

I - B182

車両衝突を受ける鋼製橋脚に関する数値解析的研究

名古屋大学理工科学研究センター フェロー会員 伊藤義人*
 近畿日本鉄道 正会員 大野 隆**
 名古屋大学工学研究科土木工学専攻 学生会員 森 正樹*

1. はじめに

高速道路橋脚のような構造物では、補修が困難なため車両衝突時の衝撃エネルギーに対し構造物の変形を大きくしないようにするために、橋脚基部へ低品位のコンクリートを充填することによって、車両衝突時の変形による損傷を防ぐ対策がたてられている。本研究では、この道路構造物の高速道路鋼製橋脚に着目し、衝突車両であるトラックのモデル化を行い、衝突時における構造物の実現象を明らかにするためフルスケールの数値シミュレーションを行う。具体的には、円形断面鋼製橋脚および矩形断面鋼製橋脚に車両が衝突した時に、その橋脚の挙動や変形量を定量的に評価し、衝突時の衝撃エネルギーの伝達の様子を把握するとともに、被害軽減用の充填コンクリートの有効性を汎用衝撃応答解析プログラムLS-DYNA3Dを用いて検証する。

2. 解析モデル

解析では、実際の名古屋都市高速道路橋脚^{[1][2]}をモデル化し、この構造物に車両重量25tfのトラック衝突を考える。車両の有限要素モデルは、アメリカなどでは広くパブリックに利用することができるが、日本ではほとんど公開されていないのが現状である。そこで、本研究ではこれらをシミュレートできるようなトラックを独自にモデル化した^[3]。橋脚の有限要素モデルを図-1に、トラックモデルを図-2に示す。橋脚モデルの境界条件としては、下端は固定、上端は自由で、かつ、橋脚上部荷重の死荷重と橋脚の鋼重の1/3を載荷している。また、解析モデルの構成則は、鋼についてはVon-Miseの降伏条件に従う等方弾塑性体とし、応力-ひずみ関係に完全弾塑性体とひずみ速度依存性の効果を考慮したものを用いた^[6]。降伏応力は、それぞれの使用材料に道路橋示方書^[6]で規定されている公称値を用い、ヤング率とポアソン比についてはそれぞれ206GPa、0.3を用いている。中詰めコンクリートモデルについては、ひずみ速度効果を考慮していない完全弾塑性体モデルを用い、このモデルの構成則においては圧縮側で降伏後は完全弾塑性、引張側は引張応力が引張強度に達した後はカットオフ応力のみが働くものとし、降伏基準はDrucker-Prager則を用いている。圧縮強度は23.52MPa、引張強度は2.12MPaで、ヤング率、ポアソン比はそれぞれ24.36GPa、1/6を用いている。また、鋼とコンクリートのインターフェイスは衝突方向の一方のみを考えれば良く、コンクリートの剥離など考える必要がないことから、tied interfaceにより剛結とした。

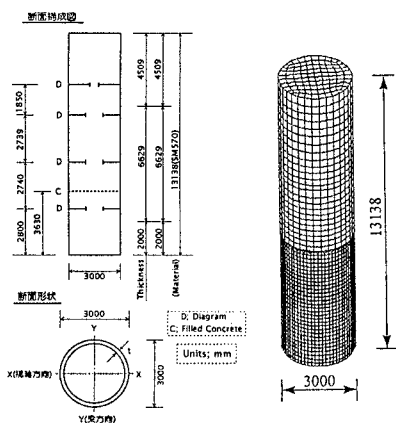


図-1 橋脚モデル(斜線部は充填コンクリート)

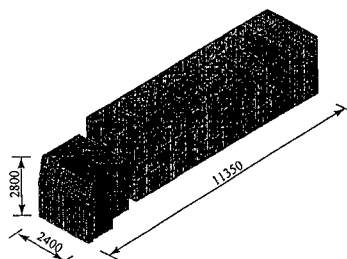


図-2 トラックモデル

3. 鋼製道路橋脚への衝突解析

円形断面鋼製橋脚にトラックモデルが衝突速度50km/hおよび100km/hで衝突した時の時間-変形量関係を図-3に示し、変形モードの代表例として衝突速度50km/hでの鋼製橋脚への衝突解析結果も併せて示す。

キーワード；車両衝突，コンクリート充填鋼製橋脚

*；〒464-01 名古屋市中種区不老町

TEL 052-789-2737 FAX 052-789-3734

**；〒543 大阪市天王寺区上本町6丁目1番55号 TEL 06-775-3453

図中の実線は衝突速度100km/hでの鋼製橋脚への解析結果。点線は50km/hでの鋼製橋脚への解析結果であり、破線は100km/hのコンクリート充填鋼製橋脚への解析結果。そして、一点鎖線は50km/hのコンクリート充填鋼製橋脚への解析結果を示す。

図-3より、コンクリート充填による残留変形量の抑制効果は、衝突速度50km/hでは約78%、100km/hでは約74%になった。また、最大応答変形量から残留応答変形量へのスプリングバックの割合は、コンクリートを充填したときの方がそれぞれ約10%程度大きくなった。これらのことは、コンクリート充填によって橋脚の局部変形量を大きく減少させることができ、コンクリート充填の効果が現れていることがわかる。一方、橋脚上端部の挙動は、境界条件が自由端であるにもかかわらず、橋脚の載荷上部荷重が衝突車両重量よりもかなり大きいこと(約71:1)から、応答変形は衝突位置付近の局部的な変形にとどまり、全体的な変形モードは見られなかった。

また、衝撃の大きさと橋脚の変形量の関係を図-4に示す。図-4では、コンクリート充填の有無において加速度ピーク値および衝撃継続時間に違いが見られた。衝撃継続時間ではコンクリート充填橋脚の場合、非充填橋脚よりも約40%と短くなり、また、加速度ピーク値は約2.5倍大きくなった。これは、コンクリートを充填することによって橋脚本体の剛度が大きくなり、衝突体であるトラックモデルの破損が大きくなるためであると考えられる。

次に、衝突前後における衝突体および被衝突体のエネルギーの変化を図-5に示す。これは、円形断面鋼製橋脚にトラックモデルが衝突速度50km/h、衝突角度90°で衝突した時のエネルギー伝達を示したものである。図-5では、コンクリート充填の有無によって、衝突時の衝撃エネルギーは鋼製橋脚のみで吸収している衝撃エネルギーをコンクリート充填によってコンクリート部が分担吸収するために、局部変形を抑制していることがわかる。これらの結果は、矩形断面鋼製橋脚でも同様な傾向が見られた。

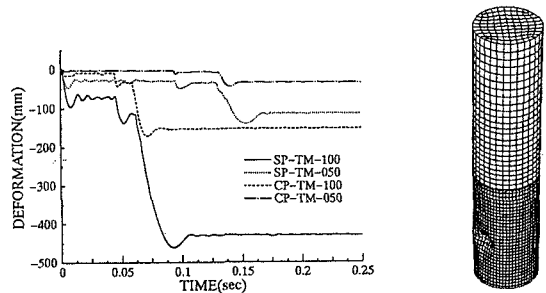


図-3 橋脚の応答変形量

(SP;無充填, CP;充填, TM;トラックモデル, 数字;衝突速度)

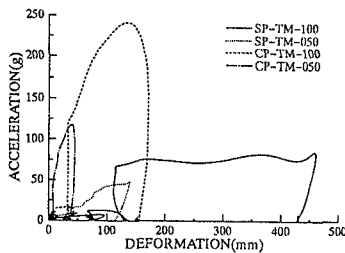
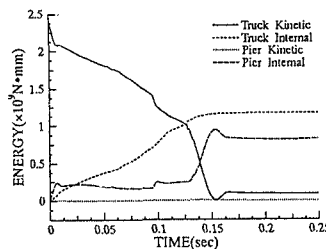
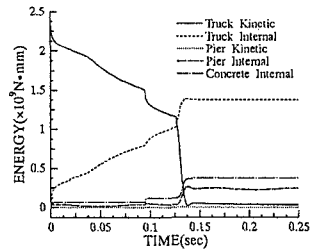


図-4 変形量-加速度関係



(a) コンクリート非充填鋼製橋脚



(b) コンクリート充填鋼製橋脚

図-5 エネルギーの変化

4. 結論

橋脚基部へのコンクリート充填の有効性は、車両衝突時のエネルギーをコンクリート部が分担吸収するために、鋼製橋脚の局部変形を抑制する効果があることを定量的に評価した。

参考文献

- [1]名古屋都市高速道路公社：市道高速2号荻野工区上部工事P65橋脚設計計算書，構造一般図，昭和60年10月。
- [2]名古屋都市高速道路公社：市道高速分岐3号正木工区鋼脚工事 P11橋脚設計計算書，昭和60年10月。
- [3]土木学会：構造物の衝撃挙動と設計法，構造工学シリーズ6，1993. 12。
- [4]竹田信之：大型トラックの設計，山海堂，平成4年9月。
- [5]日本道路協会：道路橋示方書・同解説 1 共通編，2 鋼橋編，1992。
- [6]伊藤義人，川口雅樹，笹田俊治，八木伸人：メタルライナーの硬度変化と衝撃力に関する研究，構造工学論文集，Vol. 42A，1996. 3，pp. 1305-1314。