

鑄物製品の強度評価

機械金属室 羽地 龍志 國吉 和男
舟木 大輔* 西 裕之*
呉屋 守章**

1. 緒言

鑄鉄は一般的にもろく、衝撃に弱いので、鍛造や圧延等の熱間加工には不適であるが、他の炭素鋼と比較して融点が低くて鑄造しやすく、且つ機械加工が容易であり、しかもその価格が安いという特徴がある⁽¹⁾。

現在、沖縄県内で生産されている銑鉄鑄物にはマンホール鉄蓋、グレーチング等、生活に密着した多くの製品がある。マンホール鉄蓋は、下水道の開始と共に古くから用いられているが、近年の交通量の増大化、車両の大型化に伴い、がたつきや破損などの問題から材質や構造的な改良が加えられている^(2,3)。しかしながら、製品の荷重試験時における実測たわみ量と設計時の理論強度計算値には開きがあるなどの問題が見られる。

本研究は平成8年度に行った丸形マンホール鉄蓋モデルの強度に関する検討⁽⁴⁾に引き続き、角形マンホール鉄蓋モデルを用いて荷重実験を行い、荷重実験時のたわみの実測値と理論計算値との開きの直接的な要因や、「等価曲げ剛性」の妥当性を検討し、従来用いられている簡易設計法⁽⁵⁾に反映することを目的とする。

2. 実験材料および実験方法

2.1 マンホール鉄蓋モデル

鑄物製品に荷重を负荷したときに発生するたわみに対するリップの有無やその形状による影響の推定のために4種類の鉄蓋モデルを設計し、それぞれ8枚ずつ作製した。作製した簡易鉄蓋モデル(モデル1~3)および製品鉄蓋モデル(モデル4)を図1に示す。この場合、一度に全ての鉄蓋モデルを鑄込むことは溶解炉(2ton炉)の容量上困難だったため、球状黒鉛鑄鉄(JIS G 5502)のFCD600相当の化学成分になるように調整した8チャージ分の溶湯(溶湯No.1~No.8)を用い、各チャージから各鉄蓋モデルを1枚ずつ鑄込んだ。

各溶湯の化学成分測定の結果、表1に示すような測定値の範囲に入っていた。

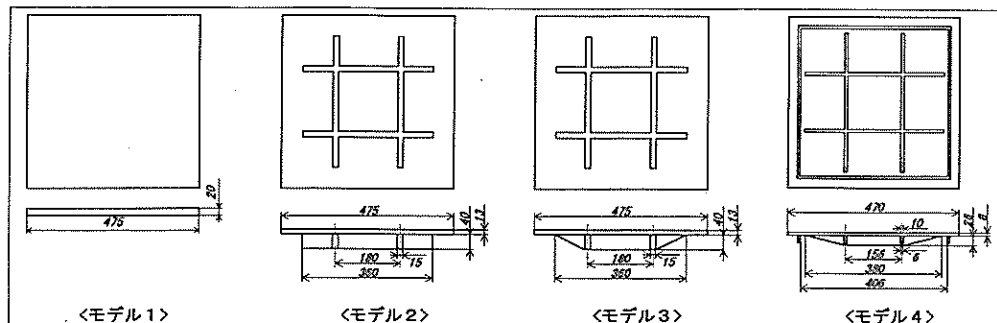


図1 簡易鉄蓋モデル

*琉球大学 工学部 機械システム工学科 **琉球大学 工学部 機械システム工学科

表1. 溶湯の化学成分

C	Si	Mn	P	S	Cu	Mg
3.8518 ~ 3.6694	2.4724 ~ 2.4025	0.5556 ~ 0.5454	0.0332 ~ 0.0262	0.0106 ~ 0.0075	0.2516 ~ 0.2473	0.0538 ~ 0.0455

2.2 機械的性質

角形マンホール鉄蓋モデルは平成8年度に作製した丸形マンホール鉄蓋モデル作成時に同時に鋳込んだものであることから、理論強度計算中で使用する機械的性質等については表2に示す値を用いた。

表2. 諸機械的性質

ヤング率 (GPa)	硬さ (HB3000)	引張強度 (MPa)
153±3	180~211	551.6~609.3

2.3 実験方法

鉄蓋モデルと受枠の接触面でのがたつきを軽減するために、接触面に機械加工を施した後、図2に示すJIS A 5506に準ずる荷重実験を行った。

— 荷重実験手順 —

- 1) 受枠上に鉄蓋モデルを載せる。
- 2) 鉄蓋モデルの上部中心に良質のゴム板（厚さ6mm、中央部約φ50mmの穴有）を載せる。
- 3) ゴム板の上に鉄製載荷板（200mm*250mm*50mm）を置く。
- 4) 載荷板の上に鉄製やぐらを置き、その間に測定最小単位0.01mmのゲージを、針が鉄蓋モデル中央表面に接触するように両端をマグネットベースで固定して支持する。
- 5) ゲージの目盛りを0にする。
- 6) 初期荷重を加える。

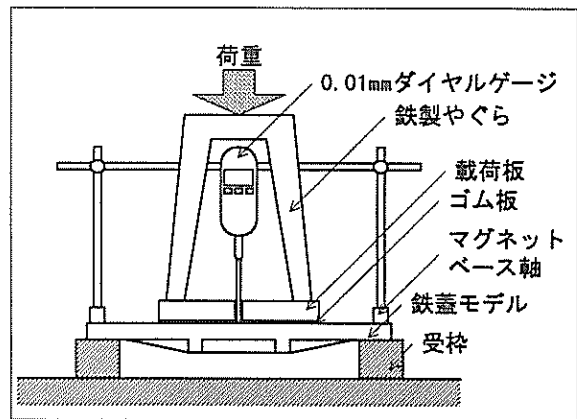


図2 荷重実験概略

注) 製品鉄蓋モデルの荷重実験の場合、受枠と鉄蓋モデルとのがたつきを防止す

ために、あらかじめ実験荷重と同一荷重を加え、受枠に鉄蓋モデルが食い込むようにする。

- 7) 所定の荷重におけるゲージの値を読み取り、たわみ量を記録する。
- 8) 最大負荷荷重に達したら荷重を徐々に除去する。
- 9) 以上の手順を3回繰り返す。

荷重実験に際しては、鉄蓋モデルと受枠の接触面のがたつきおよび万能試験機定盤と受枠の接触面のがたつきなどを軽減するために、表3に示す条件で荷重実験を行った。

表3. 荷重実験条件

モデル名	初期荷重	最大負荷荷重	たわみの測定方法
1	1kN	30kN	所定の最大負荷荷重まで5kNごとに測定
2, 3	1kN	50kN	所定の最大負荷荷重まで5kNごとに測定
4	1kN	40kN	所定の最大負荷荷重まで5kNごとに測定

2.4 等価曲げ剛性の導入

従来の簡易設計法においては、荷重負荷時のたわみの理論値を求める際に必要な曲げ剛性を、鉄蓋上部の角板と角板を補強するためのリブそれぞれの曲げ剛性を全体図心に関する断面2次モーメントとして評価し、その和をリブ間の距離で除することにより得ている。

本研究においては、4本のリブを1本の梁とみなし、この仮定の梁に対する荷重負荷時のたわみの量と同じだけのたわみを生ずる仮想角板を用いる「等価曲げ剛性」を導入した。図3に等価曲げ剛性の概念および概略図を示す。

- 1) リブに注目し、4本のリブを1本の梁と考える。
- 2) 荷重Pを負荷することによって梁に生じるたわみをwとする。
- 3) 荷重Pを負荷したときに梁と同じ量のたわみwを生ずる仮想的な角板を考える。
- 4) 仮想角板の厚みtを求める。

上記1)~4)の手順により、傾斜無しリブ付き角板マンホール鉄蓋を、仮想角板の厚みtとリブ上部の角板の厚みTを加えた、厚み(t+T)の角形平板に置き換える。角板に荷重が作用するときに生じるたわみ量を求め、これを比較値とした。

3. 結果および考察

図4~図7にマンホール鉄蓋モデル荷重実験結果を示す。

図4は、モデル1の実験値とチモシェンコによる従来の設計法を導入したときのたわみの理論計算結果を比較したものである。実験値は理

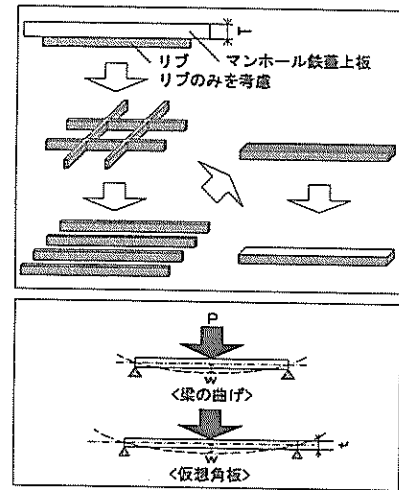


図3 等価曲げ剛性の概念

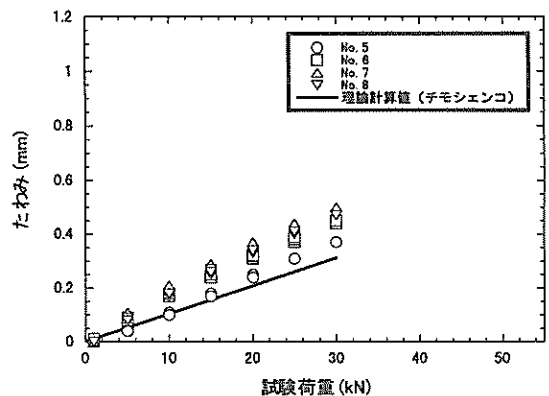


図4 荷重実験結果 (モデル1)

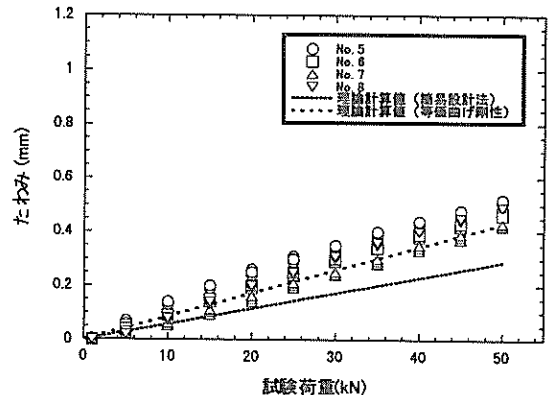


図5 荷重実験結果 (モデル2)

論計算値よりも大きく、負荷荷重の増加に伴い理論値との開きが大きくなることからわかる。最大負荷荷重30kNにおける理論値が0.31mmであることに對して、実験値は0.37~0.45mmとなった。

図5はモデル2の実験結果と従来の簡易設計法を用いた理論計算値および等価曲げ剛性を導入したときの理論計算値との比較である。最大負荷荷重50kNにおける実験値が0.42~0.52mmとなっていることに對して、従来の設計法を用いた理論値が0.29mm、等価曲げ剛性を導入した理論値は0.43mmであり、等価曲げ剛性を導入した計算法は、従来の設計法と比較するとより実験値に近い結果を得た。

図6はモデル3に對して行った荷重実験の結果である。リップの形状によるたわみの発生量の影響の有無を調べるために、モデル2およびモデル3の結果を用いて、同一溶湯で鋳込んだモデル間の差の検定 ($\alpha=0.05$) を行った。その結果、溶湯No. 6以外の鉄蓋モデルで有意差が見られ、リップ形状による影響があると判断される。リップ形状の影響を詳しく調べるためには載荷面積、設定荷重値の拡大等、実験条件を検討する必要がある。

図7はモデル4に對して行った荷重実験の結果である。荷重の増加に伴い実験値と理論値との開きが大きくなる。

モデル1から3の実験結果で、各溶湯間のたわみの値にばらつきが見られる原因として、冷却時によるひけのために各鉄蓋モデル上部の角板部の板厚が一定でなかったことが挙げられる。モデル4の場合、他鉄蓋モデルと比較して、①角板部分の板厚が薄い ②リップの形状が複雑 ③鉄蓋上面に模様が施されているなど、他の鉄蓋モデルには見られない構造による影響が要因と考えられる。

4. 結 言

実荷重試験時に発生するたわみを推定できる理論式の確立を目的に実荷重試験を重ねた結果、等価曲げ剛性を導入したたわみの理論計算値は、従来の設計法で求めたものよりも実験値に近い値を示すことがわかった。しかしながら、各モデルのたわみ発生量に関して、実験時に発生したたわみの量が小さかったため、等価曲げ剛性に関する検討のみに留まっており、従来の設計法への反映には至っていない。

今後、リップの有無やその形状によるたわみ発生量の変化をより詳しく調べ、従来の設計法に反映するためには、以下の点の検討および載荷面積、設定実験荷重値の拡大等、実験条件の検討を重ねることが必要である。

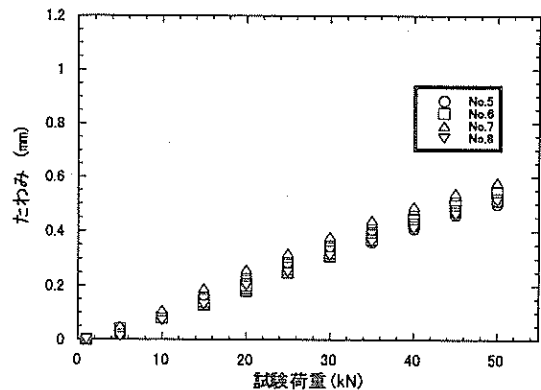


図6 荷重実験結果 (モデル3)

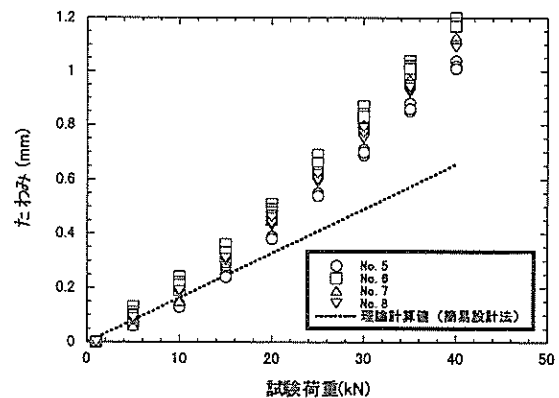


図7 荷重実験結果 (モデル4)

- ① 等価曲げ剛性を導入する際の仮定である「リブの配置の相違」による影響
- ② リブの形状（傾斜の有無）による影響

また、鉄蓋上部とリブの結合部分は応力が集中する箇所であるため、この部分に注目した構造解析等の評価を行うことにより、より適切なリブ形状・配置などが設定できるものとする。

参考文献

- (1) 鋳物データブック材料
- (2) 新鉄蓋 日乃出水道機器株式会社
- (3) 下水道用マンホールふた 解説 JIS A 5506
- (4) 鋳物製品の強度評価 羽地龍志・國吉和男ほか3名 沖工試研究報告第24号(1996)p57-p62
- (5) 航空局仕様特殊角形鉄蓋 内径450×450用(T-20) 沖縄鋳鉄工業株式会社
- (6) 若い技術者のための機械・金属材料 矢島悦次郎・市川理衛・吉沢浩一共著 丸善株式会社
- (7) 材料力学 浅岡照夫・松原典宏・小久保邦雄共著 東京電機大学出版局
- (8) 板とシェル理論(上) チモシェンコ・ヴォアノフスキリナー共著 ブレイン図書
- (9) 化学者および化学技術者のための統計的方法 石川馨・藤森利美・久米均共著 東京化学同人
- (10) 材料力学 上巻 戸口英善・川田雄一・倉西正嗣共著 株式会社裳華房
- (11) 材料力学公式集 湯浅亀一 他共著 コロナ社
- (12) すぐわかる統計解析 石村貞夫著 東京図書

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターにご連絡ください。