

【技術ノート】

10径間連続橋の温度変化に伴う形状測定

—首都高速葛飾川口線KS44工区高架橋—

Measurement of Deflection for 10-Span Continuous
Girder Bridge Due to Temperature

保 科 昭 *
Akira HOSHINA
宗 村 基 弘 *
Motohiro MUNEMURA

1. まえがき

高速道路の高架橋においては、従来単純桁形式の高架橋が多く、伸縮継手による走行性の低下、騒音、振動および伸縮装置周辺部の維持管理等が問題となってきた。このような問題の解決策の一つとして、高架橋の連続径間数を増して伸縮継手の数を少なくする多径間連続高架橋形式が多く採用されるようになった。首都高速葛飾川口線には、このような主旨から多径間連続高架橋が多く採用されており、その1つであるKS44工区高架橋は我が国でも屈指の規模を有している。

多径間連続橋においては、上部構造に作用する地震時の水平力を1つの固定脚に集中させる形式と多数の固定脚に分散させる形式が考えられる。KS44工区の高架橋は両端脚を除いた中間脚を固定脚とし、温度変化に追従するフレキシブルな脚構造となっており、下部構造に適切に分散させることが設計上での重要なポイントであった。しかしながら、多径間連続高架橋の施工例は未だ少なく、温度変化等に対する挙動を検証した例も極めて少ないのが実状であった。

本文は、多径間連続高架橋の温度変化に対する挙動を確認するために、昭和57年9月にKS44工区高架橋にて行なった、10径間連続高架橋の温度変化および温度変化に伴う形状変化の測定について報告するものである。

2. 構造概要

KS44工区高架橋は葛飾区小菅を起点とし、埼玉県川口市西新井宿を終点とする延長18.6kmの首都高速葛飾川口線に属した10径間連続高架橋である(図-1)。

形 式 ; 10径間連続箱桁(上下線分離)

橋 長 ; 500m

支 間 割 ; 49.3m + 8 @ 50.0m + 49.3m

幅 員 ; 9.7m(片側車線) × 2

床 版 ; RC床版(非合成)

支承条件 ; 両端支点可動, 他支点ヒンジ

使用鋼重 ; 約4100t

主桁は、幅3.2m、桁高1.9mの連続鋼製箱桁で、2

本主桁部と、ランプによる拡幅部の3本主桁部から構成されている。また、橋脚上の横梁は、幅2.5m、桁高1.9mの鋼製箱桁で主桁と剛結され一体構造の形式となっている。

橋脚は一本柱形式の鋼製脚で、上部構造の横梁とは両桁端において可動沓で、その他はピボット沓で連結されており、地震力を分散させ、温度変化による上部構造の伸縮に対し鋼製橋脚の弾性変形によって追従する分散方式の柔橋脚として設計されている。

3. 架設上の問題点と検討

架設における問題点として次の項目が検討された。

3-1 鋼製脚の施工精度と桁の工場製作精度

鋼製脚出来形表と工場での仮組検査表より検討した結果、スパン調整、フィラー材による高さ調整により、現場にて十分対応できると考えた。

3-2 温度変化による桁の水平変位

当工区の架設時期を6~9月と考え、最高気温を35℃と想定した。従って、直射日光による桁の平均温度と外気温の差を5℃と想定し、日中、沓の固定作業を行うとすると、桁の平均温度は40℃となる。設計基準温度を15℃と考えると温度変化は25℃となり、桁の伸びは棒形状と考えると1スパン当り15mmであり、P₆を中心として伸びると考えると、P₁₀で60mmとなる。この伸びに対し、所定の位置に沓を固定するため、ジャッキで脚を強制変形させることにした。脚の設計において、橋軸方向変位はP₁₀で67mmの変形を見込んでいたことから、ジャッキによる強制変形による脚の応力は許容値内であった。

沓を所定の位置に強制変形するためのジャッキ能力はP₁₀の鋼製脚のパネ定数3.11t/mmより推定すると、 $H_{10} = 3.11 \times 60 = 186.6 \text{ t}$ となり、P₆より順次固定していくことを考えると、100tジャッキ2台使用することで十分可能といえた。

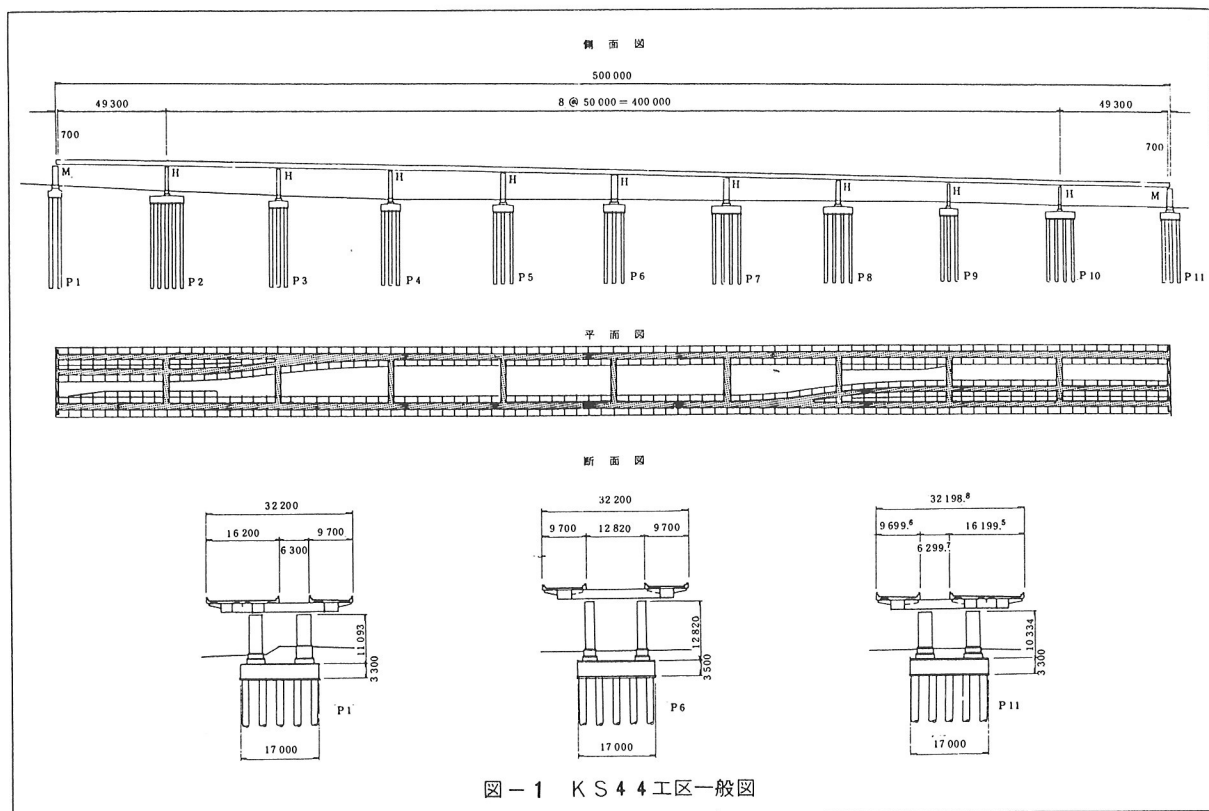


図-1 KS44工区一般図

3-3 沓の固定時期

ジャッキによる強制変位量および架設時の地震等を考えると、架設順序に従い沓を固定するのが安全であり、固定する沓の両側支間のキャンバー調整、高力ボルト本締終了後、ベントを残した状態で沓の固定作業を行うものとした。

3-4 ベント撤去時期

ベントを撤去した時の主桁キャンバー変化（自重による変化）による橋軸方向の支間変化は微少であり、無視できた。よって、無応力の状態で調整し、本締後、両端の沓が固定された状態でベントを撤去してもさしつかえないと考えた。但し、隣接する既設支間のベントは架設支間の仕口部の変化に影響すると思われるため残すことにした。

4. 施工概要

KS44工区高架橋の架設は、施工条件等からステージングを使用した自走式クレーンによる架設とした。現地は関東ローム層で地盤が悪いため、地盤の改良を行う

と共に鋼鈑を敷いてステージングを支持し、150t吊りクローラクレーンにより架設した。

4-1 施工順序

製作誤差および架設誤差の一方向への累積を防ぎ、温度による上部構造の伸縮を分散させるために、架設は工区中央のP₆横梁から始められ、両工区の境へ向かって、図-2に示すような手順で架設を進めた。

4-2 沓の固定

本橋の橋脚は、両端部を除いてピボット沓により横梁に連結されている。このような柔橋脚多径間連続高架橋の場合、架設時の温度が設計基準温度と異なると、この温度の変化による上部構造の伸縮のために、上部構造のヒンジ支承位置がズレることは「架設時の問題と検討」に示した。この結果沓の据付けは、鋼製橋脚を150tジャッキ2台を用いて強制変位させて行うものとした。

沓の据付けは、高力ボルト本締めが済んだ径間から順次、図-3に示すような手順で行われた。

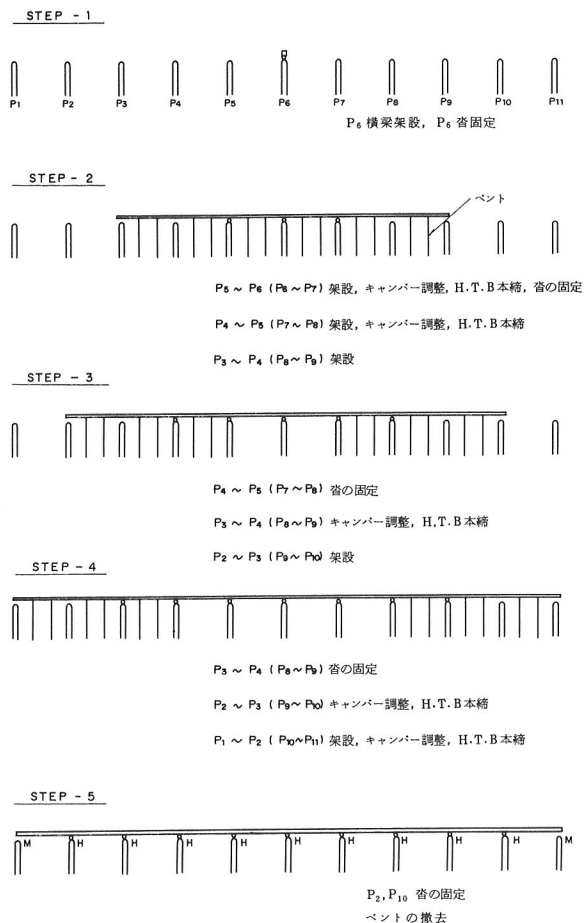


図-2 施工ステップ

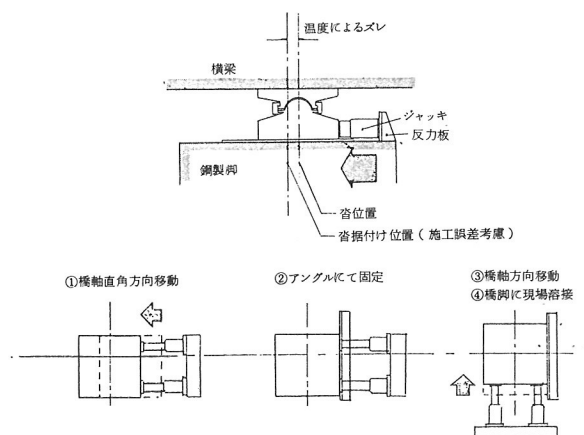


図-3 省の据付け

5. 測定概要

多径間連続高架橋において、架設時における温度が問

題となり、鋼製橋脚上の省の据付に鋼製橋脚の強制変位を行い施工を行った。完成後における多径間連続高架橋の温度変化に対する挙動を確認するため測定を行った。温度変化およびそれに伴う形状変化の測定について概要を示す。

5-1 測定実施日時

測定は、鋼桁架設完了時点(RC床版打設前)の昭和57年9月1日の正午から、温度の日変化に対する形状変化を調べるために、5時間間隔で計5回の測定を実施した。測定開始時刻を以下に示す。

1回目	12:00	(9月1日)
2回目	17:00	(")
3回目	22:00	(")
4回目	3:00	(9月2日)
5回目	8:00	(")

5-2 測定項目および測定方法

測定項目とその測定方法を以下に示す。

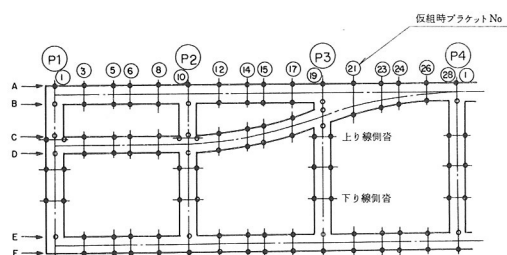
- 外気温
- 部材表面温度

主桁の14断面および各橋脚22断面について、接触温度計により測定した。各断面における測定点は、四周の中央位置とした。部材表面温度の測定は、5-1に示した測定時刻以外に、日中最も高温になると考えられる14:00にも行った。

また、主桁表面の温度分布を調べるために、1断面(P₄~P₅下り線側主桁)において、10cm間隔で表面温度の測定も行った。

- 主桁キャンバー

図-4に一部を示したように、主桁上フランジ両側に測点を設け、レベル測量を行った。

図-4 主桁の形状測定点概要図(P₁~P₄間)

d. 橋脚の倒れ

橋脚の基部に基準点を設け、脚頂の測定をトランシットにより視準し、各橋脚の倒れと脚頂水平変位を測定した。

e. 可動沓の移動量

両端の可動沓において、沓の遊間を測定した。

6. 測定結果および考察

測定当日は好天に恵まれ、温度変化（盛夏の日変化）に伴う形状変化に関する良好なデータが得られた。測定結果を簡単に説明する。

6-1 主桁表面の温度分布

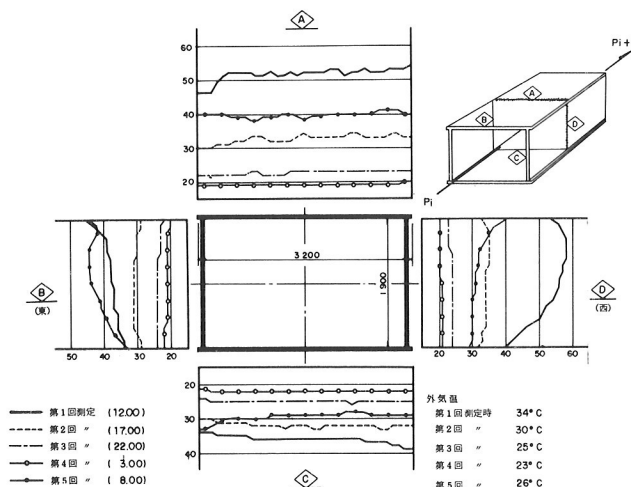


図-5 主桁断面温度分布図

各測定時刻における主桁表面の温度分布を図-5に示す。この図を見ると、上下フランジの温度は、日射を受けるウェブ側がやや高い温度になる傾向はあるが、常にほぼ一様に分布している。これに対し、ウェブの温度分布は日光の直射の影響を受け、日光直射側と日陰側とで異なっている。日光直射側ウェブは上側半分以上の部分が上フランジと同程度以上の温度となっているが、日陰側ウェブは上フランジに近いわずかの間隔で温度が降下しており、上フランジの熱影響があまり伝わらないことがわかる。

夜間においては、ほぼ一様な温度分布となっているようである。

6-2 部材表面温度変化

主桁の温度変化を図-6に示す。この図は各測定時刻における全測定断面（ $\diamond$ ：上フランジ， $\diamond$ ：東側ウェブ， $\diamond$ ：下フランジ， $\diamond$ ：西側ウェブ）の表面温度を、それぞれ平均して連ねたものである。

RC床版が打設されていないので、日中は日光の直射を受けるウェブと上フランジは高温となり50℃以上の温度に達することが示されている。下フランジと日陰側ウェブの温度は外気温よりやや高い程度であり、上下フランジの温度差は最大で16℃程度である。夜間は、全断面とも外気温と同程度の温度であるが、下フランジの温度が上フランジの温度よりもやや高い傾向が認められる。測定時間中の主桁の総平均温度の変化量（最高値と最低値との差）はおよそ22℃である。

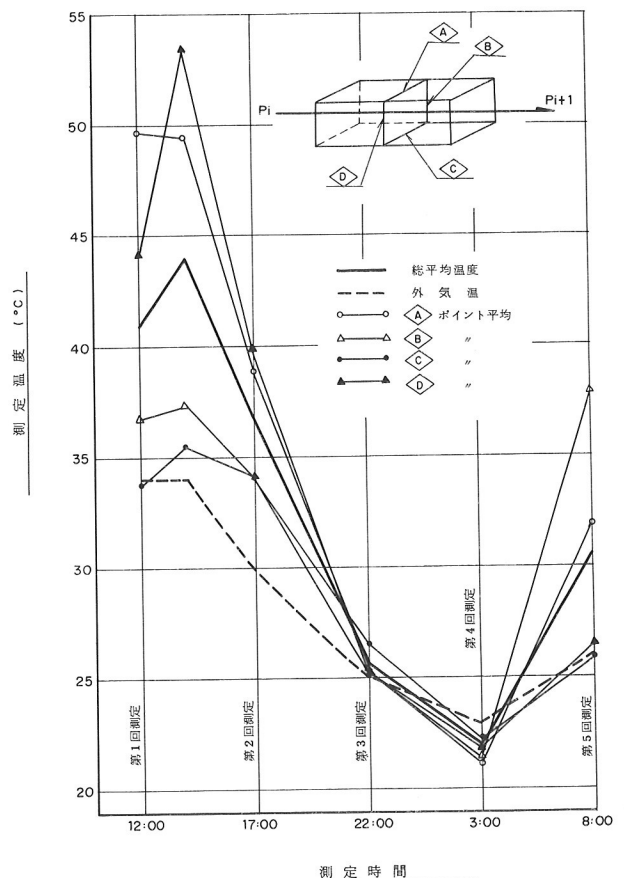


図-6 主桁の温度変化

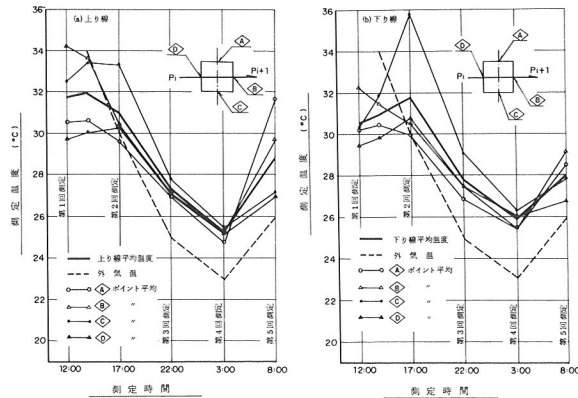


図-7 脚の温度変化

図-8に橋脚の温度変化を示す。この図は、各橋脚断面(Ⓐ:東側面, Ⓑ:南側面, Ⓒ:西側面, Ⓓ:北側面)の表面温度を上下線別に平均して連ねて描いたものである。橋脚最大温度差6℃, 総平均温度の変化量も6℃ほどで、主桁に比べて温度の変動が小さいことがわかる。これは、橋脚が温度の比較的一定している地面に接触していることや、日光の直射面が少ない、および橋脚表面の塗装などによる影響と考えられる。

6-3 主桁カンバー変化

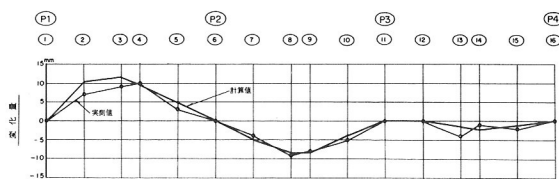
図-8 キャンバー変化($P_1 \sim P_4$)

図-8に、上り線側主桁の第1~3径間($P_1 \sim P_4$)部分のキャンバー変化を示す。この図は、上下フランジの温度差が最大であった第1回目測定値から、部材温度が低くて安定している第4回目測定値を差し引いた(第4回目測定値を基準とした)キャンバーの変化量を示したものである。比較のために、図-9に示すようなモデルの主桁の上下フランジに、18℃の温度差(第1回目と第4回目の上下フランジの温度差の立化量)を与えて計算した値もプロットして示した。

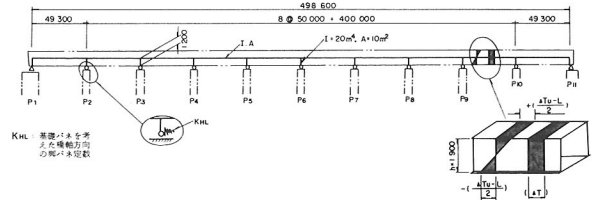


図-9 解析モデル(その1)

キャンバーの変化量は、最大の端径間中央においても10mm程度と比較的小さい。中央部の径間(第3~8径間)においては、キャンバーの変化は測定値、計算値とも微小である。

測定値と計算値は比較的良く一致しているようであり、多径間連続桁の温度差によるキャンバー変化は比較的小さく、特に中央径間はほとんど変化しないことが確かめられた。また主桁が期待通りの挙動を示していることが確認できたといえる。

6-4 橋脚の倒れ

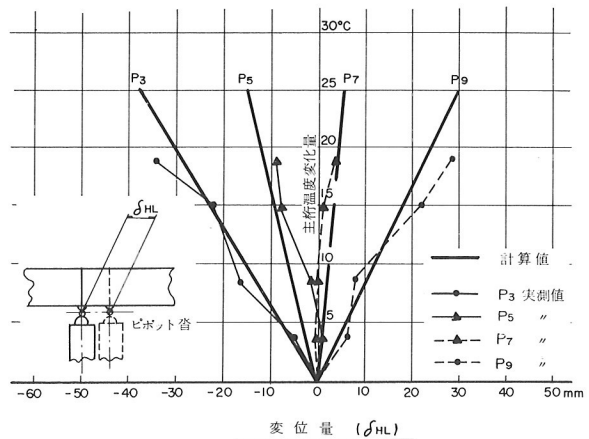


図-10 上り線側鋼脚橋軸方向変位

図-10に、上り線側橋脚(P_3, P_5, P_7, P_9)の橋軸方向の倒れ(脚頂水平変位)を示す。この図は、4回目測定値を基準として、橋脚の倒れを、主桁の温度変化(総平均温度)に対しプロットしたものである。図中に図-11に示すような構造モデルで、主桁に一樣な温度変化を与えた時の計算値も示した。

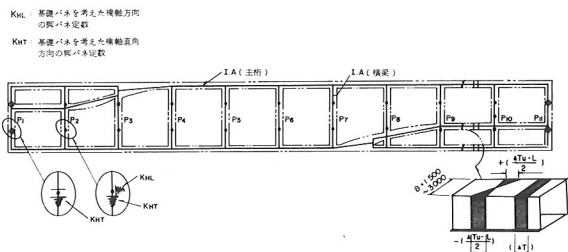


図-11 解析モデル(その2)

図から、測定値と計算値は良好な一致を示しており、主桁および橋脚が予想通りに挙動していることがわかる。すなわち、各橋脚が設計通りの可撓性を有し、柔橋脚として期待通りの機能を果していることが確認できたといえる。

6-5 可動沓の移動量

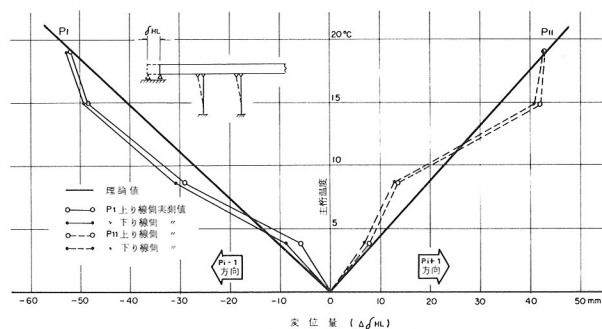


図-12 可動沓変位量

図-12は、桁端部の可動沓の移動量を4回目測定値を基準として主桁の温度変化に対して描いたもので、並記してある計算値は6-4に示した構造モデルにて計算したものである。

可動沓の移動量においても、測定値と計算値はおおむね良好な一致を示しており、各構造部材が設計上の機能を満たしていると思われる。

7. あとがき

多径間連続高架橋の温度変化に伴う形状変化を測定することにより、その挙動を確認することができた。観測された温度変化に対する挙動は計算結果によく一致しており、高架橋が設計上の機能を充分満足していることが

確認された。

この測定報告が、今後建設される柔橋脚多径間連続高架橋の設計・施工等の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 石沢・山崎・稚：高速葛飾川口線における多径間連続桁橋について，第32回土木学会年次学術講演会，I-217, 1977.
- 2) 日本道路公団構造技術課編：多径間連続橋の研究，橋梁と基礎，Vol.12, №2, 1978.
- 3) 中川：多径間連続橋とその動的応答特性，橋梁と基礎，Vol.14, №6, 1980.
- 4) 安藤・名取・金杉：8径間連続橋の設計と施工，橋梁と基礎，Vol.16, №9, 1982.
- 5) 馬上・川上・三宅：12径間連続箱桁の設計と施工，橋梁と基礎，Vol.17, №9, 1983.