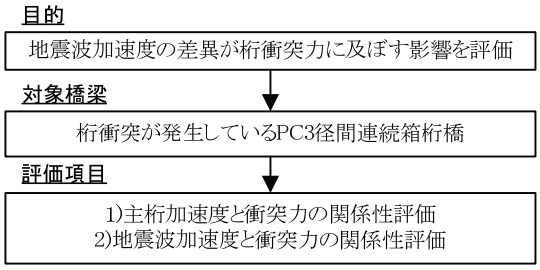
地震波特性が桁－橋台間衝突に及ぼす影響検討

九州工業大学　学生会員　○坂本　裕史　　九州工業大学　正会員　幸左　賢二
大日本コンサルタント株式会社　正会員　清水　英樹　　NEXCO 中央研究所　非会員　今村　壮宏

１．はじめに

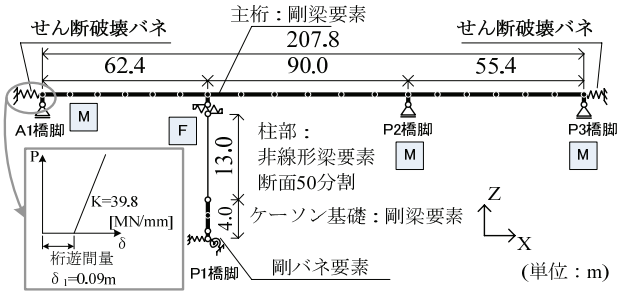
地震時においては，桁と橋台間に十分な遊間を確保する設計法が一般である．一方，橋台において桁衝突力を許容する十分な耐力を確保し，主桁の水平変位を橋台により拘束することで橋脚の変形を低減する(橋台変位拘束)方法も提案されている．既往の研究において桁衝突に関する研究は数多く実施されているが，地震波が桁衝突現象に与える影響は，現在まで十分には明らかにされていない．そこで，本研究では，**図－1** に示す研究フローに従い，地震波加速度の差異が衝突力に及ぼす影響力を評価した．



図－1　研究フロー

２．解析概要

図－2 の解析モデルに示すように橋梁全体系の2次元フレームモデルを用いて，弾塑性時刻歴応答解析を行った．なお，パラペット部のせん断破壊バネ剛性は，既往の局所集中荷重を受ける鉄筋コンクリート部材の押抜きせん断実験結果を参考に，遊間量を考慮して，K =39.8MN/mm とした．



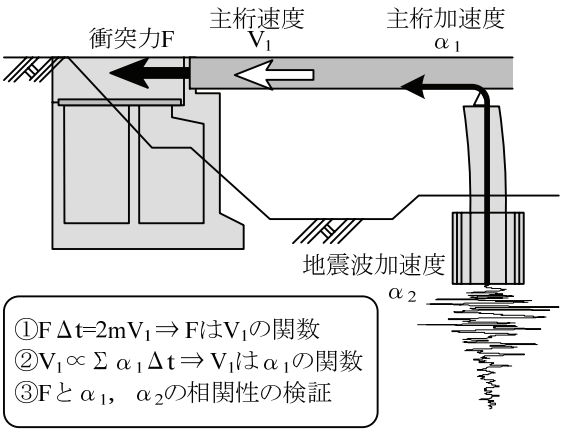
図－2　解析フレームモデル

表－1 に解析ケースを示す．入力地震波は，地震波の差異が桁衝突力に与える影響の分析を行うため，Case1 は本橋近傍で観測された JMA 川口町川口 EW 波のうち主要動部分の 20 秒間を抜き出したものであり，Case2～Case10 は道路橋示方書Ｖ編に示されているレベル 2 地震動とした．

表－1　解析ケース

Case No.	入力地震波	地震波種別
Case1	JMA川口 EW波形	本橋近傍で観測された実測波
Case2~4	Ⅱ-Ⅰ-1	道示波形 レベル2，タイプⅡ，Ⅰ種地盤
	Ⅱ-Ⅰ-2	
	Ⅱ-Ⅰ-3	
Case5~7	Ⅱ-Ⅱ-1	道示波形 レベル2，タイプⅡ，Ⅱ種地盤
	Ⅱ-Ⅱ-2	
	Ⅱ-Ⅱ-3	
Case8~10	Ⅰ-Ⅰ-1	道示波形 レベル2，タイプⅠ，Ⅰ種地盤
	Ⅰ-Ⅰ-2	
	Ⅰ-Ⅰ-3	

図－3 に衝突力発生メカニズムを示す．筆者らは衝突現象に着目した検討を行い，衝突力(F)は主桁の速度(V_1)の関数で表され，その主桁速度(V_1)は地震波により発生した主桁の加速度($\Sigma\alpha_1\Delta t$)の関数で表されるということを明らかにしている．しかし，地震波加速度(α_2)と主桁加速度(α_1)の関係性は明確でないので，十分には検証されていない．そこで，桁衝突力と主桁に生じる応答加速度，地震波加速度の関係を検証するため，ここでは，衝突に伴う反発速度の影響のない最初の桁衝突に着目し，衝突力と桁加速度および地震波加速度の関係性を把握する．



図－3　衝突力発生メカニズム

３．解析結果

衝突現象は主桁に発生した加速度の積み重ね($\Sigma\alpha_1\Delta t$)によって速度が変化し主桁の変位が大きくなることで，発生することから，衝突力と加速度の累積についての関係性を検証する．**図－4** に各ケースの最初の衝突力と累積加速度を示す．正の値が P3 橋脚への衝突，負の値が A1 橋台側の衝突を表している．最初の衝

キーワード　橋台抵抗，動的解析，地震波特性
連絡先　〒804-8550　福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1　九州工業大学　建設社会工学科　TEL093-884-3123

突力に着目すると，衝突力と衝突が発生するまでの累積加速度には相関性が見られ，衝突力は累積加速度が大きくなるほど大きくなる傾向が見られる．

次に，全てのケースの最初の衝突力と地震波の累積加速度関係を**図－5** に示す．なお，本図は**図－4** の主桁との比較を行なうために地震波方向を反転させている．1 回目の衝突に着目したところ，地震波の累積加速度とその時刻に発生した加速度には，相関性があり，地震波の累積加速度が大きくなるほど，衝突力は大きくなる傾向が見られた．しかし，**図－5** と**図－4** を比較すると，主桁に生じる加速度の変動係数は 20%であるのに対し，地震波の場合では 56%と，変動係数が大きくなった．

ここでは，地震波累積加速度と衝突力の相関性が高い Case3 に特に着目して以下の分析を行った．

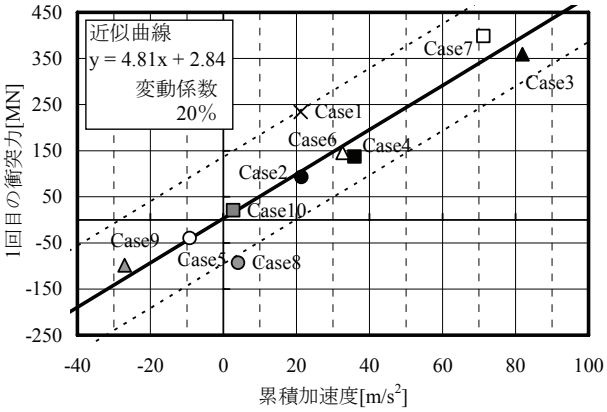
図－6 に主桁の応答変位図を示す．本図は 1 回目の桁衝突が発生するまでの主桁の変位に着目している．**図－6** より，4.91 秒時に初めて-3.3 δ_{y0}（主桁変位-0.086m）の大きな変位が発生し，P1 橋脚が塑性域に達しているが，0.28 秒後の 5.19 秒時に衝突が発生している．

図－7 に**図－6** の主桁の応答変位として-3.3δ_{y0} が発生している衝突直前の P1 橋脚の変形図を示す．本図は主桁の応答変位に関して，衝突直前の 1 周期の波の変位の極大値発生時(**図－6** 中の[1]地点)，変位 0.0m 時(**図－6** 中の[2]地点)，極小発生時(**図－6** 中の[3]地点)に着目して P1 橋脚の変形，地震波および主桁の加速度の関係を示す．各時刻の P1 橋脚基部の塑性率に着目すると，**図－7(a)** 中[3]地点の 4.91 秒時において 8.13(**図－7(b)**)の大きな塑性率が発生している．また，その後の衝突直前である**図－7(a)** の区間[4]の 0.28 秒間において，地震波と主桁に生じる加速度の差異は僅かであり，加速度として 2.42m/s^2 程度の差異が生じた．

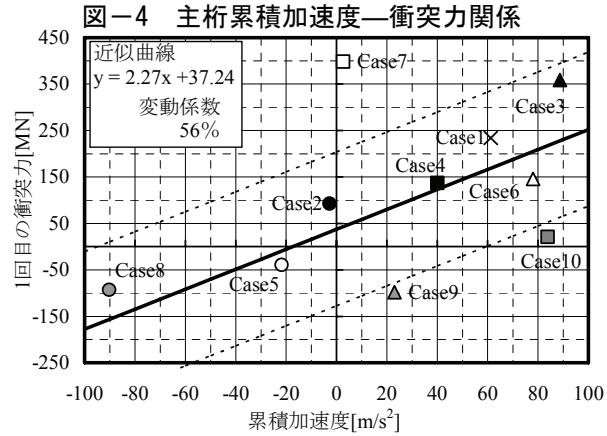
以上のことから，主桁変位が 3 δ_{y0} 程度の大きな変形が発生する時刻が衝突直前であり，主桁加速度と地震波加速度の差異が小さくなるため，地震波加速度と衝突力の相関性が高くなったと考えられる．

4．まとめ

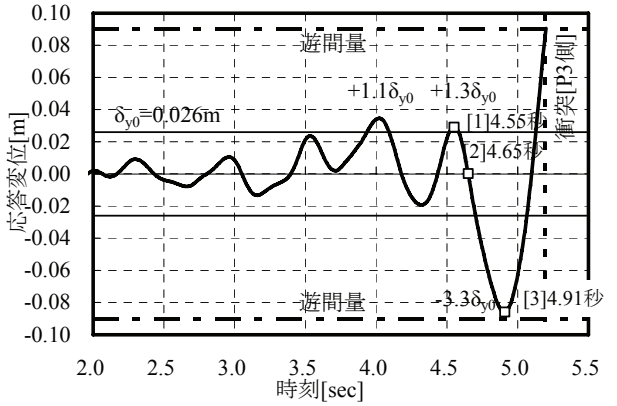
1) 衝突するまでの主桁加速度の累積値と衝突力は，相関性が高いことを明らかとなった．また，衝突するまでの地震波加速度の累積値と衝突力にも，やや相関性が見られた．
2) 地震波加速度の累積値と衝突力の相関性が高いのは，主桁変位が降伏変位を大きく超える時刻が衝突直前であり，主桁加速度と地震波加速度の差異が小さいためと考えられる．



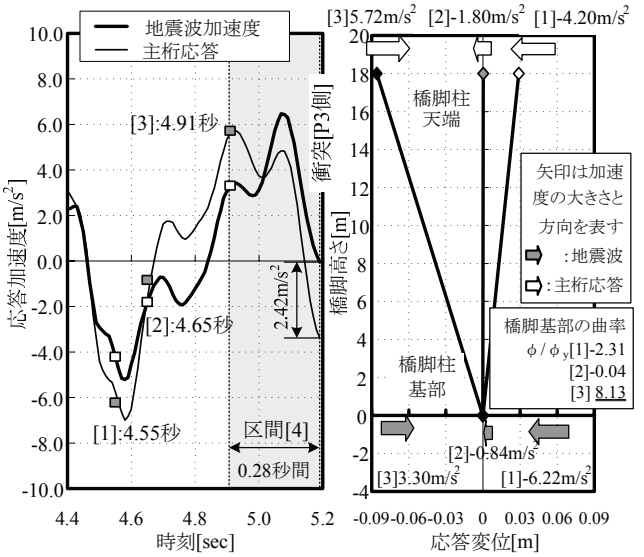
図－4　主桁累積加速度―衝突力関係



図－5　地震波累積加速度―衝突力関係



図－6　主桁応答変位図(Case3)



(a)時刻歴応答加速度図　(b)P1 橋脚変形図

図－7　Case3 の P1 橋脚変形図(衝突直前)