

劣化した PC 栈橋上部工の一体版構造としての構造的な性能に関する解析的検討

港湾空港技術研究所 正会員 ○田中 豊 川端 雄一郎 加藤 絵乃
 港湾 PC 構造物研究会 正会員 鈴木 良和 石井 豪 立神 久雄 小笠原 哲也
 非会員 河邊 修作

1. 目的

PC 栈橋は、各径間に並列架設されたプレキャストのプレストレストコンクリート (PC) 桁を、間詰めコンクリートと横締め PC 鋼材によるプレストレスで一体版構造とし、これを基礎杭で支持された受梁上で連結した構造である。PC 栈橋上部工の点検診断では、変状がない場合を劣化度 d, 変状がある場合を劣化度 a (部材の性能が著しく低下している状態) とする判定基準が、港湾の施設の点検診断ガイドライン¹⁾に掲載されている。そのため軽微な変状であっても、PC 栈橋上部工の性能が低下していると判断される。しかし、PC 桁同士は横締め PC 鋼材によるプレストレスで一体化されているため、荷重分配が期待できること、設計においては PC 桁単体ではなく、一体版構造として性能を評価していることから、一部に劣化が生じた PC 栈橋上部工においても一体版構造としての性能を評価することが適切と考えられる。そこで本検討では、様々な劣化状態を想定した非線形三次元有限要素法 (FEM) 解析を実施し、一体版構造としての構造的な性能を把握することを目的とした。

2. 解析概要

本検討では、14本のプレテンションホロー桁 (全長: 11,800 mm) を法線平行方向に配置した実際の PC 栈橋を参考に解析モデル (図-1) を作成し、PC 桁の様々な劣化状態を想定した13ケースの解析を実施した (表-1 および図-2)。なお、間詰めコンクリート、横締めの PC 鋼材および定着板は劣化していないものとして扱った。また、荷重として永久荷重と変動荷重を考慮し、G1 桁支間中央の曲げモーメントが最大となるように変動荷重作用位置を決定した。

解析プログラムは、汎用 FEM 解析プログラム DIANA²⁾を用いた。ひび割れモデルは全ひずみ固定ひび割れモデル、コンクリートの圧縮側の特性には Parabolic モデル、引張側は Hordijk モデルを用いた。

キーワード PC 栈橋上部工, 構造的な性能, FEM 解析

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 港湾空港技術研究所 TEL: 046-844-5059

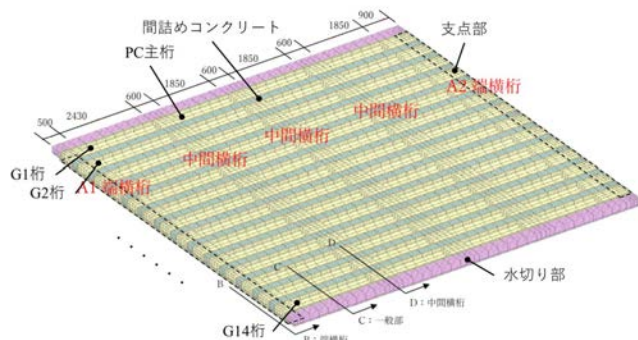


図-1 PC 栈橋上部工の解析モデル

表-1 解析ケース一覧

ケース	PC 鋼材の破断本数※	かぶりのはく落	劣化した PC 桁数	PC 桁の劣化範囲
0	0 / 11	なし	0 / 14	なし
1	3 / 11	なし	2 / 14	支点部
全長				
2				
3	7 / 11	一部 (W230mm × t70mm)	2 / 14	支点部
4				全長
5				
6	7 / 11	一部 (W230mm × t70mm)	2 / 14	支点部
7				全長
8				
9	11 / 11 (全数)	全幅 (W700mm × t70mm)	2 / 14	支点部
10				全長
11			7 / 14	支点部
12	全長			

※最下段の PC 鋼材のみ

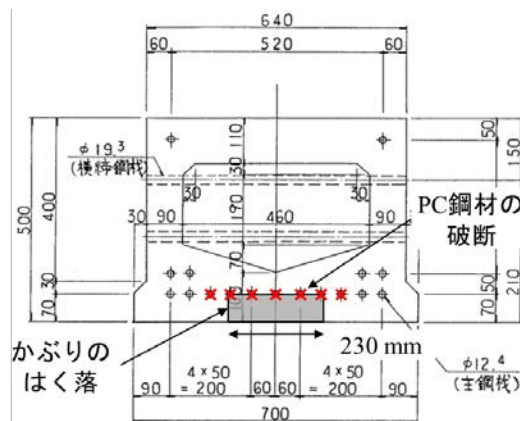


図-2 PC 桁断面および劣化状態の想定例 (ケース 5~8)

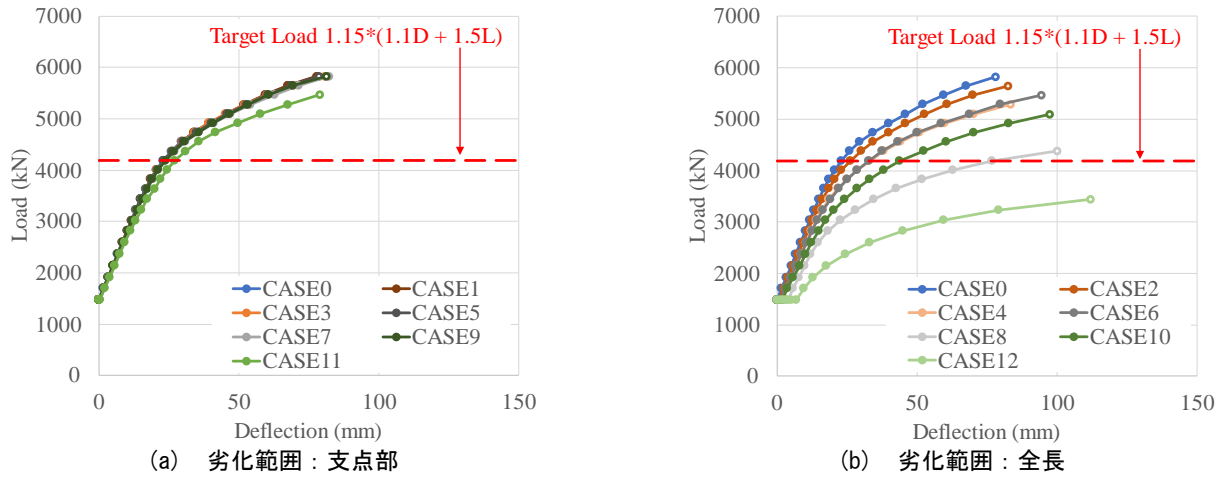


図-3 荷重－変位関係 (G1 桁支間中央変位)

表-2 曲げ耐力比

ケース	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
曲げ耐力比	1.39	1.39	1.35	1.39	1.26	1.39	1.30	1.39	1.04	1.39	1.22	1.30	0.82

PC 鋼材の降伏条件は Von Mises 基準を用いたトリリニアモデルとし、第 1・第 2 折れ点は、 $0.84f_{ud}$ 、 $0.93f_{ud}$ (15,000 μ)、3次勾配は初期勾配の 1/10,000 とした。

3. 解析結果

図-3 に荷重－変位 (G1 桁支間中央) 関係を示す。白抜きは PC 桁上縁の圧壊が確認された荷重－変位である。PC 桁の劣化範囲が支点部付近のケースにおいては、想定した劣化状態が最も厳しいケース 11 (PC 鋼材破断本数：11 本、劣化桁数：7 本) を除いて、健全状態と概ね同程度であり、本検討で着目した支間中央における変位には、支点部付近の劣化状態の違いによる影響は小さいものと推察された。PC 桁の劣化状態が全長に亘っているケースでは、想定した劣化状態が厳しいほど耐荷性能が低下していることが確認された。なお、ケース 11 以外は G1 桁支間中央上縁が圧壊したが、ケース 11 では G1 桁の劣化範囲の端部において上縁の圧壊が確認されたため、支点部付近の劣化が著しい場合は、支間中央だけでなく支点部における破壊にも注意が必要である。

表-2 に曲げ耐力比を示す。ここで、曲げ耐力比は、FEM 解析により PC 桁上縁の圧壊が確認された荷重を、設計当初における終局限界状態相当の荷重で除した値と定義した。そのため、曲げ耐力比が 1.0 を下回る場合は、終局限界状態に至る前に PC 桁上縁に圧壊が生じており、安全性を満足していないと見なせる。表より、想定した劣化状態が最も厳しいケース 12 (PC 鋼材破断本数：11 本、劣化桁数：7 本、劣化

範囲：全長) のみ 1.0 を下回る結果となった。このことから、PC 桁単体では劣化により構造性能が相当低下していると考えられる場合であっても、一体版構造としては終局限界状態において、設計当初の構造性能を維持していると評価できる可能性が示された。

4. おわりに

PC 桁単体では劣化により構造性能が低下していると考えられる場合でも、一体版構造として評価することで、版構造としては設計当初の構造性能を維持していると評価できる可能性が示された。なお、本検討は試行的に検討したものであり、実際の PC 栈橋による検証は行われていない。実際に劣化が生じた PC 栈橋上部工の構造性能を精緻に評価するためには、劣化状況を詳細に把握する必要がある。

謝辞

本検討は、港湾 PC 構造物研究会との共同研究成果である、PC 栈橋上部工の維持管理実務で活用できる技術情報を取りまとめた「実務者のための PC 栈橋上部工の維持管理の手引き (案)」³⁾の基礎資料の一部である。ここに記して、関係者各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省港湾局：港湾の施設の点検診断ガイドライン、2021。
- 2) DIANA-10.4 User's Manual, DIANA FEA BV.
- 3) 加藤ほか：実務者のための PC 栈橋上部工の維持管理の手引き (案)、港湾空港技術研究所資料、No.1400、2022。