

I-479 硬質ウレタンを充填した鋼・コンクリート合成梁の衝撃吸収エネルギーについて

防衛大学校 学生員 ○山本 恭嗣 防衛大学校 正会員 園田 佳巨
 防衛大学校 正会員 石川 信隆 九州大学 正会員 太田 俊昭
 ㈱宮地鐵工所 正会員 太田 貞次

1. 緒言 近年、死荷重の軽減・施工の簡易性等の理由により、部材の引張域断面をコンクリートからウレタンに置き換えて発泡性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部材という) を使用した合成型枠橋等の開発研究が進められている¹⁾。また、UC部材は韌性に優れ、耐衝撃性に優れている可能性もあるが、その衝撃応答特性については未だ解明されていない。そこで著者ら²⁾は、先にRC部材および断面 (鋼材配置) の異なるUC部材の4タイプに対する予備実験を行ない、UC部材の特性およびウレタンの効果を最も良く発揮する2種類の断面タイプを得た。本研究では、さらにRC部材とUC部材を一定の静的曲げ耐力のもとで、静的載荷および衝撃載荷実験を行い、その衝撃応答特性³⁾を検討するとともに、エネルギー的観点から入力エネルギー量を徐々に増加させたときの衝撃吸収エネルギー量の比較検討を行うものである。

2. 実験の概要 (1) 供試体 実験に用いた供試体は、静的曲げ耐力を同じにするという条件で断面の決定を行った、図-1に示すA (RC)、D・E (UC部材) 3タイプについて検討を試みた。また、材料緒元は表-1に示すとおりであり、ウレタンは圧縮強度約2kgf/cm² (比重0.04tf/m³) のものを用いた。

(2) 静的載荷実験 供試体をスパン200cmで単純支持し、200tアムスラーを用いて上面中央部に線荷重として載荷した。測定項目はロードセルで荷重を、ひずみ式変位計で下変位を計測した。

(3) 落錘式衝撃実験 供試体をスパン200cmで単純支持し、落錘式衝撃実験装置により、入力エネルギーを徐々に増加 (重錘Wと速度Vを増加) させることにより、各供試体の弾性域応答および塑性域応答での衝撃実験を実施した。実験ケースについては、表-2に示すとおりである。

3. 実験結果および考察 (1) 静的載荷実験 静的載荷実験から得られた荷重～下変位関係を図-2に示す。これより、曲げ耐力は3タイプともほぼ等しいものの、変位量では、D・EタイプがAタイプより約2倍増大していることが認められる。よって、UC部材は優れた韌性により、静的吸収エネルギー量はRC部材より約2倍大きいことが確認された。

(2) 落錘式衝撃実験 (a) 荷重～変位関係 図-3は弾性域応答の荷重～変位関係を、図-4 (a)～(d)はそれぞれ塑性域応答 (1)～(4)の荷重～変位関係を示したものである。これらの図より、重錘条件が大きくなるにしたがい、各タイプの応答に顕著な差が表れ、UC部材の方がRC部材よりも大きな変位量を示すことがわかる。よって、UC部材の特徴として、韌性により衝撃エネルギーを吸収する傾向にあることが

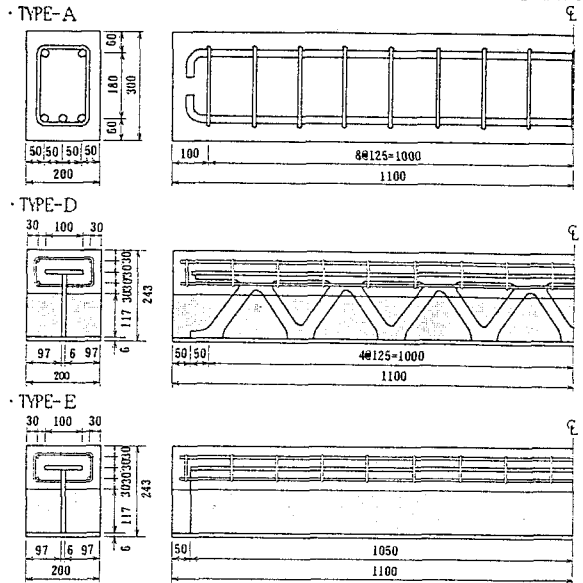


図-1 各供試体の寸法と形状 単位: mm
 表-1 材料諸元

	引張鉄筋	圧縮鉄筋	その他
A	D 22×3	D 19×2	スターラップ間隔 125mm
D	硬質ウレタン充填 トラス状ウェブ	鋼板 (6mm)	圧縮鉄筋量は引張鉄筋量の約1/2
E	硬質ウレタン充填 スターラップ鋼板	鋼板 (6mm)	

表-2 落錘式衝撃実験・実験ケース

応答レベル	タイプ	入力エネルギー			出力データ	
		W	V	E	荷重 tf	上変位 mm
弾性域	A	150	2	3.1	16~21	2~3
	D				12~13	3~5
	E				13~15	2~4
塑性域 (1)	A	150	4	12.2	35~39	5~7
	D				27~31	8~10
	E				32~34	6~8
塑性域 (2)	A	150	6	27.6	45~60	10~12
	D				30~40	18~25
	E				45~55	10~20
塑性域 (3)	A	400	6	73.5	70~95	-----
	D				35~45	-----
	E				50~60	-----
塑性域 (4)	A	400	8	130.6	70~100	35~45
	D				40~60	-----
	E				50~70	50~60

W: 重錘重量 (kgf) V: 衝突速度 (m/s) E: 重錘エネルギー (tf·cm)

確かめられた。なお塑性域(4)の実験において、Dタイプは応答変位量が終局変形量を上回り破壊に至った。

(b) 衝撃吸収エネルギー量の比較 図-5は、塑性域(2)の実験結果を用いて、各部材の全体吸収エネルギー量と衝突部における局部変形による吸収エネルギー量とを縦軸に併記し、全体変位量(局部変位を含んだ)を横軸にとり比較を行ったものである。この図より、全体吸収エネルギー量については、変位量が小さい範囲(10mm以内の弾性域)では、AタイプとEタイプがほぼ等しく、Dタイプがやや小さいことがわかる。しかし、全体変位量が大きくなるにつれ、Dタイプの吸収エネルギー量の増加が著しく、AタイプとEタイプより大きくなる。これは、Dタイプの局部吸収エネルギー量が、全体変位量が大きくなるにつれ、かなり増加するためであると考えられる。したがって、全体吸収エネルギーに占める局部吸収エネルギーの割合は、Aタイプで10%程度、EタイプとDタイプはほぼ40%程度であるが、変位量が大きくなるほどDタイプがEタイプより大きくなることが明らかとなった。

(c) 単位重量当たりの衝撃吸収エネルギー量 図-6は、全体変位に対する吸収エネルギー量を、各部材の供試体重量 W_0 で除した結果を示したもので、この図より、UC部材はRC部材よりはるかに重量が少ない(約50%程度)ことから、単位重量当たりの衝撃吸収エネルギー量は約2倍になることが確認される。したがって、UC部材を落石覆工等に使用する場合、構造本体の死荷重軽減を期待できることから、より厚い緩衝材を敷くことが可能であると考えられる。

4. 結論 本研究の成果を要約すると以下のようなになる。UC部材は、RC部材と比較して①終局変形性能に優れた靱性のある部材である。②断面タイプ(鋼材配置)によって、引張域のウレタン部への衝撃エネルギーをDタイプではウエップの座屈によって、またEタイプでは部材下面の鋼板の伸びによって吸収している。③UC部材はRC部材に比べ部材単位重量当たりの応答吸収エネルギー量が大きい。

(参考文献) 1) 太田貞次、宮坂睦夫、山田信一：軽量充填部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2月
 2) 山本恭嗣、園田佳巨、石川信隆、清水功雄：硬質ウレタンを充填した鋼・コンクリート合成はりの衝撃実験に関する一考察、第19回土木学会関東支部講演概要集、1992年3月
 3) 片淵文隆、太田俊昭、石川信隆、千々岩浩巳：軽量充填材を用いた合成構造部材の耐衝撃性に関する研究、平成3年度西部支部研究発表会、1992年3月

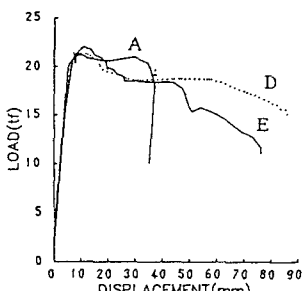


図-2 静的載荷：荷重～変位関係

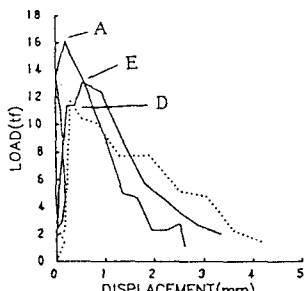
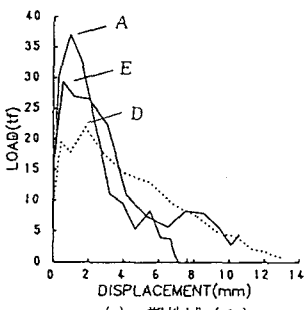
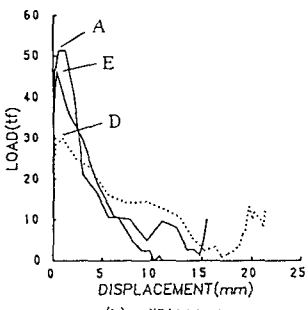


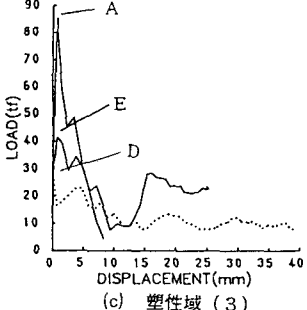
図-3 荷重～上変位関係(弾性域)



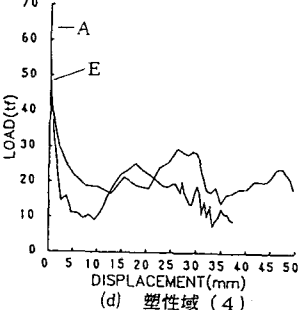
(a) 塑性域(1)



(b) 塑性域(2)



(c) 塑性域(3)



(d) 塑性域(4)

図-4 荷重～上変位関係

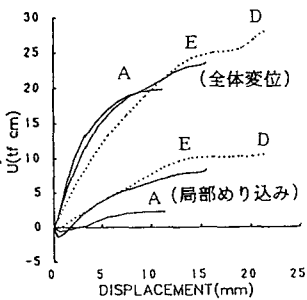


図-5 衝撃吸収エネルギー～変位関係

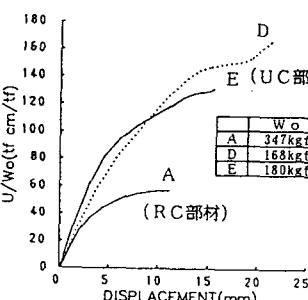


図-6 単位重量当たりの衝撃吸収エネルギー