３次元複合材料(3DSole)を緩衝材に用いた橋梁の耐震補強

株式会社ピーエス三菱　正会員　○川畑　智亮
株式会社ピーエス三菱　正会員　吉松　慎哉
株式会社ピーエス三菱　正会員　桐川　潔

１．はじめに

施工条件の厳しい河川内での橋梁の耐震補強は，一般的に用いられている仮締め切りによる橋脚補強方法では工費が高くなるという課題があり，低コストでの耐震補強技術の開発が求められている．最近では，多径間橋梁において，桁衝突による地震慣性力の低減効果を考慮した耐震補強技術の研究[*1)]がされている．本研究では，桁遊間にエネルギー吸収が大きい３次元複合材料である 3Dsole を緩衝材として使用し，上部構造の応答を低減する耐震補強工法を行っている．本稿では，3Dsole の特性をモデル化した橋梁全体系の動的解析による耐震検討結果について述べる．

写真-1　3DSole

２．骨組モデルによる非線形時刻歴応答解析

3Dsole の効果を確認するために対象とした橋梁は，水平反力分散形式の 3 径間連続 PC 橋とした．解析モデルは図-1 に示すような骨組モデルし，非線形時刻歴応答解析を行った．

また，解析モデルは温度変化等による桁の伸縮で生じる遊間量が解析に影響を与えるため桁遊間量の異なる場合を考慮し，以下の 4 ケースとした．

(1)　緩衝材なしで橋台への衝突なし
(2)　３次元複合材設置(桁遊間 50mm)
(3)　３次元複合材設置(桁遊間 100mm)
(4)　緩衝材なしで遊間 100mm

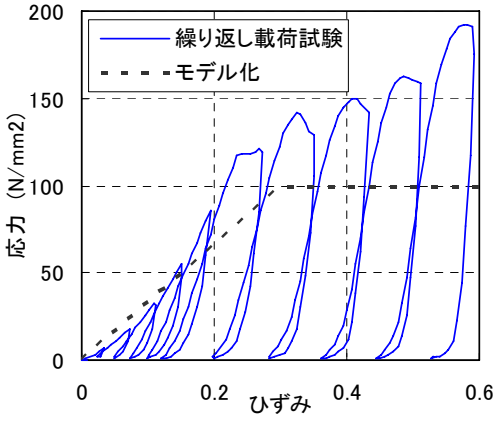


図-2　応力ーひずみ関係

３．3DSole のモデル化

3DSole は，弾性体であるガラス繊維ロッドを３次元的に組み，その隙間をエポキシ樹脂で充填して固めた複合材料である．その特性は，弾性的であると同時に粘性的でもある．

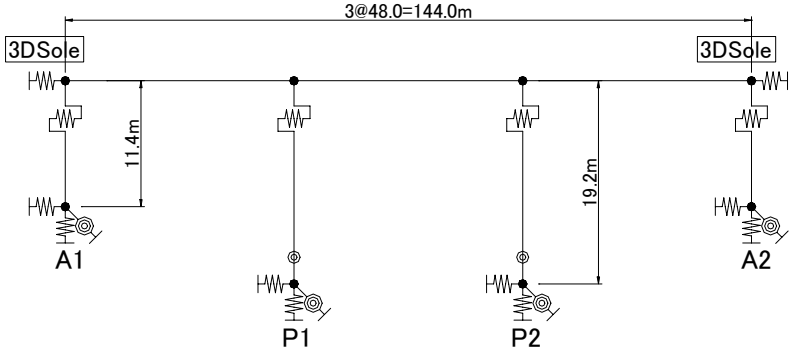
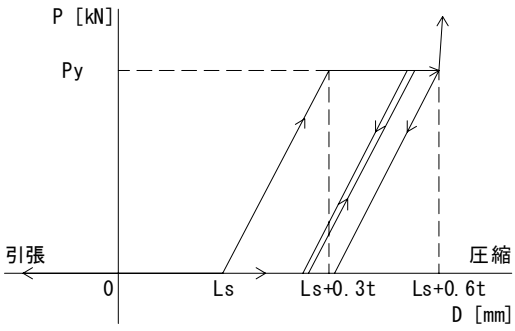


図-1　解析モデル



Ls：桁遊間量，t：3DSole 厚

図-3　3DSole の応力ーひずみ関係

キーワード　3DSole，衝突，エネルギー吸収，変位抑制，耐震補強
連絡先　〒104-8215　東京都中央区銀座 7-16-12(G-7 ビル)　(株)ピーエス三菱 技術本部開発技術部　ＴＥＬ03-4562-3091

特に変形能に優れており，潰れるまでに吸収するエネルギーが大きい点が特徴である．図-2 に 3DSole の繰返し圧縮載荷試験による応力－ひずみ関係を示す．3DSole は最初にガラス繊維ロッドとエポキシ樹脂間の付着切れが生じ，100N/mm^{2}程度でガラス繊維ロッドが折れ始め，弾性・復元性を失う．その後，ガラス繊維ロッドが折れながら塑性ひずみが増加し，最大ひずみ 60%程度まで変形する．

このような特性を有する 3Dsole の解析モデルは，桁が離れる方向，すなわち引張側では抵抗が無いものとし，図-3 に示すように，圧縮側のみで抵抗を示すスリップ型非対称バイリニアモデルとした．対象とした橋梁モデルでは，150mm の立方体の 3Dsole を桁遊間 1 箇所あたり 28 個設置した．

4．解析結果

A1 橋台側の主桁端部における時刻歴応答変位の解析結果を図-4 に示す．橋台への衝突がない場合と比較して，衝撃材として 3Dsole を設置した場合は，衝突により桁の変位を制限するため桁の最大応答変位が減少し，桁遊間の間で衝突を繰り返すため桁の応答が短周期となっている．

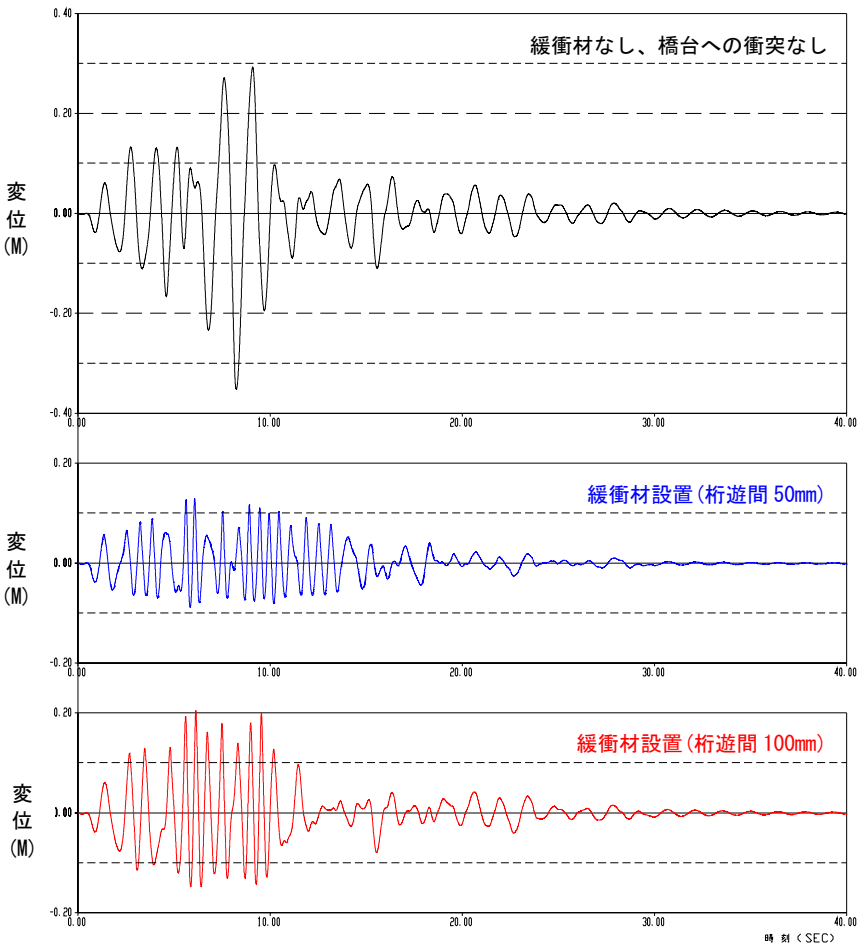


図-4．時刻歴応答変位（A1 上部－神戸海洋気象台 NS 成分）

次に，各ケースでの解析結果の比較を表-1 に示す．3Dsole なしで桁の変位を制限したケースでも，橋台への衝突がない場合と比較して橋脚基部の塑性ヒンジ部での最大応答回転角が小さくなり，上部構造の応答を低減する耐震補強効果がある．しかしながら，3Dsole を設置した場合と比較して桁端部に作用する軸力が大きくなっている．これは，3Dsole を設置した場合は 3Dsole が潰れることにより地震時のエネルギーを吸収し衝撃力を緩和していることによるものと考えられる．

表-1．解析結果のまとめ

3DSole			なし	あり	あり	なし
桁遊間		mm	∞	50	100	100
3DSoleの破壊状態	A1側		―	弾性	降伏	―
	A2側		―	弾性	降伏	―
端部作用軸力	A1側	kN	―	75600	75600	101396
	A2側	kN	―	74970	75600	81629
最大応答回転角	P1	×10^{4}rad	24.9	17.8	21.1	15.4
	P2	×10^{4}rad	25.2	18.5	21.6	15.8
最大応答変位（橋脚上端）	A1	m	371.4	145.0	210.4	163.9
	P1	m	371.6	139.7	204.0	157.1
	P2	m	371.7	−127.5	−194.2	−153.4
	A2	m	371.5	−132.2	−200.0	−159.6

参考文献

1)　田崎賢治，幸左賢二，阿部弘典，新井伸博：橋の桁端部に間詰め材を充填する地震慣性力の低減効果　コンクリート工学年次論文集　Vol.26　No.2　2004