは河川の旧河道に位置し、周辺地盤は緩い砂質土層で液状化が予想されたため、浮上防止を主目的として体内内側の重量化工法を採用した。

インナーブロックは、マンホールの側壁面を傷めないように設置した。すなわち、壁面をはつたりアンカーボルトを打ち込む等の行為が伴わない。内壁面に沿って設置し、内壁~インナーブロックの隙間（約10mm）はセメント系の裏込め材で充填する。充填後の強度はマンホール本体強度を上回る。また、インナーブロックは、動的な実験的により、1G相当の繰り返し地震動を作用させても、裏込め材およびマンホール本体とは剥離しないことを確認済みである。

### (2) 解析方法

検証方法として、骨組みフレームモデルでは不十分と考え、マンホール水平断面に対する2次元FEM解析での検証を試みた。その理由は次のとおりである。

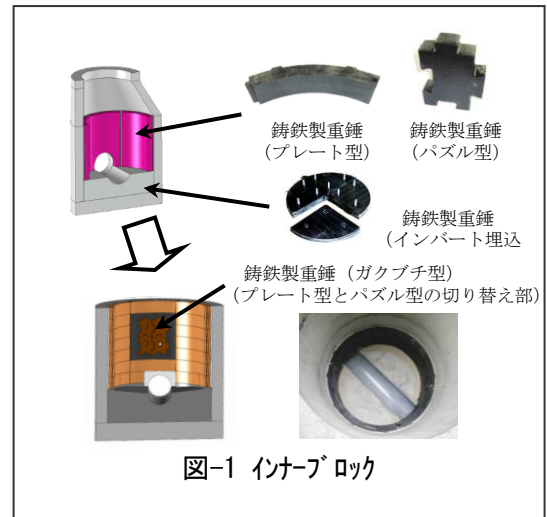


図-1 インナーブロック

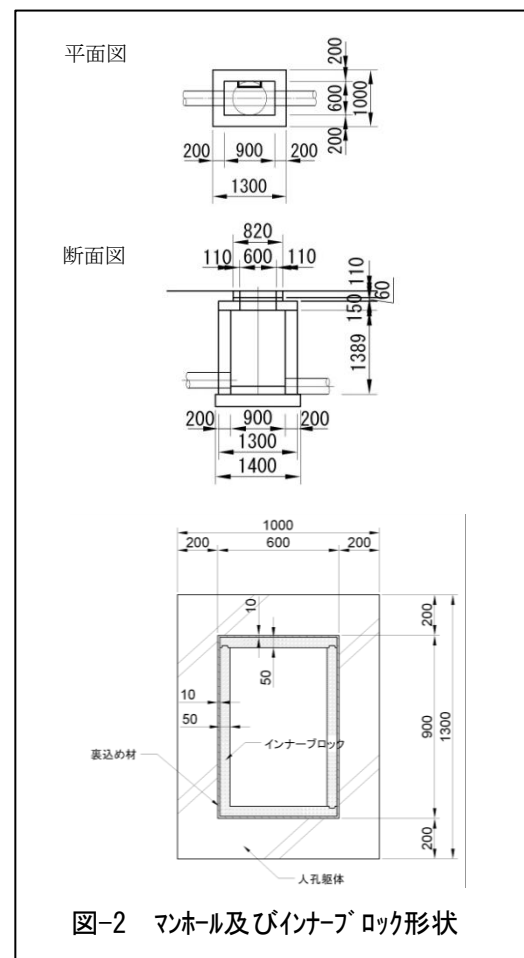


図-2 マンホール及びインナーブロック形状

- 1) マンホール壁面厚さに対し、インナーブロック厚が薄く、構造的な中立軸が大幅に内側へずれると想定される。インナーブロックをマンホール本体と一体化する施工（すなわち本体をはつり、アンカー等で一体化する）ではないため、外力の伝達機構がどのように変化するのが明確でない。
  - 2) インナーブロックは 20kg 以下の分割片としてマンホール内へ搬入し、組合せて設置する。各ブロックの接合部は剛結しないのでヒンジ状であり、曲げモーメントをキャンセルする。接合部が多数ある場合、外側の本体側壁との応力的な分布がどのように変化するのが分からない。
- (3) 地盤条件

地盤条件を図-3 に示す。マンホールは河川の旧河道に位置し、地表面より 2m 程度はN値 2 の非常に緩い砂質土層が存在している。そのため、マンホールが位置する地盤は液状化が発生する結果となった。

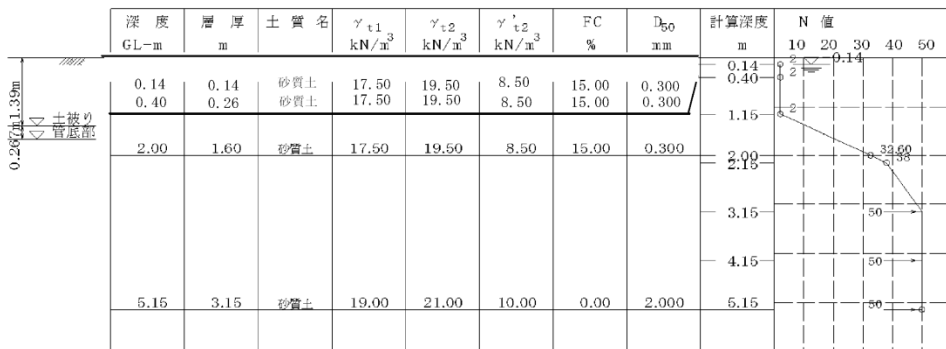


図-3 地盤条件

(4) 検討ケース

今回の検討では、図-4 に示すように、インナーブロックの効果を確認するため、インナーブロックがある場合と無い場合の 2 ケースを行うものとした。

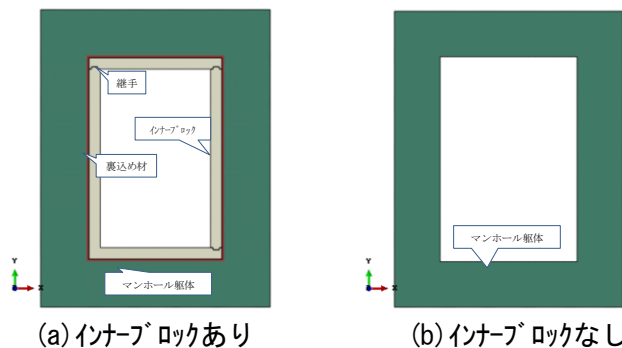


図-4 解析ケース

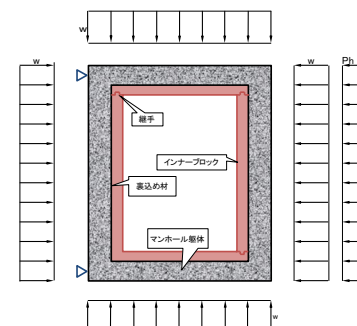


図-5 作用荷重

(5) 解析モデル

今回の検討では、インナーブロックが外荷重に対してどの程度分担するかを確認するため、解析モデルを水平輪切り断面とし、下水道施設耐震計算例の現場打ちマンホールと同様に図-5 に示すようなモデルとした。また、インナーブロックの継手部分は図-2 に示すようにオスメスの関係にあることから、その部分については接触面を設定しせん断のみを伝えるモデルとした。この継手は 3 箇所であり、静定構造である。また、物性値は表-1 のとおりとした。作用させる荷重は、常時荷重と地盤の応答変位量  $U_h$  と水平方向地盤反力係数  $K_h$  を乗じて求めた地震水平力  $Ph$  を足し合わせたものを、図-5 に示すように人孔外壁に作用させた。

表-1 材料の物理定数と許容応力度

材 料	弾性係数	ポアソン比	曲げ圧縮強度	曲げ引張強度
コンクリート( $\sigma_{ck}=18\text{N/mm}^2$ )	22kN/mm <sup>2</sup>	0.20	7N/mm <sup>2</sup>	0.23N/mm <sup>2</sup>
裏込め材( $\sigma_{ck}=18\text{N/mm}^2$ 相当)	22kN/mm <sup>2</sup>	0.20	7N/mm <sup>2</sup>	0.23N/mm <sup>2</sup>
インナーブロック(ねずみ鉄 FC250)	170kN/mm <sup>2</sup>	0.25	120N/mm <sup>2</sup>	60N/mm <sup>2</sup>

### 3. 解析結果

インナーブロックがある場合と無い場合の解析結果(最大主応力図)を図-6に示す。インナーブロックがない場合の人孔躯体部の最大の数値は  $1.64 \times 10^5 (N/m^2)$  を示しているのに対し、インナーブロックがある場合の人孔躯体の最大の数値は  $4.60 \times 10^4 (N/m^2)$  を示しており、インナーブロックを設置することにより、人孔躯体に発生する力が3割程度に低減されている事がわかった。

断面力に換算した結果、人孔に発生している曲げ引張応力度は、補強前  $0.21 N/mm^2$ 、補強後  $0.07 N/mm^2$  と3割程度の値となり、インナーブロックに発生する引張応力度は最大  $1.7 N/mm^2$  程度と小さな値であり、許容値に対して大きく下回る結果となった。一方、裏込め材については、曲げ引張応力度が  $0.004 N/mm^2$  であり十分安全であることが分かった。

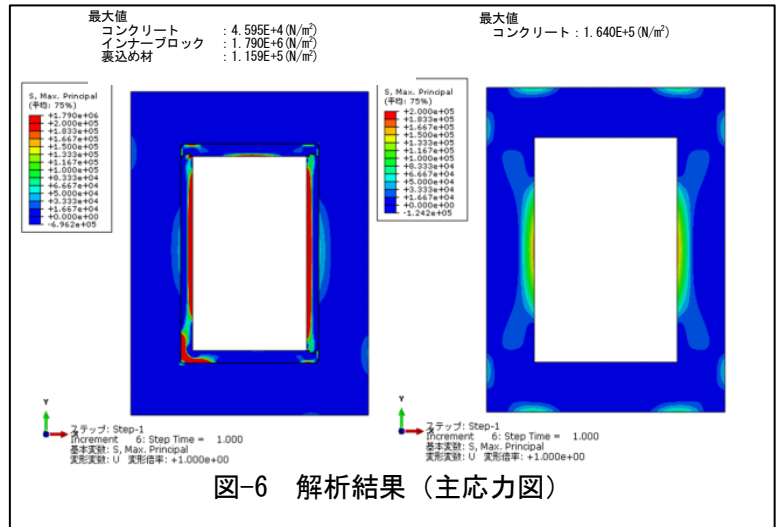


図-6 解析結果(主応力図)

表-2 解析結果の整理

照査位置	補強前後	軸力	曲げモーメント	せん断力
人孔躯体	補強前	$1.180 \times 10^4$	$1.484 \times 10^3$	$6.475 \times 10^{-2}$
	補強後	$4.811 \times 10^3$	$4.671 \times 10^2$	$1.523 \times 10^2$
インナーブロック	—	$7.109 \times 10^3$	$6.985 \times 10^2$	$1.080 \times 10^2$
充填材	—	$7.019 \times 10^1$	$6.237 \times 10^{-2}$	$1.961 \times 10^0$

注：単位はN、N-m

### 4. おわりに

インナーウェイト工法は、人孔の浮上防止を目的に開発された工法である。今回の2次元FEM解析では、定性的であるが、人孔内側のインナーブロックが地盤から作用する荷重を受け持つことから、人孔に発生する断面力を低減し、側壁の耐震性能を向上させる効果があることが実証できた。

今回のモデルは比較的小さな平面形状であるため、平面形状の大きさ、人孔の壁厚、インナーブロックの厚さにより、インナーブロックの荷重負担率は変化するものと考えられ、それらの評価を検討するとともに、今後、この結果を踏まえた実験を行うことにより、実構造物に対しても有効な対策として実証していくことが必要と考える。

**謝辞** 論文作成に当たり、統括指導していただきました相原素晴氏、並びに2次元FEM解析をしていただきました、(株)中電シーアイ永坂英明氏には大変お世話になりました。ここに謝意を表します。

- 参考文献**：
- ・青野、相原、西脇、高橋、石川、國生、遠藤：重量化による液状化時のマンホールの浮上防止効果、第47回下水道研究発表会講演集：社団法人日本下水道協会、pp.149-151、2010.7
  - ・青野、相原、西脇、福原、高橋、石川：マンホール内側を重量化した浮上防止対策工法の開発と実施事例、第49回下水道研究発表会講演集：社団法人日本下水道協会、pp.379-381、2012.7
  - ・マンホールの重量化による液状化時の浮上防止技術『インナーウェイト工法』に関する技術評価報告書、技術推進ライブラリーNo.12：公益社団法人土木学会、2012.6
  - ・道路橋示方書 I 共通編：公益社団法人日本道路協会、2012.3

**問合せ先**：日本水工設計株式会社 東京支社 下水道二部 管渠設計課 青野 紀夫

〒104-0054 東京都中央区勝どき 3-12-1 フォアフロントタワー TEL:03-3534-5513 E-mail:n-aono@n-suiko.co.jp