

J-ティフコムを用いたコンクリートハイブリッド梁のひずみ追従性

A Distortion Follow-Up of Concrete-Hybrid Joist by J-Tifcom

(株)砂子組 ○正員 古川 大輔 (Daisuke Furukawa)
 (株)砂子組 正員 佐藤 清正 (Kiyomasa Sato)
 (株)砂子組 非会員 丸山 欣一 (Kinichi Maruyama)
 (株)砂子組 正員 田尻 太郎 (Taro Tajiri)
 (株)サンブリッジ 正員 三田村 浩 (Hiroshi Mitamura)

1. はじめに

五ヶ山橋は橋長 60 m の 2 径間連続 PC 橋で竣工は 58 年前である。既に老朽化しているとの調査結果を受け、撤去し新橋架替となった。

S32 年の設計図書によれば、PC ケーブルによりほぼ全ての曲げ作用に抵抗するフル PC 橋と考えられる。従って解体施工時に PC ケーブルを切断した場合、ケーブル緊張効果が失われることから、無筋コンクリート桁に近い状態となり、落橋の危険があった。

そのため、事前に施工順序に従ったステップ解析を行い、主桁上面引張作用に対する、J-ティフコム（以下、テフコム）と鉄筋による補強対策と、解体施工時のひずみ計測による、異常挙動に対するモニタリングを決定した。

本試験の目的は、テフコムによる耐力増加の確認と、モニタリング時のテフコムの桁へのひずみ追従性の確認である。

2. 材料特性と採用理由

テフコムは EU で補修・補強を目的に開発されたものを日本のコンクリート構造物に適用するため、日本の材料を用いて配合設計が構築されたものである。表-1 にテフコムの材料特性値¹⁾を示す。テフコムは鋼繊維補強コンクリートの一種で、専用セメント、鋼繊維（2.5 vol%以上）、骨材、混和材及び水で構成されている。補修材として用いた場合、高流動性のため損傷部への定着が良く、劣化因子を遮断し、止水効果も大きい。また、薄層施工でも緻密性が高く鋼繊維の効果が大きいことから、初期拘束ひび割れ抑制と耐久性に極めて優れる。

他の材料と比べ、若干高価ではあるが、少量での使用となりコスト面のデメリットは少なく、施工性および材料性能にも非常に優れることから、補強材料として採用した。

テフコム圧縮強度の例¹⁾

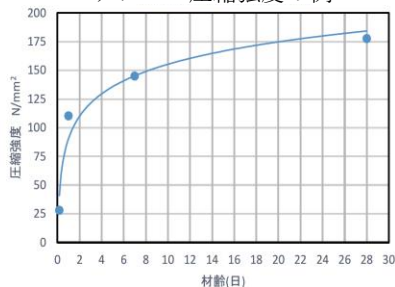


写真-1 鋼繊維

表-1 材料特性値

項目	特性値	備考
圧縮強度	130 N/mm ² 以上	1日で100 N/mm ² 以上
引張強度	13N/mm ²	ひび割れ発生強度10N/mm ²
曲げ強度	35 N/mm ²	試験JIS A 1171(材齢28日)
ヤング係数	3.5 × 10 ⁴ N/mm ²	材齢28日
フロー値	270mm~320mm	試験JIS R 5201 モルタルフロー
付着強度	2.1 N/mm ²	試験JIS A 1171(材齢28日)
長さ変化率	収縮128 × 10 ⁻⁶	試験JIS A 6202(材齢28日)
塩化物イオン浸透深さ	0mm	試験JIS A 1171(材齢28日)
中性化深さ	0mm	試験JIS A 1171(材齢28日)
透気係数	0.001 × 10 ⁻¹⁶ m ² 以下	透気係数試験(トレント法)

3. 試験概要

写真-2~3 に試験機と計測状況を示す。製作した試験機は山留材 H400 で架台を組立て、油圧ジャッキ（300kN、ストローク 200mm）と小型ロードセル（500kN）を用いて、供試体上面に荷重を載荷させる形をとった。供試体には両側に支点を設けて、支間中央部に鋼製載荷板を持たせて荷重を載荷させ、コンクリート破壊モードの確認と、変位、ひずみを計測しデータ収集を行った。

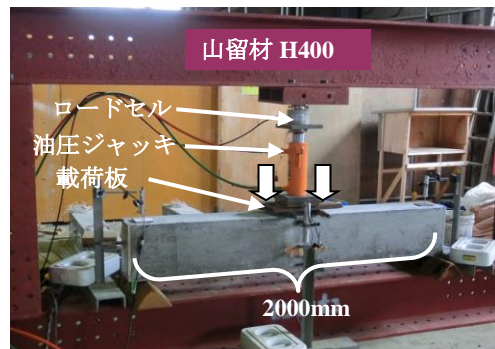


写真-2~3 試験機と計測状況

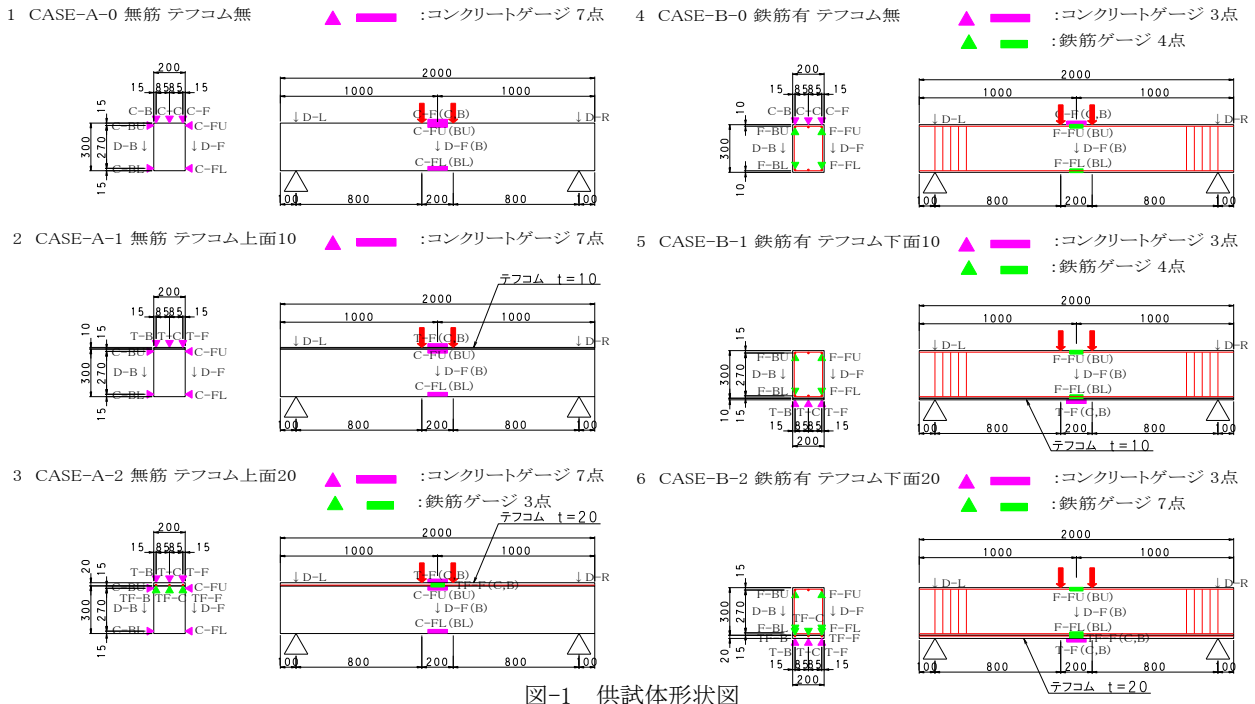


図-1 供試体形状図

4. 実験ケース

図-1 に供試体形状図と、表-2 に実験ケースを示す。供試体は全 6 ケースあり、ケース 1~3 は無筋コンクリート、ケース 4~6 は鉄筋コンクリートの供試体となる。

また、ケース 2・5 については、供試体に 10mm テフコムを打設、ケース 3・6 については、D10 鉄筋を 3 本配置しテフコム 20mm を打設した。

なお、コンクリートの設計基準強度は $\sigma_{ck}=27\text{N/mm}^2$ 、鉄筋は SD345 を使用している。

表-2 実験ケース

ケース	鉄筋	テフコム	ひずみゲージ
1 CASE-A-0	無	無	コンクリート7点
2 CASE-A-1	無	上面 10mm	コンクリート7点
3 CASE-A-2	無	上面 20mm	コンクリート7点 鉄筋3点
4 CASE-B-0	有	無	コンクリート3点 鉄筋4点
5 CASE-B-1	有	下面 10mm	コンクリート3点 鉄筋4点
6 CASE-B-2	有	下面 20mm	コンクリート3点 鉄筋7点

1 CASE-A-0 無筋 テフコム無 ▲ :コンクリートゲージ 7点

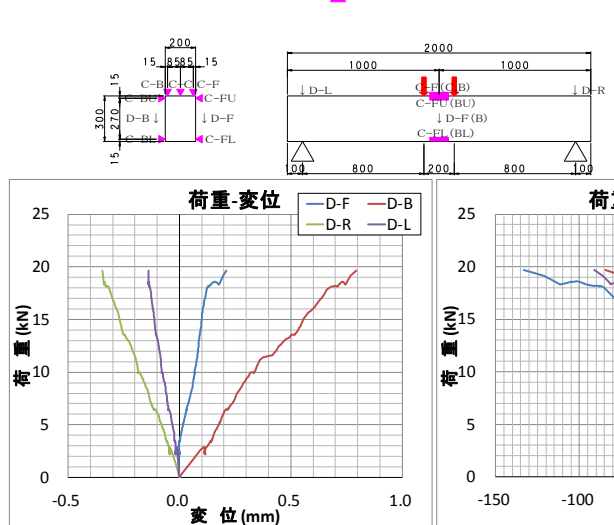


図-2 試験結果 (ケース 1)

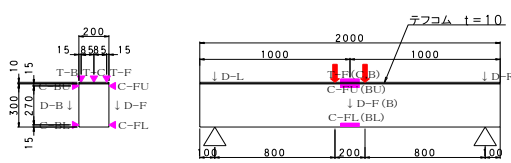
5. 試験結果

図-2~7 に各ケースの試験結果と、表-3 に破壊形態、耐荷重、および最大変位をまとめる。

表-3 各ケースの検証結果

ケース	破壊形態	耐荷重(kN)	最大変位(mm)
1 CASE-A-0	脆性破壊	19.7	0.8
2 CASE-A-1	脆性破壊	24.6	0.8
3 CASE-A-2	脆性破壊	23.8	0.6
4 CASE-B-0	曲げ破壊	71.5	28
5 CASE-B-1	曲げ圧縮破壊	82.3	19
6 CASE-B-2	せん断破壊	125.3	6

2 CASE-A-1 無筋 テフコム上面10 ▲ :コンクリートゲージ 7点



テフコム
コンクリート

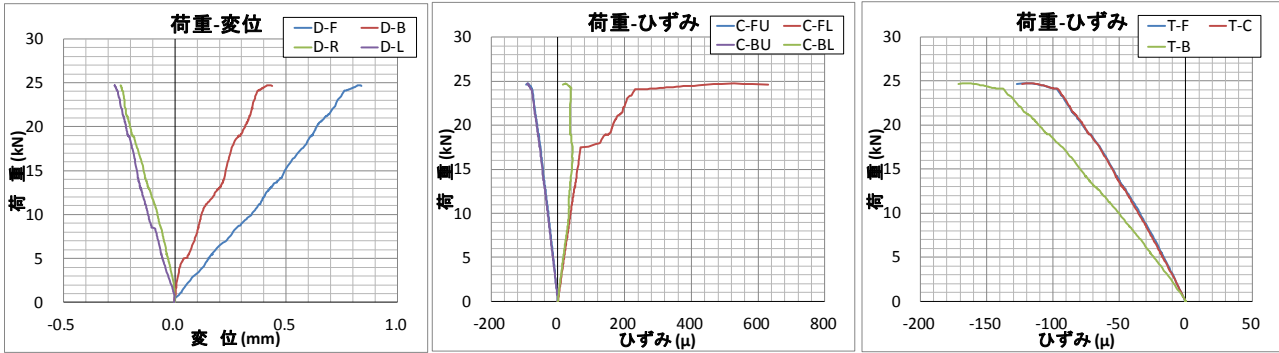
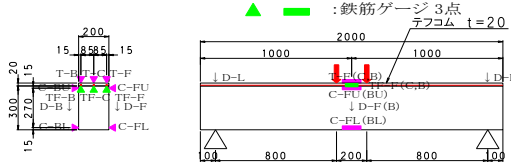


図-3 試験結果 (ケース 2)

3 CASE-A-2 無筋 テフコム上面20 ▲ :コンクリートゲージ 7点



テフコム
コンクリート

テフコムとコンクリートが
肌別れてしまう

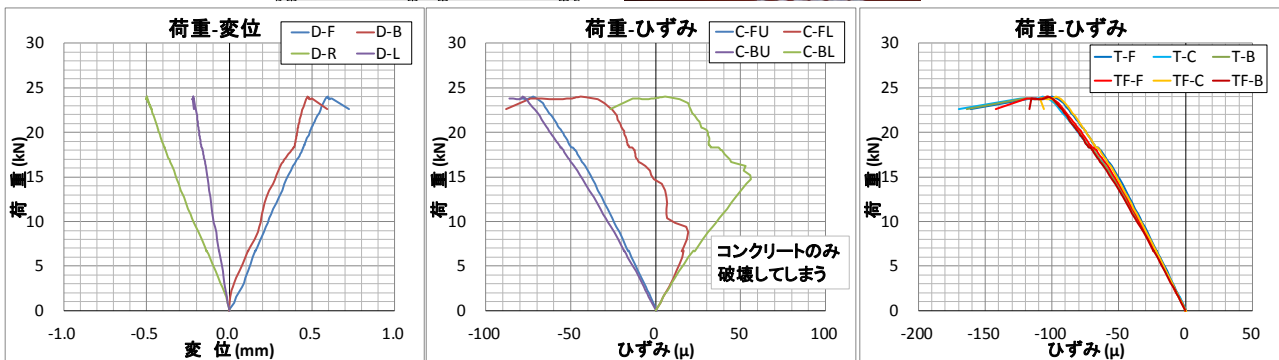
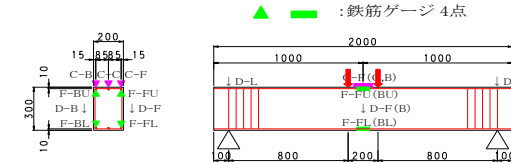


図-4 試験結果 (ケース 3)

4 CASE-B-0 鉄筋有 テフコム無 ▲ :コンクリートゲージ 3点



▲ :鉄筋ゲージ 4点

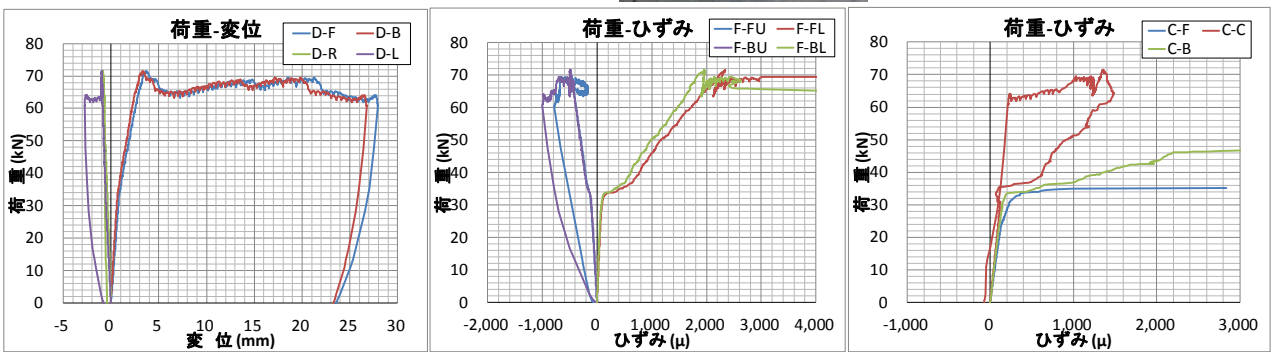
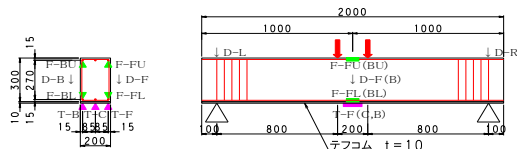


図-5 試験結果 (ケース 4)

5 CASE-B-1 鉄筋有 テフコム下面10 ▲ :コンクリートゲージ 3点
 ▲ :鉄筋ゲージ 4点



コンクリート
 テフコム

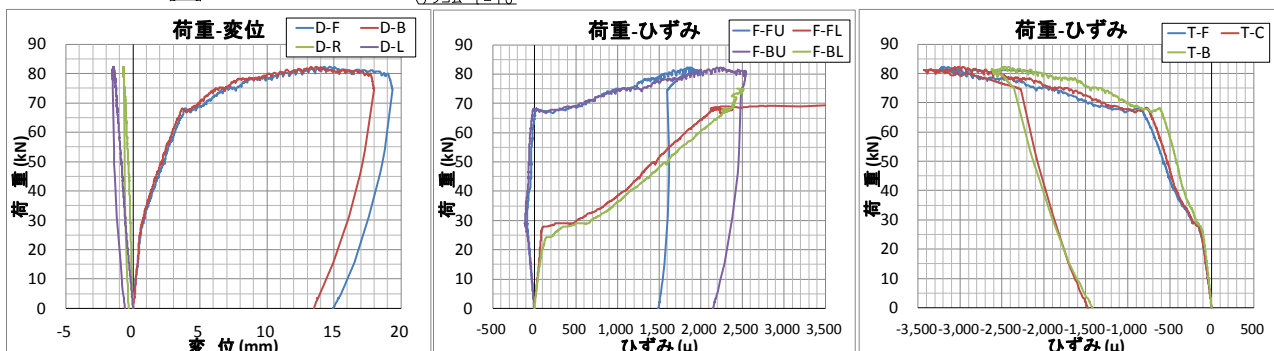
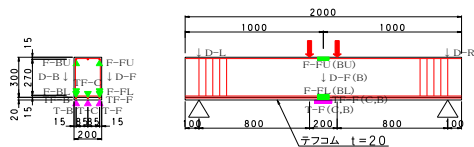


図-6 試験結果 (ケース 5)

6 CASE-B-2 鉄筋有 テフコム下面20 ▲ :コンクリートゲージ 3点
 ▲ :鉄筋ゲージ 7点



コンクリート
 テフコム

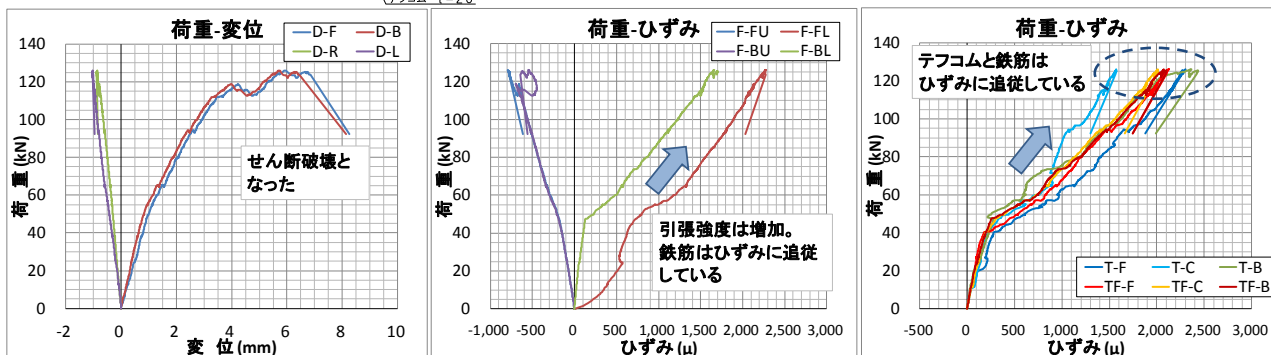


図-7 試験結果 (ケース 6)

6. 考察

- ケース 1 : ひび割れ発生と同時に破壊。
- ケース 2 : ひび割れ発生と同時に破壊、耐荷重はケース 1 の約 1.3 倍。
- ケース 3 : テフコムとコンクリートの付着が悪く肌別れ、コンクリートのみ破壊。耐荷重はケース 2 とほぼ同等。
 テフコムは付着性の高い材料だが、コンクリートとの打継目処理 (チッピングや吸水防止材の塗布) を、より確実にやる必要があった。
- ケース 4 : ひび割れ発生後も荷重増加、ねばりのある破壊。耐荷重はケース 1 の約 3.6 倍。
- ケース 5 : 耐荷重はケース 1 の約 4 倍。ケース 4 に比べひび割れ大。圧縮側コンクリート圧壊。
- ケース 6 : 耐荷重はケース 1 の約 6.4 倍。変位も少なく剛性の高いコンクリート梁形状を保持するが、途中で斜めひび割れが発生し破壊。

7. まとめ

- ・テフコム、鉄筋、コンクリートの一体化により、非常に剛性の高い梁形状を保持できることを確認した。
 - ・ケース 6 の供試体は斜めひび割れが発生し、せん断破壊となった。(せん断スパン比が 3 以下であり、せん断破壊モードになりやすい供試体形状。)
 - ・テフコムによる引張補強を行う場合、テフコムの引張強度は通常のコンクリートより高いため、補強対策箇所の耐力は、曲げではなくせん断で決まる可能性があることがわかった。
 - ・テフコム、鉄筋、コンクリートのひずみと、それぞれの弾性係数を比べても、テフコムは鉄筋と同程度の性能が得られており、ひずみへの追従性も高いことを確認できた。
- なお、テフコムの補強対策による耐力増加は、事前解析 (断面計算) で必要とされた耐力を、十分に満足する値であると判断できた。

参考文献

- 1) 松井繁之著 : 道路橋床版の長寿命化技術、2016 年