

長期観点による斜張橋のケーブル 張力の管理法に関する研究

名古屋市	正 員	○岩田隆司	京都大学大学院	学生員	原 論
大阪市建設局	正 員	亀井正博	京都大学工学部	正 員	古田 均
京都大学工学部	正 員	渡邊英一			

1. はじめに

最近、中径間橋梁として注目されている斜張橋の主要部材であるケーブルはクリープ現象を起こし橋全体のつりあいに影響を与えることが知られている。そのため、一般にケーブルのシムプレートの枚数を変えて再緊張を行っている。そこで、本研究は、ケーブルのクリープ・リラクセーション挙動を定量的に予測し、ケーブルのシム調整の解析を行った。

2. 数値解析

ケーブル、コンクリート、地盤を 3要素モデルで表せる線形粘弾性体と仮定し、実物大ケーブルを用いた引張り試験の結果を用い、図 1に示す中央径間238mの現在架設中の斜張橋を解析モデルとして選び、二次限骨組み有限要素法を用いて経時挙動解析を行った。ここで粘弾性体は、対応原理により、ラプラス像空間では、弾性体と同様に扱えるため、ラプラス像空間で合成し、数値ラプラス逆変換を用いて、現空間における解を求めた。しかし、複数のクリープ要因が含まれるときには、精度のよい数値ラプラス逆変換は困難なため、今回はこのクリープ要因すべてについて、それ自体のみが粘弾性体で、他の要因は弾性体であるときの数値ラプラス逆変換の解を最小二乗法を用いて求め、それらの解の線形一次結合として、クリープ要因すべてが粘弾性体である場合の解を求めた。シム調整解析は、ケーブル力の終局状態に着目した。ここで、j番目のケーブルを Δl_j シム調整したときのi番目の終局状態のケーブル力の変化 Δp_i は、次式のようにマトリックス K_{ij} を用いて表せると仮定した。

$$\Delta p_i = \sum K_{ij} \Delta l_j$$

そこで、それぞれのケーブルに単位長の変位を与えたときのすべてケーブルについてケーブル力の変化の影響線を求めることにより、線形計画法の問題に帰着した。ここで、ケーブルのシム調整を行うにあたって、技術的、経済的な観点からは、シム調整を行うケーブルの本数は少ないほうが望ましいと考えられる。そこで、いろいろ本数を変えて、シム調整をするケーブルを選び、クリープ歪をなくすように収束計算を行った。

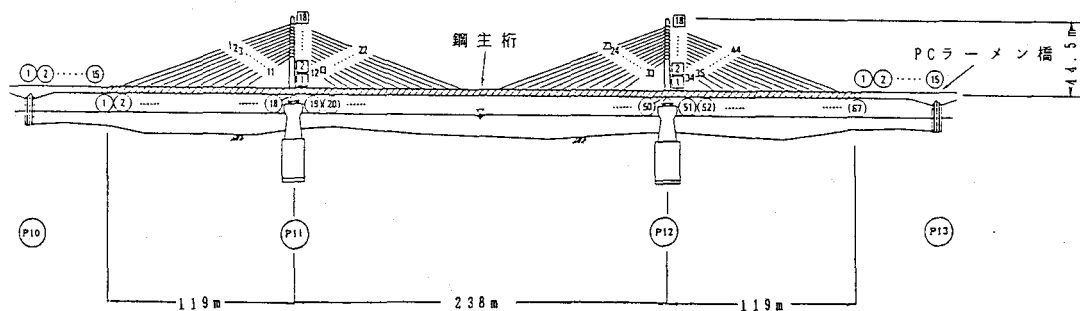


図1 モデル橋の概形

Takashi IWATA Eiichi WATANABE Masahiro KAMEI Hitoshi FURUTA Satoshi HARA

3. 数値解析結果及び考察

解析に用いた実物大ケーブル、地盤、コンクリートの同定値を表 1 に示す。ここで、cable type-1 はケーブル本体がPWS ソケットはZn 鋳込み、cable type-2 はケーブル本体がPWS でソケットがNSソケットの組み合わせである。この二種類のケーブルの同定値を用いてモデル橋の解析を行った。シム調整による各々のケーブル力の終局変化は、側径間(cable 1 ~ cable11)について単位量シム調整(1mm)当りのケーブル力(tonf)の変化量のマトリックス K_{ij} を、表 2、表 3 に示す。この表からシム調整したケーブルでは、1.0~5.6(tonf)増え、その他のケーブルは、シム調整したケーブルの隣は、0.19~0.64(tonf)減り、全体的に、シム調整したケーブルから離れるほどケーブル力の減少量が少なくなるが、今回のモデル橋は高次不静定構造物なので下線を引いたところのように逆転するものもあることが分かる。また、表 2 と表 3 を比べると、対角成分は、表 3 の方が大きい。図 2 は cable type-1 について一年後にシム調整を行う解析例の cable5 のケーブル力の経時挙動で、シム調整により、弾性解、終局解ともに高くなることが分かる。

4. 結論

(1) 実験の同定の結果から cable type-2 に比べて、cable type-1 はリラクセーション挙動が大きいので、シム調整したケーブルのケーブル力の増加は、弾性解は変わらないが、終局状態では、cable type-2 に比べて大きく減少する。

(2) 今回の解析で、ケーブル力が、弾性解から終局解に収束するのにほぼ一年かかることが分かった。このモデル橋では、シム調整をする時期については、一年が一つの目安になると考えられる。

(3) ケーブルのシム調整の決定にあたり、シム調整によるケーブル力の終局解を用いるのは有用と考えられる。

5. 参考文献

渡邊英一・亀井正博・若林保美・楠葉誠二：架設段階を考慮した斜張橋のリラクセーション予測、構造工学論文集、(1990)

表 1 ケーブル・地盤・コンクリートの同定値

	$E_1(\text{kgf/m}^2)$	$E_2(\text{kgf/m}^2)$	$\eta(\text{year} \cdot \text{kgf/m}^2)$
cable type-1	2.0×10^{10}	1.4×10^{11}	2.3×10^{13}
cable type-2	2.0×10^{10}	4.3×10^{11}	1.1×10^{13}
concrete	3.0×10^9	9.0×10^8	8.2×10^8
	$k_1(\text{kgf/m})$	$k_2(\text{kgf/m})$	$\eta(\text{year} \cdot \text{kgf/m})$
DATA1	6.5×10^8	1.1×10^9	1.7×10^8
DATA2	5.9×10^8	2.3×10^8	7.0×10^7

表 2 cable type-1 の終局状態の K_{ij}

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1.02	-0.43	-0.36	-0.30	-0.22	-0.14	-0.09	-0.05	-0.02	0.00	0.00
2	-0.43	1.44	-0.44	-0.37	-0.29	-0.19	-0.14	-0.08	-0.04	-0.02	-0.00
3	-0.36	-0.44	1.69	-0.36	-0.30	-0.21	-0.16	-0.11	-0.07	-0.05	-0.04
4	-0.30	-0.37	-0.36	1.93	-0.31	-0.23	-0.19	-0.15	-0.10	-0.09	-0.10
5	-0.22	-0.28	-0.29	-0.31	2.03	-0.24	-0.21	-0.18	-0.13	-0.13	-0.15
6	-0.13	-0.19	-0.21	-0.23	-0.24	1.95	-0.21	-0.18	-0.14	-0.15	-0.19
7	-0.09	-0.13	-0.16	-0.19	-0.21	-0.21	2.08	-0.21	-0.17	-0.19	-0.25
8	-0.05	-0.08	-0.11	-0.18	-0.18	-0.18	-0.22	2.15	-0.19	-0.23	-0.31
9	-0.02	-0.04	-0.07	-0.10	-0.13	-0.14	-0.17	-0.19	2.10	-0.24	-0.34
10	0.00	-0.02	-0.05	-0.09	-0.13	-0.15	-0.19	-0.23	-0.24	2.91	-0.52
11	0.03	-0.00	-0.04	-0.09	-0.15	-0.19	-0.25	-0.31	-0.34	-0.52	5.00

表 3 cable type-2 の終局状態の K_{ij}

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1.15	-0.49	-0.41	-0.33	-0.24	-0.15	-0.09	-0.04	-0.01	0.01	0.04
2	-0.49	1.63	-0.50	-0.42	-0.32	-0.21	-0.15	-0.09	-0.04	-0.02	-0.01
3	-0.41	-0.50	1.92	-0.41	-0.33	-0.23	-0.18	-0.12	-0.07	-0.05	-0.04
4	-0.33	-0.42	-0.41	2.20	-0.35	-0.26	-0.22	-0.17	-0.11	-0.10	-0.10
5	-0.24	-0.32	-0.33	-0.35	2.31	-0.27	-0.25	-0.20	-0.15	-0.14	-0.17
6	-0.14	-0.21	-0.23	-0.26	-0.27	2.21	-0.24	-0.21	-0.17	-0.17	-0.21
7	-0.09	-0.14	-0.18	-0.22	-0.25	-0.24	2.36	-0.25	-0.21	-0.23	-0.29
8	-0.04	-0.09	-0.12	-0.17	-0.20	-0.21	-0.25	2.43	-0.23	-0.27	-0.37
9	-0.01	-0.04	-0.07	-0.11	-0.15	-0.17	-0.21	-0.23	2.38	-0.29	-0.41
10	0.01	-0.02	-0.05	-0.10	-0.14	-0.17	-0.23	-0.27	-0.29	3.29	-0.64
11	0.04	-0.01	-0.04	-0.10	-0.16	-0.21	-0.25	-0.37	-0.41	-0.64	5.61

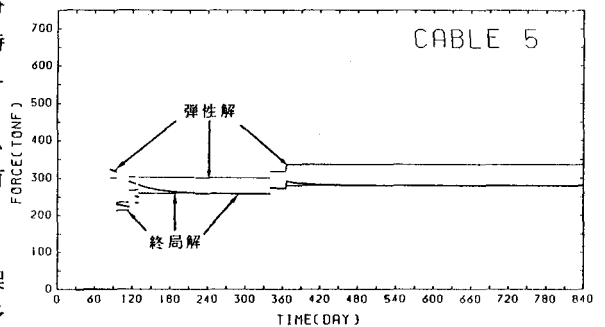


図 2 cable 5 の経時挙動