

連続曲線桁等の温度変化による挙動調査

保全施設部 保全企画課 加藤 修 吾
大阪第二建設部 設計課 中野 正義
大阪管理部 調査設計課 中村 一平

要 約

構造物の定期点検により、数多くの支承損傷が報告されているが、中でも曲線桁の可動支承の損傷が数多く見受けられる。曲線桁の可動支承設置方向について、固定支承の方向に設置する方法や桁接線方向に設置する方法などがあり、各々、一長一短がある。阪神高速道路公団では、後者の桁接線方向に設置するのを原則としているが、この場合、橋軸直角方向に拘束力が生じることが知られている。本論文では、代表的な曲線桁等を選定して、温度変化による桁の挙動を四季を通じて調査し、また、理論解析も併わせて行い両者の比較検討を行った。

また、伸縮装置や床版からの漏水により、発錆した支承の挙動についても調査した。

以上の調査結果より、桁接線方向に支承を設置した場合、桁は接線方向に移動するが、拘束力はそれほど小さくなく、支承の部品に損傷を与えるほどのものではないこと、また、発錆支承も温度変化に良く追従して移動することが判った。

以上より、支承設置方向は、現在の基準通りで良いが、常時、大きな拘束力が作用している桁や負反力が作用している桁については何らかの対策が必要であることが判った。

まえがき

昭和53年度以来行われている、阪神高速道路管理技術センターによる梁上定期点検により、支承の種々の損傷が指摘されている。これらの中には、ピンチプレート、アンカーボルトおよびサイドブロックの損傷、発錆などがあるが、曲線桁の可動支承の損傷がしばしば指摘されている（写真一）。これらの損傷原因としては、(1)上・下部工の製作・施工誤差、(2)負反力の作用、(3)可動支承の設計移動方向と桁の移動方向とのズレによる桁直角方向の拘束力の常時負荷による支承部品の摩耗などが考えられる。

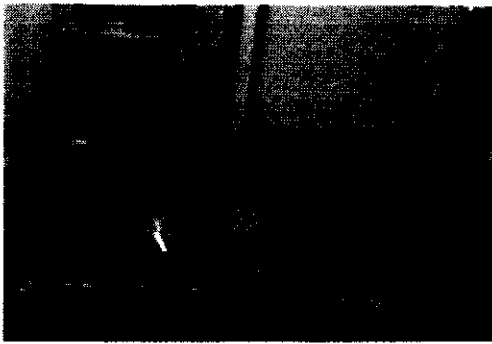
このような状況を背景に、上記諸原因の中から(3)に着目し、連続曲線桁等の桁の温度変化に伴う水平面内の挙動について、実橋の計測と理論解析を通じ調査・解析を行った。

また、上記の損傷例でも述べたとおり、伸縮装置や床版からの漏水により発錆した支承が数多くあるが、代表的な発錆支承の温度変化による挙動についても調査した。

以下、調査目的、内容、方法、結果および今後の課題等について述べる。

1. 調査目的

支承の損傷について、数多く報告されているが、



a) ピンチプレートの損傷した支承



b) 発錆支承

写真-1 損傷支承

特に曲線桁の可動支承の損傷がしばしば指摘されている。曲線桁の支承の設置方向については、我国では、一般に下記の2種の方法が採用されている。

- ① 固定支承と可動支承を結ぶ方向に移動できるように可動支承を配置する方法
- ② 可動支承の移動方向を桁接線方向に配置する方法

上記の2方法で、①の方法については、温度変化による反力は生じないが、支承の方向決定が困難であり、温度変化時に、桁移動方向と桁接線方向にズレが生じ、伸縮装置、桁落下防止装置等に特別な配慮が必要となる。また、②の方法について

は、温度変化時の上記のズレは少ないが、支承に拘束反力が生じる。

以上のように、各々、一長一短があり、道路橋示方書¹⁾では、①の方法を採用し、阪神高速道路公団、首都高速道路公団の設計基準^{2),3)}では、②の方法が採用されている。

本報告は、阪神高速道路公団で施工された、支承設置方向の異なる代表的な曲線橋や、発錆した支承を有する桁橋の温度変化に伴う桁の水平面内の移動量を計測し、理論計算値との比較により、支承の設計・施工法等に考察を加え、今後の設計・管理における資料とすることを目的としたものである。

表-1 橋梁諸元

橋名	橋梁形式	橋長 (m)	支間割 (m)	支承の設置方向 支承形式	横断形状
橋梁A	3径間連続 曲線箱桁 (1-Box) R = 111 m	117.0	38.55 + 39.00 + 38.55	桁接線方向 1本ローラー	
橋梁B	3径間連続 曲線箱桁 (2-Box) R = 54 m	115.0	31.65 + 51.50 + 31.65	固定支承方向 支承板支承 +2本ローラー	
橋梁C	3径間連続 直線1桁 R = ∞	140.0	44.50 + 56.00 + 44.50	桁方向 1本ローラー	
橋梁D	単 直線1桁 R = ∞	33.0	31.0	桁方向 支承板支承 (発錆支承)	

2. 調査内容及び方法

2-1 調査対象橋梁

今回の調査で対象とした橋梁の諸元を、表-1に示す。橋梁A、Bについては、曲線桁で支承の設置方向が異なっているもの、橋梁Cでは、直線

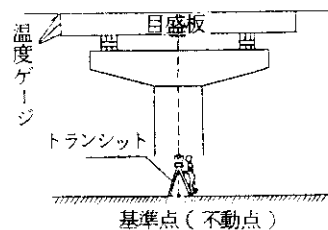


図-1 変位計測図

桁のもの、また、橋梁Dでは、発錆支承を有する桁を選定した。

2-2 調査内容

2-2-1 調査項目

調査項目は、以下の(1)、(2)について行った。

- (1) 桁の挙動調査(年変化)
- (2) 外気温と桁温度の測定(日変化)

2-2-2 調査方法

(1) 桁の挙動調査法

図-1に示すように、対象とする橋梁の桁下面に、目盛板を貼り、目盛板の直下地面上に基準不動点を設け、トランシットにより1回/月の間隔で桁の移動を調査した。なお、目盛板は、30cm角のポリエステルフィルムに1mm方眼を印刷したものである。また、基準不動点は、外界の影響を受けないように、鋸を強固な地面に打ち込んで不動点とした。

なお、トランシットによる変位測定法の精度を確認するために、代表橋梁において、変位計と併用し両者の値を比較した。その結果は、良い精度で対応し、トランシットによる測定の有効性を確認した。

計測位置は、支間中央部と移動量の大きい桁端とした。

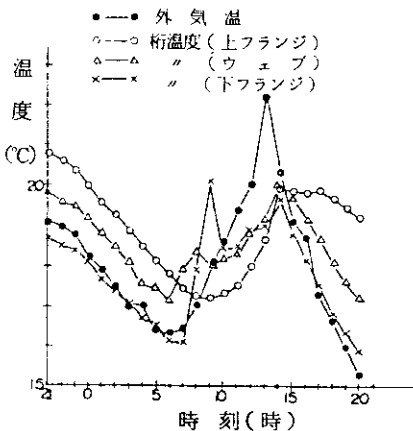


図-2 桁温度と気温の比較

(2) 温度測定法

桁移動の実測値は、後で解析値と比較されている。この時に用いられる温度とは、桁移動実測時に、測定桁直下の地上1.5mにて測定された外気温である。

この外気温により、桁温度を推定しようとする時、どの程度の差異が生ずるかを確認する必要がある。代表的な橋梁を選定し、桁に温度ゲージ3枚(上フランジ下面、ウェブ、下フランジ上面)を取り付けた(図-1参照)。

上記3点の桁温度と地上1.5mの外気温を同時に測定した。24時間計測による比較を図-2に示す。

温度ゲージを日照側に設置したために、日中のバラツキが著しいが、夜間のような日陰状態では、桁温度と外気温は、1~2℃の差にあると考えてよい。(日中では、日照、地表放射等の影響が大きく表われているので、何らかの対策を講じない限り、外気温から桁温度を推定するのは困難である。)

以上の理由により、外気温を用いて、解析値と比較した。

3. 挙動解析

温度変化による曲線橋の挙動を変形法により解析した。一例として、表-1の橋梁Aについて述べる。

3-1 モデル化

1-Box 2沓を有し、3径間連続曲線箱桁よりなる橋梁Aを棒部材として折れ線近似する。

1-Box 2沓の支承条件は、支点上格点を剛部材(ダミー部材)で連結したもので近似し、可動支承の移動方向は、桁接線方向とした。

また、鉄筋コンクリート床版を有する本橋は、非合成桁なので、主桁断面としては、鋼桁断面のみを考慮した。鋼桁断面としては、温度変化に対する解析を目的としているため、全断面有効とした。

図-3に、橋梁Aの骨組構造図を示す。

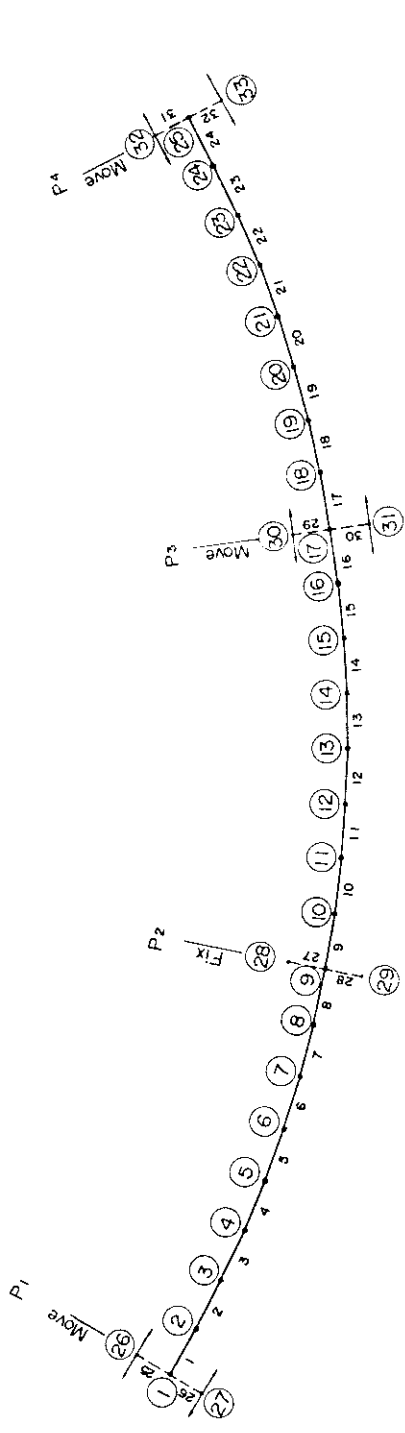


図-3 橋梁Aの骨組構造図

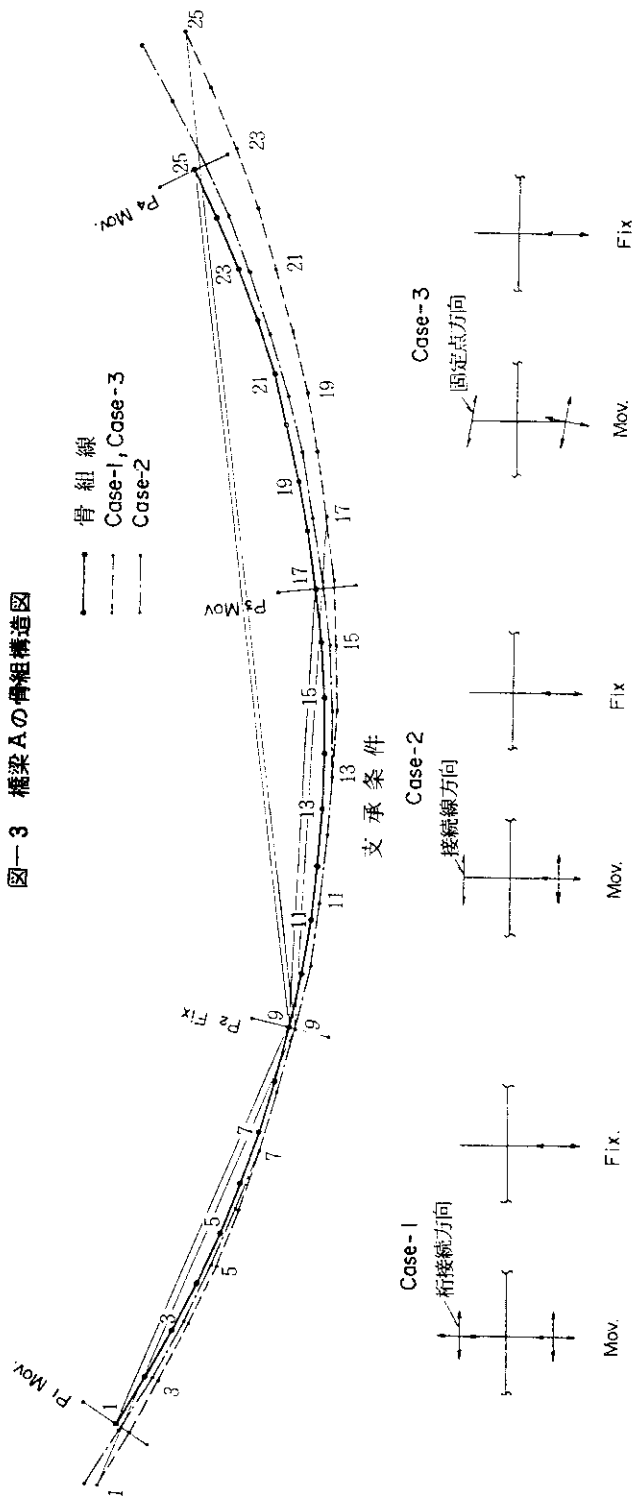


図-4 温度変化(+100°C)による変位図

3-2 変位図

橋梁Aに、+100℃の温度変化を与えた時の変位図を、図-4に示す。

図中のCase-2が、可動支承が桁接線方向に移動可能な場合であるが、参考までに、可動支承が全方向移動可能な場合(Case-1)、また、可動支承が固定支承の方向のみに移動可能な場合(Case-3)についても併記した。

ここで、全支承について、橋軸直角方向の遊びを考慮して、同一橋脚上の2沓のうち1沓のみに

ケース毎の可動の方向(固定支承の場合は、完全固定)を定め、他の1沓については、全方向に可動(固定支承の場合は、橋軸直角方向に移動可能)のように境界条件を定めた。

4. 調査結果と考察

4-1 調査結果

桁の伸縮量の最も大きい箇所に着目し、実測値と理論値との比較を、図-5~8に示す。

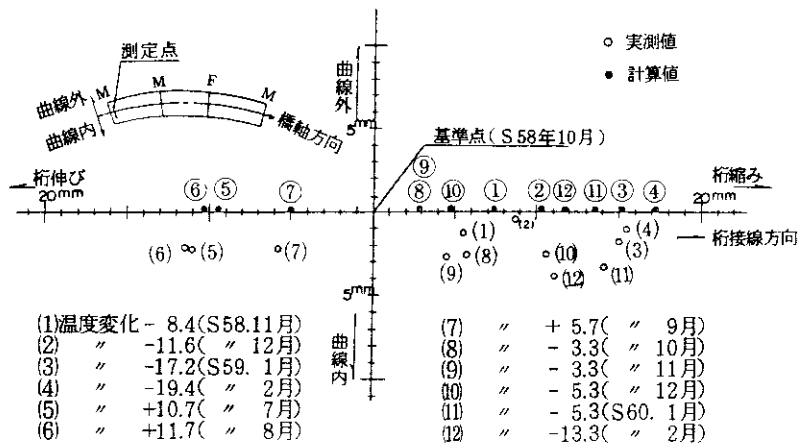


図-5 橋梁Aの温度変化による変位

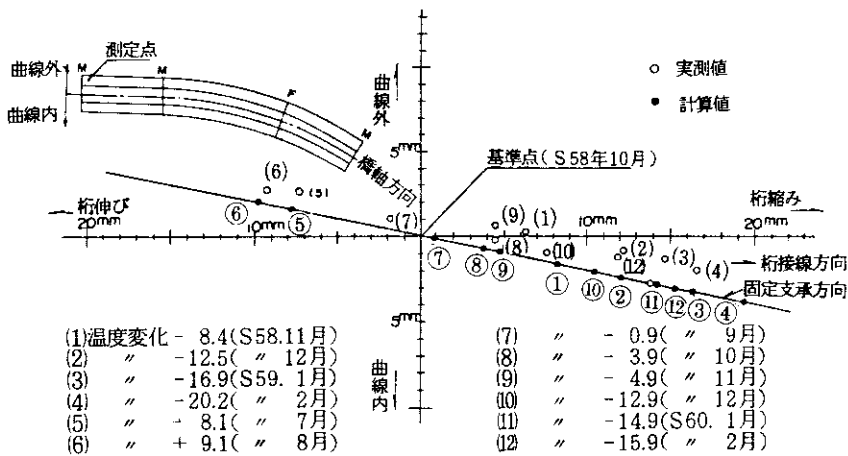


図-6 橋梁Bの温度変化による変位

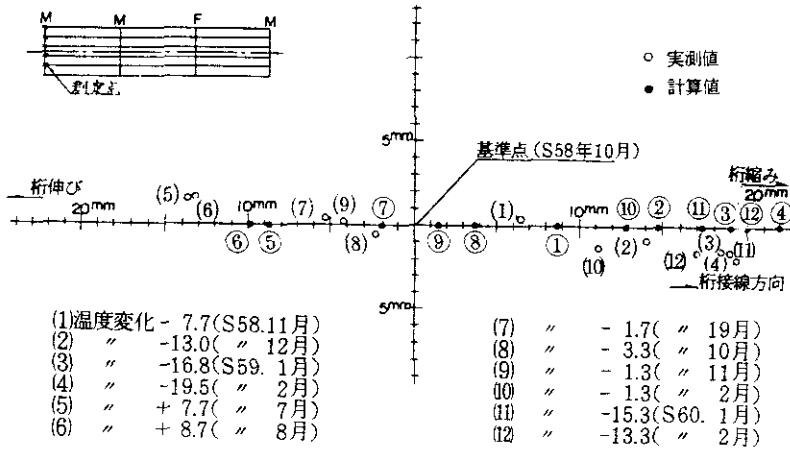


図-7 橋梁Cの温度変化による変位

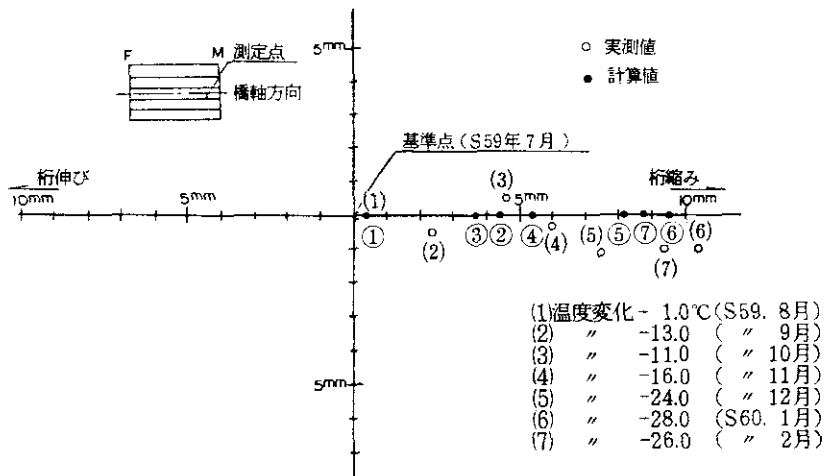


図-8 橋梁Dの温度変化による変位

各橋梁とも、理論値を若干下回る値が実測された。これは、解析上の仮定と実橋との差、すなわち、曲線桁を折れ線近似したことや、床版構造がRCであることなどが考えられるが、温度変化に伴う桁の移動量・移動方向は、理論上のものと良く一致している。

4-2 考察

温度変化に伴う曲線桁の挙動は、理論どおりの挙動をすることが確認された。すなわち、可動支承の設置方向が、固定支承の方向である場合(橋

梁B)には、桁は固定支承の方向に移動する。

可動支承の設置方向が、桁接線方向の場合(橋梁A)には、桁は接線方向に移動する。

図-4のCase-2のモデルでは、100℃の温度変化が生じた場合、橋軸直角方向に12.5tの拘束反力が生じた。

実橋の温度変化は、支承の設置温度を15℃と仮定し、夏期の最高温度を50℃とすれば、35℃の温度変化が生じ、橋軸直角方向の拘束反力は $\frac{35}{100} \times 12.5 = 4.4t$ となる。

通常用いられるローラ支承では、この拘束反力

に対して、ローラと導板の支圧で抵抗することになるが、本解析で得られた値での、静的な載荷については、十分許容出来るものと思われる。

また、発錆支承を有する橋梁Dにおいても、温度変化に伴ない桁は、理論どおり正常に伸縮している。しかし、円滑な移動をしているか否かは不明であり、より詳細な調査が必要である。

5. 今後の課題

阪神高速道路の橋梁は一般に、多車線道路であることや出入路、渡り線などのためスパンの割に幅員の広いものが多い。

そのような広幅員橋梁においては、幅員方向の温度変化や桁の内外の温度差による拘束力が生じ易い。その拘束力を無視出来ない場合は、拘束力の影響を考慮した図-9のような支承配置が望ましい。しかし、支承方向の決定が困難なこと、沓の種類が増えること、地震力が1つの完全固定支承に集中することなどの問題点が残る。

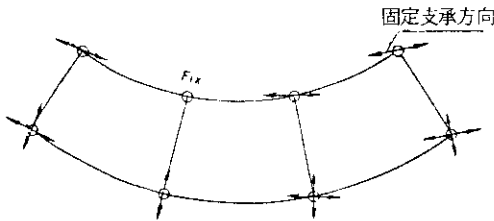


図-9 幅員方向の変位を考慮した支承配置の例

以下に問題点と対策について述べる。

(1) 全方向に移動可能な支承の開発

① ユニバーサル沓

慣用の支承板支承またはピボット支承の改良で対処できると思われる。ただし、支承板の接触面の防錆には十分留意する必要がある。

② ゴム沓

慣用のゴム支承では、適用スパンの限界、老化に対する保証、天然ゴムのオゾンによる感受性低下、合成ゴムの低温時の感受性低

下等の問題があるものの解決は可能と思われる。

上記いずれの支承にしても、耐震設計を考慮して、その構造には特別な配慮が必要である。

具体的な対策としては、図-10に示すように、支承本体で地震力を下部構造に伝達する構造が考えられる。すなわち、上、下沓をゴム板ではさんでPC鋼棒によって連結し、上部工の温度変化による伸縮は、ゴムの弾性変形により呼吸し、地震時水平力は圧縮されたゴム板を通じて支承に伝達されるというものも考えられる。

また、前述のとおり温度変化により橋軸直角方向に拘束反力が生じるが、本調査の結果、拘束力はあまり大きくなく、支承本体を破損するほどのものではないことが判った。しかし、この拘束力が常時負荷された状態で、桁が伸縮すれば、支承の特にローラと導板との接触面は摩耗すると考えてよく、実橋の支承でも、この現象が顕著に現われている。

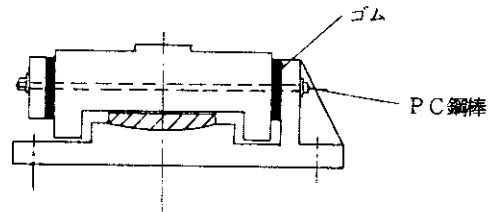
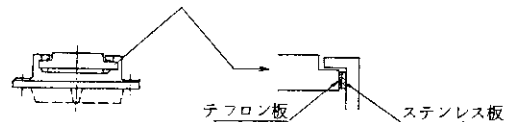
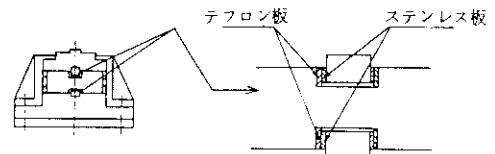


図-10 耐震を考慮した支承の例



(a) 支承板支承の場合



(b) 一本ローラー支承の場合

図-11 耐摩耗を考慮した支承の例

このような摩耗をさける構造として、図-11に示すような対策も考えられる。

次に、曲線橋の可動支承の損傷の多くは、負反力を受ける支承といっても過言ではない。特に、死荷重状態でアップリフトが作用していると考えられる可動支承は、支承の構造上の欠陥や、活荷重走行時の上下変動等により、セットボルトのゆるみ・切断、押え金物の変形などが生じ易い。

対策としては、箱桁橋の場合、設計基準²⁾に準拠して1つの主桁に1支承を使用するのはもちろんのこと、負反力が大きい場合は、支承だけで負反力に抵抗させるのではなく、何らかの補助部品との併用により抵抗させるのが良い。

負反力については、計画・設計時点より注意を払うべきである。

あとがき

曲線橋の可動支承の損傷の原因究明および今後の設計・施工に反映すべく、調査対象橋梁に連続曲線桁、連続直線桁および発錆支承を有する桁を選定し、その温度変化に伴う挙動を調査・解析した。

今回の調査では、対象橋梁が、比較的良好な状態の橋梁であったために、曲線桁等の基礎的な挙動性状を把握し得たものの、損傷を誘発する異常な挙動は見当たらなかった。

今後とも、支承の損傷原因を究明するために、調査・研究を進めていく予定である。

末筆ながら、本調査を当初担当した吉川紀、富田穰、袴田文雄の各氏および調査・解析にたずさわった関係者各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 道路橋示方書・同解説Ⅱ、鋼橋編、日本道路協会、昭和55年2月
- 2) 設計基準 第2部 構造物設計基準(橋梁編) 阪神高速道路公団、昭和60年4月
- 3) 首都高速道路 鋼構造物設計基準、首都高速道路厚生会、昭和56年9月改訂版
- 4) 阪神高速道路公団、連続曲線桁等の桁および支承挙動調査点検業務、昭和59年3月
- 5) 阪神高速道路公団、連続曲線桁等の挙動調査点検業務、昭和60年3月
- 6) 阪神高速道路公団、連続曲線桁等の挙動解析業務、昭和60年3月
- 7) 吉川、富田、袴田、連続曲線桁等の桁及び支承挙動について、第38回建設省技術研究発表会講演概要(道路部門)、昭和59年11月