

RC高欄の構造改良

工務部設計課 古池正宏
同部同課 大西俊之

要 約

阪神高速道路公団の道路構造物において、道路幅の確保と路外逸脱防止に重要な役割りを果たしているコンクリート高欄とその水切部には、著しい鉄筋腐食やかぶりコンクリートの剝離がみられる。供用路線におけるこれらの構造物の多くの個所が補修または要補修の対象となっている。一方、車両衝突によるコンクリート破片の落下を防止するため、溶接金網を高欄に埋設する方策を講じてきたが、金網設置によりかぶりコンクリートの剝離が生じるという事例が発生して大きな効果をうるまでには至っていない。

そこで、RC高欄の損傷実態および補修状況調査結果に基づいて、その問題点を究明するとともに、次の点を改良して、RC高欄のせん断耐力の向上を図る改善案を提案することとした。主鉄筋のかぶりコンクリートの増厚およびせん断補強筋の増加の対策を講じ、加えて改善案により実物大の模型供試体を用いて衝突実験を行い、改善案の妥当性を確認し、十分な成果をえたので報告する。

まえがき

従来、コンクリート構造物は耐久性に優れ、維持管理が容易であると考えられてきた。しかし、近年においては、床版の繰り返し疲労や鉄筋腐食等の問題により、コンクリート構造物の耐久性に関して、いくつかの問題を提起しつつある。

阪神高速道路公団が管理しているコンクリート構造物において、高欄とその水切部に近年著しい鉄筋腐食が発生している。この要因は、施工上これらのコンクリート構造物のかぶりコンクリートの厚さの確保が難しいうえに、雨水や車両の排気ガスを直接受けるなど、使用環境が過酷であるためと考えられる。鉄筋腐食によって生じたコンク

リート片の剝落は、都市内高架道路の場合、第三者事故に結びつく危険性がきわめて高い。また、車両の衝突によりコンクリート片が落下する危険性もある。そこで、当公団では、金網を高欄に埋設してコンクリート片の落下を防止することに努めてきたものであるが、金網自体のかぶりコンクリートが剝離するという問題が発生した。

そこで、高欄に要求される車両落下に対する防護機能および遮音板や照明柱の取り付け基礎としてのスペース機能等を十分に満足したうえで、維持管理上、高欄自身の耐久性の向上とコンクリート片の落下による第三者事故の防止に対処しうる

よう、RC高欄の構造改善に着手した。

本文は、高欄設計の経緯を振り返るとともに、現状のRC高欄の損傷実態、補修状況調査の結果に基づいてその問題点の究明、配筋および金網設置に関する改善策について詳述するものである。

1. 高欄設計の経緯

車輛の車道外への逸脱防止には、従来、ガードレール形式の構造物の設置により、衝突エネルギーを吸収する方式が多く採用されていた。高速道路においては、衝突車輛の逸脱を完全に制限するため、充腹構造の高欄が採用されている。¹⁾²⁾また、都市内高速道路という性格より、車輛衝突時に高欄コンクリートが破壊されて、コンクリート片が落下するという事態に対しても、当公団においては、独自の対策を講じてきた。ここでは、高欄の構造形式の変遷を列記する。

1-1 高欄設計基準の変遷

公団発足当時から今日に至るまでのRC高欄の設計基準の変遷は、表-1のとおりである。

高欄主筋のかぶりコンクリートの厚さは、鉄筋腐食を抑制するため、昭和52年度に30mmから55mm

に増厚している。また、昭和55年度に遮音板設置のためのアンカープレートの取り付け位置との関連から、内側部のかぶり厚さのみ40mmに変更している。

1-2 高欄金網設置基準

公団発足当時のRC高欄の標準断面では、車輛衝突時にコンクリート片の飛散を防止することが困難であるとの理由から、昭和40年4月に配力筋を増加し、さらに、昭和46年度に高欄主筋の外側に金網を埋設した供試体を用いた衝突実験を行い、その結果に基づいて昭和47年8月に、溶融亜鉛メッキを施した溶接金網（φ2.6mm×50mm×50mm）を、高欄コンクリートの表面より10mm内側に埋設することが規定された。

しかし、10mmのかぶり厚さを取って金網を正確に設置することは、フレキシブルな金網が自立し難く、スペーサーの取り付けが困難であることなど、施工上の難点が目立ってきた。このため、昭和55年4月制定の鋼構造物標準図においては、溶接金網は高欄コンクリートの表面から20mm内側付近に埋め込むよう改正され、側面はスペーサー筋（D13）に、天端は主筋に直接取り付けられることとされた。また、コンクリート中の異種間金属の鉄

表-1 高欄設計基準の変遷概要

| | | 公団発足当時 ~昭和42年5月 | 昭和47年8月 | 昭和52年度 鋼構造物標準図 | 昭和55年4月 鋼構造物標準図 | 昭和57年2月 鋼構造物標準図 | |
|----------------|-----------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------|
| 高欄厚 (mm) | | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | |
| 主鉄筋 | 径 | D13 | D13 | D13, D16 | D13, D16 | D13, D16 | |
| | ピッチ (mm) | 100, 200 | 100, 200 | 100, 150 | 100, 150 | 100or125, 200or250 | |
| 配力筋 | 径 | D13 | D13 | D13 | D13 | D13 | |
| | ピッチ (mm) | 215 | 107.5*2 | 100, 160 | 100, 160 | 100, 160 | |
| 溶接金網 | | — | φ2.6×50×50 亜鉛メッキ | φ2.6×50×50 亜鉛メッキ | φ2.6×50×50 亜鉛メッキ | φ2.6×50×50 | |
| かぶり厚さ* (mm) | 主鉄筋 | 内側 | 30 | 30 | 55 | 55 | 55 |
| | | 外側 | 30 | 30 | 55 | 40 | 40 |
| | | 天端 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| | 配力筋 | 内側 | 43 | 43 | 68, 59.5 | 61.5, 63 | 61.5, 63 |
| | | 外側 | 43 | 43 | 68, 69.5 | 46.5, 48 | 46.5, 48 |
| | 溶接金網 | | — | 10 | 10 | 10 | 16.4, 17.9 |
| コンクリート | 設計基準強度 | 240 kg/cm ² | 240 kg/cm ² | 270 kg/cm ² | 270 kg/cm ² | 270 kg/cm ² | |
| | 許容曲げ圧縮応力度 | 80 kg/cm ² | 80 kg/cm ² | 90 kg/cm ² | 90 kg/cm ² | 90 kg/cm ² | |
| 鉄筋許容引張応力度 | | 1800kg/cm ² (SD30) | 1800kg/cm ² (SD30) | 1800kg/cm ² (SD30) | 1800kg/cm ² (SD30) | 1800kg/cm ² (SD30) | |
| 設計速度 | | | | 60,80 km/h | 60,80 km/h | 60,80 km/h | |

* 1 : かぶり厚さはコンクリート表面から鉄筋中心までの距離を表わす

* 2 : 昭和46年4月に変更

筋腐食進行を防止する目的で溶接金網には亜鉛メッキは施ささないこととされた。加えて、昭和56年度には、溶接金網の設置位置をパラメーターとした衝突実験が実施され、その結果に基づいて昭和58年3月には、高欄コンクリートの表面より16.4mm (D16) あるいは17.9mm (D13) 内側の位置に溶接金網を設置することとされた。(図-1参照)

1-3 実験による構造検計

昭和46年度より61年度にかけて合計5回、実物大の高欄模型供試体に鋼球を用いて衝突実験が行われている。実験は、図-2に示すように球形重錘をクレーンで所定の高さまで上昇させ、瞬間的に切り離して振り子式に落下させて、高欄に衝撃力を与える方式が採用されている。

これらの実験の目的を大別すると、①コンクリート破片の落下防止対策、②かぶりコンクリートの厚さ不足に対する対策であり、表-2に示すように、被害の実態把握とともに各種補強方法および新材料の効果が検討された。

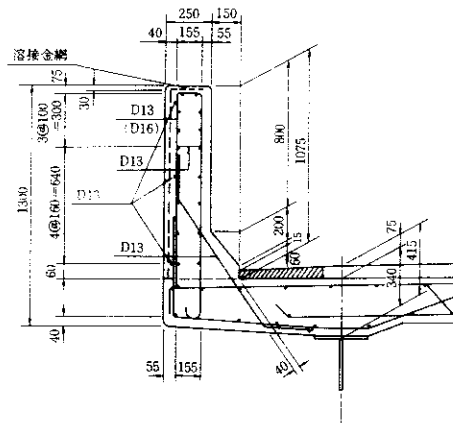


図-1 配筋図

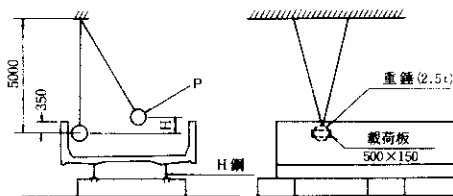


図-2 高欄衝突実験方法

表-2 高欄衝突実験のまとめ

| 業務名称 | 概要 |
|--------------------------------------|---|
| コンクリート高欄破壊実験 (S.46) | 4種類6体の供試体を用いて車輛衝突によるコンクリート破片の落下対策を検討したもので、溶接金網による防止対策が良好な結果を得た。 |
| RC床版の初期欠陥とその改善策に関する調査研究 (その2) (S.55) | 4種類4体の供試体を用いて車輛衝突時または鉄筋の発錆によるコンクリート破片の落下対策を検討したもので、GRC版を埋設型枠として用いる方法の有効性が示された。 |
| コンクリートの基礎性状に関する調査研究 (S.56) | 4種類4体の供試体を用いて溶接金網の設置位置をパラメーターとした実験を行い、溶接金網のかぶりを23mmとしても飛散防止の効果があることが分かった。 |
| コンクリート高欄衝突実験 (S.60) | 8種類8体の供試体を用いて、車輛衝突時におけるコンクリート破片の落下阻止を目的として高欄の耐衝撃性を実験的に検討し、樹脂によるガラスクロス貼付けおよびこれと鋼板貼付けとの組合せ型式が著しく良好な結果を得た。 |
| プレキャスト高欄の衝撃破壊実験 (S.61) | 6種類8体の供試体を用いてプレキャスト高欄の適用性を確認しようとしたもので、せん断補強筋を使用したものがコンクリート破片の飛散量が少ないという結果が得られた。 |

2. RC高欄の損傷とその形態

2-1 鉄筋のかぶり厚さの影響

2-1-1 かぶり厚さ調査 (供用部)

供用路線のうち堺線・空港線および環状線において約1000箇所非破壊調査を行い、その結果に基づいて、これらの路線における高欄コンクリートのかぶり厚さの分布を図-3に示す。設計上のかぶり厚さは30mmであるが、実際には設計値に対して±30mm程度のバラツキが認められる。これは、主鉄筋が必ずしも垂直に建て込まれておらず、施工段階において、高欄鉄筋のかぶりコンクリートの厚さを確保することが困難であったことが、主な要因と考えられる。

中性化の進行度を路線別に図-4に示す。中性化深さは、コンクリート材令15年前後で2cm程度となっており、路線によって異なる傾向がみられる。この原因としては、各路線特有の使用環境

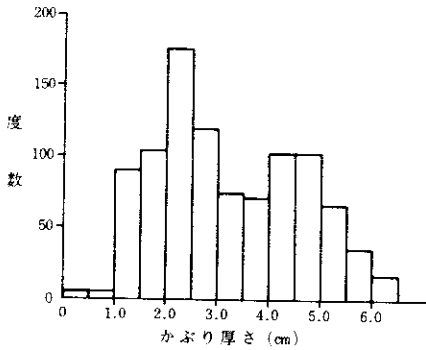


図-3 高欄外側かぶり厚さの分布図

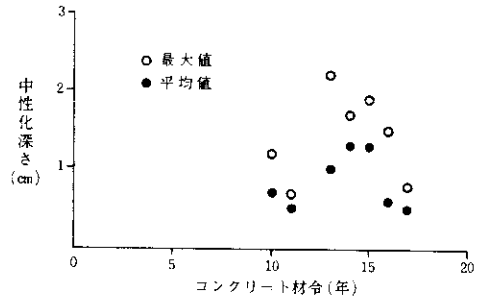


図-4 コンクリート材令と中性化深さの関係図

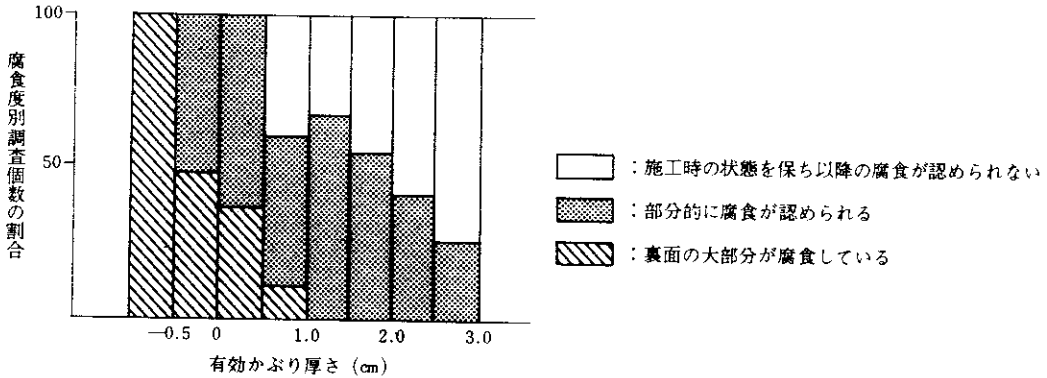


図-5 鉄筋腐食段階別有効かぶり厚さの分布図

並びにコンクリートの品質の差異等が考えられる。

また、かぶりコンクリートの厚さからコンクリートの中性化深さを引いた値を有効かぶり厚さとして定義して、鉄筋腐食段階別に有効かぶり厚さを示したものが図-5である。この図から明らかのように、中性化が鉄筋表面まで達すると鉄筋腐食が進行し易くなり、鉄筋の腐食防止には鉄筋に対して必要なかぶりコンクリートの厚さを確保することがきわめて重要であることがわかる。

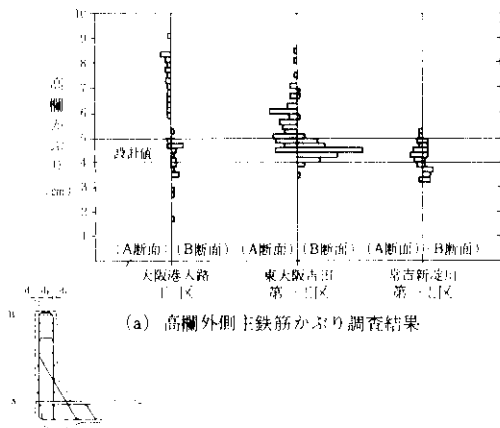
2-1-2 かぶり厚さ調査(新設部)

現行基準により配筋された湾岸線、東大阪線より3工区を抽出して、高欄外側の主鉄筋のかぶりコンクリートの厚さを測定し、その分布を図-6(a)に示す。この図は、高欄の上部(B点)と下部

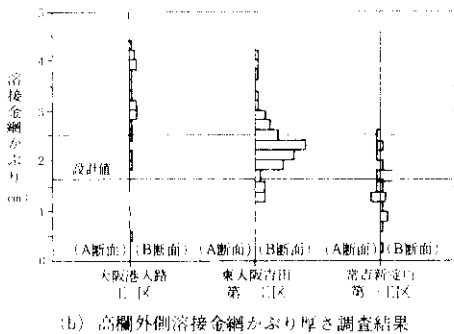
(A点)とのかぶりコンクリートの厚さの分布を示しているが、設計値の40mmを上回る傾向にある。鉄筋のかぶりコンクリートの厚さは、下部において確保しやすいが、上部では主筋の傾斜によって変動しやすい傾向が認められている。

図-6(b)は、高欄外側のコンクリート表面から溶接金網までのかぶりコンクリートの厚さを測定した結果を示したものである。設計値17.9mmに対し、下部においては設計値に近い値となっているが、上部では-15mm~+30mmとバラツキが多い傾向にある。

このように、高欄外側主鉄筋と溶接金網のかぶりコンクリートの厚さは、旧タイプ、現行タイプとも必ずしも設計値を満たしておらず、相当なバラツキがみられる。これは鉄筋の組み立て段階に



(a) 高欄外側主鉄筋かぶり調査結果



(b) 高欄外側溶接金網かぶり厚さ調査結果

図-6 かぶりコンクリートの厚さ調査結果

において、電らん管や遮音板取付用のアンカー等が同時に建て込まれるため、設計通りの配筋位置を確保することが難しいことに影響された結果と考えられる。さらに、現行タイプでは高欄主鉄筋が床版部から立ち上がっているため、主鉄筋の組み立てが完了した時点で、建ちの調整（垂直度）をすることが極めて困難であることも指摘される。

2-2 金網設置不良による影響

高欄には、前述のように、車輛衝突によって破損したコンクリート片の落下を防ぐため溶接金網が埋設されている。しかし、金網がフレキシブルで自立し難いこと、スペーサーの取り付けが困難であること、などの施工上の難点が多く、写真-1に示すように、溶接金網が腐食し、さらにかぶりコンクリートをはく離させる損傷が多く発生している。

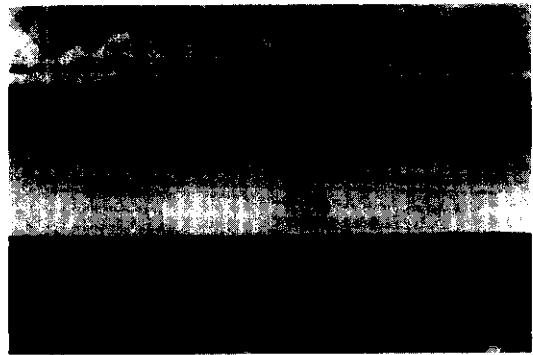


写真-1 溶接金網の設置不良により生じた損傷例

2-3 車輛の衝突による影響

2-3-1 高欄への衝突事故発生状況

阪神高速道路の日平均交通量は70万台を越え、それに伴って事故発生件数も5,500件（昭和60年度実績）と増加している。昭和55～59年度における高欄への接触事故発生件数と高欄破損事故発生件数から考察すると、高欄に接触あるいは衝突した事故のうち、10%に相当する件数が高欄に何らかの損傷を与えている。

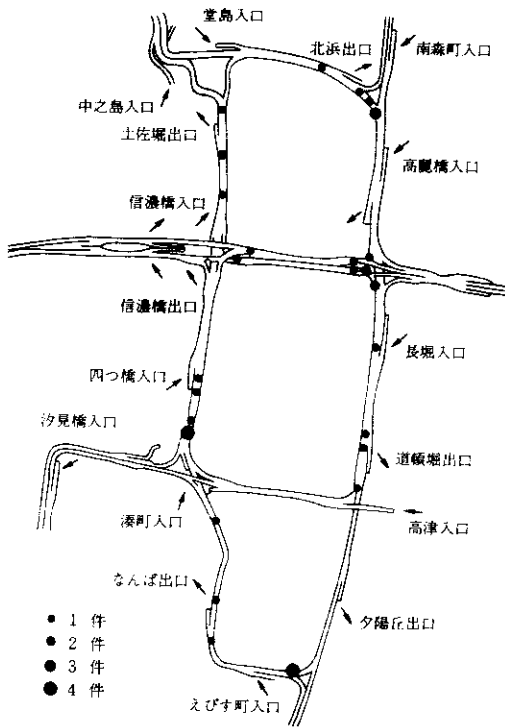
また、図-7は環状線における高欄破損事故発生位置を示したものであるが、分・合流部あるいは曲線部において事故が多発していることが理解される。

2-3-2 衝突による高欄破損形態

東大阪線において、昭和60年度に発生した車輛衝突事故によって破損された高欄の状況を写真-2に示す。高欄衝突実験でみられるのと同様にせん断破壊の破壊形態となっていることがわかる（図-9参照）。この衝突事故により破壊された高欄のコンクリート片の平面街路への落下量は、 $300 \times 200 \times 80 \sim 100$ mm大1個、 $200 \times 200 \times 100$ mm大1個、 $130 \times 130 \times 100$ mm大10個程度と報告されており、落下防護の必要性が痛感される。

3. RC高欄の問題点

前述のようにRC高欄に期待される機能には、車輛落下に対する防護機能および遮音板、照明柱



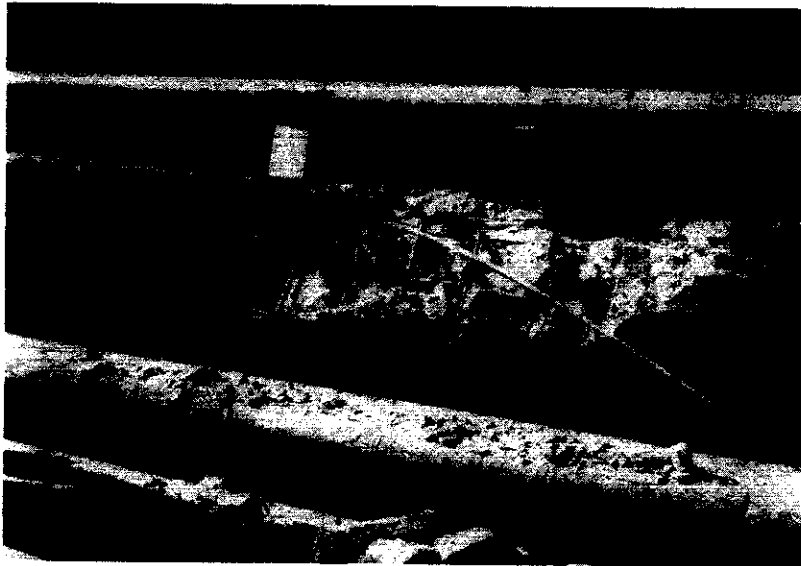
図一七 環状線での高欄破損事故位置図

等の取り付けアンカーとしてのスペース確保の機能等がある。第一の機能である防護機能に対しては、車輛衝突によって発生するコンクリート片の落下防止対策を加味することが必要である。

当公団では、昭和46年度より実物大供試体を用いて衝突破壊実験による調査研究を行い、その成果に基づいて現行の標準断面が採用されている。しかしながら、まだ、期待通りの効果をあげているとはいえない状況にある。その問題点は次のとおりである。主鉄筋のかぶりコンクリートの厚さが確実に確保されていないために、コンクリートのひびわれや鉄筋の発錆、ついには、かぶりコンクリートのはく離等の損傷が生じ易い状態にある。加えて、車輛衝突によって高欄コンクリートがせん断破壊を起こし、急激的に破片コンクリートとなりやすい状況にある。コンクリート破片の飛散防止を目的として埋設される溶接金網がかぶりコンクリートの厚さ不足によって発錆する。

これらの問題点を解決するために、次のような対策が必要であると考えられる。

- (1) かぶりコンクリートの厚さを確実に確保しうるような配筋設計を用意する。
- (2) コンクリートが破壊に至る段階において、余裕のある挙動を示す構造に改善する。



写真一 東大阪線における車両衝突により破損した高欄の状況

(3) 金網を除去してもコンクリート片の飛散を防止できる構造とする。

4. 配筋に関する検討

4-1 かぶり厚さの確保

高欄のかぶりコンクリートの厚さ不足による損傷を解決するには、鉄筋のかぶりコンクリートの厚さを増すことが最も効果的な方法と考えられる。

かぶり厚さを増すには、設計段階での増厚とともに施工段階での誤差の縮小をも検討する必要がある。かぶり厚さを設計どおりに確保するための施工上の困難さは、次の点にあるといえる。

すなわち、現行の配筋では床版から立ち上げられる主鉄筋の鉛直性の確保がきわめて困難である。高欄は床版との一体性が要求されるため、高欄の主鉄筋は、床版からの立ち上げの1本ものとして施工される。このため、床版コンクリートの打ち込み後に主筋の垂直度を修正することがきわめて難しい。

この点を解決するには、高欄主鉄筋を床版コンクリートの打ち込み後に組み立てる方式とし、床版鉄筋組み立て時に高欄主鉄筋に対するかぶりコンクリートの厚さを確保し得るような適切治具を使用する方策が必要となる。

4-2 配筋変更に伴う高欄耐力の検討

高欄の配筋は、風荷重あるいは車輛の衝突荷重に対する抵抗曲げモーメントで決定されているにもかかわらず、過去の事故報告および実験結果によると、そのほとんどがせん断破壊性状を呈している。このため、車輛の衝突エネルギーを受けた高欄のかぶりコンクリートはただちに破壊し、著しい場合には、コンクリート破片が飛散する傾向にある。このような破壊形式を呈することは、構造物として望ましいことではなく、せん断耐力を向上させることが必要である。

このため、昭和60年度に実施された衝突実験では、高欄の配筋を変更するために、蛇腹形状の補強鉄筋を配置した供試体を用いて検討された。

衝突実験の結果によると、この供試体において

は、せん断耐力の向上により破壊形式が変化（せん断破壊から曲げ破壊に）し、コンクリート片の飛散量が減少する効果が明確に現われた。

過去の実験結果から得られたせん断破壊面に対して、コンクリートの受け持つせん断耐力と鉄筋の受け持つせん断耐力の合計を、高欄のせん断耐力と仮定すると、蛇腹筋を配置した高欄では185tf、現行配筋では148tfとなる。また、実験結果より高欄破壊時の最大衝撃力は約130～190tf程度であるといえる。

以上のことから160～190tf程度のせん断耐力を有する高欄であれば、破壊性状を曲げ破壊へ移行させることが可能と考えられる。

せん断耐力の増強策としては、施工性をも配慮して主筋の幅止め筋に着目し、表-3に示す供試体No.2, 3, 4を検討モデルとして採用することとした。

表-3 供試体諸元一覧表

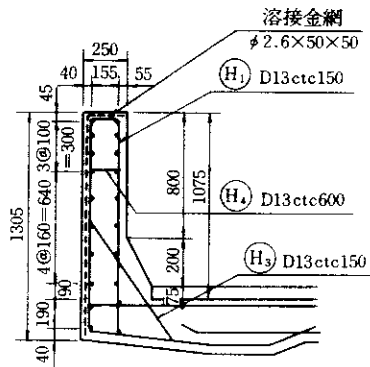
| 供試体番号 | 構造 | 幅止め筋ピッチ | 供試体数 | せん断耐力 | 備考 |
|-------|----------------------|------------|------|-------|---------------------|
| No. 1 | 現行配筋 | c/c=600×1段 | 1 | 148 | 溶接金網あり 外側かぶり40mm |
| No. 2 | 幅止め筋 主筋 改良タイプA | c/c=300×3段 | 1 | 167 | 溶接金網なし 外側かぶり35mm |
| No. 3 | 幅止め筋 主筋 改良タイプB | c/c=150×3段 | 1 | 188 | - |
| No. 4 | 幅止め筋 主筋 改良タイプC | c/c=150×5段 | 1 | 197 | - |

4-3 実験による確認

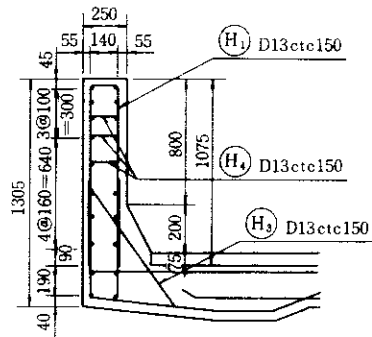
補強鉄筋によってせん断耐力を向上させた高欄の耐荷力と破壊性状を確認するために、昭和61年12月に、実物大供試体（図-8参照）を用いて衝撃実験を実施した。

実験の手法は、“1-3”と同様に実施した。No.1は現行配筋、No.2～4は主鉄筋を床版コンクリートの打ち込み後に組み立てる形式とし、かぶりコンクリートの厚さを増厚し、せん断補強鉄筋を配置したものである。

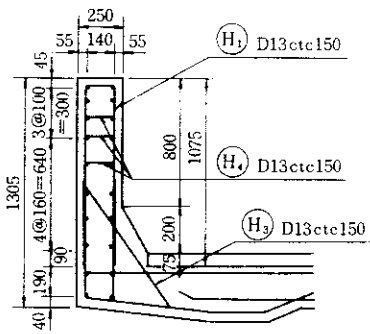
この実験において、No.1およびNo.2供試体はせ



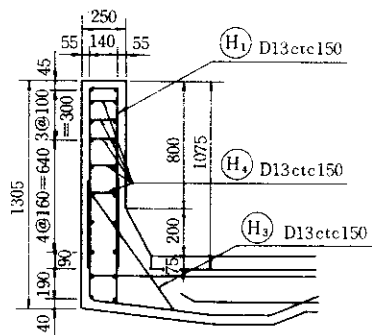
No. 1 現行配筋 (溶接金網有り)
外側かぶり厚さ40mm



No. 2 幅止め筋3段配置、ピッチ300mm
外側かぶり厚さ55mm



No. 3 幅止め筋3段配置、ピッチ150mm
外側かぶり厚さ55mm



No. 4 幅止め筋5段配置、ピッチ150mm
外側かぶり厚さ55mm

図-8 各供試体の構造図

ん断破壊性状を示し、No. 3 および No. 4 供試体は、
曲げ破壊性状を示した。No. 1 と No. 3 供試体の破壊
ひびわれ図を図-9 に示す。また、コンクリート
片の飛散量は、表-4 に示すように No. 3 および No.
4 は No. 1 および No. 2 と比べて少量となる傾向にある。

幅止め筋に効果的に補強筋を配置した場合、現
行の配筋と溶接金網の組み合わせよりもコンクリ
ート破片の飛散を効果的に防止することが期待でき
るうえに、かぶりコンクリートの厚さの増加も容
易であると考えられる。

表-4 コンクリート破片の飛散量一覧表

(単位: kg)

| 供試体番号 | 破 壊 実 験 | | | | | 合 計 |
|-------|-----------|------|-----------|------|------|------|
| | E=2.63t・m | | E=2.25t・m | | | |
| | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| No. 1 | - | - | 0.03 | - | 0.20 | 0.23 |
| No. 2 | - | - | 0.02 | 0.05 | 2.07 | 2.14 |
| No. 3 | - | - | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.08 |
| No. 4 | - | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.06 |

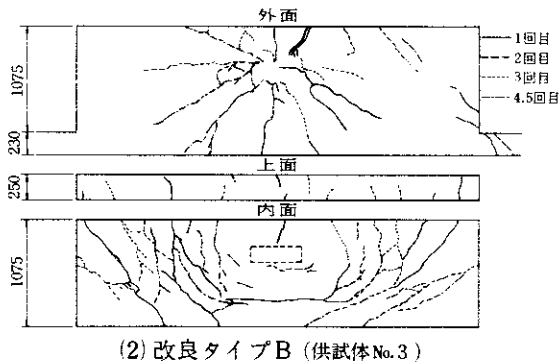
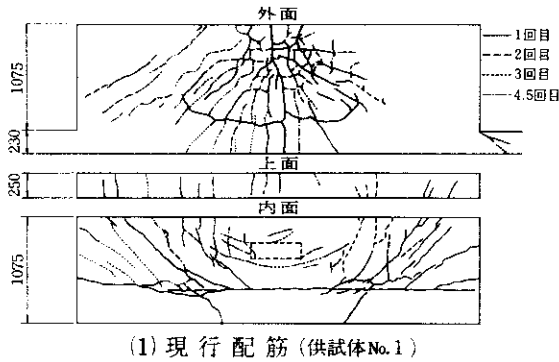


図-9 供試体破壊状況図

5. 飛散防止に関する検討

現行基準では、平面曲線半径が 200m以下の曲線区間に使用される高欄は、主鉄筋間隔を狭くした構造とし、加えて、車輛衝突時のコンクリート破片の飛散または落下防止に対処するため、図-10に示すように金網設置範囲を定めて運用している。

これに対して、昭和55年度から59年度までの間に、阪神高速道路の高欄の接触または衝突事故発生件数2943件のうち、高欄が破損した事故は約10%に当たる296件が発生している。このうち、特に、前述の期間中に事故が20件以上発生している地点の線形を示すと表-5のとおりである。これらの地点の特徴から曲線半径が小さい曲線部または分、合流部では、事故発生の頻度が高くなって

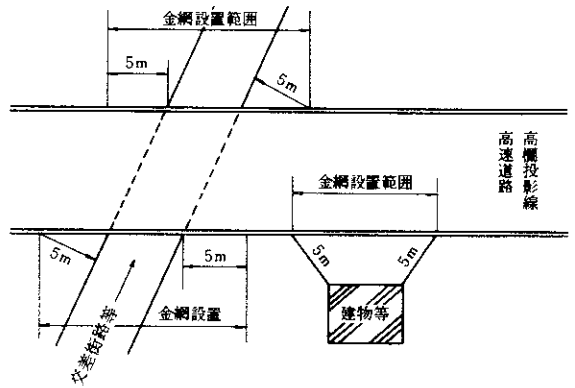


図-10 金網設置範囲図

表-5 高欄接触等事故多発地点の線形要素

(昭和55年度より59年度)

| 路線名およびK.P. | 線形要素 | | 備考 | 事故発生件数 | | |
|-------------|-----------|-----------------|---------------------|---------------------|-----|----|
| 空港線 上り 0.5 | KA | A=69.753 R=∞ | KE A=73.868 R=87 | 曲線部 | 41 | |
| 環状線 | 2.9 | KA | A=67.999 R=∞ | KE A=67.999 R=82 | 合流部 | 26 |
| | 4.0 | R=106 | | 合流部 | 23 | |
| | 9.6 | — | | 曲線部 | 51 | |
| | 環線 | 上り1.3 | R=86 | | 曲線部 | 25 |
| | 下り1.3 | 同上 | | 曲線部 | 25 | |
| 千日前線 下り 0.2 | R=88 | | 曲線部 | 57 | | |
| 井池西 上り 0.2 | R=82 | | 合流部 | 24 | | |
| 井池東 下り 0.3 | R=92 | | 合流部 | 33 | | |
| 大阪西環線 | 上り0.1~0.2 | R=90 | | 曲線部 | 136 | |
| | 下り 0.3 | — | | 曲線部 | 57 | |

いることがわかる。

車輛衝突によって破損される高欄コンクリートの破壊形状はせん断破壊型であり、前述の改良によってコンクリート破片の飛散防止効果がいく分かは高められた。しかしながら、事故発生率が高い地点においては、衝突エネルギーが大きく、高欄の衝撃耐力を上回る可能性が考えられることから、このような区間については、完全にコンクリート破片の飛散防止を図ることを目的として、高欄外側部に鋼板を設置する補強対策を施すことが望ましい。

6. RC高欄に関する改善事項

6-1 配筋変更(案)

前述したように、3段の幅止め筋を入れると、高欄外側部のかぶりコンクリートの厚さを容易に確保することができる。かつ、せん断破壊に対して耐力を向上しうることができるとが判明した。この検討成果に基づいて、図-11に示す改善案を提案した。

6-2 飛散防止基準の改定(案)

高欄への車輛衝突によって高欄の終局耐力以上の衝撃エネルギーが高欄に作用する可能性がある。加えて、高欄への車輛衝突は、前述のように特定の区間または地点において多く発生していることから、改善案の高欄をさらに補強する鋼板併用型高欄の設置範囲を次のように設定することとしている。

鋼板併用型高欄の設置範囲としては、表-5の実態を参考にし、大阪港線の旧国際見本市海上付近の曲線半径150m以下の区間において、鋼板併用型高欄を施工した実例の成果に基づいて、平面曲線半径150m以下の曲線部や本線と渡り線の合流部あるいは分岐部を設置の対象として、図-12に示すフローチャートによって設置範囲を設定することとする。

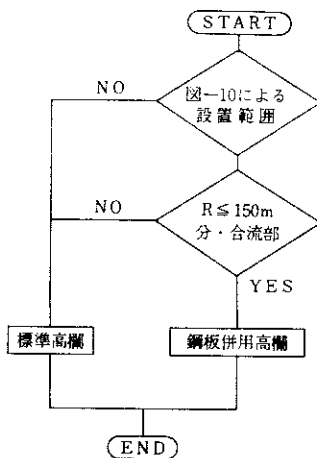


図-12 飛散防止対策範囲の選定フロー

設置延長については、曲線部では曲線半径150m以下の範囲全長とし、分・合流部については過去の高欄破損事故発生箇所を含めて分・合流端から30mまでの範囲を標準とすることとした。(図-13参照)

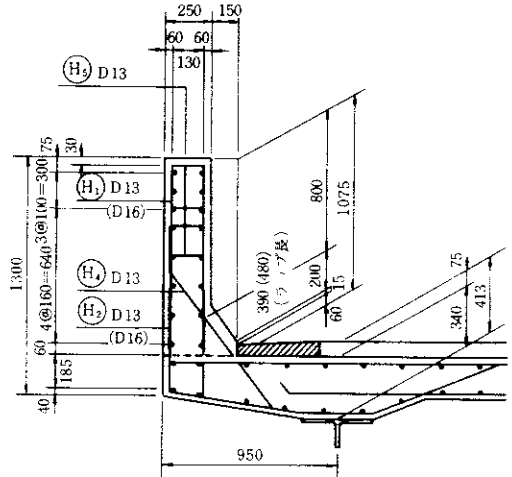


図-11 改正高欄標準図

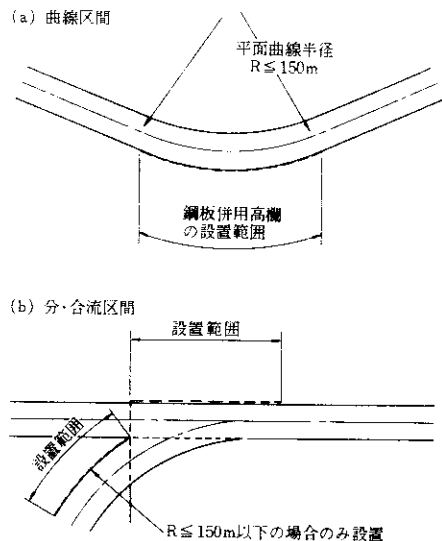


図-13 鋼板併用高欄の設置範囲設定図

鋼板併用型高欄の構造設計に当たっては、次の条件を考慮するものとする。図-14に鋼板併用型高欄の標準断面図を示す。

- (1) 鋼板の材質はSS41以上、厚さは $t=4.5\text{mm}$ 以上、長さは曲率を考慮し、1.8m程度を標準とする。
- (2) 新設高欄に鋼板を設置する場合には型枠兼用とし、鋼板内側にリブを設けてコンクリートとはく離を防止する構造とする。
- (3) 鋼板には防錆塗装を施すものとする。

あとがき

鉄筋のかぶりコンクリートの厚さ不足によるコンクリート片の剝離や落下による問題の発生を契機として、RC高欄の構造改良要因を検討の結果、次の点を今後の高欄の設計・施工に反映させることとした。

- (1) 施工上かぶりコンクリートの厚さを正しく確保する治具の使用や、垂直度の修正が可能な鉄筋の組み立て手法を取り入れるとともに、鉄筋のかぶりコンクリートの厚さを現行値より厚くする。
- (2) セン断補強筋を配置して、高欄のせん断耐力を向上させる。
- (3) セン断耐力を向上させることにより、破壊時のコンクリート破片の飛散量が極めて少なくなり、現行の溶接金網を設置したものと同等以上の効果が実験にて確認されており、金網設置による弊害が防止できる。
- (4) 高欄衝突事故調査より衝突頻度が高く、過去に衝突事故によりコンクリート片落下事故が発生した箇所、あるいは同様な条件下の箇所には、衝突エネルギーに対する耐力を確保することが困難となるので、鋼板埋設型枠（防錆塗装）を用いた鋼板併用型高欄を設置する。

以上、RC高欄の構造、施工法改良について示した。RC高欄は橋梁の上部構造物の一部となる付属構造物であり、従来、それほど注意が払われなかったこともあり、このような問題が生じたものと思われる。しかし、都市内高架橋にあっては高欄は大きな役割を果たさねばならず、加えて

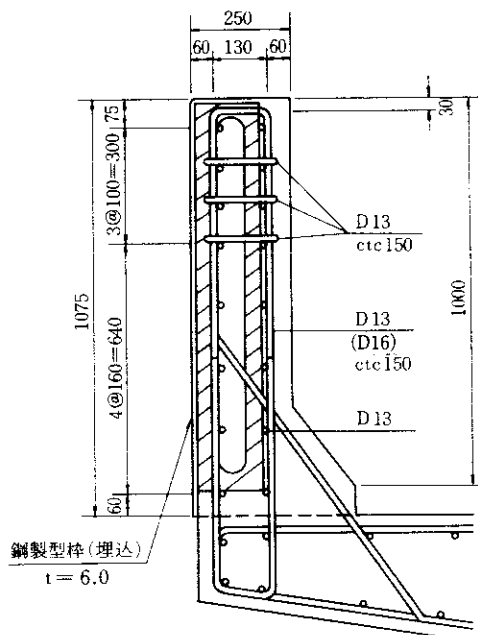


図-14 鋼板併用高欄標準断面

近年は、景観設計上から遮音板とともに重要なポイントを占めるようになってきている。このような点も含めて充腹形式の高欄においては一層入念な配慮が望まれる。

末筆ながら、この検討にあたって、ご指導を賜った阪神高速道路公団技術審議会コンクリート構造分科会（委員長 小西一郎京都大学名誉教授、主査 岡田清京都大学名誉教授）およびPC構造物検討委員会（委員長 藤井学京都大学教授）の委員各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 高速道路調査会、ガードレール研究臨時部会：高架構造部分の防護施設に関する研究、昭和35年
- 2) 高速道路調査会、コンクリート高欄専門委員会：コンクリート高欄実車衝突実験報告書 昭和44年2月