

内ケーブル破断位置等の違いによるPC桁の応答解析

ジェイアール西日本コンサルタンツ(株) 正会員 ○京野光男 正会員 濱田 譲
西日本旅客鉄道(株) 正会員 村田一郎 正会員 丸山直樹

1. はじめに

近年、PC 桁において施工不良や環境条件に起因した PC 鋼材の腐食破断が懸念されているが、内ケーブルの破断状態を合理的に把握する手法は確立されていない。そこで、著者らは予防保全的に外ケーブルを設置し、外ケーブルの張力変動をモニタリングすることにより内ケーブルの破断状況を確認する手法を提案¹⁾している。その場合、内ケーブルの破断本数や破断長さによって、外ケーブルの張力がどの程度変化するか把握しておく必要がある。そこで、本検討は、それらをパラメータとした応答解析を実施し、内ケーブルが破断した場合の PCI 桁橋の挙動や、外ケーブルの張力変動を把握することを目的とする。

2. 対象橋梁の概要

補強対象とした橋梁は、昭和 40 年代に標準設計²⁾を適用し施工された、4 主桁の PCI 桁橋とした。対象橋梁の設計条件を表-1 に示す。この橋梁に、現行の列車荷重 (H-12) を単線載荷して検討を行った。最大曲げモーメントが生じる G4 桁の内ケーブルを順次破断した結果、列車荷重が当初設計よりも小さくなったため、列車荷重作用時にひび割れが発生する PC 鋼材破断本数が N=4 本となった。この状態でひび割れが発生しないように外ケーブルを配置した。補強橋梁の一般図を図-1 に示す。外ケーブルには 9S15.2B を用い、 $0.3P_u$ (P_u : 引張強度の規格値) の緊張力を導入して各主桁の左右にそれぞれ 1 本配置した。

表-1 補強対象橋梁の

3. 解析モデルの概要

(1)ファイバーモデルによる PC 梁のモデル化

解析は、ファイバー要素を用いた非線形フレーム解析ソフト(DIANA)を用いて、
 図-2 に示すように格子フレームで 4 主 I 桁をモデル化した。コンクリートの圧縮
 応力-ひずみ関係は、RC 標準³⁾に基づきモデル化をした。引張応力-ひずみに関しては、鉄筋付着が期待できる
 領域と鉄筋付着が期待できない領域に区分する安ら⁴⁾のモデルを適用した。

コンクリート	400kg/cm ²
内ケーブル	SAPR7Aφ12.4

(2)内ケーブルの破断のモデル化

内ケーブルの部分的な破断のモデル化には、DIANA に用意されている非アクティブ機能を用いた。破断位置は支間中央とし、グラウト未充填区間を 1.0m とした。これに加えて PC 鋼材の定着区間を考慮し、未充填区間の左右に、図-3 に示すように 30φ（φ：PC 鋼材の換算直径）のプレストレスをゼロとする区間を設けた。

4. 解析ケース

解析ケースを表-2 に示す. 解析ケースは, 健全な状態を想定した CASE0 に加

え，G4 桁の内ケーブルの破断本数および破断長さをパラメータとした．破断本数は，4 本から 6 本とし，破断長さは 1m と 3m としている．また，CASE2 および CASE3 は，G4 桁に対する影響が

表-1 補強対象橋梁の設計条件(当初設計)

曲線半径	3500m
列車荷重	N-19,P-19
衝撃荷重	0.289
コンクリート	400kg/cm ²
内ケーブル	SAPR7Aφ12.4

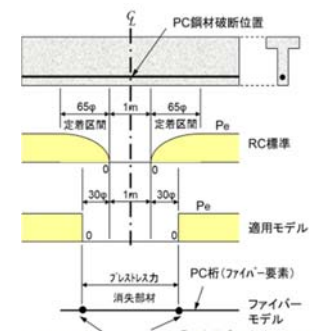


図-3 内ケーブルの破断モデル
(破断長さ 1m の場合)

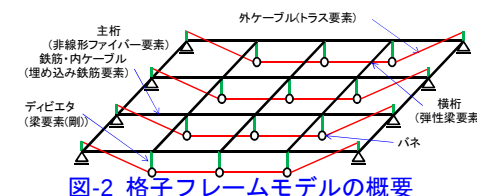
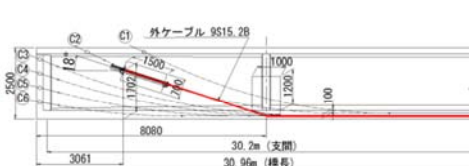
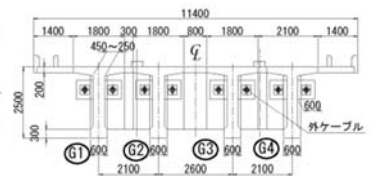


図-2 格子フレームモデルの概要



(a)側面図



(b)断面図

図-1 補強橋梁一般図 単位(mm)

キーワード PC 外ケーブル 補強 予防 保全 鉄道

連絡先 〒632-0011 大阪市淀川区西中島 5-4-20 中央ビル 9 階

ジェイアール西日本コンサルタンツ(株) 土木設計部 TEL : 06-6303-1446

顕著となる様に、G3 桁の内ケーブルを 2 本破断とした。

5. 解析結果

(1) ひび割れ発生時の判定結果

各ケースの死荷重時および列車荷重時のひび割れ発生時の判定結果を表-3に示す。

ひび割れは、曲げひび割れ強度からひび割れひずみを算出し、

応答値との比較により判定を行った。CASE1 は列車荷重時において、5 本破断まではひび割れが発生しておらず、プレストレスの導入効果か認められた。また、CASE2 は死荷重時に 6 本破断で G4 桁にひび割れが発生するが、CASE3 ではひび割れが発生しなかった。これは、内ケーブル破断に伴って、G4 桁のそりが戻る際に、死荷重の再分配が生じ、図-4 に示すよう

に、破断が生じていない G2 の荷重負担が大きくなっているためであると考えられる。

(2) 外ケーブル張力の変化量

内ケーブル破断本数と外ケーブルの張力変動の関係を図-5 に示す。CASE3 の方が内ケーブルの破断による張力増加が大きい傾向にある。これは、図-6 に示すように、内ケーブル破断による桁の変位(そりの戻り量)が CASE2 より、大きくなるためであると考えられる。一方、CASE2 は、内ケーブル 6 本破断時に、列車荷重による張力変動が比較的大きくなっている。これは、ひび割れの発生により桁の剛性が大きく低下し、図-6 に示すように、列車荷重による変位が CASE3 と比較し大きくなっているためであると考えられる。

6. まとめ

本文をまとめると以下の通りである。

- ① 現行の列車荷重 (H-12) を単線載荷し、曲げモーメントが最大となる桁の内ケーブルを順次破断した結果、本橋梁の場合、列車荷重作用時にひび割れが発生する PC 鋼材破断本数が N=4 本であった。
- ② 内ケーブルの破断を考慮した桁のそりが戻る際に、死荷重の再分配が生じる。内ケーブルの破断長さが長い場合、破断していない隣接の桁への荷重負担の割合が大きくなる。
- ③ 内ケーブルの破断長さを長くした場合、桁の変位(そりの戻り)が大きくなり、破断に伴う外ケーブルの張力増加の割合は大きくなる。また、内ケーブル破断時にひび割れが生じた場合、列車荷重による外ケーブルの張力増加が大きくなる。

【参考文献】1) 村田ら, PCI 形桁の有効プレストレス変動に対する外ケーブルモニタリングシステムの有効性に関する解析的研究, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文集, vol.11, 2011.10 2) 橋田ら, 山陽新幹線における PC 橋梁 (I)-岡山・博多間-, 構造物設計資料 No.29 3) 鉄道総合技術研究所, 鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物), H16, 丸善 4) Xuehui AN ら, Numerical Simulation of Size Effect in Shear Strength of RC Beams, 土木学会論文集, No.564/V-35, pp.297-316, 1997.5

表-2 解析ケース

解析ケース	破断長さ	内ケーブル破断本数(本)			
		G1	G2	G3	G4
CASE0	0m	0	0	0	0
CASE1	1m	0	0	0	x
CASE2	1m	0	0	2	x
CASE3	3m	0	0	2	x

x:4 本→6 本の破断

表-3 ひび割れ発生時の判定

解析ケース	G4 破断本数(本)	死荷重時				列車荷重時			
		G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4
CASE1	4	○	○	○	○	○	○	○	○
	5	○	○	○	○	○	○	○	○
	6	○	○	○	○	○	○	○	x
CASE2	4	○	○	○	○	○	○	○	○
	5	○	○	○	○	○	○	○	x
	6	○	○	○	x	○	○	○	x
CASE3	4	○	○	○	○	○	○	○	○
	5	○	○	○	○	○	○	○	○
	6	○	○	○	○	○	○	○	x

○: ひび割れ無, x: ひび割れ有

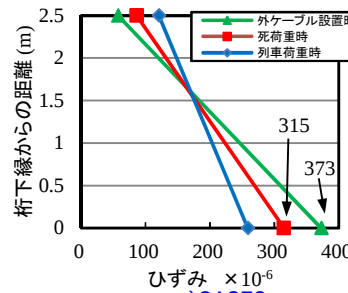


図-4 G2 桁のひずみ分布(G4 桁の 6 本破断時)

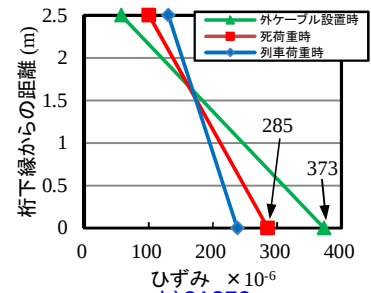


図-5 内ケーブル破断本数と外ケーブル張力の関係

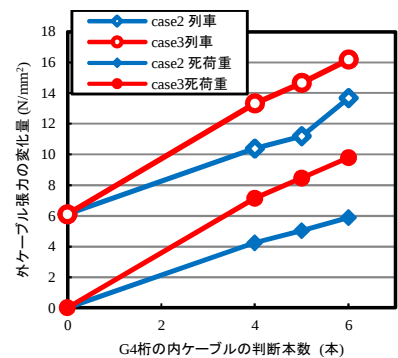


図-6 G4 桁の変位

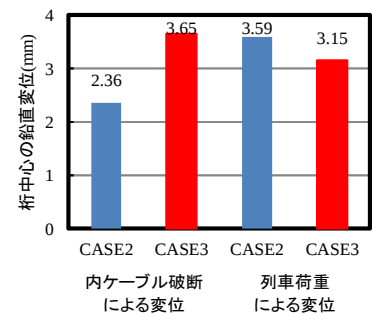


図-6 G4 桁の変位