

# スパイラル鋼管を用いた型枠の変形挙動に関する考察

Consideration Concerning Deformation of Spiral Steel Pipe in Hollow Slab

池田秀樹\*

Hideki Ikeda

中空床版橋の I 型断面を構築するための型枠としてスパイラル鋼管が使用される。この型枠のコンクリート打設時の変形挙動に関して考察した。型枠の変形挙動は、口径と支持スパンの関係により異なり、断面変形と軸方向の曲げ変形の複合的な変形をすることが把握できた。また、断面変形は型枠の半断面まで外力が作用すると縦径が縮み横径が拡がり、全断面まで外力が作用すると元の円形に戻る性状になることが確認できた。

This paper describes the deformation of pipe in hollow slab during concrete casting. The deformation of pipe is influenced by diameter and support span. And, it has been understood as radial and axial composite deformations. The radial deformations change depending on the external force condition. Ultimately, radial transformation returns the original circular shape.

## 1. はじめに

中空床版橋は、版厚が薄く、単純な構造で施工性に優れ、支間長や橋脚構造の工夫によってはスレンダーで軽快な感じを与えることなどから、桁下空間を多く取り景観に配慮しなければならない場所に適しており、施工実績も多い<sup>1)</sup>。(図 1 参照)

この中空床版橋の I 型断面を構築するための型枠として円筒型枠が使用される。円筒型枠はコンクリートに埋設されるため、コンクリート打設時の外力に対し抵抗する性能が要求される。特にコンクリート硬化後の検査が難しいため、円筒型枠の変形挙動に関しては事前に十分把握しておかなければならない。そこで、従来、経験的に決定していた口径と支持スパンの関係を検証することにより、円筒型枠の変形性状を把握し、変形挙動について考察を行うこととした。

## 2. 円筒型枠の概要

円筒型枠は、帯状の薄肉鋼板を螺旋状に成型し相対する端部をカシメ構造にて一体化したスパイラル鋼管である。円筒型枠の表面には、コンクリート打設時の外圧に耐えるようにリブを形成している。また、円筒型枠を固定する支持部材はボルトや薄肉鋼板で構成され、コンクリート打設時にその支持部材が破壊しないよう、その仕様は決定されている。円筒型枠および支持部材の当社標準品を図 2 に示す。

## 3. 支持スパンの差異が変形性状に与える影響

### 3.1 試験概要

外力条件と口径と支持スパンの関係が相似であれば、その変形性状は一般的にほぼ同じ傾向となる。しかし、



図 1 中空床版橋

\* 建材事業部 技術開発課

支持部材は口径に関わらず同じ仕様としているため、浮力が作用する円筒型枠の支持間隔は口径によって異なる。また、コンクリート打設状況を再現する外力条件と口径の関係も明確でない。そこで、口径や外力条件の差異が変形性状に与える影響を明確にすることは困難と考え、まず、支持スパンの差異が変形性状に与える影響のみに着目し検証した。

### 3.2 水没試験

支持スパンの差異が変形性状に与える影響を検証する方法として、呼び径450mmの円筒型枠を水没させる試験を用いた。支持スパンは500mm、1,000mm、2,000mmの3種類とした。試験状況を図3に示す。

### 3.3 水没試験結果

浮上り方向の変位測定結果を図4に示す。図4より、支持スパン500mm、1,000mmの供試体の半断面水没時の変位は全ての測定点で一様に沈んでおり、横径が拡がり横長扁平に変形する性状を示していると考察できる。また、満水時の変位量は全ての測定点で一様に浮き上がり、元の円形に戻る断面変形性状を示していると考

察できる。支持スパンが2,000mmの供試体は、軸方向の変形性状が卓越し梁としての性状が顕著となった。

## 4. 円筒型枠の変形性状の把握

### 4.1 変形性状の把握方法

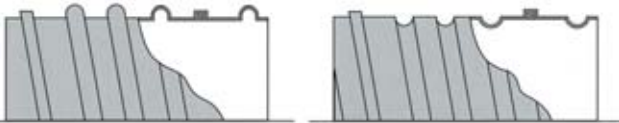
前章での検証より、支持スパンの差異が変形性状に与える影響として、呼び径に対し支持スパンが2倍程度以下は断面変形が支配的となり、4倍程度になると軸方向の梁変形が支配的となる結果となった。

そこで、変形性状の把握は、大口径と小口径に分け検討することとした。

大口径に関しては、板厚1.0mmで最も径が大きい呼び径1,100mmを採用し、支持スパンは過去のカタログ値の最大である1,200mmとした。検証項目は、水没試験および有限要素解析による方法とした。

小口径に関しては、呼び径550mm、板厚0.6mmを採用し、支持スパンは過去のカタログ値の最大である2,000mmとした。検証項目は、大口径で検証した解析モデルを元に有限要素解析のみとした。

### リブ形状



外リブワインディングパイプ      内リブワインディングパイプ  
注) リブ形状、リブ本数等は製造工場・サイズによって異なります。



### 標準仕様 (参考)

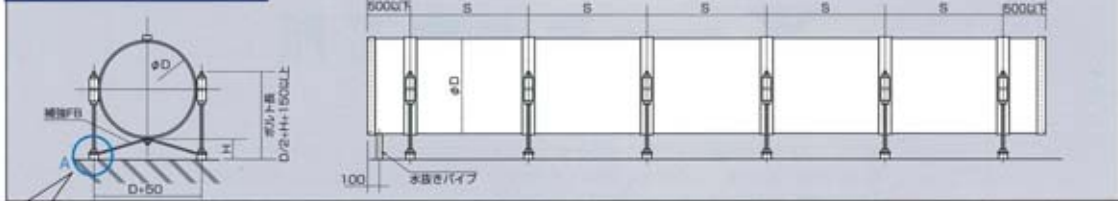


図2 円筒型枠標準品



図3 呼び径450mmの水没試験概要

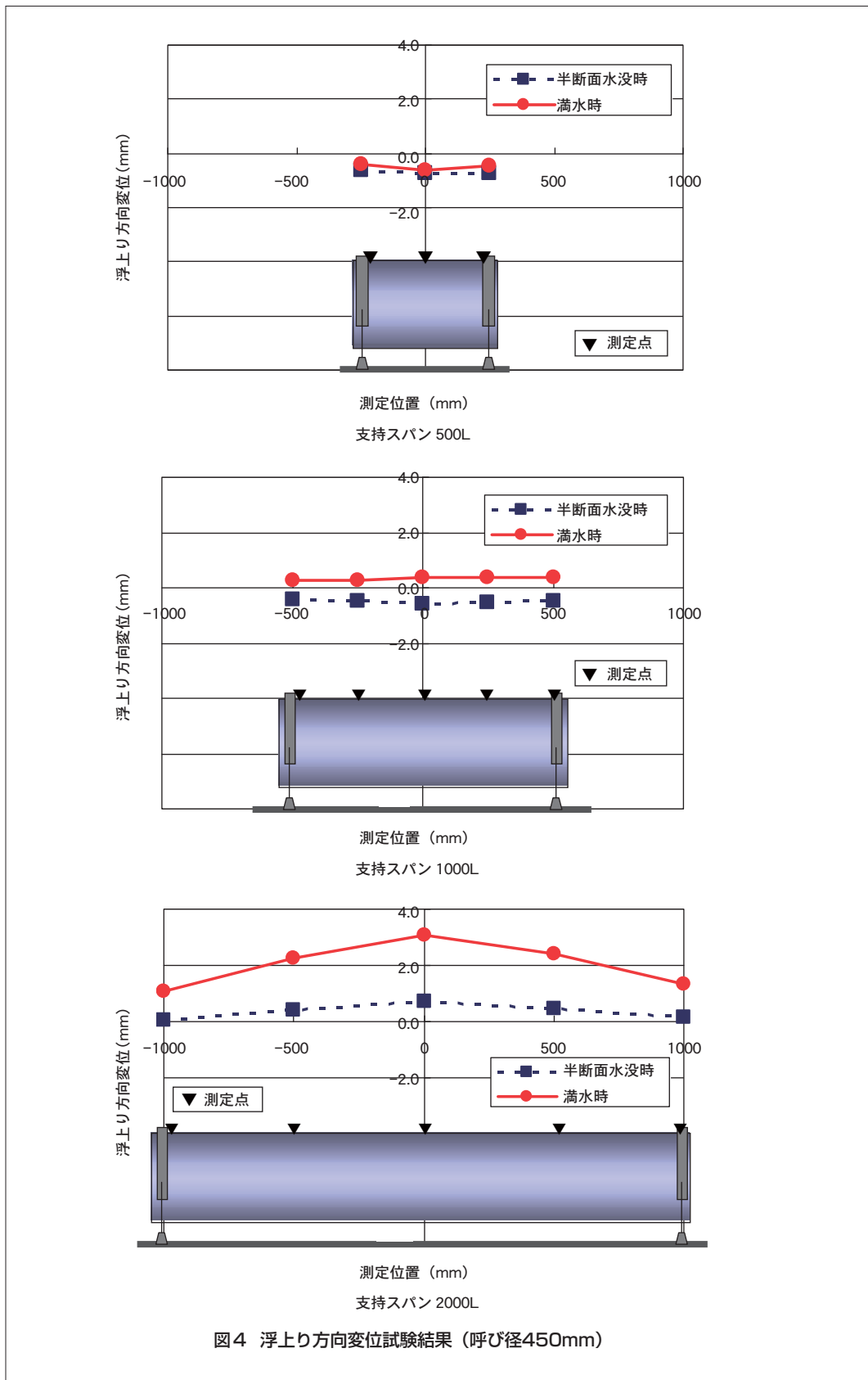


図4 浮上り方向変位試験結果 (呼び径450mm)

#### 4.2 水没試験

実物モデルの供試体を水没させることにより、大口径の変形性状を確認した。供試体は呼び径1,100mm、板厚1.0mmとし試験区間の支持スパンは1,200mmとした。供試体の支持方法は、円筒型枠端部のキャップ剛性が円筒

型枠の変形性状に影響しないよう、供試体の端部を3点連続支持し中央部を試験区間とした。支持部に使用した部材は標準品とした。変形測定箇所は、支持間中央部およびバンド支持部とした。

水没試験概要を図5に、水没試験結果を図6に示す。

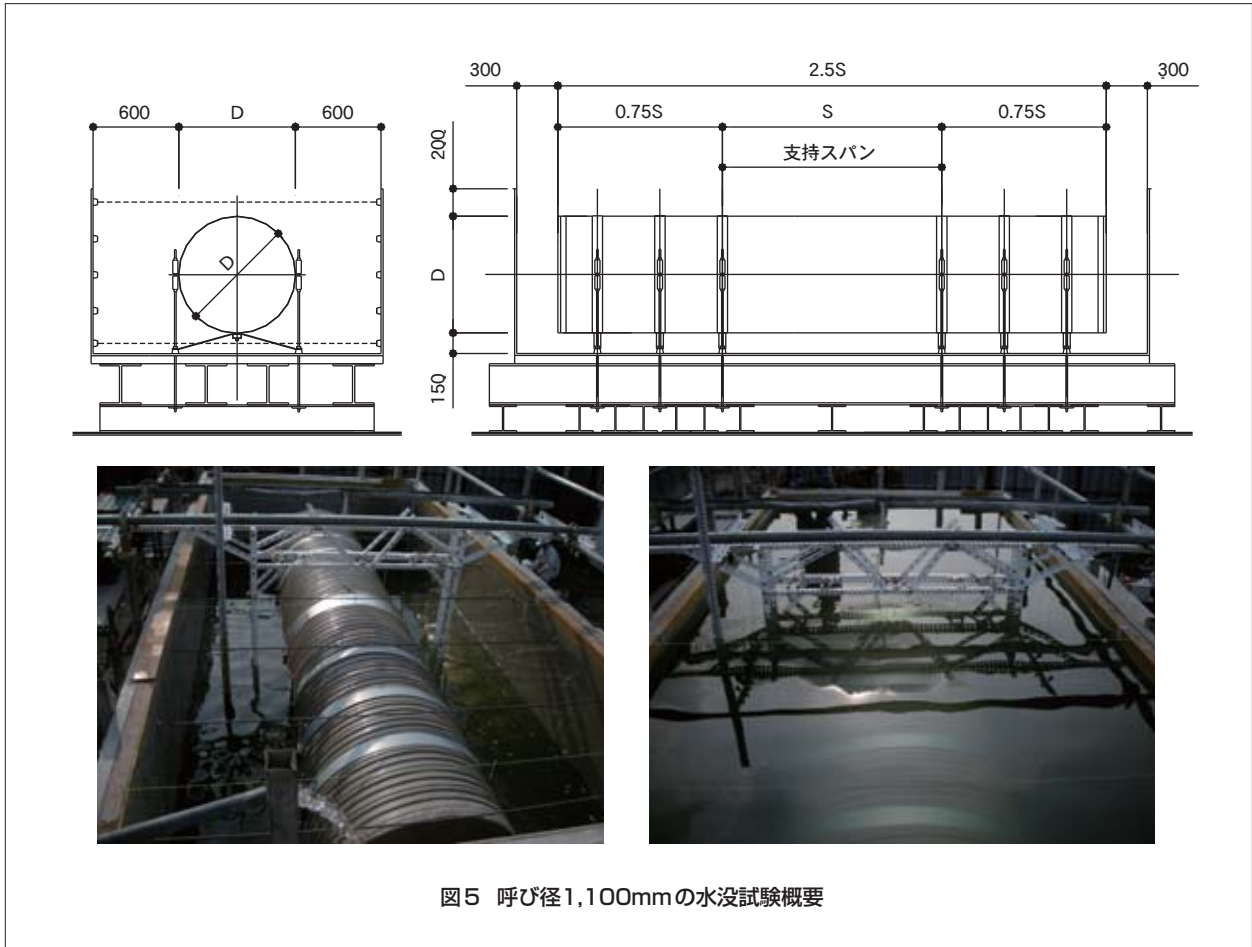


図5 呼び径1,100mmの水没試験概要

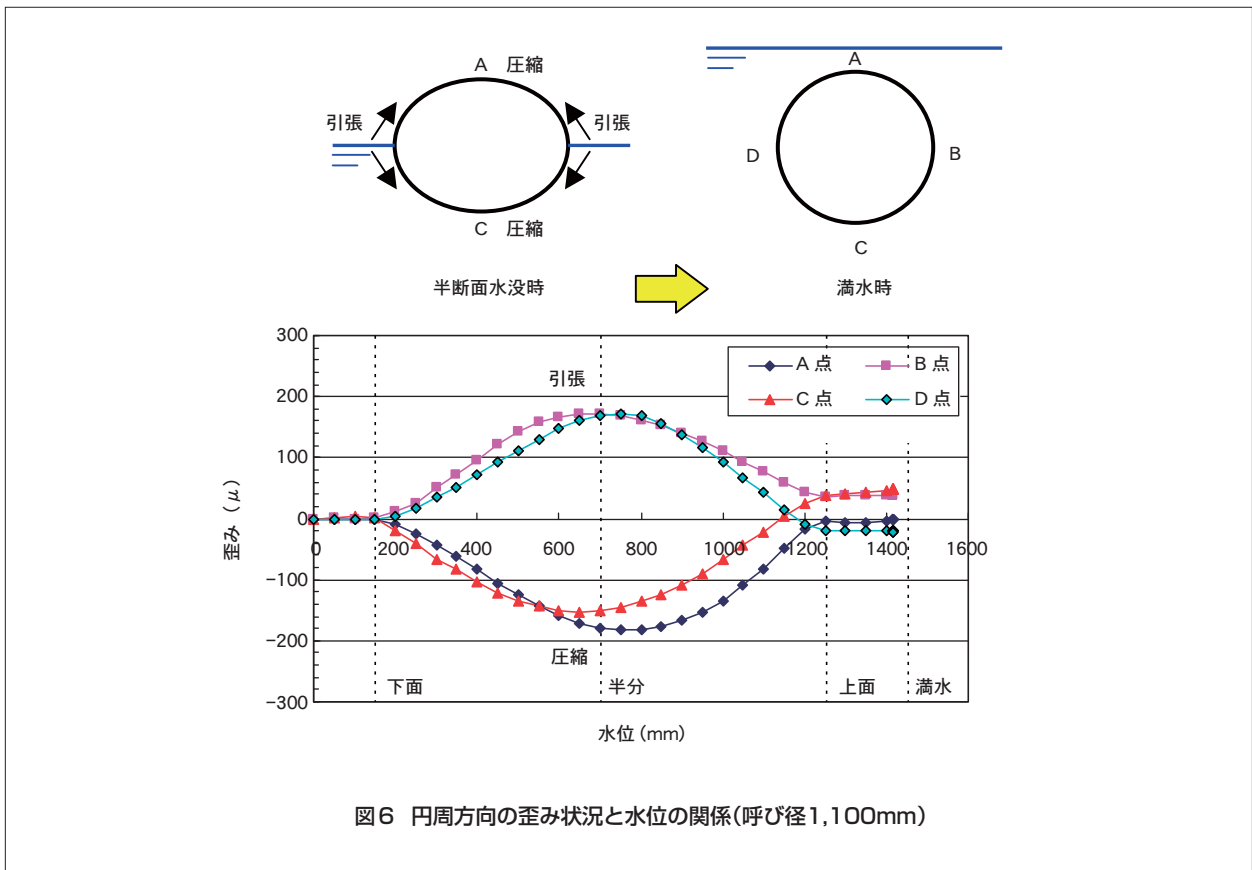


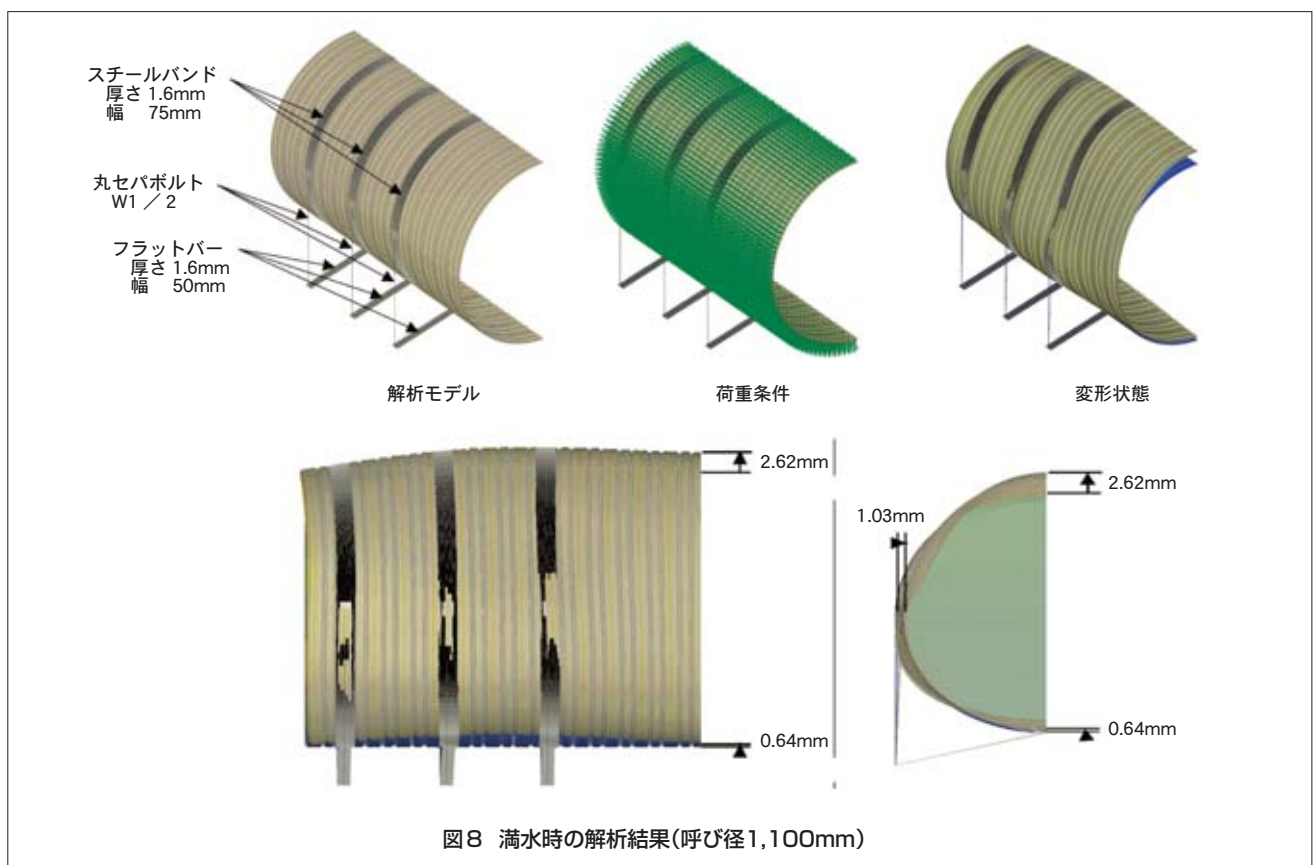
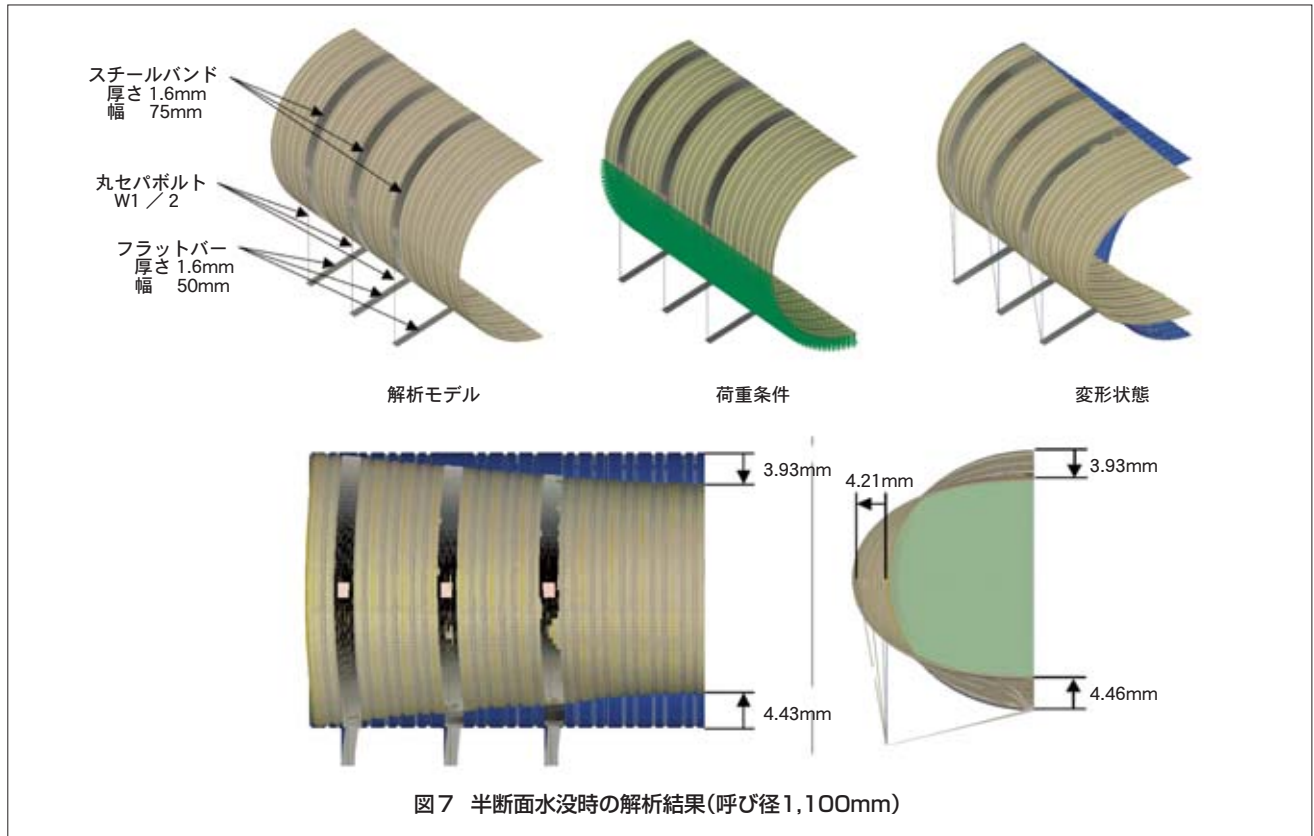
図6 円周方向の歪み状況と水位の関係(呼び径1,100mm)



### 4.3 有限要素解析モデル

水没試験と同じ条件をモデル化し有限要素解析を行った。解析ソフトは汎用有限要素解析ソルバー”NX NASTRAN”とし、シェル要素の3次元立体解析とした。解析モデル化の範囲は2軸対称性を考慮して1/4

モデルとした。円筒型枠はリブ、カシメ(板厚×4)、端部のキャップをモデル化しているがスパイラル形状は考慮していない。また、支持部は支持ボルト、バンド、補強フラットバーを実状に合わせてモデル化した。半断面水没時と満水時の解析結果を図7および図8に示す。



4.4 大口径円筒型枠の変形性状の把握

実物試験および有限要素解析結果ともに半断面水没時までは円筒型枠の縦径が縮み、横径が広がる変化を示した。その後、上面水没時までは側圧が作用し元の断面形状に戻る動きをした。また、表1に示すように円筒型枠上部変位量は、実物試験および解析結果ともに、概ね一致する傾向にあり、円筒型枠や支持部材の解析モデル化

条件の妥当性が検証できた。

表1より、コンクリートを完全流体と仮定し円筒型枠上部変位量を2.3倍すると支持バンド部の計算値で7.22mmとなる。しかし、図9に示す通常のコンクリート打設手順<sup>2)</sup>によると一度にコンクリートを打ち上げることがないため、大口径の円筒型枠に関しては完全流体としての外力は作用しにくいと考えられる。

表1 水没試験と解析結果の円筒型枠上部変位量(呼び径1,100mm)

	半断面水没時		満水時		
	試験結果 (mm)	解析結果 (mm)	試験結果 (mm)	解析結果 (mm)	解析結果 × 2.3 (mm)
支持間中央	- 3.57	- 3.93	3.63	2.62	6.03
バンド支持部	- 2.33	- 3.45	4.32	3.14	7.22

中空床版橋

桁端から順次打込みを行うが、円筒型枠の移動、浮き上がりがないように円筒型枠の1/3Dまでコンクリートを打込み、ある程度進んだ後、初めの位置に戻って上床版を打込む。打込み時には下床版に十分ゆきわたるようにする。

円筒型枠が移動浮き上がりしないように、取付けバンドや鉄筋等で堅固に取付けておくと共に、断面的に平均して打ち込む事が大切である。

打込み順序図

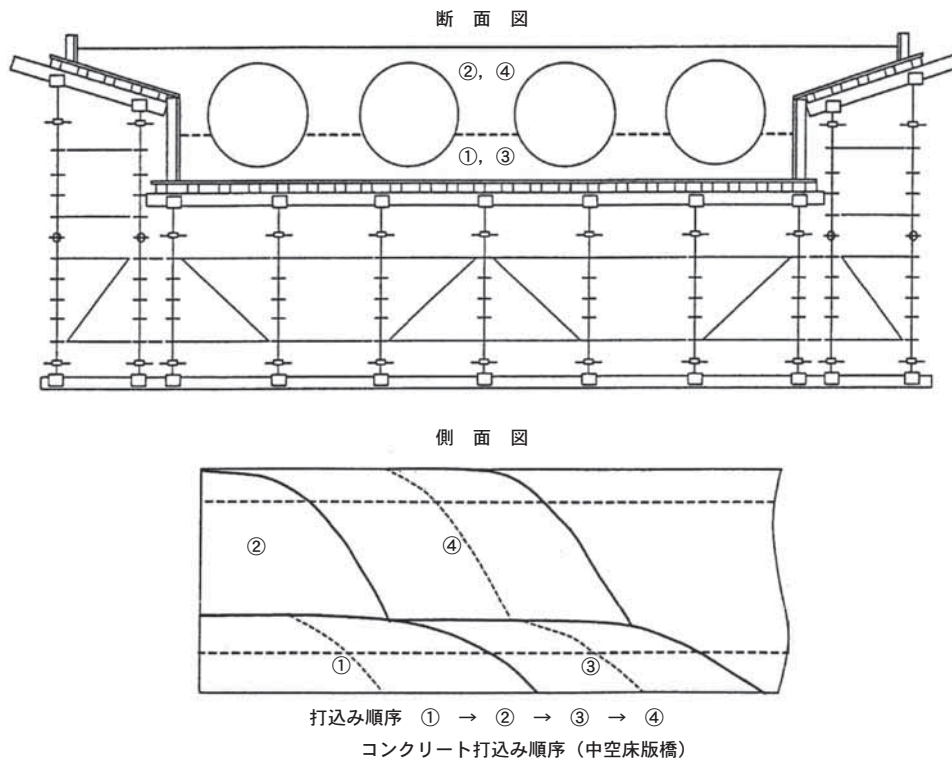


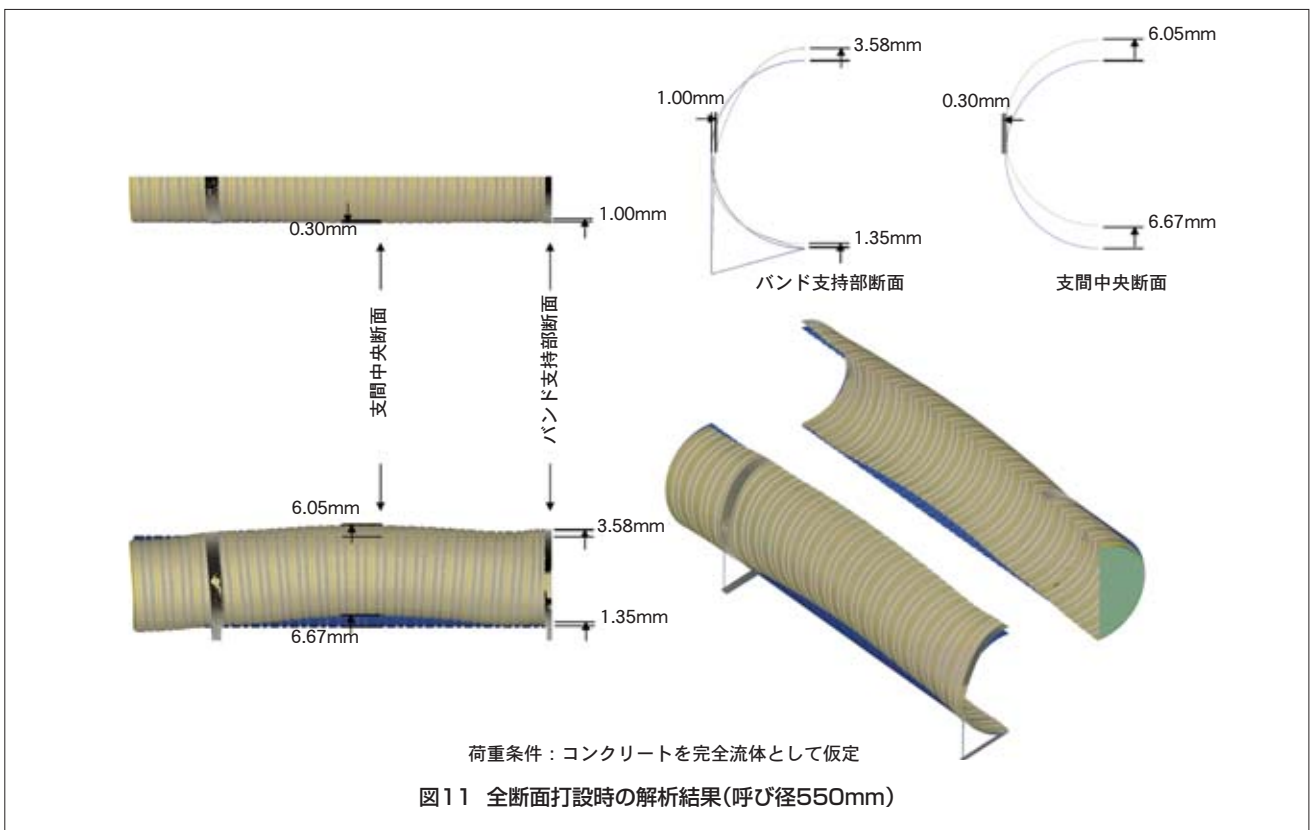
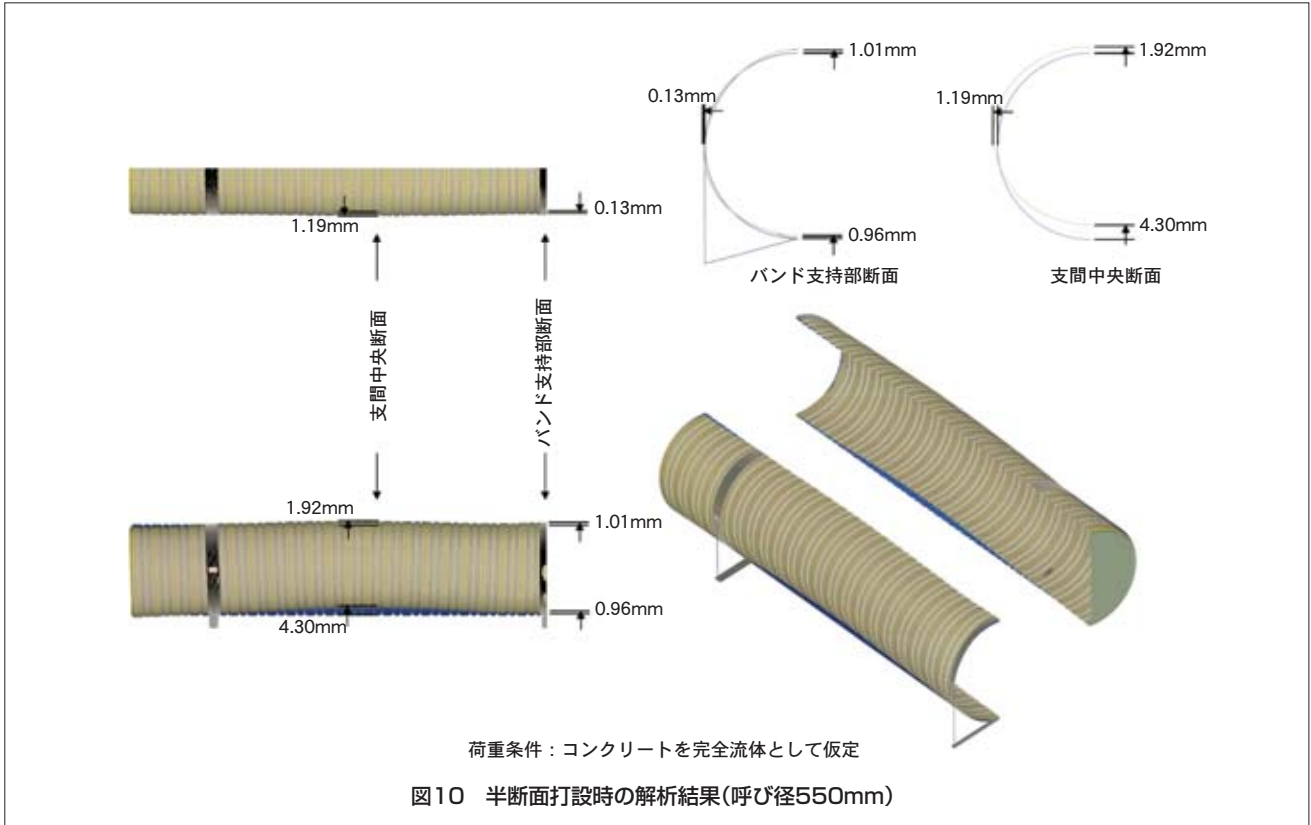
図9 中空床版橋コンクリート打設方法<sup>2)</sup>

#### 4.5 小口径円筒型枠の変形状の把握

小口径の円筒型枠の変形状を有限要素解析にて把握した。

円筒型枠や支持部材の解析モデル条件は4.3節と同様としているが、支持方法は3点張り出し梁形式とし、支持スパンは2,000mm、張り出し長さは500mmとしてい

る。外力条件は小口径であるためコンクリートを完全流体と仮定した。解析結果を図10および図11に示す。解析結果より、小口径の円筒型枠は、大口径の円筒型枠と同様に断面形状の変形が確認できたが、その値は微少であり、軸方向の変形状が卓越し梁としての性状が顕著であることが確認できた。



## 5. まとめ

円筒型枠の変形性状は、口径と支持スパンの関係により異なり、断面変形と軸方向の曲げ変形の複合的な変形をすることが把握できた。また、断面変形は円筒型枠の半断面まで外力が作用すると縦径が縮み横径が拡がり、全断面まで外力が作用すると元の円形に戻る断面変形性状になることが確認できた。

今回の検証では、基本的な円筒型枠の変形性状が把握できたが、今後、各口径、支持スパンなどの条件における円筒型枠の変形性状の検証を行う予定である。

### 参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会、コンクリート道路橋設計便覧、平成6年2月、218頁
- 2) 社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会、施工計画書作成の手引き〔場所打ち編〕、平成14年、75頁

### 執筆者

池田秀樹

Hideki Ikeda

平成9年入社

建築・土木製品の開発に従事

一級建築士

