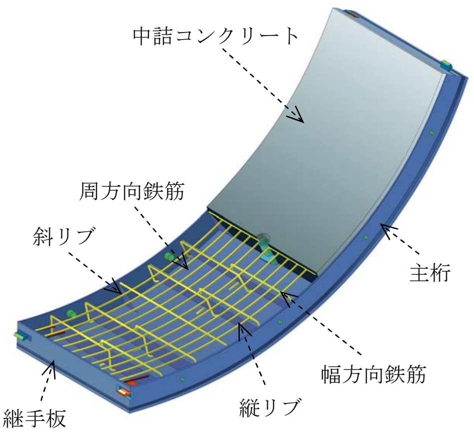
FEM 解析による合成セグメント評価手法の一考察

(株)ＩＨＩ建材工業　正会員　小林　一博　○山田　晃司
非会員　唐下　祐一
(株)ＩＨＩ　正会員　山口　隆一

１.はじめに

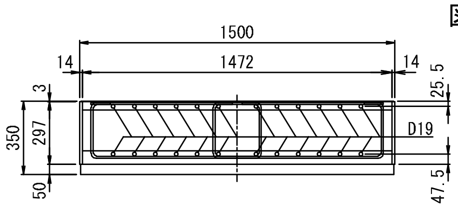
近年,鋼殻と鉄筋コンクリートから構成される合成セグメントが用いられている．一般にコンクリートは非線形性を有する材料であり，かつ鋼コンクリート合成構造の場合は鋼板との接触要素を定義する必要があること等の理由から FEM 解析の収束性が悪く，これまで合成セグメントの性能評価は解析的評価よりも載荷実験による実験的評価に重点が置かれてきた．一方，近年の解析環境の充実により鋼コンクリート合成構造であっても解析による評価が可能になりつつある．これらの背景から本稿では合成セグメントを対象に FEM 解析を行い，載荷実験結果との比較を行ったので報告する．



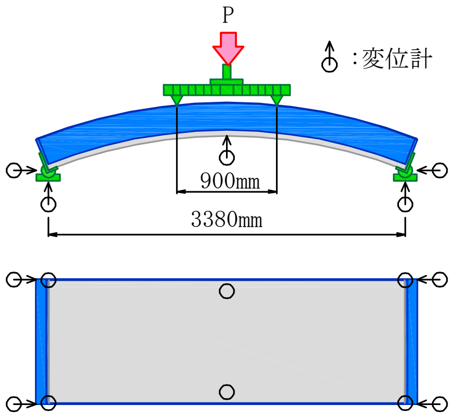
図－1　合成セグメント概念図

２.載荷実験概要

表－1 に合成セグメントの供試体諸元，図－2 に主断面概要図を示す．内外面に配置した周方向鉄筋と鋼殻の縦リブとをフープ状に加工した幅方向鉄筋により一体化させている．図－3 に試験概要図を示す．支持スパン 3380mm，載荷スパン 900mm とし，2 点載荷，両端可動支持条件にて載荷を行った．



図－2　主断面概要図



図－3　試験概要図

表－1　供試体諸元

外観形状	外径　(mm)	6700
	幅　(mm)	1500
	厚さ　(mm)	350
	f'ck　(N/mm^2)	42
SKPL	厚さ　(mm)	3
	材質	SM490A
主桁	高さ　(mm)	297
	厚さ　(mm)	14
	材質	SM490A
内面主筋	鉄筋径	D19
	本数　(本)	12
	材質	SD345
外面主筋	鉄筋径	D19
	本数　(本)	12
	材質	SD345

３.解析条件

本稿の解析は汎用有限要素解析コード ABAQUS ver.6.12 で行った．

(1)解析モデル

解析モデル図を図－4 に示す．解析モデルは対称性を考慮して 1/4 モデルとした．コンクリートはソリッド要素，鋼板はシェル要素，鉄筋はビーム要素とした．また，コンクリートと鋼板の境界面には接触要素を定義し，摩擦係数は 0.0 とした．

(2)材料物性

各材料のひずみと応力の関係を図－5 に示す．各材料の材料物性は試験結果やコンクリート標準示方書 設計編 2012 を参考に設定した．コンクリートの圧縮強度は実験値である 52.3N/mm^2，コンクリートの引張強度は 3.2N/mm^2 とした．ここで，コンクリートの引張応力の軟化域はテンションスティフニングの影響を考慮している．鋼板のひずみと応力の関係は弾性係数を 210×10^{3}N/mm^2 とし，降伏点（394N/mm^2）以降は弾性係数の 1/100 とするバイリニア型を用いた．

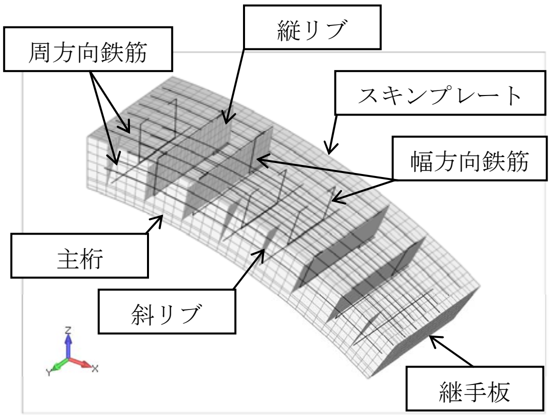
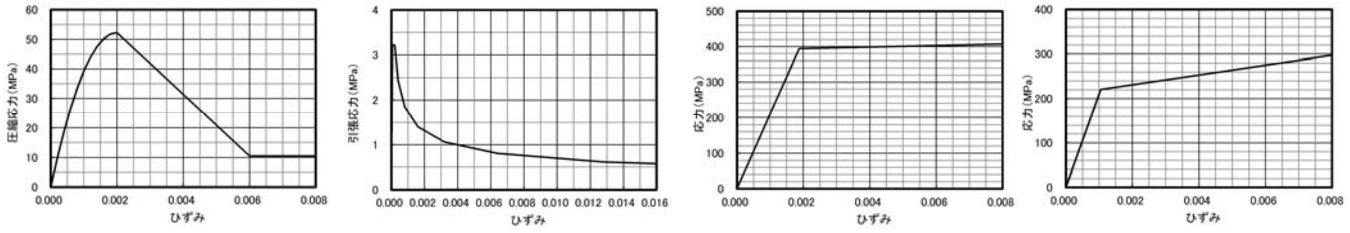


図-4　解析モデル図

キーワード　合成セグメント,FEM 解析，単体曲げ試験
連絡先　〒130-0026　東京都墨田区両国 2-10-14　株式会社ＩＨＩ建材工業　ＴＥＬ03-6271-7237

鉄筋のひずみと応力の関係は弾性係数を 210×10³N/mm² とし，コンクリートのテンションスティフニングの影響を考慮した．また，ポアソン比はコンクリート 0.2，鋼板および鉄筋は 0.3 とした．



(a)コンクリート圧縮側　(b)コンクリート引張側　(c)鋼板(主桁)　(d)鉄筋(周方向鉄筋)

図－5　各材料のひずみ-応力関係図

(3)荷重および拘束条件

本解析の荷重条件と拘束条件を図－6 に示す．荷重載荷位置は実験と同様とし，セグメント中心から 450mm の位置とした．荷重載荷方向は図－6 に示す Z 軸の負の方向とし，荷重載荷方法は解析の収束性を考慮して強制変位とした．

拘束条件は図－6 に示すように解析モデルの対称面にはその法線方向の並進を拘束した．また，支点部は実験と同様に Z 方向の並進を拘束した．

４.試験結果

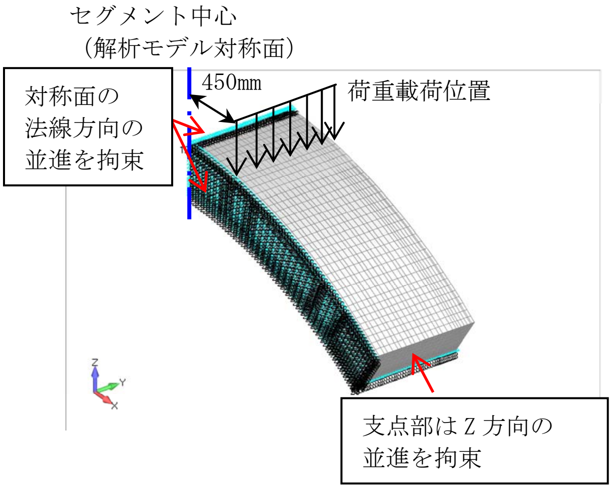
図－7 に鉛直変位と曲げモーメントの関係図を示す．破壊モーメントは実測値が 700.0kN･m，解析結果が 724.7kN･m であった．ややばらつきはあるものの実験値と解析値は概ね一致したと考えている．図－8 に鉛直変位 59.1mm の時（最大曲げモーメント時）と鉛直変位 64.1mm の時のコンクリートの最小主応力コンター図を示す．荷重載荷位置からセグメント中心側のコンクリートの上縁の最小主応力が最大曲げモーメント以降に低下しているのが分かる．荷重載荷位置よりセグメント中心側は等曲げモーメント発生区間であり，せん断力は発生しない．つまり，本実験の供試体は曲げ圧縮破壊によって部材耐力を失ったものと推測する．

５.結論

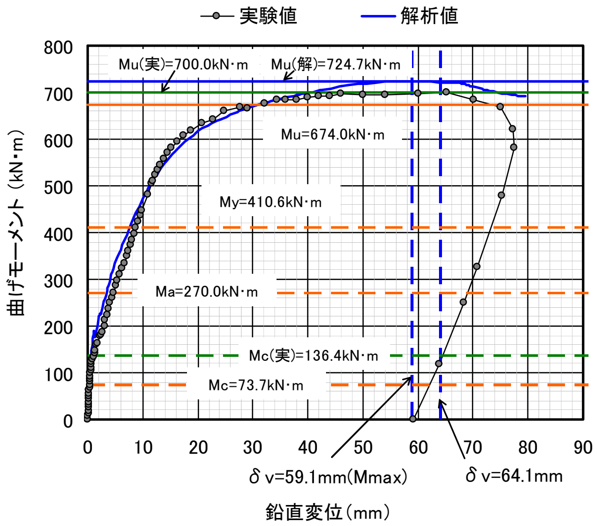
今回の載荷実験結果と解析結果は概ね一致しており，合成セグメントの性能を解析的に評価できたと考える．なお，最終的な耐力の低下はコンクリートの曲げ圧縮破壊によるものだと推測される．

６.おわりに

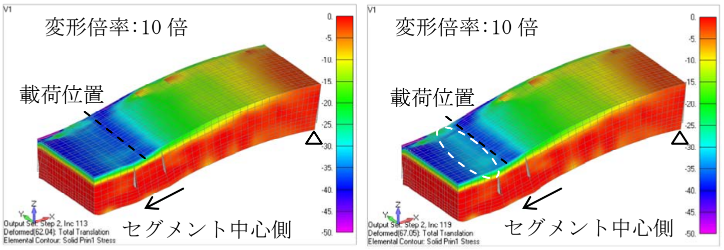
今回実施した FEM 解析により，合成セグメントの解析的評価の基礎を確立することができた．今後，解析の精度を向上させ，合理的な構造を模索するための手法として活用する所存である．



図－6　荷重・拘束条件



図－7　M-δv 関係図



(a)鉛直変位 59.1mm(Mmax)　(b)鉛直変位 64.1mm

図－8　コンクリートの最小主応力コンター図