

京葉道路の維持管理

橋梁老朽化に伴うモニタリング橋梁の 長期監視調査

日本道路公団 東京第二管理局 長江 進

1. はじめに

京葉道路は、供用開始後20～35年を経過し、JH管理下の道路としては最も古い道路の一つである。

加えて道路沿線開発に伴う交通量の増加、過積載車両の増加により構造物にとっては厳しい環境下にあり、鋼桁の疲労亀裂・異常音・振動の発生・床版のひび割れ・伸縮装置の早期損傷等、橋梁構造物の損傷発生が頻発している。

このため、平成元年度より京葉道路老朽化検討委員会を実施すると共に、き裂補修対策や横桁増設・主桁補強及び床版の連続化・床版上面増厚・支承取替等の補修・補強対策を実施してきている。

この間には、平成6年5月における道路交通法改正による過積載車両の規制と取締強化により過積載車両の減少や、床版上面増厚対策工の実施効果などにより、鋼橋桁での発生応力は当初の補強対策検討時に対し大幅な応力低下が見られた。

このため、現行時点においては車両大型化対策のために、既設主桁等への削孔等による全面的な主桁補強対策は、対策施工による主桁への悪影響の重大性と橋梁が保有する健全性を考慮すると、補強対策工の全面実施は時期尚早と判断される。

しかし、橋梁の健全性を如何に適切に判断し維持管理の効率化と延命化を計って行くかが、今後の橋梁老朽化対策に対する投資の有効活用の面で非常に重要である。

また、既に対策補強された橋梁の長期的な補強効果の持続性、過積載車両の減少による応力低下に対し長期的な交通実態の変動、対策補強が重ねられた橋梁の疲労損傷部位の発生移動、さらに新たな損傷の発生に繋がらないのかなど、今後の橋梁構造物の管理を実施して行くに当たっての問題点も残るところである。

このため、老朽化橋梁における長期的な荷重交通荷重とその発生応力状態、点検管理による橋梁損傷の発生状況調査の実施による、今後の橋梁の維持管理における適切な健全性評価手法や効率的な予防安全管理手法の確立を目指して、長期監視橋（モニタリング橋）を設定してのモニタリング検査を開始したので、調査の概要を報告するものである。

2. 損傷状況及び補強対策

京葉道路における橋梁は、その多くが鋼単純合成鈹桁橋であり、損傷の状況も

- 鋼桁の疲労き裂
 - 鋼桁からの異常音の発生
 - 鋼桁の振動
 - 床版のひびわれ
 - 伸縮継手の早期における損傷
 - 支承の損傷(腐食、摩耗、破損)
- などの損傷が多く発生している。
(写真-1, 写真-2に示す)

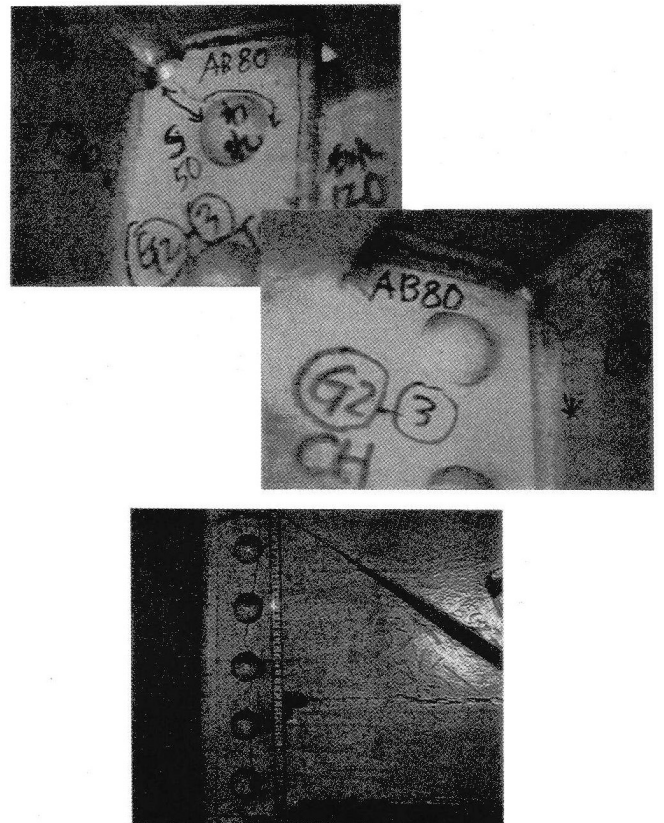


写真-1 鈹桁橋の疲労クラック

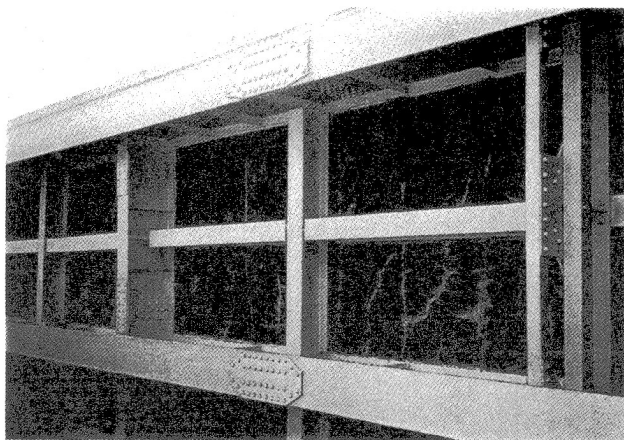


写真-2 コンクリート床版のひび割れ

これら損傷の主たる原因としては、

- 経時による変化(供用開始後(20~35年経過))
- 重交通、特に過積載車両によるダメージが上げられており、特に過積載車両の増加は昭和60年以降急増しており、損傷による橋梁老朽化を早めている。過積載車両の検挙台数及び状況写真を表-1に示す。

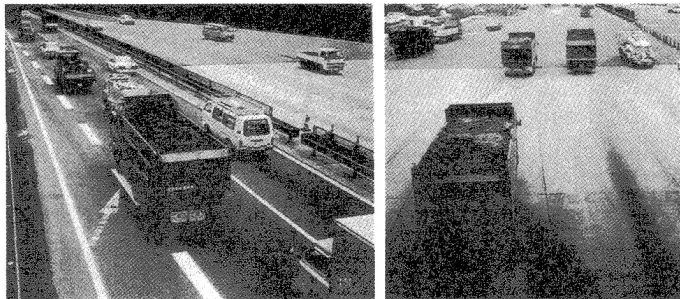


写真-3 主桁補強対策状況

しかし、現行の主桁補強対策においては、下フランジへのカバープレート添加工法等いずれの対策工法においても健全な既設主桁部材への削孔等による補強対策であり、現在までの各種対策工の実施に伴う交通荷重による部材発生応力調査の結果では、橋梁が保有する健全性を考慮すると、京葉道路における主桁補強の実施は時期尚早と判断されるものである

これらの経緯を踏まえ、一通りの補修・補強対策を実施した橋梁の健全性を適切に判断し、維持管理の効率化と橋梁の延命化を計って行くことは、今後の橋梁構造物管理として重要な課題となるものであり、この対応検討として長期監視橋(モニタリング橋)を設定してのモニタリング検査を開始したものである。

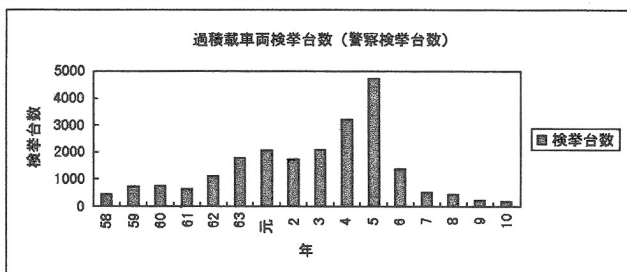


表-1 過積載車両検挙台数(警察検挙台数)

3. モニタリング橋梁の概要

モニタリング橋梁として選定した京葉道路の宮野木高架橋は、1968年に建設され約30年を経過している鋼橋であり、宮野木高架橋の橋梁諸元を表2に、平側面図および断面図を図1、2に示す。

また、現在までの宮野木高架橋における補修・補強の実施状況は以下のとおりである。

昭和57年3月 縦桁増設を完了

表2 宮野木高架橋諸元

| | |
|------|-------------------------------|
| 橋種 | 床版連結鋼合成板桁3連 |
| 橋長 | 86.000m |
| 支間長 | 2@29.350m+24.4m |
| 幅員 | 12.600m |
| 斜角 | 90度 |
| 主桁本数 | 4本(内拡幅桁1本),間隔3.8m,2.6m |
| 設計荷重 | TL-20 |
| 舗装 | アスファルトコンクリート舗装 t=75mm |
| 床版 | 鉄筋コンクリート 230mm(180mm+SFC50mm) |
| 勾配 | 縦断勾配 0.80% 横断勾配 3% |

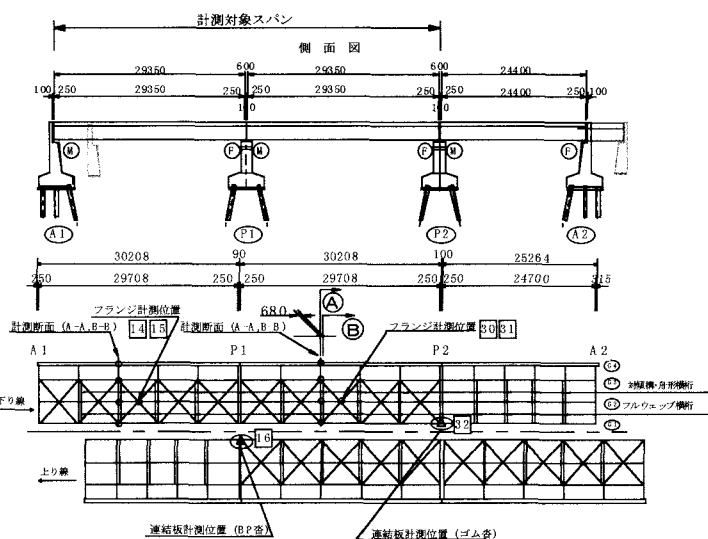


図1 平側面図

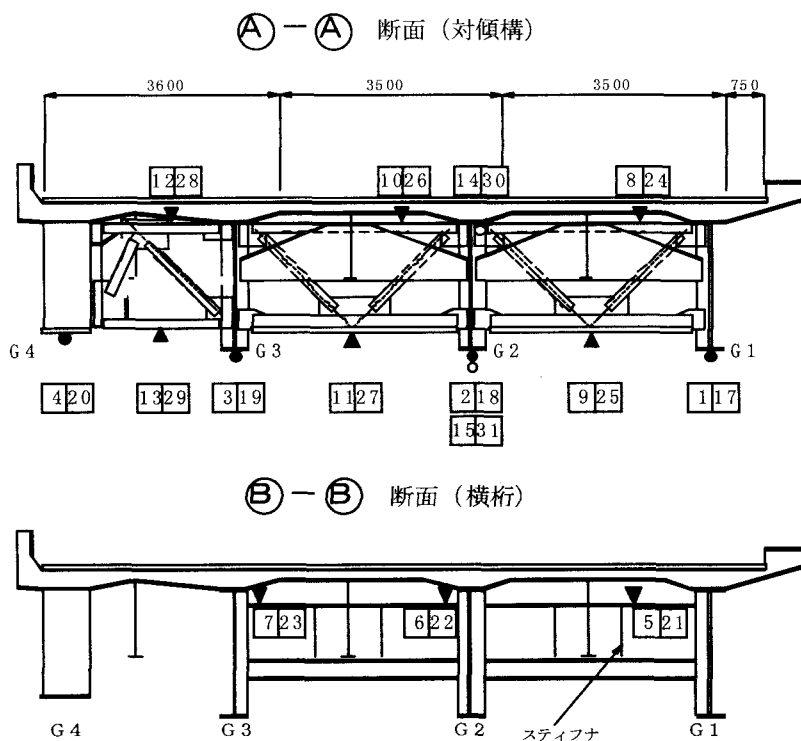
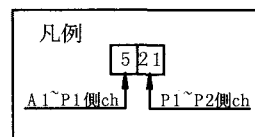


図2 断面図



| 区間 | 計測位置 | ch | |
|-------|------------|-------|------|
| A1-P1 | G1 | 1 | |
| | G2 | 2 | |
| | G3 | 3 | |
| | G4 | 4 | |
| | G1-G2 横桁1 | 上 5 | |
| | G2-G3 横桁2 | 上 6 | |
| | G3-G4 横桁3 | 上 7 | |
| | G1-G2 対傾構1 | 上 8 | |
| | | 対傾構2 | 下 9 |
| | G2-G3 対傾構3 | 上 10 | |
| | | 対傾構4 | 下 11 |
| | G3-G4 対傾構5 | 上 12 | |
| | | 対傾構6 | 下 13 |
| | スパン中央 | G2上 | 14 |
| | | G2下 | 15 |
| | 上りBP | 床版連結板 | 16 |
| P1-P2 | G1 | 17 | |
| | G2 | 18 | |
| | G3 | 19 | |
| | G4 | 20 | |
| | G1-G2 横桁1 | 上 21 | |
| | G2-G3 横桁2 | 上 22 | |
| | | 横桁3 | 上 23 |
| | G1-G2 対傾構1 | 上 24 | |
| | | 対傾構2 | 下 25 |
| | G2-G3 対傾構3 | 上 26 | |
| | | 対傾構4 | 下 27 |
| | G3-G4 対傾構5 | 上 28 | |
| | | 対傾構6 | 下 29 |
| | スパン中央 | G2上 | 30 |
| | | G2下 | 31 |
| | 下りゴム | 床版連結板 | 32 |

- 平成4年5月 ①路肩拡幅による拡幅桁 (G4:Me-Box)の増設
②補強横桁の増設及び端対傾構のコンクリート巻立て
③TIG 溶接・グラインダ仕上げによる既存き裂の補修を完了。
- 平成7年2月 カバープレート添加による主桁補強 (下り A1~P1) を完了。
- 平成7年5月 床版連結によるノージョイント化、床版上面増厚工、鋼製支承からゴム支承への取替 (下り A1~A2) を完了。

本橋梁においては、主桁補強・床版連結及び床版上面増厚工の補強前後でそれぞれの対策効果の確認を目的に、動的載荷試験・応力頻度計測・静的載荷試験を実施し、主桁のひずみや変位の計測した現況の既存データを有しており G2 主桁における調査年月と発生応力を図-3 に示す。

このことから、平成 8 年度の京葉道路老朽化委員会の提案を受け、現況での必要な対策工を完了した宮野木高架橋を長期監視橋 (モニタリング橋) と位置づけ、橋梁通過車両情報と車両荷重による橋梁各部発生応力状況の把握と定点管理を行なう事とした。

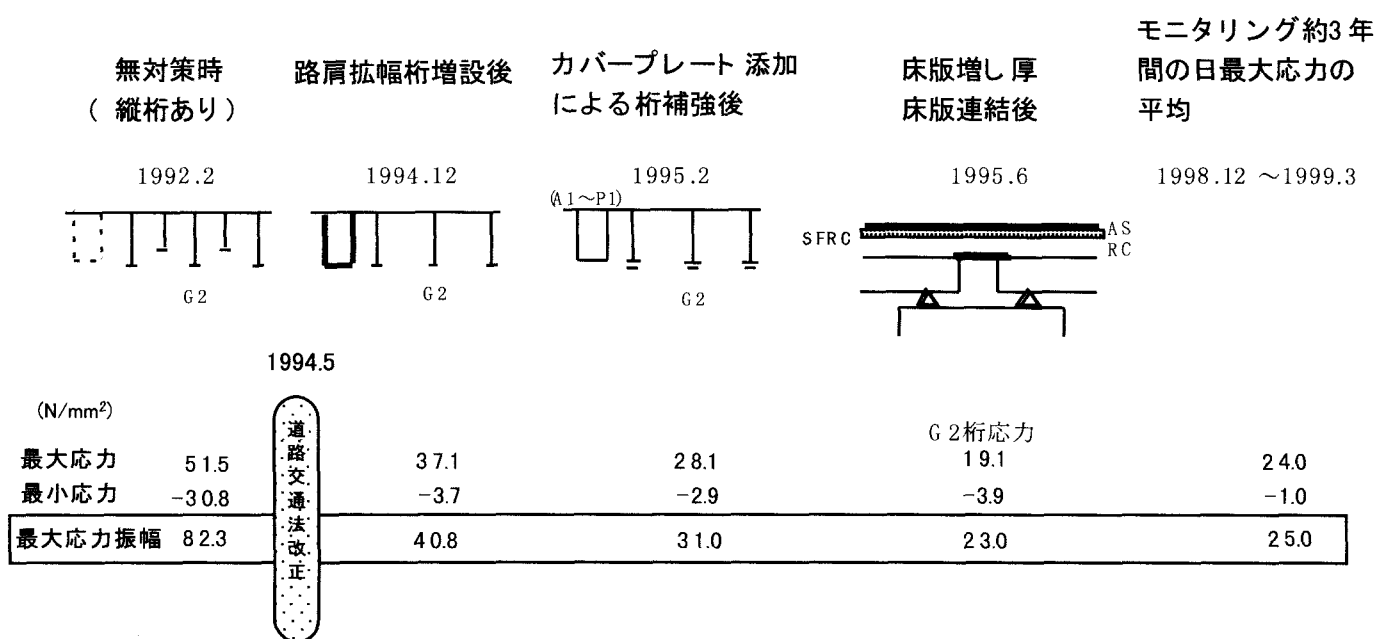


図3 補修・補強と発生応力の経緯

4. 長期監視システム

(1). モニタリング橋における長期監視システムの目的

- 主桁発生応力の低減を目的とした床版上面増厚と主桁下フランジへのカバープレート添加による桁補強効果の持続確認管理
- 縦桁増設、横桁増設等の補強を重ねた部材の応力実態と長期的変動、並びに疲労損傷部位の変化検討
- 平成6年5月の道路交通法改正に伴い、疲労損傷の原因となる交通荷重の動向把握解析結果に基づく京葉道路の橋梁の耐荷力・耐久性の評価や他路線での補修・補強マニュアル作成のための基礎資料収集

(2). モニタリング項目と計測位置

モニタリング項目としては、

- 交通荷重実態 …………… 通過車両重量計測装置
- 交通荷重による発生応力 …… 動ひずみ計測装置を長期観測するものである。

通過車両重量計測は、カナダ製の固定式車両質量計を、A1 橋台手前に設置し計測している。

通過車両重量計測装置の概要を図4に、設置状況を写真-4示す。

通過車両重量計測装置による、計測項目及び計測方法は以下のとおりである。

| {計測項目} | {内容} |
|------------|-----------------|
| 通過車線 | 走行、追越車線 |
| 通過時間 | 年月日、時分秒・1/100 秒 |
| 計測車両走行速度 | 30~120km/hr |
| 計測車軸数、軸間距離 | ~15 軸、cm |
| 計測総重量、各軸重 | ~140t、~22t |
| {計測方法} | |

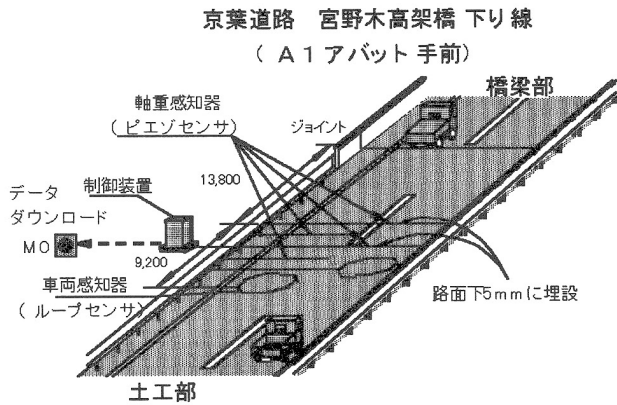


図4 通過車両重量計測装置位置図

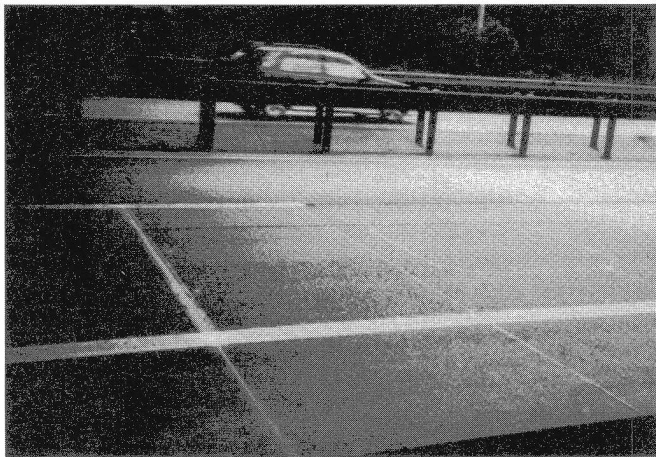


写真-4 感知器設置状況

車両感知 ループセンサ
 車両諸元計測 ピエゾセンサ (センサが感知する
 衝撃を電圧変換して荷重換算)
 *計測精度・・・総重量で誤差±15%以内 (目標±5%以内)
 *路面温度差で生じる計測誤差はオートキャリブレーション機能による自動補正。

動ひずみ計測の計測位置は図 1, 2 の平側面図及び断面図に示すとおりであり、A1~P1 間 (カバープレート添加による主桁補強有り)、P1~P2 間 (主桁補強無し) の区間において、任意に設定する総重量以上の車両によって発生する部材応力 (応力分配) と、24 時間単位の連続応

力頻度測定 (ピークバレー・レインフロー法) を実施する。(写真-5 ひずみ計設置状況)

(3). 計測システム構成
 動荷重計測装置及び動ひずみ計測装置システムのシステムフローを図5に示す。

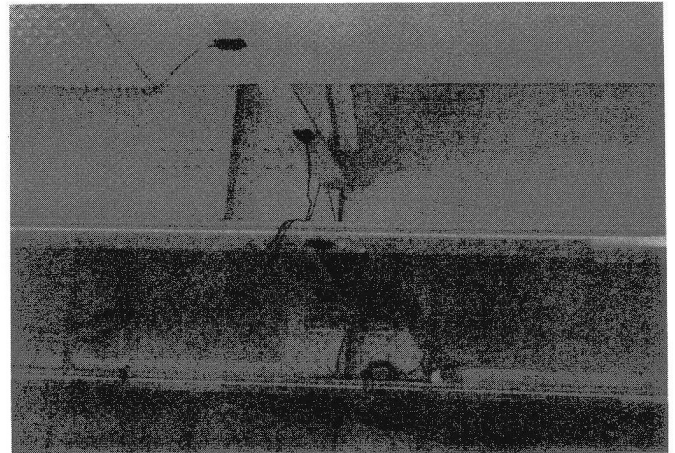


写真-5 ひずみ計設置状況

図5に示すように、ピエゾセンサー及びループコイルにより感知されたデータは、車両重量計測装置により、車両データ処理を行ない、任意に設定した総重量以上のデータ処理を確認した場合に、動ひずみ計測装置に通信処理され G2 桁をトリガーとした応力分配に関するデータ処理と記録を行なう。

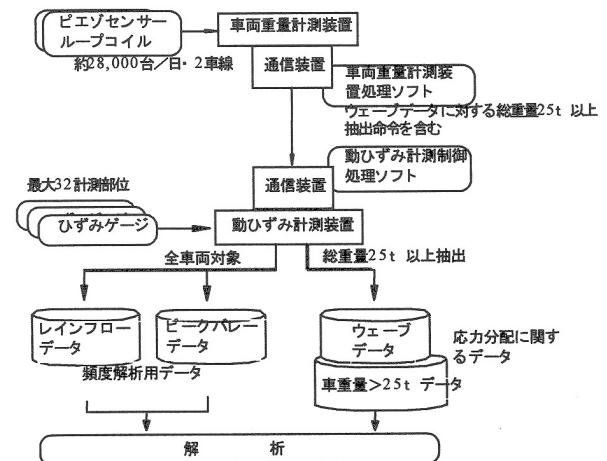


図5 計測システム

分配応力の取得は図 6 に示すように、車両重量計測により任意に設定した総重量以上の車両通過信号をトリガー受信すると、受信前 2 秒から受信後 8 秒までの G2 桁データより最大応力を特定する。

分配応力の任意格子計算から発生応力が最大となる G2 桁をトリガーとし、計測全チャンネルにおける G2 桁の発生応力が最大応力となる時点から手前 1 秒と後 5 秒の合計 6 秒間のアナログデータをデジタルデータに変換し、車両

重量計測データ（任意に設定した総重量以上の車両）と共に、該当する応力データを各径間分を M0 ファイル保存する。

また、全車両を対象とした応力発生頻度の取得は、ヒストグラムレコーダー機能により、全チャンネルの応力頻度を 24 時間連続（1 日単位）で連続取得し M0 ファイル保存する計測システムである。

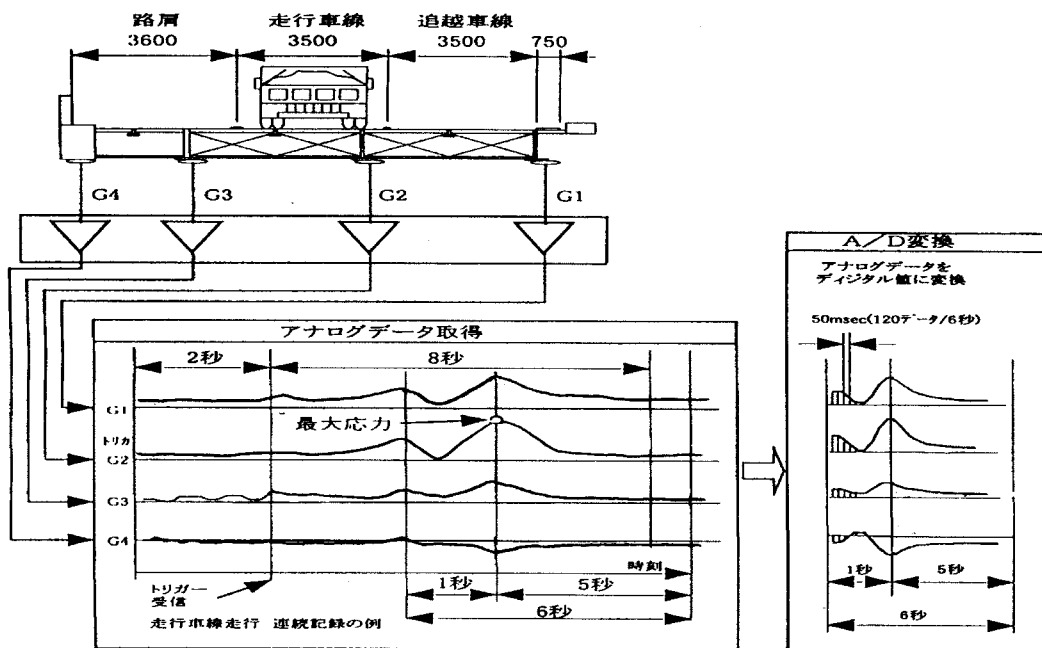


図 6 応力分配取得概要図

5. 計測結果

今年2月における試験計測の結果データを以下に示す。

(1). 通過車両重量計測結果 (図7)

総重量 25t 以上を抽出するように現在システムを設定しており、今年2月における一ヶ月間の総重量 25t 以上の過積載車両合計台数は 3,615 台であり、最大総重量は 83t、最大軸重は 24.3t を記録しており、依然として設計荷重を大きく上回る過積載車両が通過している状況下にある。

(2). 動ひずみ計測結果

図8及び図9の動ひずみ計測結果は、総重量 25t 以上の車両が A1~P1 間の走行車線及び追越車線通過時に発生する応力を、各区分重量ごとで平均化した発生応力で、応力分配状況を主桁及び対傾構上下弦材位置で比較したものである。

調査データは現在解析中であり、車軸数による分類等の検討も行なう必要があるが、各総重量区分ともほぼ任意格子計算における発生応力分配と同様の応力発生を示しているものと思われる。

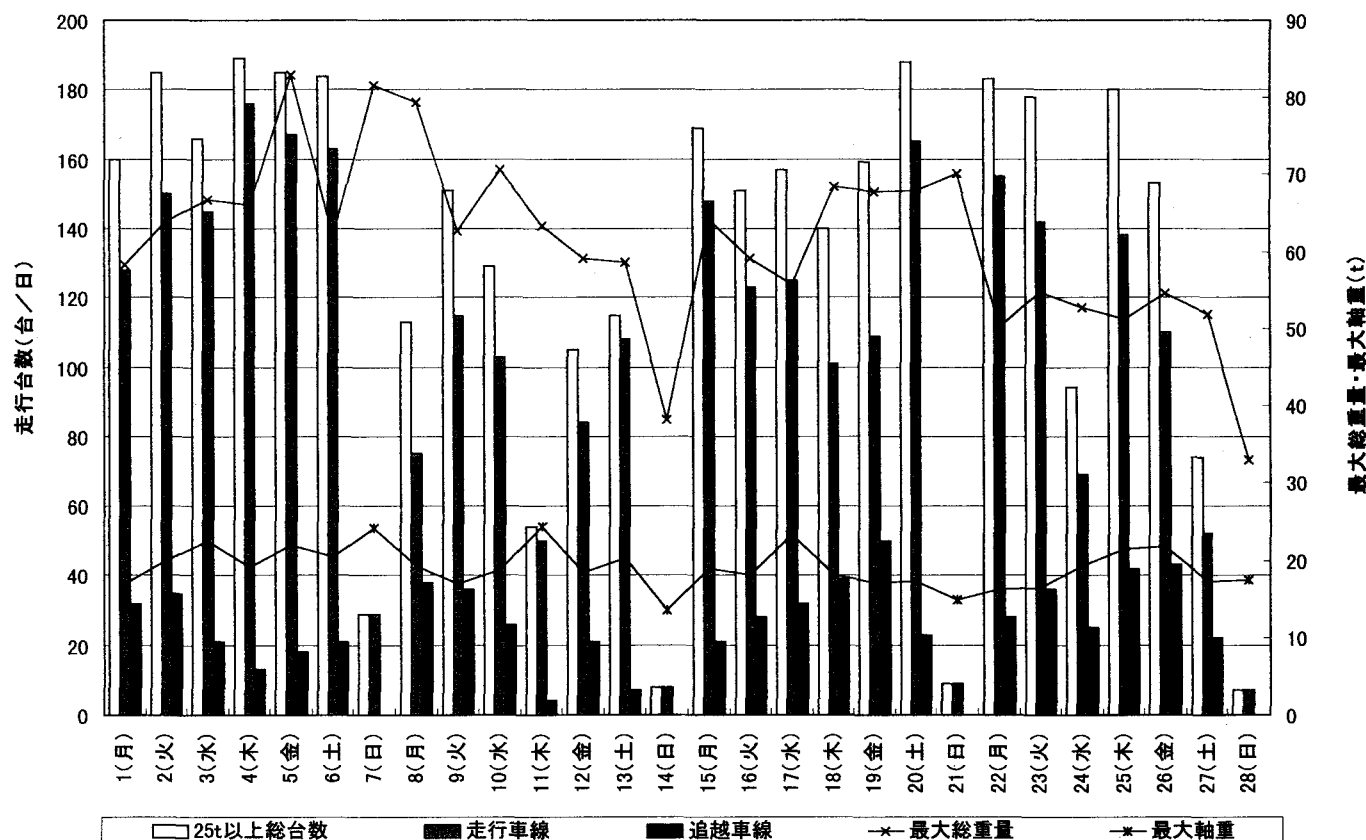
また、試験調査期間中の1ヶ月間における G2 主桁での最大発生応力は 21.1 N/mm²、最大応力振幅 25.8 N/mm² の発生であった。

これは、1995年2月の調査検討時における総重量 52.7t 一軸車両による任意格子計算上の発生応力の9割程度となっており、今回の総重量 83t 車両を考慮すると更に発生応力比は小さいものと思われる。(詳細については再度報告を行ないたい。)

このことは、設計計算上では考えられていない部位で荷重を負担したり、設計計算以上の荷重を負担していることであるといえる。

このため、今後の計測データを踏まえた応力発生状態を適性に評価することによって、橋梁の弱点部を捕らえた効率的な点検管理手法や、発生応力に合わせた経済的な補修・補強対策に繋がればと考える。

通過車両重量計測結果



(平成 11 年 2 月計測データ)

図7 総重量 25 t 以上の車両記録

A1~P1走行車線走行時分配応力

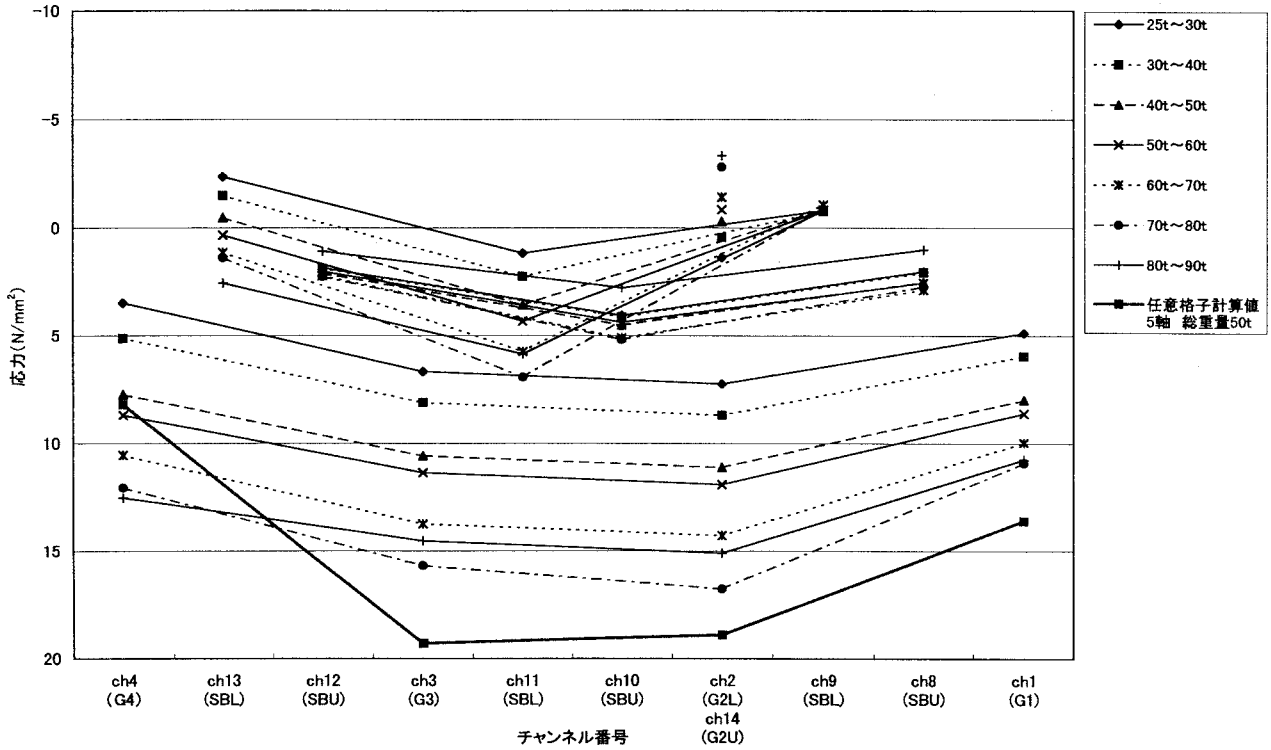


図8 総重量 25 t 以上の通過車両による分配応力状況 (走行車線)

A1~P1追越車線走行時分配応力

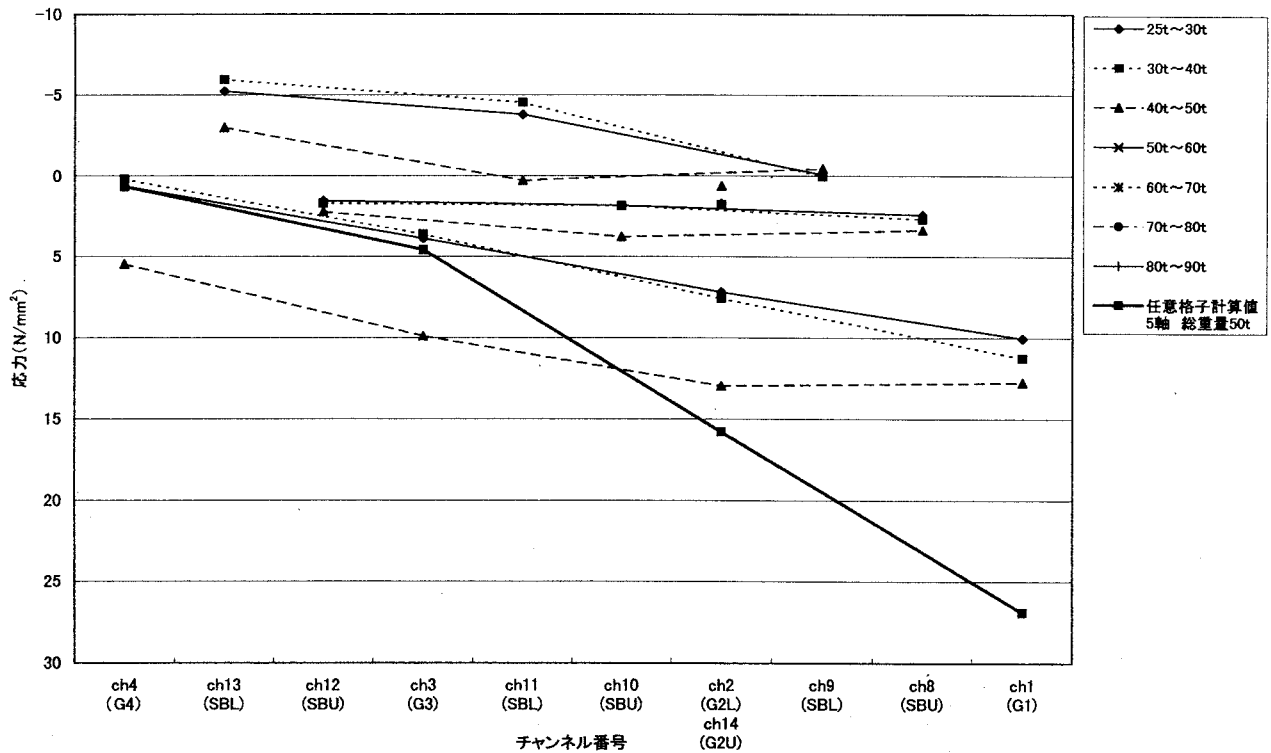


図9 総重量 25 t 以上の通過車両による分配応力状況 (追越車線)

6. おわりに

今後予想される老朽橋の増大に対しては、老朽化によって心配となる橋の健全度をいかに正しく把握し、延命化や更新計画に反映していくかが重要なテーマと言える。

このため、橋梁の維持管理における点検・診断技術の確立を目的に、京葉道路宮野木高架橋を長期モニタリング橋と位置づけ、交通の状況変化に伴う活荷重の増大や疲労損傷・劣化による橋梁の安全性に及ぼす影響を把握すべく監視調査を実施している。

現在も、橋梁の老朽化に伴う各種の補修・補強対策工を実施し、橋梁の安全性を確保する努力を続けているところであるが、交通への影響を最小限に止めた補修・補強対策を実施するためには、橋梁の安全性を的確に判断し対策工を実施することが重要である。

このため、橋梁の老朽化の進展は今後予想される疲労による損傷発生や、新たな橋梁損傷も懸念されるところであり、この様な監視システムによる調査データの蓄積による点検手法や適切な健全度診断手法の確立が重要な項目であると考えられる。

本モニタリングは、今後計測が可能な限り調査データの収集蓄積を実施して行く予定であり、交通荷重による発生応力状態の把握や橋梁の損傷発生部位の特定による点検管理項目の優先順位の位置付けと、損傷部位による健全度判定の確立は、橋梁老朽化の進展における合理的で適時な効率的補修・補強対策の実施が期待できるものと考えられる。

今後の JH における橋梁構造物の維持管理状況を憂慮すると、点検管理費用、点検技術者の確保、老朽化の更なる進展による対策費用の増大等の課題に対し、橋梁構造物の新たな維持管理手法が必要であり、この手法確立のために本調査データが活用出来れば幸いである。

参 照 文 献

- 1) 日本道路公団東京第二管理局：京葉道路橋梁老朽化調査検討，(1997-3) (1998-3) (1999-3)
- 2) 社団法人日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説 (1993-4)
- 3) 阿部 允・杉館 政雄・小芝 明弘：鋼橋の点検・診断用システムと機器，橋梁と基礎. PP.173-179 (1997-8)