

(I-21) 硬質ウレタンを充填した鋼・コンクリート合成梁の静的曲げ耐力について

防衛大学校土木工学科○学生員 長濱貴志 同 左 正 員 園田佳巨
同 左 正 員 石川信隆 宮地鉄工所(株)正 員 太田貞次

1. 緒言

近年、施工の簡易性、死荷重の軽減等から”硬質ウレタンを充填した鋼・コンクリート合成梁部材”(以下UC部材と称する。)が土木構造物に使用され始めてきた¹⁾。UC部材は、じん性に優れている等の利点も有するため、耐衝撃性能を必要とする部材への適用も期待されるが、衝撃荷重を受けた時の応答特性についてはもちろん、静的曲げ変形性能についても十分解明されているとはいえない。そこで本研究は、UC部材の静的曲げ耐力および変形性能に関する解析的な検討を行うことを目的とした。すなわち、まずUC部材断面の曲げモーメント(M)～曲率(ϕ)関係を求め、次にこれを用いて静的曲げ変形解析を行い、荷重(P)～変形(δ)関係を算出して、実験結果と比較した。さらに、RC部材の実験・解析結果とも比較して、UC部材の特性について考察を行った。

2. 各材料の応力(σ)～ひずみ(ϵ)関係

UC部材断面の曲げモーメント(M)～曲率(ϕ)を求めるには、図-1のような応力、ひずみ分布により中立軸(X_0)を仮定する。その際、変形適合条件(平面保持)により、コンクリート・鋼・ウレタンも同じひずみ分布となる。この際鋼材およびコンクリートの応力(σ)～ひずみ(ϵ)関係は、それぞれ図-2および図-3を用いた²⁾。また、ウレタンについては、これまで応力～ひずみ関係が明かにされてなかったので、ここではウレタン(10cm×10cm×10cm)の引張および圧縮試験を行い、図-4のような応力～ひずみ関係を用いた。

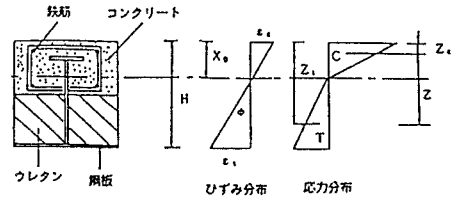


図-1 UC梁断面の応力およびひずみ分布図

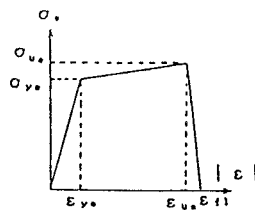


図-2 鋼材の $\sigma \sim \epsilon$ 関係

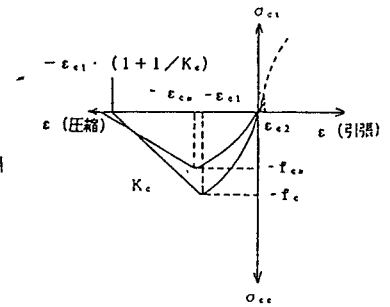


図-3 コンクリートの $\sigma \sim \epsilon$ 関係

ここに、 σ_{u1} 、 σ_{uc} ：ウレタンの引張応力、圧縮応力、

ϵ_{u2} ：ウレタンの引張時の破断ひずみ($\epsilon_{u2}=0.06$)、

ϵ_{u1} ：ウレタンの圧縮ひずみ変曲点($\epsilon_{u1}=0.045$)、

a：引張側($|\epsilon| < \epsilon_{u1}$)のひずみ～応力一次式の係数($a=24.0$)

c, d：圧縮側($\epsilon_{u1} < |\epsilon|$)のひずみ～応力一次式の係数($c=0.012$, $d=0.94$)

3. 解析手法

3. 1 静的M～ ϕ 関係の算定方法

M～ ϕ 関係算定の手順は、以下のとおりである。

- ① 与えられた曲率に対して、部材断面の中立軸 X_0 を圧縮合力Cと引張合力Tの釣り合いより求める。
- ② ①で得られた中立軸を用いて、断面内のひずみ分布を求め、真の圧縮合力C、引張合力Tを求める。
- ③ 圧縮合力、引張合力間の重心距離Zを求め、 $M = C \cdot Z = T \cdot Z$ により設定曲率(ϕ)に対する曲げモーメント(M)を求める。

3. 2 静的荷重(P)～変位(δ)関係の算定

前節で得られたUC梁部材のM～ ϕ 関係を用いて、荷重載荷点に

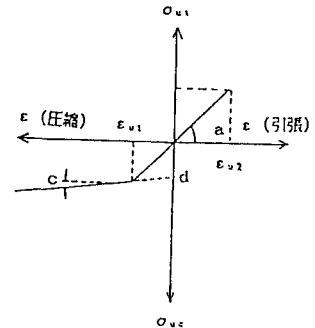


図-4 ウレタンの $\sigma \sim \epsilon$ 関係

おける荷重 (P) と変位 (δ) の関係を求める。

まず、荷重Pは次式で表される。

$$P = 4 \cdot M_c / L \quad (1a)$$

ここに、 M_c : 中央点の曲げモーメント、 L : スパン

次に、中央点の変位 (δ) は、モールの定理により
次式のように算出される。

$$\delta = \int_0^{L/2} \phi(x) \cdot x dx \quad (1b)$$

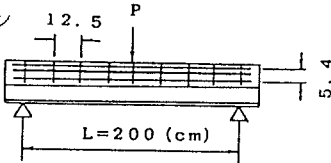


図-5 UC単純梁

なお、上式の計算では、梁を要素分割し、各節点位置の曲率を求めた上で、積分を行うことで求めた。

4. 数値計算結果

いま図-5に示すようにスパン200 (cm) の単純梁で図-6 (a) と (b) のような断面をもつUC梁部材とRC梁部材を対象として、中央集中荷重Pと載荷点変位δとの関係を求める。ただし、鉄板厚さ: 0.6 (cm)、スラーブ高さ: 5.4 (cm)、スラーブ幅: 13.4 (cm)、スラーブ間隔: 12.5 (cm)。なお、UC梁部材はRC梁部材と曲げ耐力をほぼ等しくなるよう設計されている。

4. 1 曲げモーメント (M) ~ 曲率 (φ) 関係

図-6 (a) のUC部材のM~φ図を図-7に示す。図-7において曲率が0.005 (1/cm) 付近で曲げモーメントが落ち込んでいるのは、上フランジより上側の圧縮域コンクリートが圧壊し圧縮強度が極端に落ちるためであると思われる。

4. 2 荷重~変位関係

図-8および図-9は、UC梁部材およびRC梁部材の荷重 (P) ~ 変位 (δ) 関係について、それぞれ実験値と解析値を示すものである。これらより、曲げ耐力および変形性能について、解析値は実験値をほぼ良くシミュレートしていることがわかる。また、UC梁とRC梁とを比較すると、曲げ耐力においてはほとんど変わらないが、変形性能においてUC梁の方が約20%大きいことが確認された。したがって、静的エネルギー吸収能の面で、UC梁の方が優れていると言える。

5. 結論

本研究では、断面分割法を用いてまず静的M~φ関係を求め、次にUC部材の静的荷重~変位関係を算出した。これより以下の結論が得られる。

- (1) 静的解析において、曲げ耐力および変形性能についてほぼ実験値と一致しており、本解析法の妥当性が認められた。
- (2) UC部材は、変形性能においてRC部材より約20%大きいことが認められた。したがって、静的な吸収エネルギー量も、当然UC部材の方が大きくなり、耐衝撃性に優れているといえる。

参考文献 1) 太田貞次、他: 軽量充填材を使用した合成型枠橋の開発 土木学会第45回年次学術講演会 1990年9月
2) 高橋芳彦: 高速載荷試験による鉄筋コンクリートはりおよび鋼板・コンクリート合成はりの対衝撃性評価に関する基礎的研究 学位論文 1990年2月

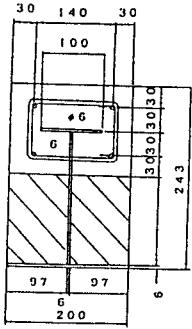


図-6 (a) UC梁部材断面図

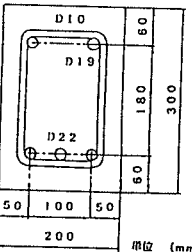


図-6 (b) RC梁部材断面図

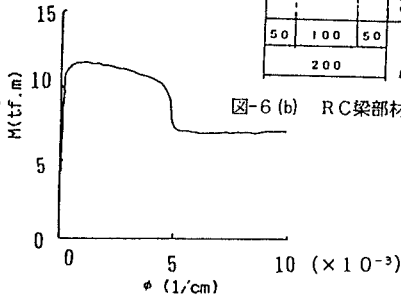


図-7 UC梁のM~φ関係

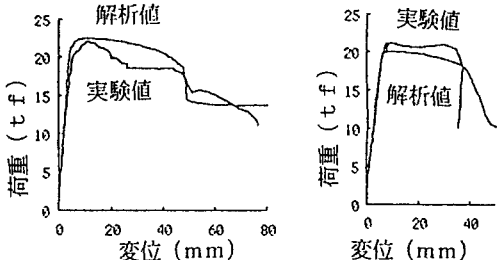


図-8 UC梁のP~δ関係 図-9 RC梁のP~δ関係