

ゴムラテックスモルタルを被覆した負曲げを受ける合成桁の ずれ止めに関する実験的研究

Experimental study of shear connector for negative bending composite girders with the rubber-latex mortar coating

上月 隆史*, 棚橋 明朗**, 谷口 望***, 碓山 晴久****, 依田 照彦*****
Takashi Kouzuki, Akio Tanahashi, Nozomu Taniguchi, Haruhisa Ikariyama, Teruhiko Yoda

*早稲田大学大学院, 創造理工学研究科 (現, 東海旅客鉄道) (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

**早稲田大学, 創造理工学部, 社会環境工学科 (現, 戸田建設) (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

***京都大学大学院, 工学研究科, 助教 (鉄道総研) (〒615-8530 京都市西京区京都大学桂船井交流センター)

****東京鐵骨橋梁, 橋梁事業本部, 品質保証室 (〒302-0038 茨城県取手市下高井 1020 番地)

*****早稲田大学, 創造理工学部, 社会環境工学科, 教授 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

The purpose of the present study is to investigate an effect of the rubber-latex mortar which is sprayed on the surface of steel of the continuous composite girders. There are few examples that rubber-latex mortar is sprayed on all over the steel. In order to investigate the effect of the rubber-latex mortar, the results of static load tests for the models with the rubber-latex mortar coating are compared with those of the models without the rubber-latex mortar coating. From this study, it is concluded that the rubber-latex mortar coating improves the slip resistance between steel and concrete.

Key Words: Continuous composite girder, Rubber-latex mortar, PBL dowel, Stud

キーワード: 連続合成桁, ゴムラテックスモルタル, 孔あき鋼板ジベル, スタッド

1. はじめに

連続合成桁は, 経済性や高次不静定構造による高い耐震性能など多くの利点を持つ. 連続合成桁は中間支点部付近に負曲げが発生し, コンクリートにひび割れが生じるため, 中間支点部付近の挙動を把握する必要性がある.

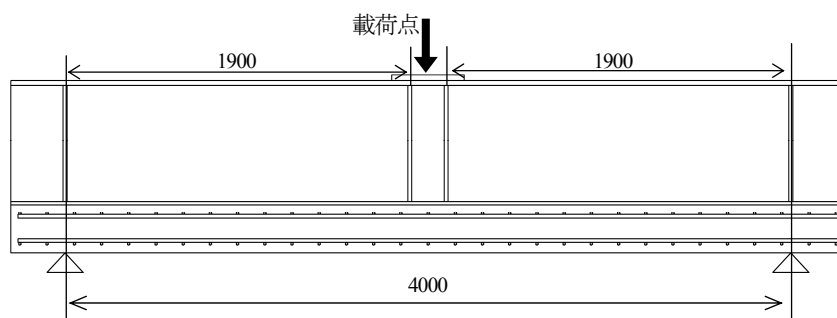
著者らは, 合成桁の中間支点部を模擬した試験体の載荷試験を行い, ひび割れ後の応力分担効果や, ずれ止めの違いによる耐力の違いなどについて検討を行っており^{1)・2)}, さらに研究として, 以前と同じタイプの試験体の鋼桁表面とずれ止め部にゴムラテックスモルタルを吹き付けた試験体を製作した^{3)・4)}. ゴムラテックスモルタルは, 鋼材の付着性能, 耐水性能, 耐衝撃性能に優れており, 既存の適用事例としては, 鋼床版とコンクリートとの境界面に吹き付ける構造などがある. 今回製作した試験体で得られると期待される効果は, 環境的效果と力学的効果がある.

環境的效果は低騒音化と維持管理費の低減である⁵⁾. 構造物の振動対策として, ゴム系制振材を取り付ける方

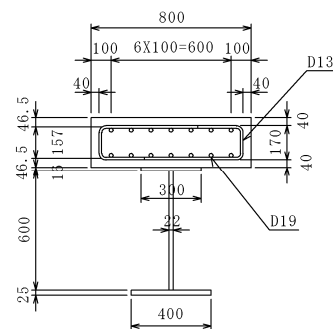
法や, 被覆コンクリートで覆う方法が一般的であるが, ゴム系制振材よりも安価であるゴムラテックスモルタルを鋼桁に 5(mm)程度吹付けることにより, 従来から用いられてきたゴム系制振と同等な制振効果および騒音低減効果が得られることが分かった⁵⁾.

力学的効果としては, ゴムラテックスモルタルは鋼およびコンクリートへの付着性能が高いため⁵⁾, 鋼桁とコンクリート床版とのずれ剛性の向上が期待される. 合成桁はずれ止めにより鋼桁とコンクリート床版を結合しているが, 連続合成桁ではコンクリート床版にひび割れを許容する場合が多くあり, この場合の鋼桁とコンクリート床版とのずれ剛性, および, ずれ止めの挙動には不明な点も多い¹⁾.

本研究では, 鋼桁全体にゴムラテックスモルタルを吹き付けた合成桁試験体の負曲げ載荷試験を行い, 著者らが以前行った吹付けを行っていない試験体の載荷試験結果と比較検討することによって, ゴムラテックスモルタルを吹き付けたことによる力学的効果の検討を行った. 検討では主に, ずれ止めや, 鋼桁と床版の結合に着目した.

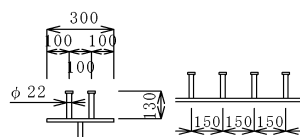


(a) 側面図 (断面図とは上下逆転)

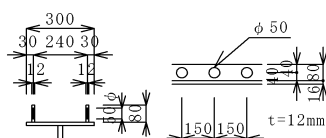


(b) 断面図

図-1 供試体の概要 (単位: mm)



(a) 頭付きスタッド



(b) 孔あき鋼板ジベル (PBL)

図-2 ずれ止めの概要 (単位: mm)



図-3 実験風景

2. 実験概要

供試体は図-1 に示すように、実橋における中間支点部を模擬するために、供試体の天地を逆転させて鋼桁中央部に載荷する 3 点曲げ供試体である。供試体はスパン 4(m)、床版厚 250(mm)、橋軸方向鉄筋比 2%としている。橋軸直角方向の鉄筋 (主鉄筋, D13) は 150mm ピッチとしている。ずれ止めは、既存の連続合成桁の事例を参考にして、図-2 (a) に示すスタッドと、図-2 (b) に示す孔あき鋼板ジベル (PBL) の 2 種類とした。各ずれ止めの耐力計算にあたっては、従来標準的に使用されているせん断耐力設計式を用いることとし、鉄道構造物等設計標準・同解説の式 (鋼標準)⁶⁾ と、土木学会「複合構造物の性能照査指針 (案)」 (複合指針)⁷⁾ の 2 種類を用いた (表-1)。これらの算定にあたっては、コンクリートの

表-1 (a) スタッドの設計荷重値

鋼標準	複合指針	
(終局限界)	ずれ限界	終局限界
933 (kN)	1420 (kN)	2839 (kN)

表-1 (b) PBL の設計荷重値

鋼標準	複合指針	
(終局限界)	使用限界	終局限界
544 (kN)		1648 (kN)

※表-1 の荷重値は、1 個のずれ止めが設計せん断耐力に達する時の鉛直荷重 (理論計算値) を示している¹⁾。

表-2 供試体の種類

	ずれ止め	ゴムラテックスの有無	圧縮強度 (N/mm ²)	ひび割れ発生荷重 (kN)
A 体	スタッド	なし	36.0	180
B 体	PBL	なし	35.8	120
C 体	スタッド	あり	27.4	120
D 体	PBL	あり	29.1	120

表-3 コンクリートの配合条件 (A 体~D 体)

設計基準強度(N/mm ²)	27.0
スランプ(cm)	8±2.5
空気量(%)	4.5±1.0
粗骨材最大寸法(mm)	20
単位セメント量(kg/m ³)	230 以上
水セメント比(%)	55 以下
塩化物含有量(kg/m ³)	0.30 以下

表-4 吹付け回数と平均測定厚さ

部位	C 体(mm)	D 体(mm)	吹付
上フレンジ上面	7.7	6.6	2 回
下フレンジ上面	6.8	8.3	2 回
ウェブ	6.7	6.4	2 回
ずれ止め	4.1	6.7	2 回
上フレンジ下面	3.0	4.8	2 回
下フレンジ下面	5.0	7.0	3 回

表－5 ゴムラテックスモルタルの配合

材料	配合重量比
ポルトランドセメント	1
4号硅砂(平均粒度径 600 μ)	1.5
ゴムラテックス(SBR 混和材)	0.35
収縮防止剤	0.02

※ゴムラテックスモルタルには太平洋 CX-B を、収縮防止剤には太平洋テトラガード #21 を用いた。

圧縮強度は4体の供試体の平均値 (32.1(kN)) を用いた。なお、PBL に対しての鋼標準の設計式は、複合指針の使用限界の設計式と同等となっている。また、コンクリート打設・養生時の供試体は、図－1 (b)のように床版を上向きとし、床版側面に箱型の型枠を設置した。また、このときの供試体の支持では、多点支持して、桁のたわみが小さくなるように拘束した。

供試体の種類は、表－2 に示す4体とした。いずれもコンクリートの呼び強度は 27(N/mm²)であり、表－3 にコンクリートの配合条件を示す。また、表－2 には、載荷試験におけるひび割れ発生荷重も示している。本供試体において、ひび割れ幅が 0.2(mm)となる荷重は、約 800(kN) (デンシヨンスティフニング理論考慮²⁾)である。A 体と B 体は著者らが既往の実験²⁾で載荷試験を行ったもので、C 体と D 体の載荷試験を新たに行った。なお、A 体、B 体では、ずれ止め部の鋼とコンクリートの付着は切る処置をせずに実験を行っている。

C 体と D 体には、コンクリート打設前の鋼桁全表面とずれ止めにゴムラテックスモルタルを吹付けた。なお、鉄筋には吹付けを行っていない。新設橋梁の場合、ゴムラテックスモルタルは工場で吹き付け施工することを前提としているが、既設橋梁への適用も考慮して、1 体 (D 体)をブラスト後に吹付け処理を行い、C 体は無機ジンクリッチプライマー処理状態でゴムラテックスモルタルを吹付けて、鋼露出面での付着性能の違いを見ることがとし、吹付け厚さの目標値は 5(mm)に設定した。C 体、D 体の各部位の吹付け後のゴムラテックスモルタルの厚さと吹付け回数を表－4 に示す。特に付着しにくい下フランジの下面は吹付けを3回行ったため 5(mm)以上の厚

さを確保できたが、上フランジの下面は2回の吹付けでは 5(mm)に達しなかった。また、スタッドの部分も2回の吹付けでは 5(mm)に達しなかったため、付着しにくい箇所では吹付け回数を増やした方が良いと言える³⁾。なお、ゴムラテックスモルタルの配合は、表－5 のように行った。ブラスト処理を行った D 体の鋼材については、2R の面取りを施している。

載荷試験は、スパン中央の載荷板に集中荷重を加える静的載荷試験である。載荷試験の状況を図－3 に示す。200(kN)、400(kN)、700(kN)、1300(kN)でそれぞれ一回の除荷をはさみ、それ以降は試験機の載荷能力および限界ストロークから、荷重が 4000(kN)に達するか、桁中央の変位が 40(mm)に達するまで載荷を行った。この最大荷重は、スパン中央の鉄筋および鋼桁の上下フランジが降伏する荷重を超えている。C 体、D 体ともに、降伏後もゴムラテックスモルタルにはがれが生じなかった。

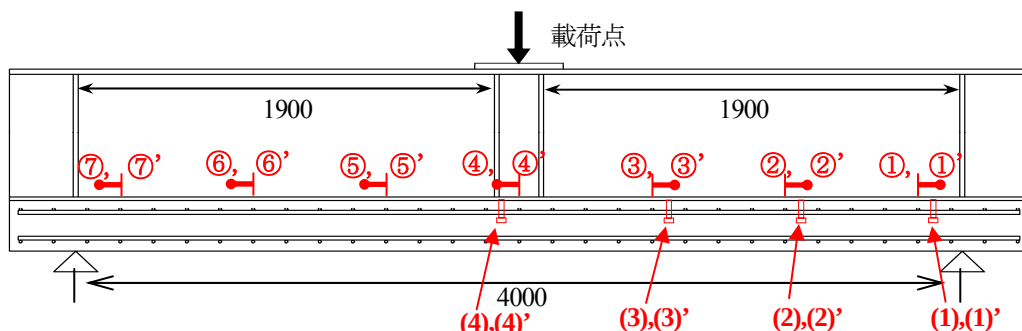
3. 実験結果

3.1 ずれ変位

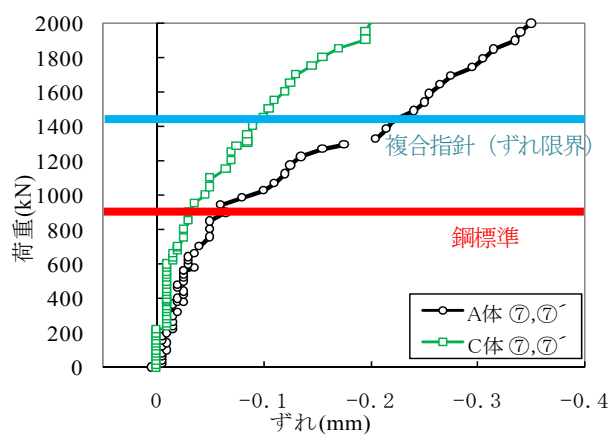
図－4 に示すように、鋼桁の両面に7個ずつ、計14個の変位計を配置し、鋼桁とコンクリート床版の間のずれ変位を測定した。図－5 に変位計の設置状況の写真を示す。図－6 にA 体とC 体の荷重－ずれ関係のグラフを、図－7 にB 体とD 体の荷重－ずれ関係のグラフを、床版中の鉄筋が降伏しない範囲(2000(kN))まで示した。それ



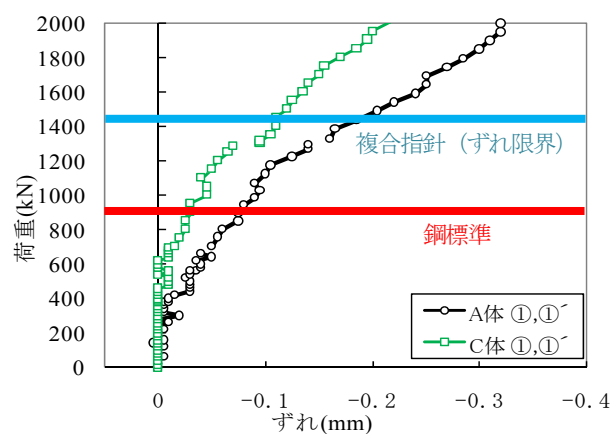
図－5 変位計の設置状況 (写真)



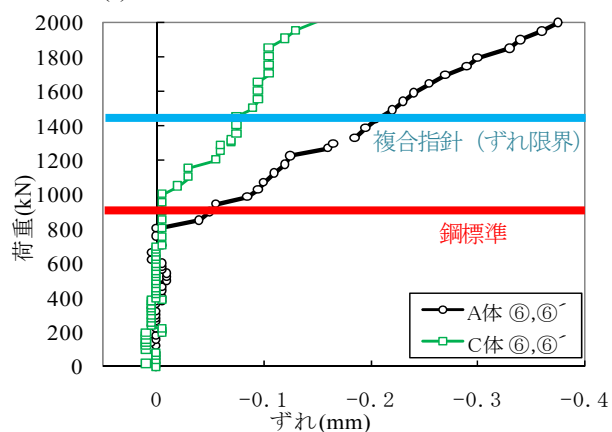
図－4 変位計、スタッドゲージ設置位置 (ダッシュなしは手前側、ダッシュ付きは奥側の計測)
(①,①' ～⑦,⑦' はPBL, スタッド供試体共通, (1),(1)' ～(4),(4)' はスタッド供試体の場合のみ)



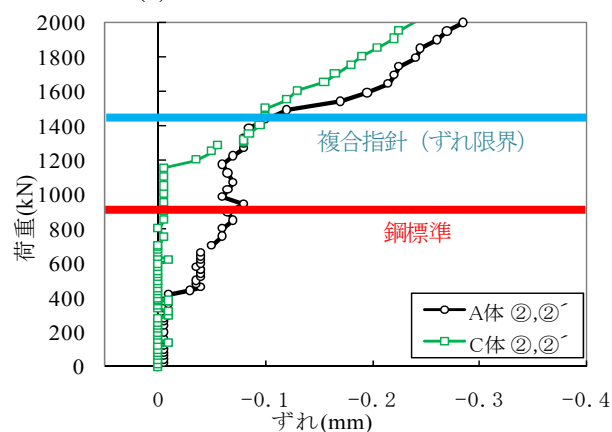
(a) ⑦, ⑦' 断面の荷重-ずれ関係



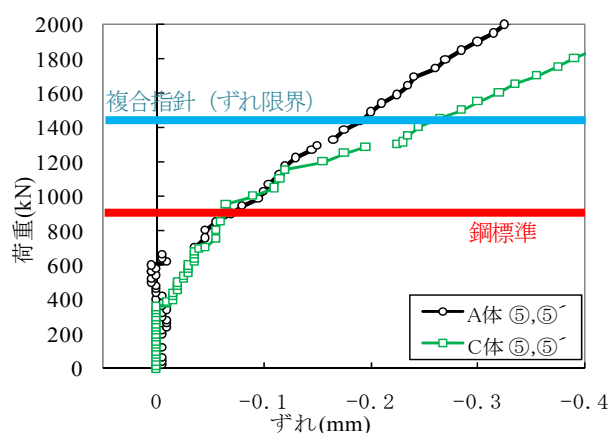
(b) ①, ①' 断面の荷重-ずれ関係



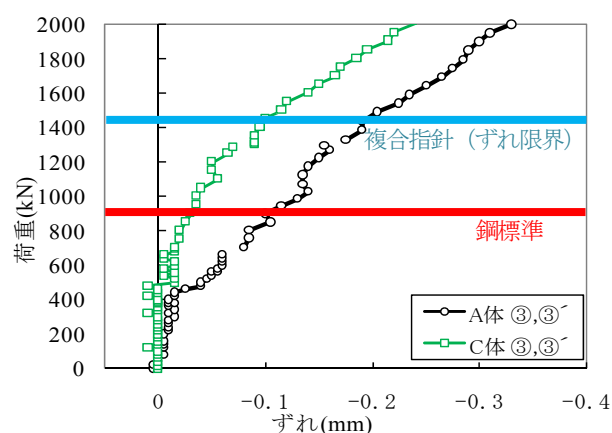
(c) ⑥, ⑥' 断面の荷重-ずれ関係



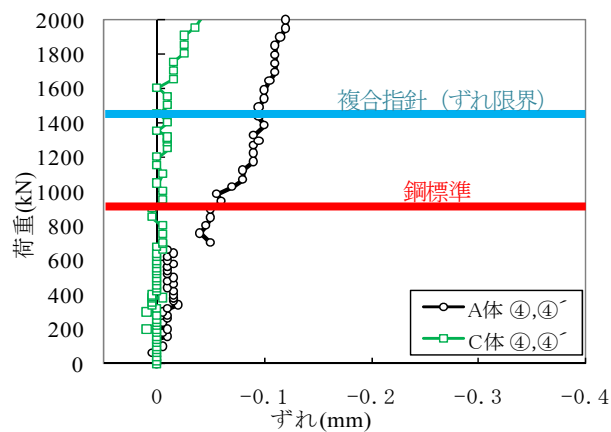
(d) ②, ②' 断面の荷重-ずれ関係



(e) ⑤, ⑤' 断面の荷重-ずれ関係

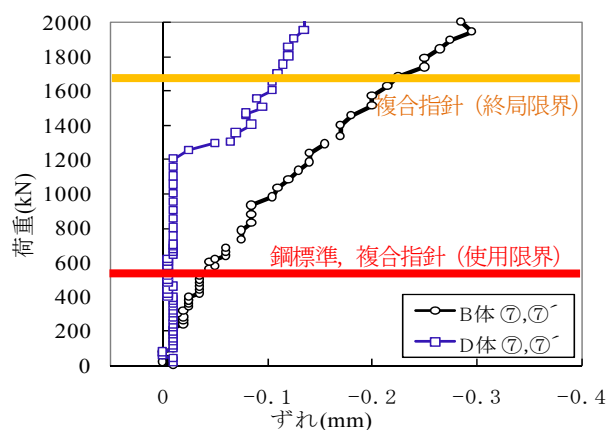


(f) ③, ③' 断面の荷重-ずれ関係

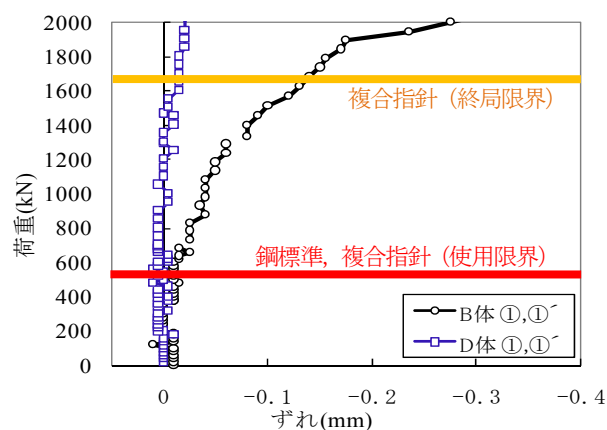


(g) ④, ④' 断面の荷重-ずれ関係

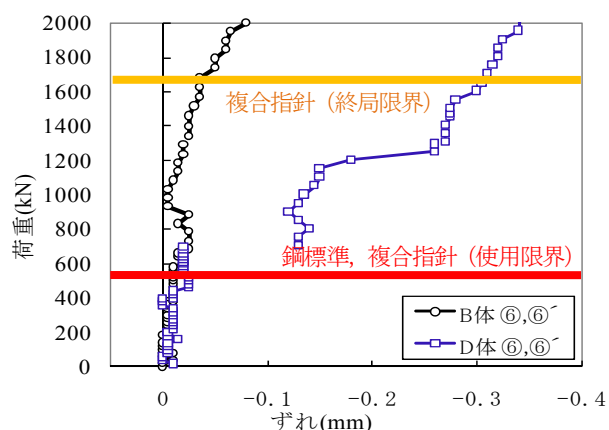
図-6 A 体, C 体の荷重-ずれ関係 (横線は表-1(a)の設計値を示す)



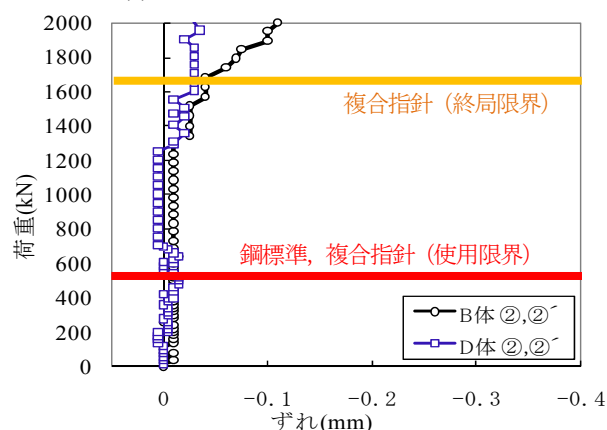
(a) ⑦, ⑦' 断面の荷重—ずれ関係



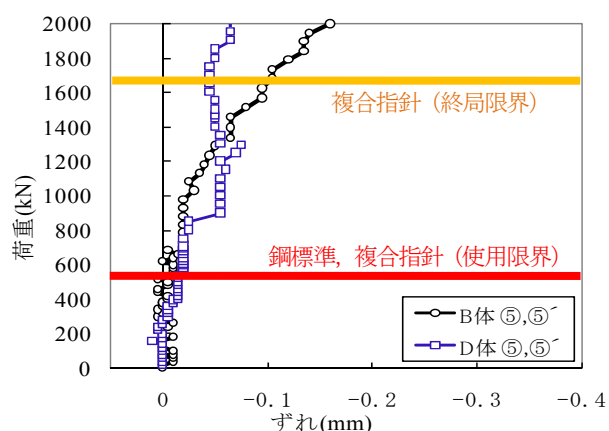
(b) ①, ①' 断面の荷重—ずれ関係



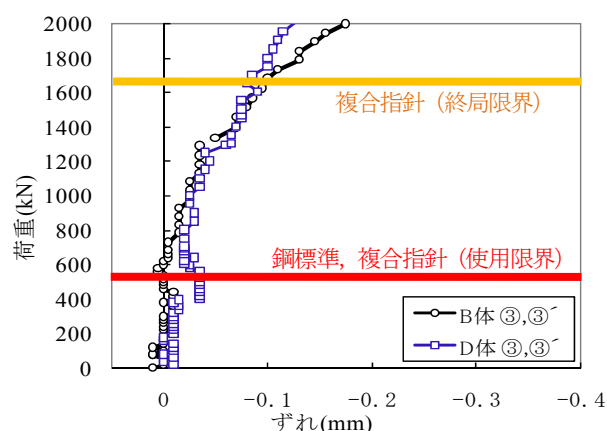
(c) ⑥, ⑥' 断面の荷重—ずれ関係



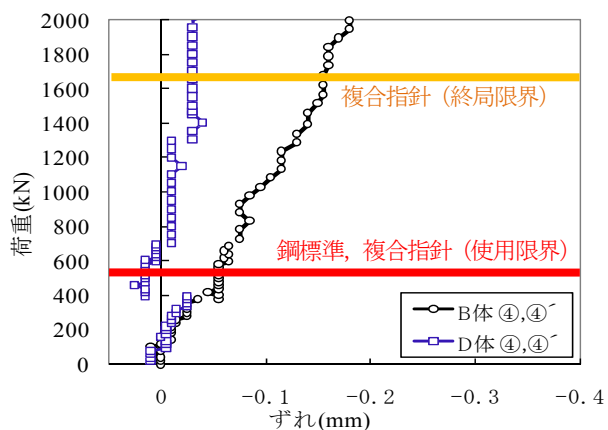
(d) ②, ②' 断面の荷重—ずれ関係



(e) ⑤, ⑤' 断面の荷重—ずれ関係



(f) ③, ③' 断面の荷重—ずれ関係



(g) ④, ④' 断面の荷重—ずれ関係

図-7 B体, D体の荷重—ずれ関係 (横線は表-1(b)の設計値を示す)

それぞれのグラフの値は、手前側と奥側の変位計の計測値を平均して求めている。実験概要で述べたとおり、載荷と除荷を繰り返して終局状態まで荷重を加えており、グラフを見やすくするために除荷と再載荷の部分を除いて表示している。なお、除荷時は、ずれ限界に達しない載荷荷重であっても、ずれ変位が減少せずに残留変位が残る傾向が見られた。

図-6、図-7を見ると、局所的にゴムラテックスモルタルを吹き付けた供試体の方がずれの大きくなる点も見られるが（図-6(e)、図-7(c)）、ほとんどの点で吹付けた供試体の方がずれは小さくなっている。各点のばらつきが大きくなっている理由は、変位が生じる荷重の大きさの傾向から、コンクリートのひび割れの影響を受けているためと考えられる^{1)・2)}。ずれが生じ始める荷重もゴムラテックスモルタルを吹き付けた供試体の方が大きくなっている。これらのことから、ずれ止めがスタッド、および、PBLの場合の両者ともに、鋼桁がコンクリートに接している部分とずれ止め部分にゴムラテックスモルタルを吹付けたことにより、鋼桁と床版の付着力が大きくなり、ずれを発生させる荷重が大きくなったと言える。また、各設計式との比較では、スタッド（図-6）については、鋼標準や複合指針（ずれ限界）よりかなり小さいせん断力で、ずれが生じていることが分かる。これは、本供試体のように床版にひび割れが生じる場合は、ひび割れにより鋼桁と床版のずれが誘発されるため¹⁾、ひび割れを想定していない押し抜きせん断試験の結果とは異なる傾向を示したためと考えられる。一方、PBL（図-7）の設計式との比較では、ほとんどの測定点で、鋼標準と複合指針（使用限界）の算定結果の範囲では、大きなずれが生じていないことが分かる。

3.2 スタッドの基部の曲げひずみ

スタッドのゲージは図-4の(1)~(4)の位置に取り付けた。これらは、スタッドの曲げ挙動を測定する目的で図-8のように取り付け、2ゲージの差をとることで軸力を除くこととした。このスタッドの曲げひずみが大きいほど、せん断により床版と鋼桁に大きなずれが生じ、スタッドの変形が大きくなると考えた。図-4の(1)~(4)のそれぞれの位置での手前側と奥側の曲げひずみを平均化したグラフを、図-9(a)~(d)に示す。各結果は、図-6と同様に、ゴムラテックスモルタルを配置した供試体の

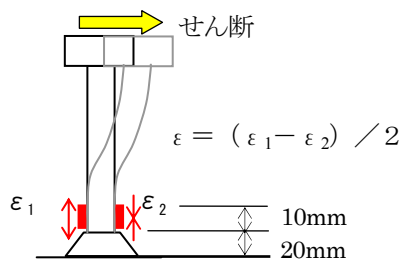
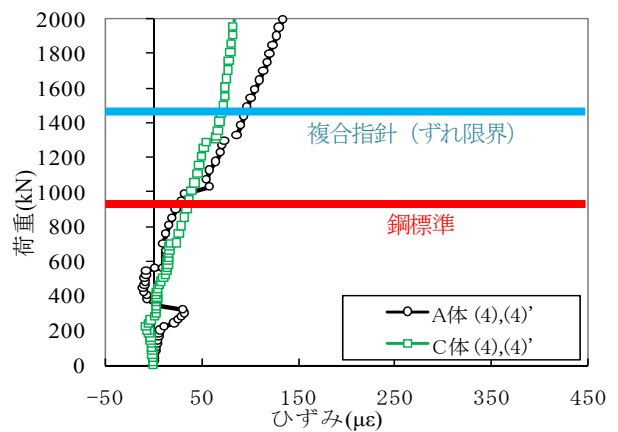
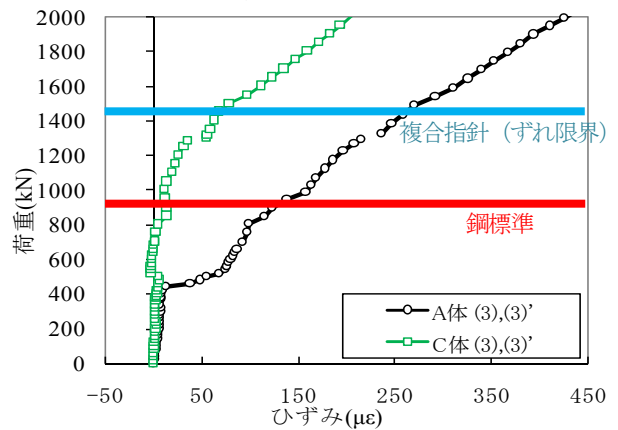


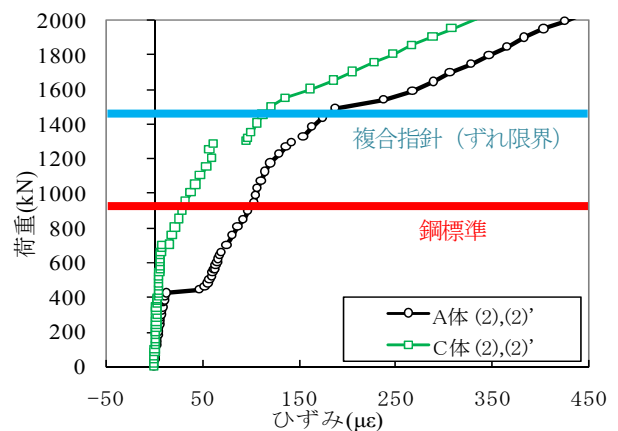
図-8 スタッドの曲げひずみ測定方法



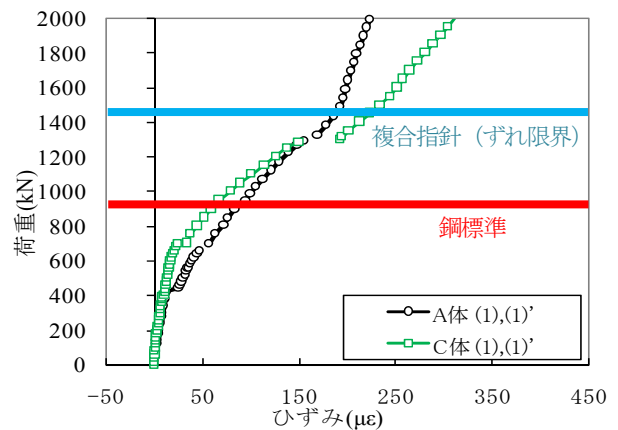
(a) (4),(4)'位置での曲げひずみ



(b) (3),(3)'位置での曲げひずみ



(c) (2),(2)'位置での曲げひずみ



(d) (1),(1)'位置での曲げひずみ

図-9 A体、C体の曲げひずみ

方が、曲げひずみが小さくなる傾向がみられる。特に、図-9(b)と(c)では、C体の曲げひずみがA体よりもかなり小さくなっており、(a)と(d)では(b)と(c)ほどの大きな差が生じないという結果になった。図-9(a)の断面は、理論上大きなせん断力は生じない点であり、また、図-9(d)の断面は、曲げが小さくひび割れが生じない点である。したがって、図-9(b)と(c)は、ひび割れとせん断力の影響を同時に受ける断面であり、ゴムラテックスモルタルは、このような状況の時に、ずれ剛性および耐力が高まることによって、スタッドに生じる曲げひずみを小さくする効果があると考えられる。図-9(a)~(c)では、300~400kNでひずみが急変する部分があるが、この挙動はひび割れの影響を受けていると考えられる。

3.3 中立軸の推移

図-10はD体のスパン中央の断面でのひずみ分布である。鉄筋位置でずれているが、ウェブと上下のフランジの位置では平面保持則がほぼ成り立っていると思われる。この位置で平面保持則が成り立つと仮定して、最小二乗法によりひずみがゼロとなる点の桁の高さを求め、この点を中立軸の位置とした。実験時にはひずみのデータを700(kN)までは20(kN)毎、700(kN)以降は50(kN)毎に取っており、その全ての荷重ステップにおいて、最小二乗法による計算を行い、実験時の中立軸の推移を算出した。これは、スパン中央の断面と、スパン中央から左右にそれぞれ600(mm)離れた断面において、それぞれ

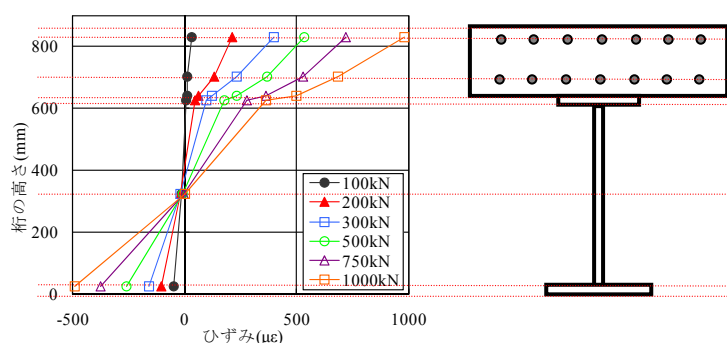


図-10 D体の軸方向ひずみの例

行った。スパン中央の断面での中立軸の推移の様子を、A体とC体は図-11(a)に、B体とD体は図-11(b)に示す。図における縦軸の中立軸の高さは、供試体の下フランジ下面からの中立軸の高さを示している。

A体とC体、B体とD体の結果をそれぞれ比較した結果、全ての断面において、C体・D体の方がA体・B体よりも中立軸の位置が高くなっている。つまり、中立軸が高いということは、床版との合成度が大きくなっていることを示しており、この傾向は、ひび割れが生じる前からひび割れ発生後まで続いている。

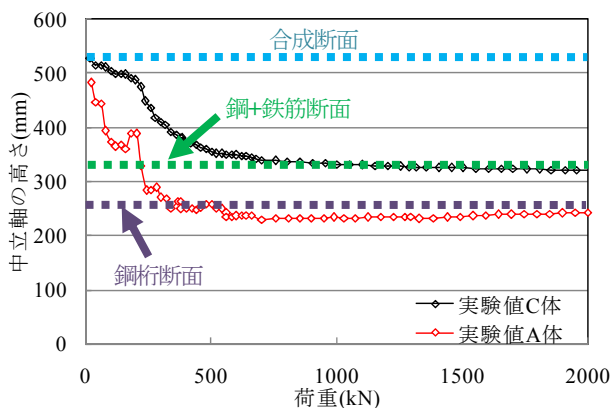
また、中立軸の理論値(表-6)との比較では、ひび割れ発生前の低い荷重においても、ゴムラテックスモルタルを配置した供試体については、ほぼ合成断面の中立軸と一致したが、ゴムラテックスモルタルを配置しない供試体については、合成断面の中立軸よりも低い値となっている。また、ひび割れが発生した後は、ゴムラテックスモルタルを配置した供試体は、鋼桁+鉄筋断面の中立軸に漸近するのに対し、ゴムラテックスモルタルを配置しない供試体は、鋼桁+鉄筋断面の中立軸よりも低い値に漸近している。このことから、ゴムラテックスモルタルにより、床版と鋼桁のずれ剛性は向上し、その効果はひび割れ発生後も持続していることが分かる。

なお、図-11の結果は、載荷点直下での中立軸の推移であり、載荷点の応力集中とひび割れの影響を局所的に受ける断面であるため、A体とB体の中立軸は鋼桁のみの中立軸の理論値に近くなったと考えられる。したがって、支間中央から外れた点では、A体、B体でも鋼桁+

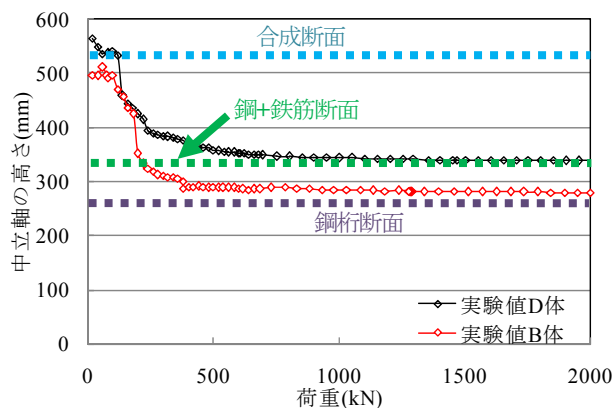
表-6 供試体の中立軸の理論値

	中立軸の高さ
合成断面	535(mm)
鋼+鉄筋断面	329(mm)
鋼桁断面のみ	266(mm)

※ここで「合成断面」とは、鋼桁と鉄筋、コンクリートすべてを考慮した断面のことであり、「鋼+鉄筋断面」は、合成断面からコンクリートの断面を除いた断面を示す。また、「鋼桁断面のみ」は、鉄筋、コンクリートを考慮しない鋼桁のみの断面を示している。

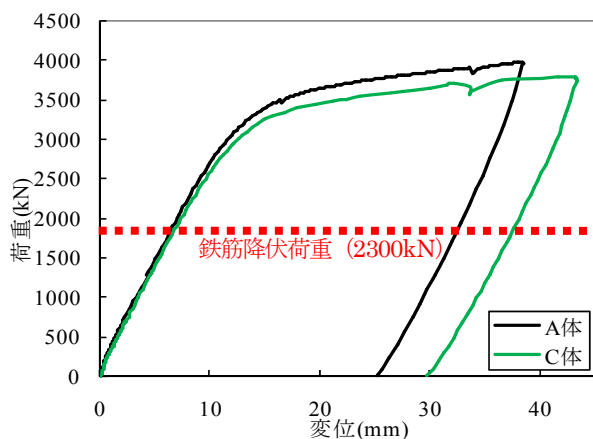


(a) A体、C体の中立軸推移

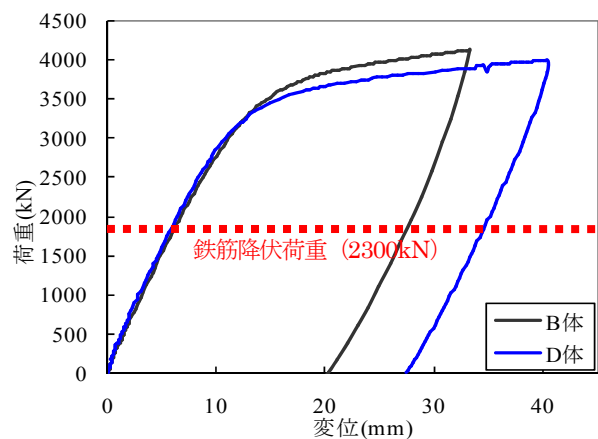


(b) B体、D体の中立軸推移

図-11 中立軸の推移(点線は表-6の理論値を示す)

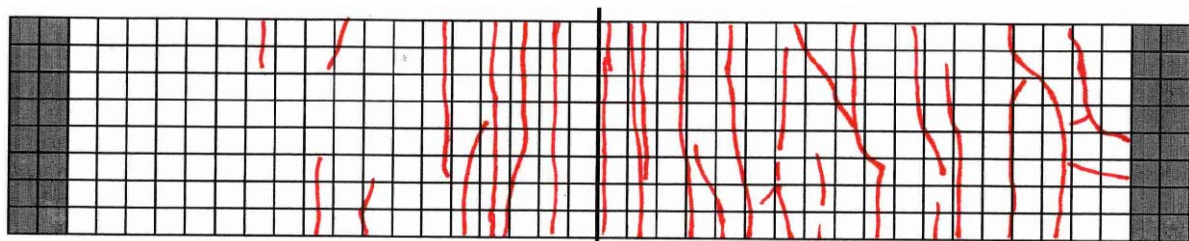


(a) A 体, C 体の荷重－変位曲線

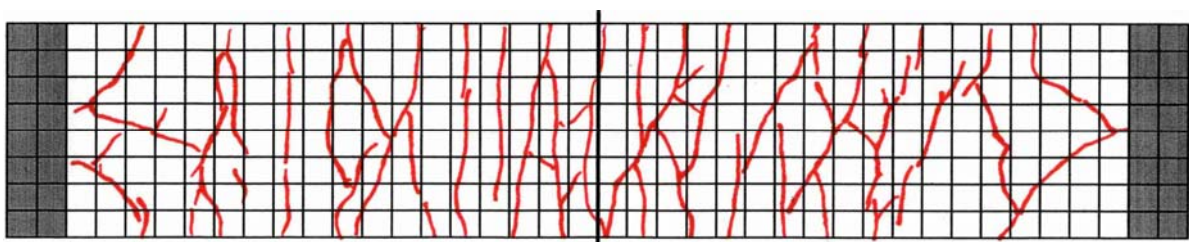


(b) B 体, D 体の荷重－変位曲線

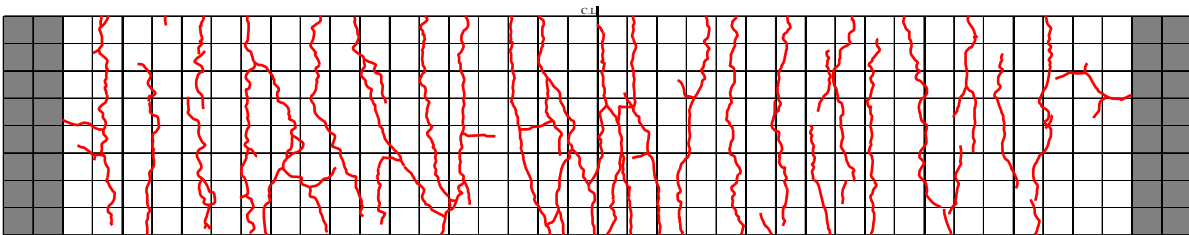
図－12 荷重－変位の関係



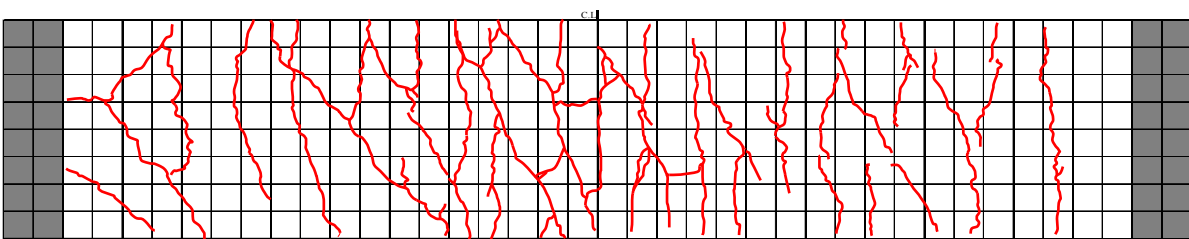
(a) A 体ひび割れ図



(b) B 体ひび割れ図



(c) C 体ひび割れ図



(d) D 体ひび割れ図

図－13 載荷終了後のコンクリート床版面のひび割れ図（床版のメッシュは 100mm 正方）

鉄筋断面の中立軸位置に近くなる断面も見られた。また、スタッドと PBL の比較では、全体的に PBL の方が、中立軸が高めとなっているが、これは、PBL のずれ剛性の高さと PBL 鋼板自身の剛性の両方の効果により鋼桁上フランジ側の剛性が高くなっている影響と考えられる。

3.4 荷重－変位の関係

終局状態までの載荷点直下の荷重－変位の関係を、A 体と C 体のものは図－12 (a)に、B 体と D 体のものは図－12 (b)に示す。前項までと同様、グラフを見やすくするために除荷と再載荷の部分を除いて表示している。2000(kN)までの範囲を見ると、A 体と C 体、B 体と D 体でほとんど差が無い結果となっている。したがって、床版と鋼桁のずれ剛性やずれ耐力については、前述の通りゴムラテックスモルタルの有無で差が生じるものの、全体的な桁の剛性としては、両者には大きな差は生じていない。したがって、本実験程度のずれ止めの挙動の差では、合成桁の降伏や耐力に与える影響は小さいと言える。鉄筋が降伏した以降の挙動では、A 体、B 体が C 体、D 体よりも耐力力がやや大きくなっている。しかし、これは、鉄筋が降伏した以降に生じる現象であることから、ゴムラテックスモルタルの影響ではなく、実際の鋼材の降伏強度や引張強度が同一でないためである。

3.5 ひび割れ発生状況

載荷終了後のコンクリート床版底面のひび割れ図を図－13 (a)～(d)に示す。各供試体においては、ひび割れは曲げ挙動によるものが多くなっている。ひび割れ間隔は各供試体ともに多少のばらつきがあるものの約 100～200(mm)となっており、平均的には 150(mm)程度になっている。設計で用いるひび割れ幅算出式⁶⁾における最大ひび割れ間隔の算出結果は 243(mm)であり、本実験結果のひび割れ間隔は、これよりも小さい値となっている。よって、この 150(mm)という値およびひび割れ発生位置は、主鉄筋間隔とほぼ一致している²⁾。このことから、ゴムラテックスモルタル吹付けがある供試体においても、無い供試体においても、ひび割れ図の特徴は似ていると考えられ、ゴムラテックスモルタル吹付けの有無によって、コンクリートのひび割れ状況に差はほとんど無いと言える。

4. まとめ

鋼桁にゴムラテックスモルタルを吹付けた試験体で、連続合成桁の負曲げ部分を再現した載荷実験を行い、吹付けていない試験体の実験結果と比較することにより、ゴムラテックスモルタルの力学的な効果を検討した。その結果、以下の結論が得られた。

- (1) ゴムラテックスモルタルを負曲げを受ける合成桁の鋼桁と床版の間に吹付けた場合、両者のずれ発生荷重、すなわち合成度を向上させる。この効果は、床版と鋼桁のずれ変位、スタッドの曲げひずみ、中立軸推移から判断できる。
- (2) 上記のゴムラテックスモルタルの効果は、ずれ止めにスタッドを用いた場合、PBL を用いた場合のどちらでも効果があり、また、床版にひび割れが発生した以降も、その効果を保ち続ける。
- (3) ひび割れを生じた床版では、各設計指針で示されたずれ止めの設計せん断力よりも、かなり小さなせん断力でもずれを生じた。これは、床版のひび割れの影響を受けているものと考えられ、そのずれ量はかなりばらつく傾向がある。
- (4) 5(mm)厚程度のゴムラテックスモルタルの吹付けた供試体に生じるひび割れの状況は、それを吹付けない供試体のひび割れ発生状況と、大差のない結果となった。また、大きな荷重で生じる合成桁の降伏挙動や耐力力に対しては、ゴムラテックスモルタルの効果はほとんど見られない結果となっている。

また、ゴムラテックスモルタルを吹付けた試験体の製作と載荷試験全体としては、以下の結論が得られた。

- (1) ゴムラテックスモルタルは、プライマーの有無に関わらず、終局状態に至るまで剥がれることはなく、高い付着性能が確認できた。
- (2) ゴムラテックスモルタルの吹き付け厚さのばらつきに関しては、本実験程度であれば付着性能には大きな差がない結果となった。

謝辞：本研究は、国土交通省補助金を受けて実施しました。また、ゴムラテックスモルタルの材料特性および施工検討においては、川崎重工業(株)大垣 賀津雄氏、川重商事(株)水上義彦氏、アスク・サンシンエンジニアリング(株)奥田久志氏の各氏から有益な助言をいただきました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 富岡佐和子, 谷口望, 碓山晴久, 依田照彦: スタッドを用いた連続合成桁の中間支点部における疲労挙動に関する実験的研究, 土木学会, 土木学会論文集 A, Vol.64 No.4, pp.1002-1016, 2008.12.
- 2) 神谷崇, 谷口望, 碓山晴久, 依田照彦: 連続合成桁の中間支点部におけるひび割れ挙動に関する実験的研究, 土木学会, 土木学会論文集 A, 第 63 号, pp.25-34, 2007.1.

- 3) 棚橋明朗, 谷口望, 碓山晴久, 上月隆史, 依田照彦 : 鋼・複合橋梁を想定したゴムラテックスモルタル被覆の吹きつけ施工試験, 土木学会第 63 回年次学術講演会, 2008.9.
- 4) 碓山晴久, 谷口望, 上月隆史, 棚橋明朗, 小野沢直, 依田照彦 : ゴムラテックスモルタル被覆を用いた鉄道橋連続合成桁の中間支点部に関する実験検討, 土木学会第 63 回年次学術講演会, 2008.9.
- 5) 谷口望, 半坂征則, 碓山晴久, 上月隆史, 棚橋明朗, 依田照彦 : ゴムラテックスモルタル被覆を用いた低騒音鋼橋の開発に関する研究, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.55A, 2009.4.
- 6) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説, 鋼・合成構造物, 2009.9.
- 7) 土木学会: 複合構造物の性能照査例ー複合構造物の性能照査指針(案)に基づくー, pp56-57, 2006.2.

(2009年9月18日受付)