

## ASR 劣化したプレテンション PC 桁の耐荷性能に関する数値解析的研究

琉球大学大学院 学生会員 ○金城 和久  
 琉球大学 正会員 富山 潤  
 那覇市役所 非会員 山田 将人  
 ホープ設計 正会員 金田 一男

### 1. はじめに

近年、アルカリ骨材反応 (ASR) が生じたコンクリート部材を対象に、ASR の膨張挙動評価や、ASR 損傷後の耐荷性能評価に関する研究が数多く行われている。しかし、ASR によりひび割れを生じた実構造物を対象とした研究事例は少ない。ASR 損傷した実構造物の耐荷性能の評価を行う際に、数値解析的な検討も有効であると考えられる。しかし、ASR 劣化したコンクリートの材料特性を構造物から採取したコンクリートコアから求める際、採取する位置や方向によって値がばらつく。そのため、それらを数値解析に用いる際に注意を要する。そこで本研究では、ASR 劣化し、架替えとなった橋梁から切出したプレテンション PC ホロー桁 (劣化桁) の耐荷性能評価を数値解析的に行うことを目的に、材料強度試験、静的曲げ試験および静的曲げ試験の非線形有限要素解析を実施した。比較のため健全桁についても同様の実験および解析を行った。

### 2. 構造物概要

本橋梁は、単純支持された 2 径間連結 PC ホロー桁から構成され、1~3 期工事に分けて建設された。2, 3 期工事で施工された PC 桁全面に ASR により橋軸方向に沿ったひび割れが多数確認された。なお、ASR の主要因は、細骨材に含まれる安山岩であり、1 期工事に施工された桁には含まれていなかった。健全桁、劣化桁は、それぞれ 1 期、3 期工事のものを採用した。

### 3. 強度特性

ASR 劣化した PC 桁の材料強度を評価するために、健全桁および劣化桁から採取したコンクリートコアを用いて、圧縮強度試験 (JIS A 1108) および静弾性係数試験 (JIS A 11107) を行った。表-1 にその結果を示す。表-1 より劣化桁の弾性係数は、ばらつきが大きく、また、健全桁の値より低い値を示している。健全桁の平均圧縮強度は、設計基準強度である 49MPa (500kgf/cm<sup>2</sup>) 以上を示しているのに対して、劣化桁の平均圧縮強度は、設計基準強度以下となり、健全桁の約 7 割程度の値である。このことから、ASR 劣化した PC 桁は健全桁に比べて材料強度は明らかに低下している。

### 4. 静的曲げ試験

#### 4.1 実験

静的曲げ試験を JIS A 5363 に準じて行った。図-1 に荷重試験の模式図、図-2 に試験桁の断面詳細を示す。図-3 に、荷重-たわみ曲線の実験結果と解析結果の比較を示す。ここで、たわみは梁中央のたわみである。図-3 の実験値より、劣化試験桁の曲げ耐力は、健全桁と比較して低下していることがわかる。

表-1 コアの試験結果

試験桁	健全	劣化
項目		
静弾性係数 (GPa)	37.7	8.3~21.5 (平均:15.2)
平均圧縮強度 (MPa)	60.9	44.3

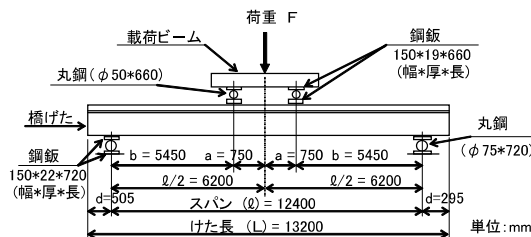


図-1 静的曲げ試験の模式図

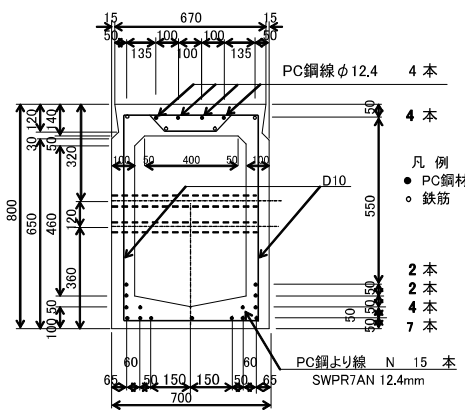


図-2 試験桁の断面詳細 (単位 mm)

キーワード ASR, 有限要素解析, 耐荷力性能

連絡先 〒903-0213 沖縄県西原町字千原 1 番地 TEL: 098-895-8649

#### 4.2 3次元有限要素法による非線形解析

健全桁および劣化桁から採取したコンクリートコアの材料強度および静弾性係数を用いて、有限要素法により静的曲げ試験の解析を行った。本解析では、構造解析用ソフトウェアである *maidas FEA* を用いた。なお、解析において、コンクリートのポアソン比、引張強度、破壊エネルギーなどは、圧縮強度から推定した値を用いている。また、鋼材の弾性係数およびポアソン比は、各々194100MPa、0.3とした。解析は、**図-4(a)**に示すように対称性を利用し、梁の1/2をモデル化した。**図-4(b)**に鉄筋およびPC鋼より線モデルを示す。コンクリートの構成則として圧縮モデルには放物線モデル<sup>1)</sup>、引張軟化モデルにはHordijkモデル<sup>1)</sup>を用いた。鉄筋および鋼より線の構成モデルは文献2)に従い設定した。非線形解析の収斂計算としてニュートンラプソン法<sup>1)</sup>を採用した。

**図-3**の健全桁(解析値1)の解析結果から、線形領域では実験結果とほぼ一致している。しかし、その後の非線形領域では、差異が生じている。劣化桁(解析値1)の解析結果は、線形および非線形領域ともに異なっている。これは、ASR劣化したコンクリート構造物から採取したコンクリートコアは、位置や方向で静弾性係数が異なり、弾性係数の値にばらつきがあり、値も低かったことが原因と考えられる。このため本研究では、劣化桁の弾性係数を修正して再度解析を行った。修正は、弾性係数の値を**図-5**に示す弾性係数と圧縮強度の関係<sup>2)</sup>から、実験で得た圧縮強度を用いて推定した。**図-3**の解析値2が、弾性係数を修正して得られた結果である。これより、線形領域において実験結果とほぼ一致していることがわかる。しかし、非線形領域で健全桁同様に実験結果と差異が生じている。その原因として、実験においてはひび割れの進行に伴い、より線とコンクリートの付着力が低下すると予想されるが、解析ではそれが考慮されていないためであると考えられる。今後付着モデルを考慮した解析を行い、詳細な検討を行う。

以上より、ASR劣化したプレテンションPC桁の非線形解析を行う際、実験から弾性係数が適切に求められない場合においても、実験で得られた圧縮強度から推定した弾性係数を用いることで、ASR劣化したコンクリート構造物の耐荷性能評価が可能であると考えられる。

#### 5. 終わりに

本研究では、ASR劣化したプレテンションPC桁の耐荷性能評価を数値解析的に行うために、実構造物から切出したPC桁を対象に静的曲げ試験およびその非線形有限要素解析を行った。その結果、実験で弾性係数が適切に求められない場合においても、実験で得られた圧縮強度から推定した弾性係数を用いることで、数値解析的にASR劣化したPC桁の耐荷性能評価が行える可能性が示された。

**謝辞：**本研究の一部は、琉球大学島嶼防災研究センターの協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。

**【参考文献】** 1)DIANA USER'S MANUAL, 2)土木学会：コンクリート標準示方書'07[設計編]

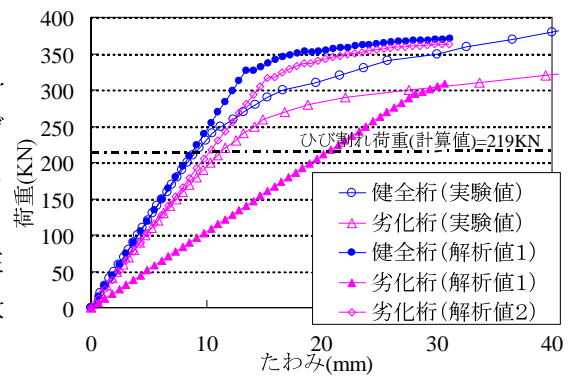
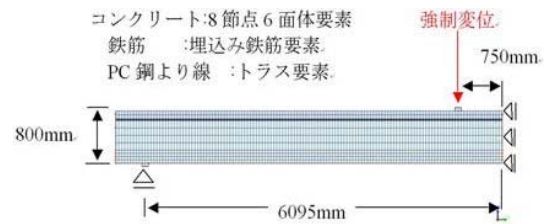
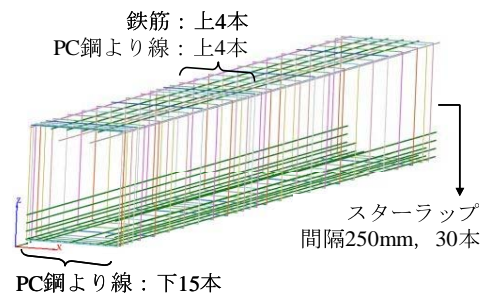


図-3 荷重-たわみ曲線



(a) 側面図 (境界条件, 荷重条件)



(b) 鉄筋およびPC鋼より線モデル

図-4 有限要素モデル

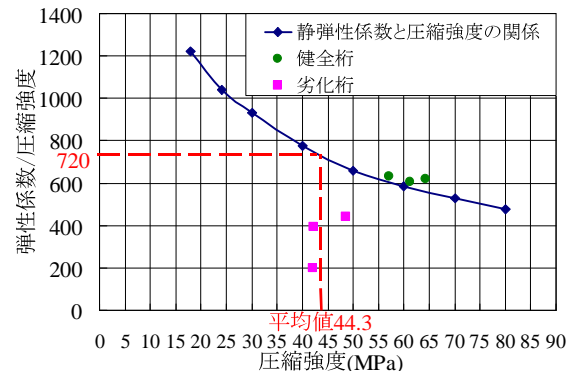


図-5 弾性係数と圧縮強度の関係