

I-91

硬質ウレタンを充填した鋼・コンクリート合成構造の基本性状実験

備宮地鐵工所 正員 高橋秀幸 備宮地鐵工所 正員 太田貞次
 備宮地鐵工所 正員 吉川 薫 山梨大学工学部 正員 深沢泰晴

1. はじめに

近年、土木の分野でも新素材・新材料の採用が計られており、実際の構造物に対する使用例も多く発表されている。当社においても、高分子化合物の一種である発泡性硬質ウレタンを使用した合成床版橋を開発し、沖縄県で1橋建設している¹⁾。その断面は、型枠を兼ねたTリブ付き底部鋼板、断面の引張域から圧縮域の一部にかけて充填された硬質ウレタン部分、ならびに断面の圧縮域で床版を兼ねたコンクリート部分で構成される(図-1、タイプ(I))。このようなサンドイッチ構造では、軽量化とともに硬質ウレタンがエネルギー吸収性に富むことから、耐震性・耐衝撃性の向上が期待できる。ここでは、硬質ウレタンを充填した梁試験体を用いた室内実験により、この種の構造の静力学的挙動、破壊性状、耐久性、振動性状などを検証した結果について報告する。

2. 実験の概要

図-1に示す3種類の試験体を使用して実験を行い、硬質ウレタンの効果を調べた。試験体は、実橋を想定して道示の床版最低厚16cmコンクリートを鋼桁の圧縮域に打設し、コンクリート硬化後注入法により硬質ウレタンを充填する手順で製作した。そのため、硬質ウレタンが鋼・コンクリートの双方に密着しており、三者は完全に一体化される。

試験体に使用した材料はつぎのとうりである。

- ◇ 底部鋼板・Tリブ---SS400材 (t=9mm)
- ◇ コンクリート---早強コンクリート
 (標準養生 28日強度 = 370 kgf/cm²)
- ◇ 硬質ウレタン---圧縮強度 = 2.2 kgf/cm² (比重 = 0.03)

試験体は支点間隔 = 4.0 mでセットし、静的実験・疲労実験については支間中央2点荷重で行い(図-2)、振動実験については支間中央をインパルスハンマーで打撃した。

3. 静的載荷実験

タイプ(I)~(III)の試験体を終局状態まで静的に載荷して得られた荷重-支間中央たわみ曲線を図-3に示す。初期曲げ剛性、終局荷重ともにコンクリートを完全に充填したタイプ(II)が最も大きく、断面引張域のコンクリートを硬質ウレタンと置き換えたタイプ(I)空洞としたタイプ(III)は同様な曲線を描く。

終局状態については、タイプ(I)~(III)の全てで設計耐力40 tonfを越える荷重まで破壊せず、底部鋼板が降伏しコンクリート上面が圧壊する典型的な曲げ破壊となる。タイプ(I)の終局状態を写真-1に示す。タイプ(I)における硬質ウレタンは、終局状態の直前で底部鋼板の伸びに追従できず内部キ裂を生じる。また、タイプ(II)では約18tonfで荷重載荷点の底部鋼板位置にひびわれが発生し、荷重の増加に伴って断面の圧縮域まで進展する。タイプ(III)では、底部鋼板のひずみが他の2タイプより大きく、ゆがみが顕著となっている。

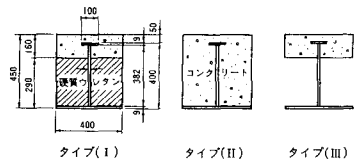


図-1 試験体形状図

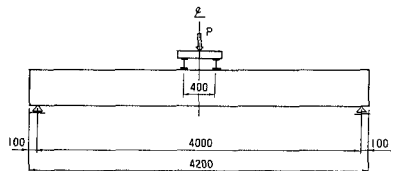


図-2 実験方法

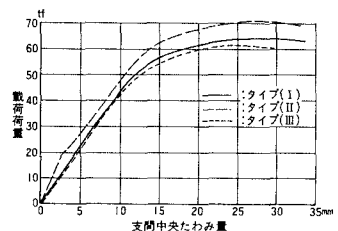


図-3 荷重増加に伴う変形・ひずみの比較

3. 疲労実験

タイプ(I)~(III)の各試験体に対し、タイプ(I)では400万回、タイプ(II)・(III)では200万回の繰返し荷重載荷を行い、疲労性状を調べた。各々の応力振幅はコンクリート上面の応力度を揃えて次のように決定した。

- ◇タイプ(I) : $\sigma_{cmax} = 110\text{kgf/cm}^2$, $\sigma_{cmin} = 33\text{kgf/cm}^2$
 $\sigma_{smax} = 1400\text{kgf/cm}^2$, $\sigma_{smin} = 400\text{kgf/cm}^2$
- ◇タイプ(II) : $\sigma_{cmax} = 110\text{kgf/cm}^2$, $\sigma_{cmin} = 40\text{kgf/cm}^2$
 $\sigma_{smax} = 1000\text{kgf/cm}^2$, $\sigma_{smin} = 330\text{kgf/cm}^2$
- ◇タイプ(III) : $\sigma_{cmax} = 110\text{kgf/cm}^2$, $\sigma_{cmin} = 40\text{kgf/cm}^2$
 $\sigma_{smax} = 910\text{kgf/cm}^2$, $\sigma_{smin} = 200\text{kgf/cm}^2$

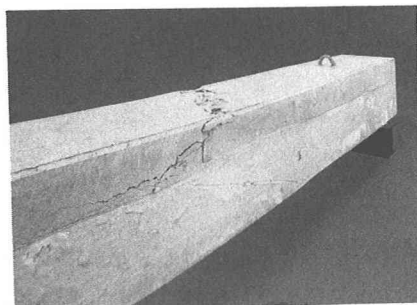


写真-I 終局状態(タイプI)

疲労実験前後で、タイプ(I)・(III)では外観に変化が見られなかったが、タイプ(II)では荷重載荷直後に荷重載荷点付近の底板位置4ヶ所で鉛直上方にひびわれが発生し、繰返し回数増加に伴い断面の圧縮域まで進展した。

疲労実験終了後各試験体に対して静的載荷実験を行い、得られた荷重-支間中央たわみ曲線を図-4に示す。タイプ(I)・(II)が同様な曲線となるのに対し、タイプ(III)では曲げ剛性・終局強度とも他の2タイプと比較して小さな値となっている。

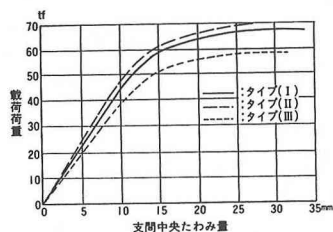


図-4 荷重増加に伴う変形・ひずみの比較(疲労実験後)

4. 振動実験

タイプ(I)~(III)の各試験体をインパルスハンマーで打撃して自由振動を生じさせ、支間中央底部鋼板下面に取付けた小型加速度計・振動計を通して振動加速度の形でデータレコーダーに収録した後FFTアナライザーにより周波数分析した結果ならびに振動加速度波形を図-5に示す。タイプ(II)・(III)が規則的な減衰曲線となるのに対し、硬質ウレタンを充填したタイプ(I)では不規則な減衰曲線となり、対数減衰率も他のタイプの2倍以上の値となっている。

試験体種類	固有振動数 (Hz)	対数減衰率
タイプ(I)	35.5	0.101
タイプ(II)	32.0	0.049
タイプ(III)	35.0	0.044

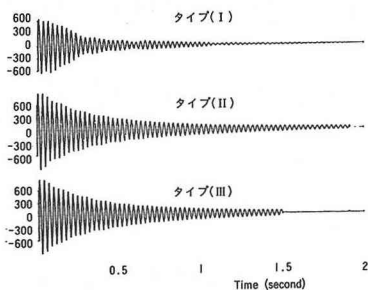


図-5 支間中央振動加速度波形

5. まとめ

鋼・コンクリートの合成構造として一般的なタイプ(II)の構造では、断面の引張領域のコンクリートが設計上無視される。重量の軽減を目的として、この部分を軽質な硬質ウレタンと置き換えた合成構造を開発し、実験を行った結果、次の基本性状が確認された。

- ① 断面引張域のコンクリートを硬質ウレタンと置き換えても 終局耐力の低下は1割程度と小さい。
- ② 硬質ウレタンを充填することにより疲労による強度低下が小さくなる。
- ③ 硬質ウレタンを充填する事により振動減衰が大きくなり、耐震性が増す。

本実験に際し、九州大学日野助教授には実験の進め方等多くの助言をいただきました。また、旭ケミテック株式会社粕部長ならびに日清紡西新井化成工場化成成品部の小川課長にはウレタンの使用に際し技術面でのご協力をいただきました。ここに、お礼申し上げます。

〈参考文献〉 1) 太田, 宮坂, 山田, 具志: 軽量充てん材を使用した合成型枠橋の開発, 土木学会第43回年次学術講演会講演概要集第1部, 1990年9月。