

首都高速道路公団 正会員 ○手塚 茂樹
同 上 柳田 和朗
(株)数値解析研究所 高張 研一

1 はじめに

首都高速道路におけるコンクリート高橋のうち、昭和39年度以前の旧「防護施設基準」により施工されたものが、近年になって車輛の大型化、高速化もあり衝突により破壊され、車輛が高架下に転落する事故が発生している。これらの事故に対し、旧型コンクリート高橋に鋼板を接着して補強する工事を進めているが、この補強高橋の車輛衝突時における破壊挙動をFEMによる弾塑性解析により検討した。

2 計算方法

補強高橋の車輛衝突時の破壊挙動を検討するためには、本来高橋と車輛相方の破壊を考慮した動的解析をする必要があると思われるが、ここでは高橋構造に注目しこれに衝突想定荷重を静的に逐次加えていくことにより破壊挙動を検討する。計算条件としては鋼板、鉄筋に対しては弾塑性大変形効果も、コンクリートに対しては弾塑性破壊効果を考慮する。使用プログラムは非線形汎用プログラム MARC である。

1) 構造のモデル化

補強高橋は図-1に示すように鋼板、鉄筋、コンクリートからなる複合材料サンドイッチ構造と考えられるので、鋼板、鉄筋、コンクリートに対してそれぞれ別々の要素を考え、それらを同一節点に対して重ね合わせる手法を採用した。

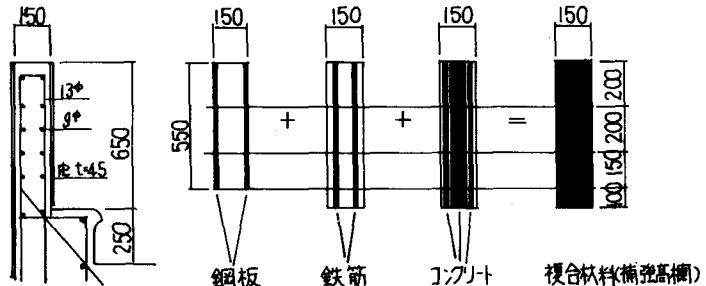


図-1 補強高橋断面及び構造モデル

2) 使用材料定数と降伏破壊条件

使用材料定数を表-1に示す。鋼板部は等方性であるのでミーゼスの降伏条件を使用、降伏後のひずみ硬化は無視する。鉄筋部はヒルの直交異方性の降伏条件を使用する。コンクリート部はまわりからの圧力の影響をうけるのでモア・フーロンの降伏条件を使用、またコンクリートの破壊条件は降伏応力の $1/10$ の引張応力が発生した場合とする。

表-1 材料定数

	鋼板	鉄筋	コンクリート
Eヤング率(N/mm ²)	2.1 10	2.1 10	3.0 10
Vポアソン比	0.3	0.3	0.1667
σ_y 降伏応力(N/mm ²)	2 400	2 400	255

3) 載荷方法

高橋の最終変形エネルギーに達するまで、段階的に荷重を増加しながらその過程での変形及び変形エネルギーを検討していく。荷重は高橋に対して15°の角度で載荷するものとし、かつ載荷位置は高橋中央部とする。

3 計算結果及び考察

計算結果を整理して表-2に示す。また総荷重1161tonでの高橋上端の変形を図-4に、鋼板の応力分布状態を図-5に示す。

荷重を逐次増加させていき総荷重が61tonに達した時に高橋下部コンクリート表

表-2 計算結果

荷重 増分回数	荷重 増分値 (ton)	増分荷重 値 (ton)	荷重値 $\Sigma \Delta P$ (ton)	高橋中央部 変形量(mm)	高橋変形 エネルギー	高橋破壊状況
1	0	1	1	$\delta_m = 0.0097$ $\delta_s = 0.0013$		1. 鋼板コンクリートに弾性域
2	1	10	11	$\delta_m = 0.0765$ $\delta_s = 0.0147$		1. 鋼板コンクリートに弾性域
3	2	50	61	$\delta_m = 0.434$ $\delta_s = 0.0816$	0.004 Ton-m	1. 高橋下部コンクリートにひび割発生
4	3	300	361	$\delta_m = 2.786$ $\delta_s = 0.490$	0.164 Ton-m	1. 高橋長さ方向約2.6mにわたってコンクリートに貫通破壊が生じる
5	4	800	1161	$\delta_m = 11.380$ $\delta_s = 2.069$	4.16 Ton-m	1. 高橋長さ方向約5.6m(全長の1/3)にわたってコンクリートに貫通破壊が生じる 2. 鋼板部に降伏応力が生じる

面にひび割れが発生した。次に総荷重が361 tONで高欄長手方向約2.6 mにわたってコンクリートが破壊し(図-2)、総荷重1161 tONではコンクリートの破壊する範囲が約5.6 mに広がるとともに鋼板部に降伏応力が生じている(図-3)。

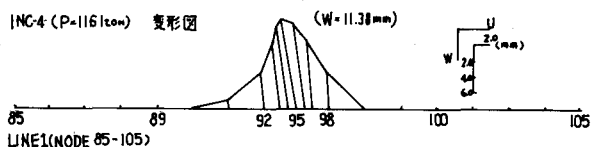
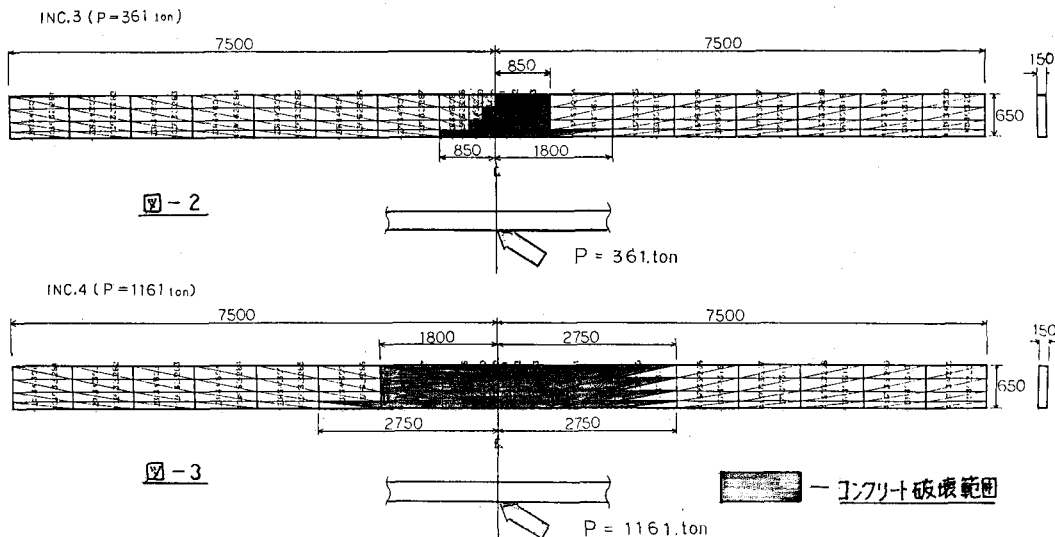


図-4 高欄上端変形図



高欄に車両が衝突する場合、車両のもっている運動エネルギーは高欄を破壊(変形)させるエネルギー、車両自体を破壊するエネルギー、車両が高欄外面をすべってからはいじかえされるエネルギーに分けて考えることができるが、これらエネルギーの分散機構については別途検討中であり、本報告では静的な観点からのみ高欄の変形エネルギーを検討したが、総荷重1161 tONの段階で高欄の変形エネルギーは4.16 ton-mであった。

これから計算の結果から高欄の破壊のメカニズムを推論すると、衝突荷重に対して先ずコンクリートが破壊する。そしてそれに伴うコンクリートの耐力低下分を鋼板の引張り剛性が支えることになるが、この鋼板に代り引張力は未破壊部のコンクリートが支える。従って当高欄のように鋼板を外面に張った高欄では、コンクリートの破壊領域の進展と鋼板の引張耐力との兼ね合いが最終耐力を規定する。

4 むすび

本解析において鋼板、鉄筋、コンクリートからなる複合材料構造としての補強高欄の弾塑性域を考慮した破壊挙動計算の手法が確認できた。今回は最終破壊状況を明確にするところまで計算できなかったが、今後本手法を用いてさらに検討を加えるとともに、衝突時の車両のエネルギー吸収機構等を考慮した破壊挙動の解析を進める予定である。

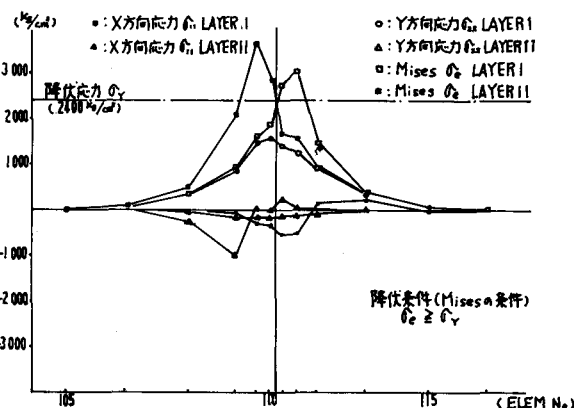


図-5 鋼板の応力分布(INC4)