

## 台湾・集集地震で被災した長庚大橋の桁－橋台間衝突力

大日本コンサルタント(株)  
筑波大学

正会員 ○田崎 賢治  
正会員 庄司 学

九州工業大学 正会員 幸左 賢二  
飛鳥建設(株) 正会員 池田 隆明

## 1. はじめに

1999年の台湾・集集地震(M=7.3)において、長庚大橋は桁が橋台にめり込み、桁2連が落橋に至る特徴的な被害を受けている。落橋の主要因として、地震動により支承が破壊し、桁同士が衝突を起こして桁が橋台背面土にめり込んだことが、現地調査および非線形動的解析による桁衝突シミュレーションから明らかとなっている<sup>1)2)</sup>。桁－橋台間の衝突解析において、橋台部の抵抗特性は地震応答に大きく影響を及ぼすことから、そのモデルの設定は重要である。しかし、実大橋梁を構成する部材間の衝突現象を、実験などを通じて検証することは不可能に近く、実際の衝突力がどの程度であるか現状では未解明である。

このような中、昨年11月に実施した再度の現地調査では、長庚大橋は復旧途中であり、被災した橋台部が残地され、端部桁が撤去されていたため、損傷を受けたパラペット部やその周辺の状況を直接調査することが可能であった。

本稿では、長庚大橋の橋台部に着目し、その被害状況から推定される桁－橋台間の衝突力について述べる。

## 2. 被害状況

長庚大橋は13径間の単純桁橋梁である。中央部の11径間はいずれも径間長34.7(m)、幅員13.1(m)、桁高2.0(m)の5主桁PC構造であり、両端部には13mの単純桁が存在する。橋台は高さ8.3(m)の重力式で、パラペット部は断面形状が13.0(m)×0.4(m)、主鉄筋φ13が200(mm)ピッチの1段配筋であり、帯鉄筋は配筋されていない。損傷状況は図-1に示すように、A1橋台側のD2桁、D3桁が落橋している。また、現地における測量結果によると、橋脚の位置は地震前後で変化していない。このことから、本橋の被害原因は断層変位ではなく、地震動により支承が破壊後、それぞれの桁自身が水平移動した結果、桁がA1橋台パラペット部にめり込み、橋台背面土が大きく盛り上がる被害が生じている。

一方、橋台部の被害に着目すると、昨年11月に実施した再度の現地調査の結果、図-2に示すように、桁とパラペットの衝突により、パラペットが基部でせん断破壊し、約1m背面土側にめり込む被害が生じていることが確認できた。これは表-1に示すように、道路橋示方書・同解説V耐震設計編に準じて算出したパラペットのせん断耐力が曲げ耐力よりも小さいためと考えられる。

また、図-3に示すように、橋台の側面部にはコンクリート製のヒューム管(内径φ800)が存在し、出口から約1mの部分で図-4に示すような曲げ破壊が生じている。これは桁衝突によりパラペットが橋台背面土に押し込まれた際の側圧によるものと考えられる。

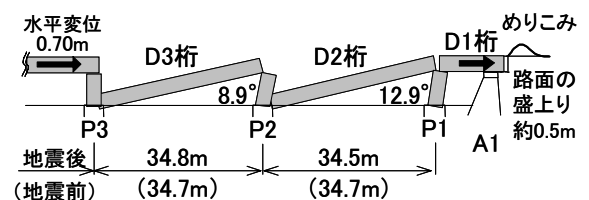


図-1 長庚大橋の損傷状況

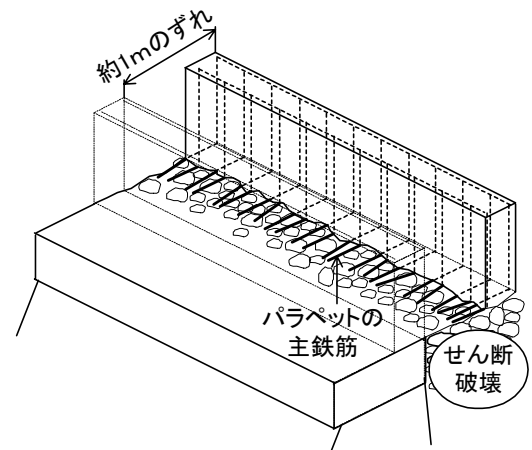


図-2 橋台パラペットの損傷

表-1 橋台パラペットの破壊形態

パラペット断面幅 (m)	13.0
パラペット断面高 (m)	0.40
引張主鉄筋比 (%)	0.20
帯鉄筋体積比 (%)	0.00
曲げ耐力 $P_y$ (kN)	4805.3
せん断耐力 $P_s$ (kN)	1908.0
破壊形態	せん断破壊

キーワード 台湾・集集地震, 長庚大橋, 桁衝突, 桁－橋台間衝突力, 橋台背面土

連絡先 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-5-19 大日本コンサルタント(株) 構造技術部 TEL 092-441-0433

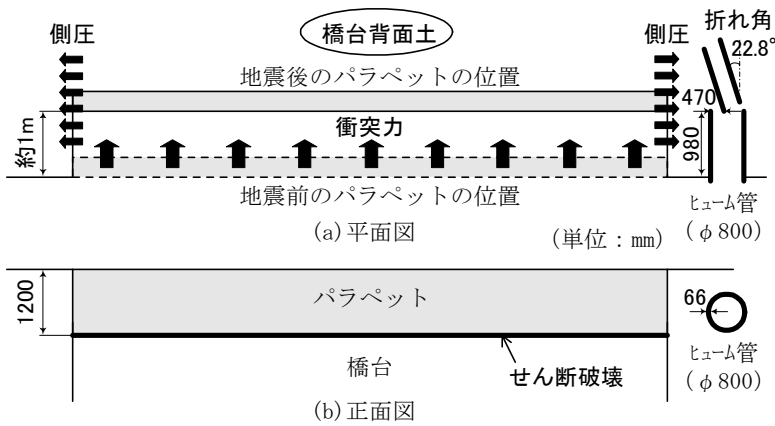


図-3 橋台部の損傷



図-4 橋台側面部のヒューム管の損傷

### 3. 桁-橋台間衝突力の算定

#### (1) 側圧によるヒューム管の破壊荷重

図-3 および図-4 に示す橋台側面部で破壊したコンクリート製のヒューム管の外圧に対する破壊荷重から、桁衝突に伴う背面土の側圧を推定する。ヒューム管の諸元は内径φ800(mm)、管厚66(mm)であり、日本下水道協会規格(JSWAS A-1)に規定される呼び径800に相当することから、破壊荷重は53.0(kN/m)となる。したがって、桁衝突に伴う背面土の側圧は管の外形932(mm)を考慮して、56.9(kPa)以上であったことが推定される。

#### (2) 桁-橋台間衝突力の算定

ヒューム管の破壊荷重から推定した橋台背面土の側圧を用いて、桁-橋台間の衝突力の推定を行う。橋台背面土の土質定数は現地調査において橋台背面土のサンプルを採取し、静的三軸試験(圧密非排水)を行った結果を用いて設定する。試験の結果、背面土は玉石混じりの砂質土であり、粘着力 $c=0$ 、せん断抵抗角 $\phi=27.7^\circ$ (15%ひずみ時)、N値10程度と推定される。また、背面土の単位体積重量は $18.63(\text{kN}/\text{m}^3)$ である。

推定の手法としては、背面土の側圧を $\sigma_3$ 、衝突圧を $\sigma_1$ とし、その比率となる $K_0$ 値( $\sigma_3/\sigma_1$ )を用いて推定する。ここで、砂質土の $K_0$ 値は実験結果から0.4と設定し、ヒューム管の破壊荷重から推定した背面土の側圧 $\sigma_3=56.9(\text{kPa})$ を用いて衝突圧 $\sigma_1$ を算定すると、 $\sigma_1=142.3(\text{kPa})$ となる。

一方、橋台背面土の水平方向の側圧により、ヒューム管の破壊荷重以上で土が破壊したと仮定する場合、背面土の側圧を $\sigma_3$ 、衝突圧を $\sigma_1$ 、粘着力を $c$ 、せん断抵抗角を $\phi$ とし、式(1)に示すモール・クーロンの基準が成り立つと考える。上述の諸条件より、 $\sigma_3=56.9(\text{kPa})$ 、 $c=0$ 、 $\phi=27.7^\circ$ を式(1)に代入して $\sigma_1$ を算出すると、 $\sigma_1=155.7(\text{kPa})$ となり、水平面内のモールの応力円は図-5に示す通りとなる。これは $K_0$ 値を用いて算出した $\sigma_1$ の値とほぼ同等の結果となる。よって、桁-橋台間の衝突力はパラペットの面積( $h=1.2\text{m}$ 、 $B=13.0\text{m}$ )を考慮して $2.428 \times 10^3(\text{kN})$ 以上であったことが推定され、表-1に示すパラペットのせん断耐力よりも大きな衝突力が作用したことになる。また、端部桁のD1桁の質量は $2.618 \times 10^4(\text{kg})$ であり、(衝突力)=(桁の質量)×(加速度)より、衝突時の加速度を算出すると $9.46(\text{m}/\text{s}^2)$ 以上となる。したがって、衝突加速度が10g程度以上の大きな衝突力により、パラペットと背面土が一気に押し込まれ、破壊に至ったものと考えられる。

$$\sigma_1 - \sigma_3 = 2c \cos \phi + (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \phi \quad (1)$$

### 4. まとめ

- (1) 長庚大橋の桁衝突に伴う橋台パラペット部の破壊形態はせん断破壊である。
- (2) 橋台背面土の側圧により破壊したヒューム管の破壊荷重から、桁-橋台間の衝突力を推定した結果、パラペットのせん断耐力よりも大きな衝突力が作用したことがわかった。

#### 参考文献

- 1) 九州工業大学：1999年9月21日台湾集集地震橋梁被害調査報告書，2000.4
- 2) 田崎賢治，幸左賢二，手嶋康博，小郷政弘：台湾集集地震における長庚橋の桁衝突解析，構造工学論文集 Vol.49A，2003.3