

I-A 14

アンカー部が鋼製橋脚の地震時終局挙動に与える影響

名古屋工業大学 正会員 後藤 芳顕 岐阜工業高等専門学校 正会員 宮下 敏
住友金属工業 正会員 上條 崇 中部電力 正会員 森田 賢次

【はじめに】鋼製橋脚柱の地震時終局挙動は鋼製橋脚躯体のみならずアンカー部の終局挙動にも大きく支配される。事実、阪神大震災ではアンカー部が大きく損傷を受けた場合には鋼製橋脚躯体の損傷が少なく、逆に鋼製橋脚躯体の損傷が大きい場合にはアンカー部の損傷が少ないという傾向が観察された。従って、橋脚のより合理的な耐震設計法を確立するためには橋脚躯体のみならず、アンカー部の挙動特性を考察する必要がある。ここでは橋脚の地震時保有水平耐力照査法や非線形動的応答解析法にアンカー部の特性を考慮した場合の挙動について検討する。これらの手法により先に述べた阪神大震災で観察された鋼製橋脚の損傷傾向が説明しうるのかも考察する。解析対象とする鋼製橋脚は細長比の小さいType Aとこれの大きいType Bで、図-1に示すものである。またアンカー部の力学モデルとしては、保有水平耐力照査には文献1)で示した単調載荷時のモデル、また動的応答解析では今回提案した復元力モデルを用いる。

【アンカー部を考慮した保有水平耐力照査法】ここでは図-1に示す2種類の鋼製橋脚に杭方式の設計法により決められたアンカーボルト断面積 A_0 を基準値とし、これよりアンカーボルト断面積を低減していき、鋼製橋脚の終局挙動に与える影響を調べる。具体的には降伏変位、終局変位、保有水平耐力、塑性率、等価水平震度を算定しこれらに対するアンカー部の影響を検討する。なお橋脚の初期降伏状態あるいは終局状態は、橋脚躯体あるいはアンカーボルトの何れかにより決定される。橋脚躯体の限界状態は文献2)の定義により、またアンカーボルトの終局状態についてはアンカーボルトのひずみが0.3%あるいは0.5%に達したときと定義した。解析結果として水平荷重

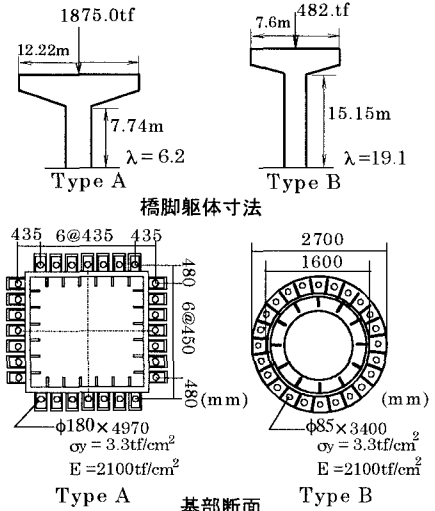


図-1 解析対象物

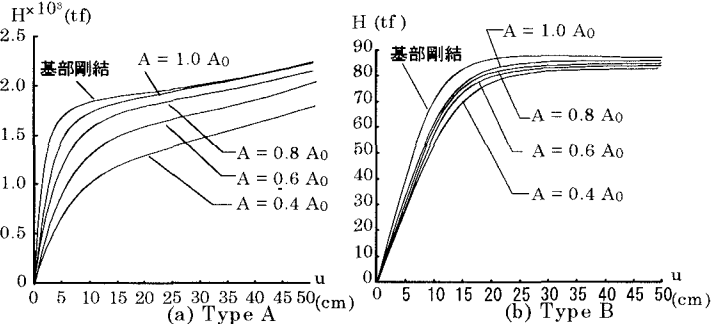


図-2 水平荷重-水平変位曲線

表-1(a) 塑性率及び等価水平震度 (Type A)

	基部固定	現行設計法 ($A=A_0$)	$A=0.8A_0$	$A=0.6A_0$	$A=0.4A_0$
降伏変位	3.00 (c)	4.37(c)	5.11(c)	4.29 (a)	5.26(a)
終局変位	19.15(c)	19.15(c)	19.74(c)	20.85(c)	20.85(c)
塑性率	6.38	6.38	4.52	4.52	4.08
等価水平震度	0.27	0.27	0.32	0.32	0.34

表-1(b) 塑性率及び等価水平震度 (Type B)

	基部固定	現行設計法 ($A=A_0$)	$A=0.8A_0$	$A=0.6A_0$	$A=0.4A_0$
降伏変位	7.79 (c)	9.43 (c)	9.86 (c)	10.43 (c)	10.09 (a)
終局変位	32.40 (c)	32.40 (c)	35.28 (c)	36.89 (c)	36.89(c)
塑性率	4.16	4.16	3.74	3.74	3.74
等価水平震度	0.34	0.34	0.36	0.36	0.36

・終局変位、塑性率、等価水平震度の欄は左が限界ひずみを0.3%、右が0.5%とした場合 ・等価水平震度は基準値を1.0として計算
・(a) アンカー部から決定 (c) 橋脚から決定

(H)一水平変位(u)曲線を図-2に、降伏変位、終局変位、塑性率、等価水平震度を表-1に示す。表中には比較のため基部を固定した場合の結果も記入している。表からわかるように基部固定の場合の塑性率が最も大きく、アンカーボルト剛性が減少すると塑性率は低下するが、断面積比が40%となると若干上昇している。これに対応し等価水平震度も上昇するが断面積比が40%となると若干低下する。これより基部の固定度が大きい程橋脚躯体への地震力が減少することを示しているが、この傾向は震災の損傷傾向とは必ずしも一致していない。Type A, B間で比較を行うと図-2、表-1よりアンカーボルト断面積の影響がType Aの方が明瞭にでていることから考えると、細長比が小さいほどアンカー部の挙動が橋脚全体に与える影響が大きいといえる。これは細長比が小さいほど橋脚躯体の曲げ剛性が大きく、基部の剛体回転が大きくなることによると考えられる。

【復元力モデルを用いた鋼製橋脚の動的応答解析】動的応答解析においては、既存の弾塑性特性を考慮した骨組の接線剛性方程式³⁾に質量に関する慣性力および速度に関する減衰力を考慮して運動方程式を導いた。入力地震波としては神戸海洋気象台のN-S及びU-D成分を用いた。先ほどの解析と同様アンカーボルトの断面積を低減させながら解析を行った。その際に得られた柱頭部の水平変位の時刻歴応答の一例として断面積比が

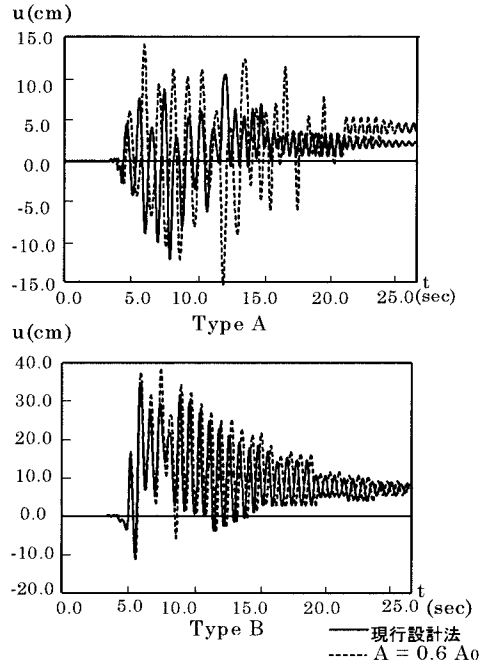


図-4 柱頭部水平応答変位

100%, 60%の場合を図-4に示す。静的载荷の場合と同様、細長比が小さいType Aの場合の方が断面積が低減されたことによる影響が大きく現れている。また図-5には $t=25 \text{ sec.}$ までに塑性化した部分を示してある。図中の D_c は橋脚躯体基部に生じた最大ひずみを限界ひずみで割ったもので橋脚躯体の損傷度²⁾を表す。図-5よりいずれもアンカー部の剛性が減少すると、橋脚躯体の損傷度が減少しており、この場合は震災での損傷傾向と一致している。動的解析においても基部が橋脚躯体に与える影響はType Aの方が大きいことがわかる。また D_a はアンカーボルトに生じた最大ひずみを降伏ひずみで割ったものである。Type Bでは現行設計法

		基部固定	$A = 1.0 A_0$	$A = 0.8 A_0$	$A = 0.6 A_0$	$A = 0.4 A_0$
Type A	塑性化状態					
	D_c	0.78	0.73	0.71	0.67	0.65
	$D_a(\epsilon_{ma})$	—	0.93(0.17%)	1.15(0.21%)	1.85(0.35%)	2.01(0.38%)
Type B	塑性化状態					
	D_c	1.06	1.05	1.00	0.98	0.96
	$D_a(\epsilon_{ma})$	—	1.01(0.19%)	1.08(0.21%)	1.10(0.21%)	1.19(0.30%)

$1.0 \leq \frac{\epsilon_{mc}}{\epsilon_y} < 1.2$ $D_c = \frac{\epsilon_{mc}}{\epsilon_u}$ ϵ_y :降伏ひずみ ϵ_{ma} :最大ひずみ (アンカーボルト)
 $1.2 \leq \frac{\epsilon_{mc}}{\epsilon_y}$ $D_a = \frac{\epsilon_{ma}}{\epsilon_y}$ ϵ_{mc} :最大ひずみ (躯体) ϵ_u :限界ひずみ (躯体)

図-5 塑性化状況と損傷度

においてもアンカー部が塑性化していることがわかる。さらに ϵ_{ma} はアンカーボルトに生じた最大ひずみを表すが、静的载荷の時に用いた限界ひずみ0.5%を越えるものは見られない。0.3%とするとType Aでは $A \leq 0.6 A_0$ で、またType Bでは $A \leq 0.4 A_0$ でアンカーボルトが限界ひずみに到達してる。

【参考文献】1)後藤ら、構造工学論文集 Vol.42A, 1996 2)宇佐美ら、土木学会論文集 No.525/I-33, 1995, 10 3)GOTO, Y et.al, Eng. Struct., Vol.17, No.8, 1995