

弾性連結による3径間連続鋼ゲルバー橋の耐震補強

(株)ピー・エス技術研究所 正会員○久保明英
(株)高島テクノロジーセンター 小山亜季
(株)建設技術研究所 構造部 立山 晃

1. まえがき

東京都第六建設事務所の扇大橋耐震補強工事(落橋防止)その2と新荒川大橋耐震補強工事(落橋防止)その3で、弾性複合材(3Dsole)を使用した弾性連結装置が初めて採用された。上部工の免震化による下部工の耐震補強も例が少ないとおもわれる。

扇大橋、新荒川大橋は共に荒川に架かる1等橋で、中央に3径間連続鋼ゲルバー橋部を有している。耐震設計規準の改訂に伴い橋脚・基礎の耐震安全性が不十分となった。橋脚・基礎の補強と上部工の免震化の比較設計を行った結果、コスト縮減が図られる上、耐震機能が向上するとして後者が採用された。

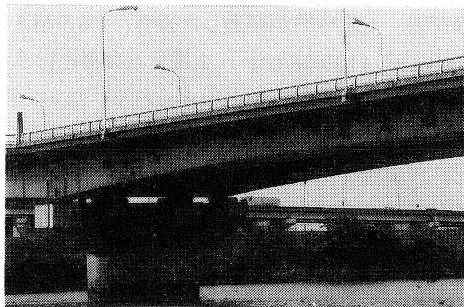


写真-1 3径間連続鋼ゲルバー橋

ゲルバー桁の隙間に弾性複合材を挟んで連結し、橋脚上の支承を高減衰能ゴム沓に改修すると、長周期化による卓越地震動の回避、地震力の分散、高減衰化による橋脚作用地震力の低減を図ることができる。本弾性複合材による連結は、地震時に上部工を一体化することができるうえ、連結部が曲げ抵抗の小さいヒンジ構造となり、常時の上部工に与える影響を小さくできる。本稿では実施された弾性連結構造の概要を報告する。

2. 弾性複合材

2.1 一般

弾性複合材は、直径1.8mmのガラス繊維強化プラスチックロッドを立方体の対角4方向に密に配置し、その空隙に可撓性エポキシ樹脂を充填して固めた三次元の複合材料である。

本弾性複合材が採用された理由は次の通りである。①地震力・制震力を伝達する際の衝撃を抑えるための柔らかさ、高変形能を有すること。②地震時交番力への対処としてプリ圧縮力を与えて使用するが、クリープ変形が小さくプリ圧縮力を持続する能力が高いこと。③圧縮強度が高く、適度なせん断剛性を有しておりコンパクトな寸法で用いることができること。④寸法を調整することでバネ係数、変形能等を容易に設計できること。

本弾性複合材は圧縮強度がコンクリートの約10倍、弾性係数は約1/150(2100kgf/cm²)、約60%の歪みで圧壊に至るがそれまで直線比例で変形する、高耐荷重・低剛性・高変形能を有する材料である。また、圧縮繰り返し変形でエネルギーを吸収する減衰デバイスでもある。衝撃緩衝機能も有しており50mm立法体の弾性複合材は潰れるまでに約7.5KJのエネルギーを吸収する。アルカリ、紫外線等から保護するために表面を塗装することになっている。

2. 2 基本特性

(A) 弾性係数

弾性複合材は強化材が3次的に上下左右方向に等方な配向となっており、等方性材料の式(1)を用いてせん断弾性係数(G)を求めることができる。またバネ係数(K)を式(2)で計算できる。ここで、Eは弾性係数、 ν はポアソン比(=0.3)、Aは断面積、Lは部材の長さである。

$$G = E / 2(1 + \nu) \quad (1)$$

$$K = E \cdot A / L \quad (2)$$

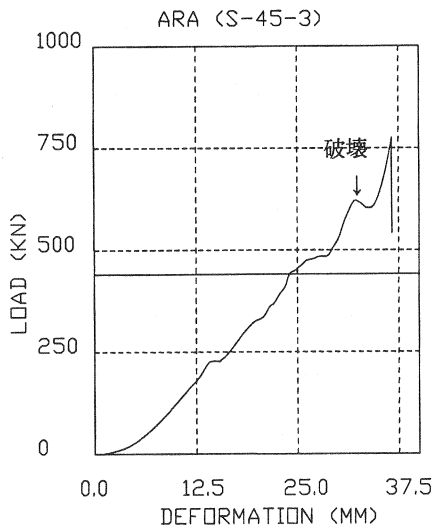
弾性複合材は圧縮繰り返し変形でエネルギーを吸収する特性を有している。単位重量は 1.7tf/m^3 である。

(B) 降伏応力度

除荷後、十分時間が経過した後も、1%を超える非復元歪みが残る状態を降伏と定義する。弾性複合材は 12.7N/mm^2 (130kgf/cm^2) を超える負荷を行うとこの状態となる。これは、ロッドとエポキシ樹脂の間に付着切れが生じ始めるためと考えられる。なお、弾性複合材の降伏は、非復元歪みを生じ始める臨界値にすぎず、降伏を超えても弾性係数はほぼ同じであり、破壊に対してまだ13~15倍の安全度を残している。

(C) 圧縮強度

静的荷重を支持し得る最大応力度を圧縮強度と定義する。弾性複合材は最終的にロッドが折れて耐力を失う。弾性複合材の圧縮強度はおよそ $176\sim 216\text{N/mm}^2$ ($1800\sim 2200\text{kgf/cm}^2$) である。なお、弾性複合材は低剛性のため、加圧版に傾斜を生じて偏載荷・局所応力となる危険がある。これを避けるには変位制御・荷重制御が可能な載荷試験機を用いるのがよい。この点を考慮し、用途に応じて許容値を低減して設計する必要がある。



- ・ 載荷速度：2mm/min
- ・ 供試体寸法：50mm×50mm×50mm

440 kN (176 N/mm²)

※チャート図から数値を読みとり描いた図

図-1 弾性複合材の圧縮強度

3. 弾性連結構造

3. 1 扇大橋

扇大橋は上り車線桁、下り車線桁があり、それぞれ1室鋼箱桁となっている。ゲルバー部の1桁1接合箇所当たり、受圧面寸法 $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 、厚さ 100mm の弾性複合材を8個挟んでいる。扇大橋で使用した総数は32個である。PC連結ケーブルは1桁1接合箇所当たりSEEEのF200TDを2本配置している。

ゲルバー部の隙間をジャッキで押し広げ弾性複合材を挟む。次に他方のゲルバー部の隙間も同様にジャッキで押し広げて弾性複合材を挟む。最後に、連結ケーブルを所定の緊張力で締めて、連結が完了する。ゲルバー桁の固定ピン沓については、変位制限用の爪を切り可動としてある。

PC連結ケーブルを締めることで弾性複合材には約 2.94 N/mm^2 (30 kgf/cm^2) のプリ圧縮を与えており、震度法レベルの地震に対しては不陸を生じることなく一体性が保たれる。保耐法レベル地震時において、引張力は主にPC連結ケーブルで伝達され、圧縮力は主に弾性複合材を介して伝達される。弾性複合材は降伏させても非復元歪みを生じ始めるだけで、潰れるまでにはまだ十数倍の安全度を残している。PC連結ケーブルは張力が失われた状態で落橋防止用耐震ケーブルの耐力を保持している。

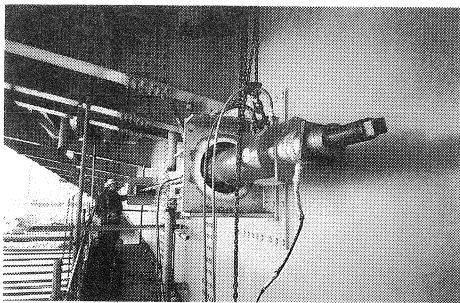


写真-2 PC連結ケーブルの緊張

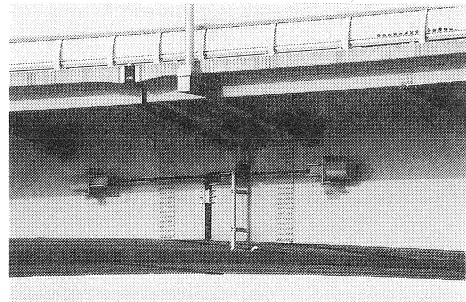


写真-3 扇大橋の弾性連結構造

3. 2 新荒川大橋

新荒川大橋は上り車線桁、下り車線桁があり、それぞれ2室鋼箱桁となっている。ゲルバー部の1室1接合箇所当たり、受圧面寸法 $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ 、厚さ 150 mm の弾性複合材を8個挟んでいる。新荒川大橋で使用した総数は64個である。連結ボルトを締めて弾性複合材に 4.2 N/mm^2 (43 kgf/cm^2) のプリ圧縮を与えている。

ゲルバー桁の端壁を挟む態様で弾性複合材を配置し、連結ボルトを通し、トルクレンチでナットを締め、弾性複合材に所定の圧縮応力度を与える。次に連結ボルトをカプラーで接続して延長し、これを連結ブロック、橋脚側主桁の端壁に通す。最後に橋脚側主桁からナットを締めて連結ボルトを引き寄せることで連結が完了する。

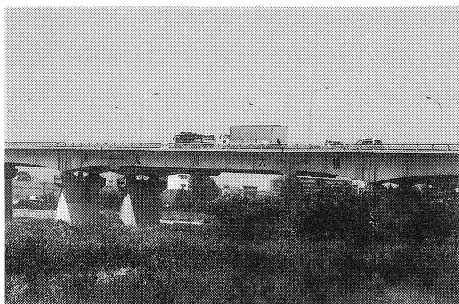


写真-4 新荒川大橋

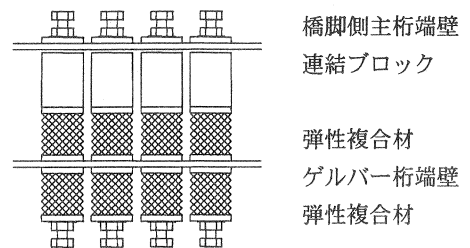


図-2 新荒川大橋の弾性連結装置

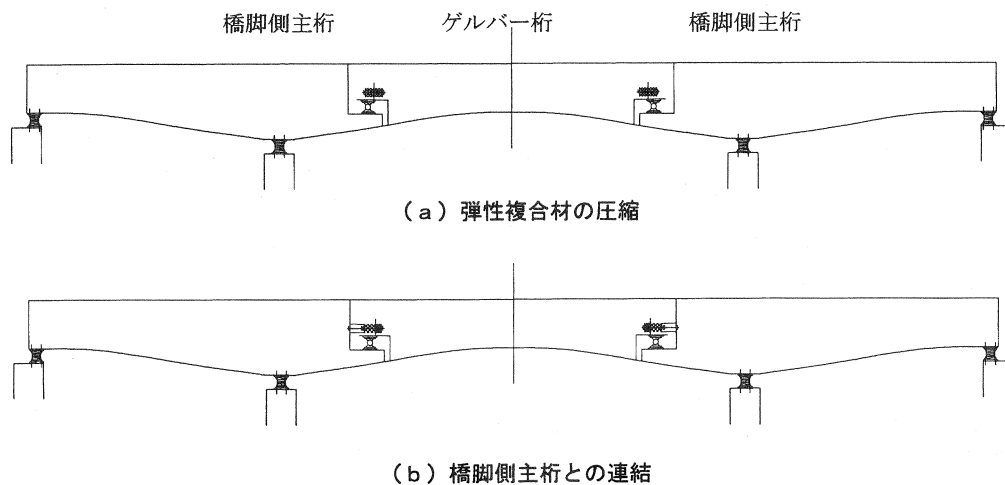


図-3 新荒川大橋の主桁連結手順説明図

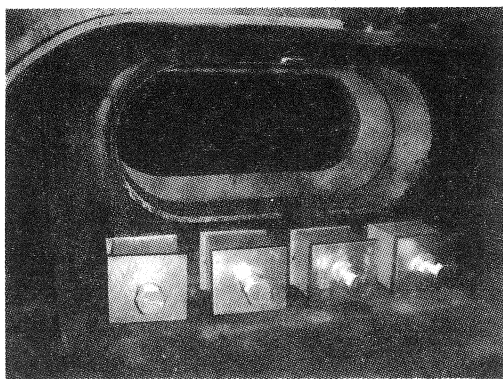


写真-4 ゲルバー桁内の弾性連結装置

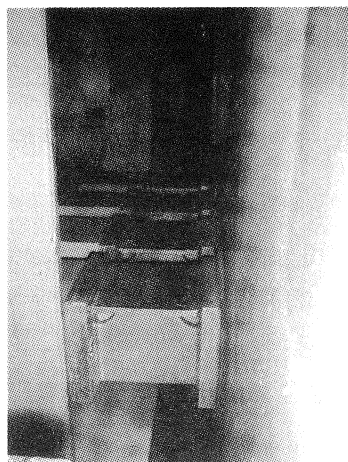


写真-5 新荒川大橋の弾性連結装置

あとがき

扇大橋耐震補強工事（落橋防止）その2の設計は高島テクノロジーセンター、施工は盟和工業。新荒川大橋耐震補強工事（落橋防止）その3はそれぞれ建設技術研究所、テクニブリッジが行った。弾性連結装置の取り付け工事をピー・エスが行っている。

【参考文献】

- 1) 藤井佐規、春和則、清水隆史、立山晃、葛野敦：「免震支承取替えによる3径間連続鋼箱桁橋の耐震補強設計」、土木学会第4回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集(2000)
- 2) 久保明英、山下秀：「圧縮変形で減衰を生じる複合材料を用いた制震構造」、土木学会耐震工学委員会第一回免震・制震コロキウム講演論文集(1996)