

5. 従来構造との比較

(1) はじめに

本章では、従来の上下部分離形式の場合と、ここで取り扱う上下部一体構造を採用した場合とで断面力、変形の性状がどのように相違するのかに着目し、上下部一体構造の損失について若干の考察を行なうこととする。

両形式の特性比較は、フーチング・橋台・主桁および背面裏込め土をモデル化した面内骨組み解析の結果に基づくものであり、構造解析は次の要領で行う。

1) 従来の上下部分離モデルと今回の上下部一体モデルにおける構造解析

モデル上の差違は、上部工と橋台の接点部だけであり、すなわち、

上下部分離モデル …… 一端ピン連結と一端スライド連結

上下部一体モデル …… 両端完全剛結

とし、荷重強度、荷重の載荷方法も全く同一とする。

2) 基本荷重ケースとしては、以下のものを考える。

① 死荷重

② 活荷重（主桁支間中央に線荷重載荷）

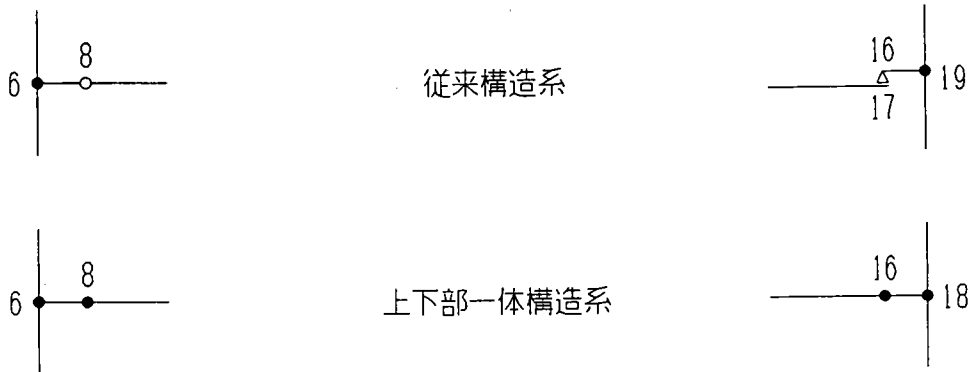
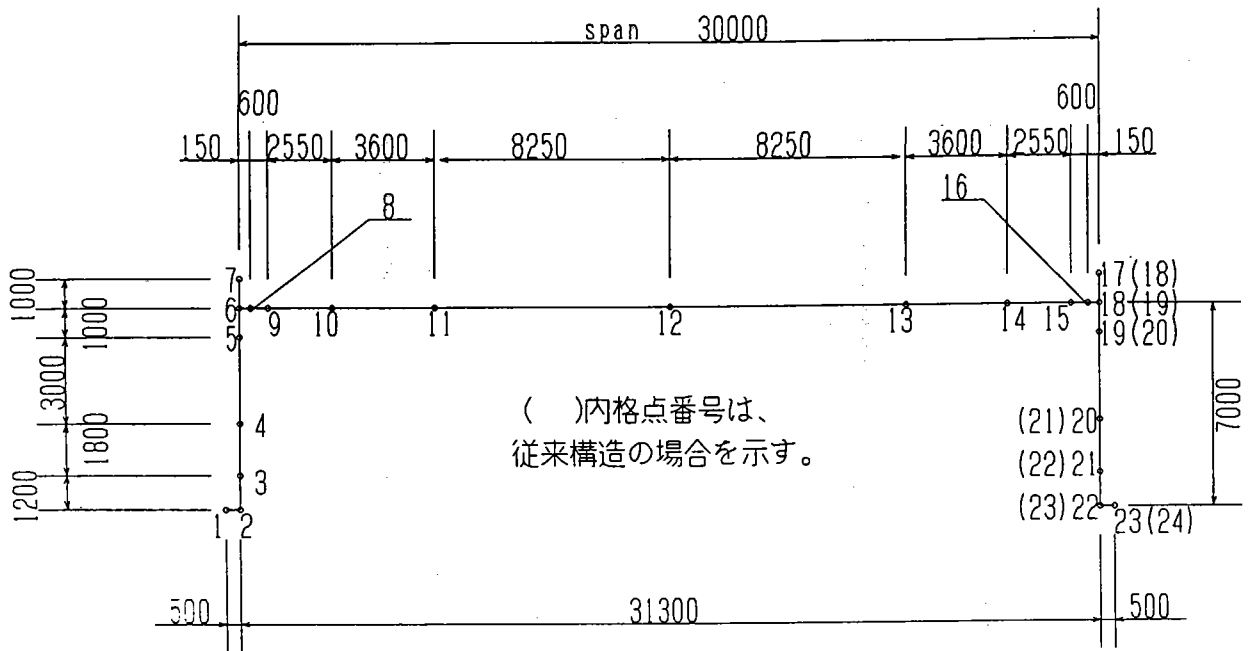
③ 温度上昇・降下（ ± 30 deg）

④ 地震（ $K_h = 0.20$ ）

3) 解析に用いた詳細データについては、3.2に提示されているので、本章では省略する。

なお、本章の解析に際して行った橋台背面裏込め土のモデル化、地盤ばね定数の評価、土圧強度の評価等については、あくまで1つの考え方であり、これらについての確立した評価手法は、まだ議論の余地が大いにあると思われる。これらの点に関しては、第3章で別途考察を加えることとする。

(2) 解析モデルと解析要領



・ 解析モデルの使い分け

- 死荷重 上下部分離構造系 (従来構造)
- 活荷重、温度、地震 上下部一体構造系

支点バネの値は地震時とそれ以外のケースで異なる。
橋台背面バネの設定位置およびバネ値は、荷重ケースで異なる。

時

時

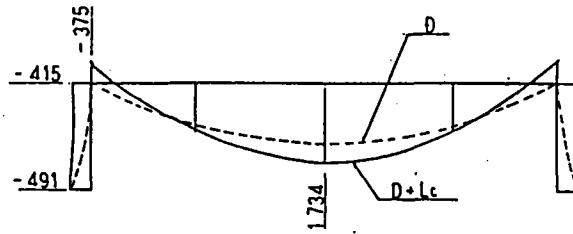
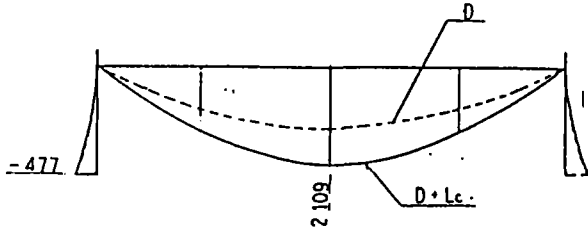
(D+L)

従来構造

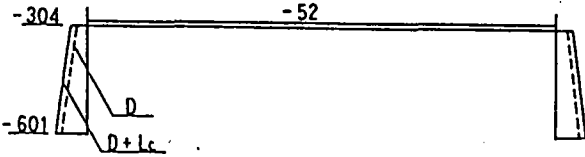
上下部一体構造

考察

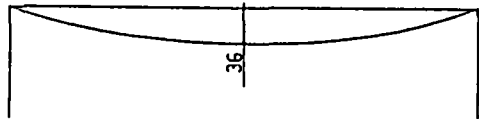
(3) 解析結果と考察



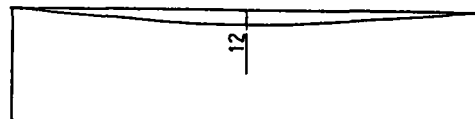
曲げモーメント図 (t·m)



軸力図 (t)



活荷重たわみ



活荷重たわみ

変形図 (mm)

常時(死荷重+活荷重)の曲げについては、最大曲げとなる支間中央部の曲げは、上下部一体構造とすることで、従来構造より2割程度曲げモーメント値が低減しており、鋼桁断面も小さくできる。

桁端部については、上下部一体構造の場合、支間中央部の20%程度の負曲げが発生する。この負曲げ値と負曲げの発生する区間長は、それほど大きいものではないので、桁端部近傍の鋼断面の断面変化は、不要と考えられる。ただし、桁端の床版に引張りが作用するので、床版に何らかの対策が必要となる。

橋台下端部の曲げについては、従来構造と上下部一体構造とではあまり差は認められないが、桁との結合部においては、従来構造では、ほとんど発生しない曲げモーメントが、上下部一体構造形式になると、下端部とほぼ同じ程度の値で生じている。結果的に橋台の高さ方向の全高にわたってほぼ均等な曲げモーメント分布を呈する形となっているので、橋台部の配筋は、従来形式のものとはかなり異なる様相を呈するのではないかと考えられる。

支間中央の活荷重たわみは、36mmから12mmへと1/3に減少しており、たわみの低減効果が認められる。

上下部一体構造

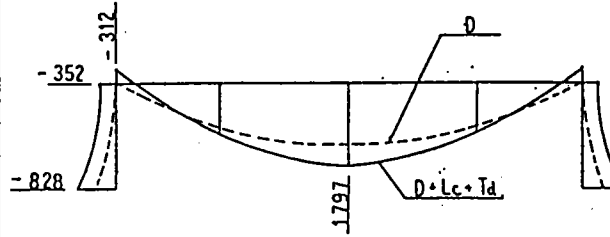
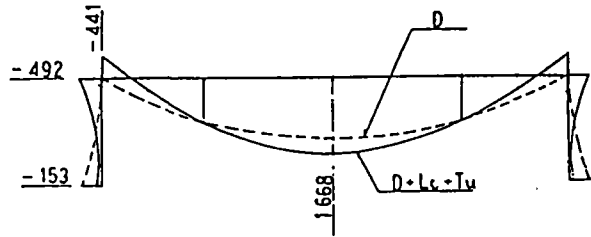
考察

温度変化時

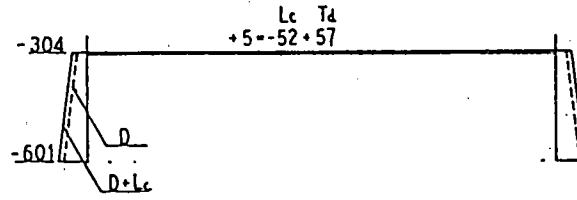
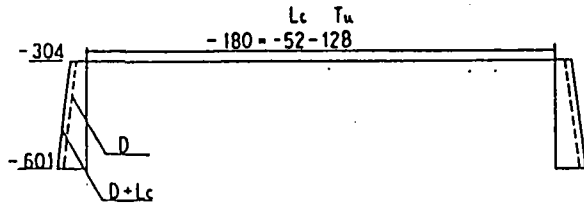
(D + L + T)

温度上昇時 ($\Delta T = +30\text{deg}$)

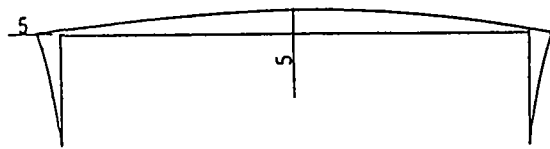
温度降下時 ($\Delta T = -30\text{deg}$)



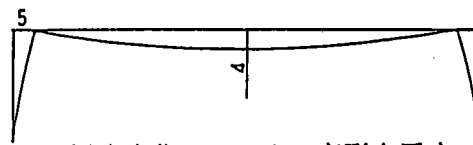
曲げモーメント図 (t·m)



軸力図 (t)



温度変化のみによる変形を示す



温度変化のみによる変形を示す

変形図 (mm)

従来構造では、温度変化時に断面力は発生しないので、上下部一体構造で、温度上昇・降下時の性状を比較する。なお、本解析においては、橋台背面ばねの取扱いを温度上昇時に有効、温度降下時に無効としているのでそれぞれのケースに可逆性はない。

本解析では、30degの温度上昇時に、上部工に128tonの圧縮力が発生するが、温度降下時には、57tonの引張力が発生し、床版への引張に対する考慮が必要であると考えられる。

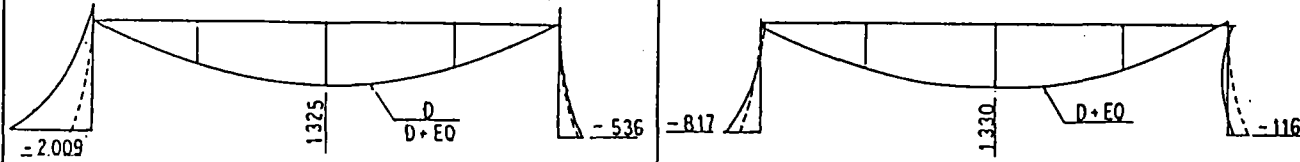
下部工に着目すると、温度上昇と温度降下のケースでは、曲げモーメントの分布性状もかなり異なっている。上下部一体構造で温度降下の場合には、下部工下端の曲げモーメントは、常時のほぼ2倍近いものとなっている。

温度変化時に生じる桁の水平方向の移動量は、片側で約5mm程度となっている。

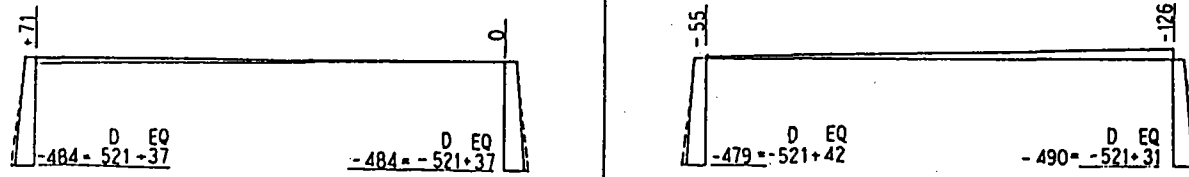
従来構造

上下部一体構造

考察



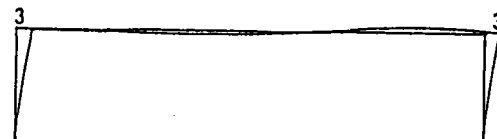
曲げモーメント図 (t·m)



軸力図 (t)



地震時横力のみによる変形を示す



地震時横力のみによる変形を示す

変形図 (mm)

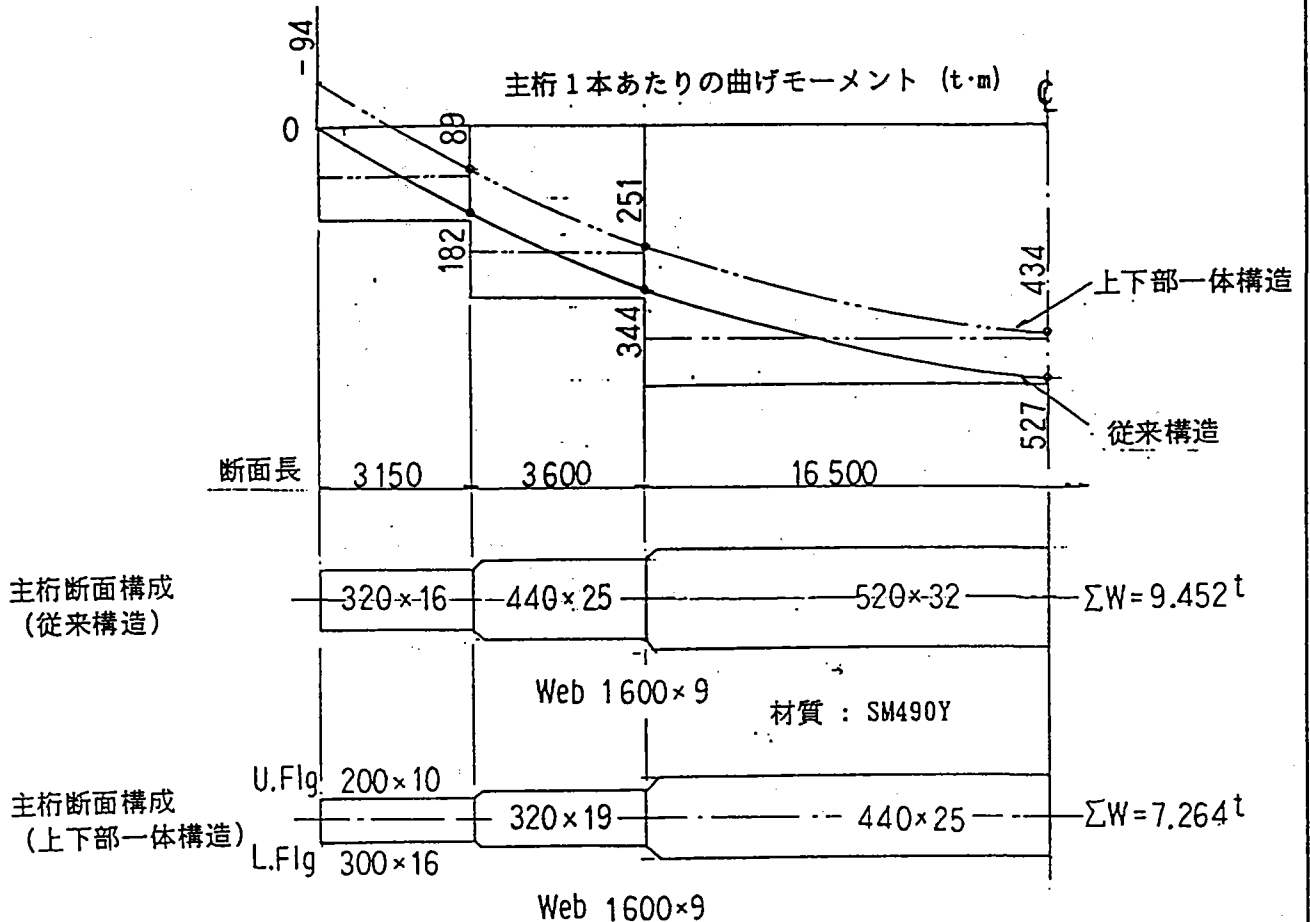
地震時に上部工に発生する最大軸力は、温度上昇時と同程度の125tonとなっている。したがって、許容応力度の割増を考慮すると、温度変化時で断面が決まる傾向にあるといえる。

従来構造では、地震時には、1つの橋台で水平方向の慣性力をすべて負担していたものが、上下部一体構造とすることで、断面力の分散がはかれ、橋台の曲げモーメントは、大幅に緩和されていることがわかる。また、水平変位についても、11mmから3mmへとほぼ1/4に抑制されており、一体構造の特性が、顕著に認められる。

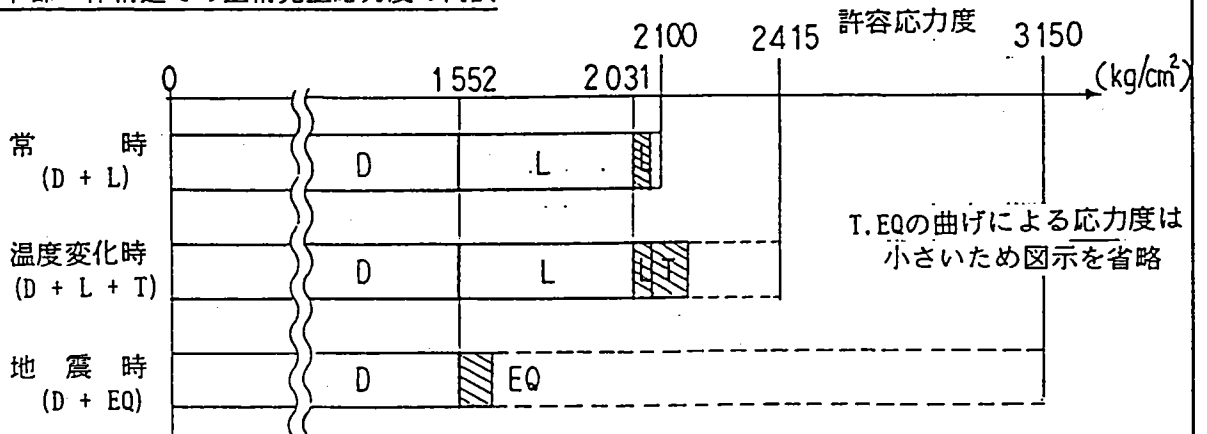
橋台下端の曲げモーメントの値は、温度降下時に発生するものとほぼ同一である。したがって、上部工と同様に、許容応力度の割増を考慮すると、温度変化時で断面が決まる傾向にあるといえる。

(4) 鋼桁断面の比較

下図に示すように上下部一体構造とすることで、鋼桁断面の鋼重は、従来構造より約20%軽減できる。

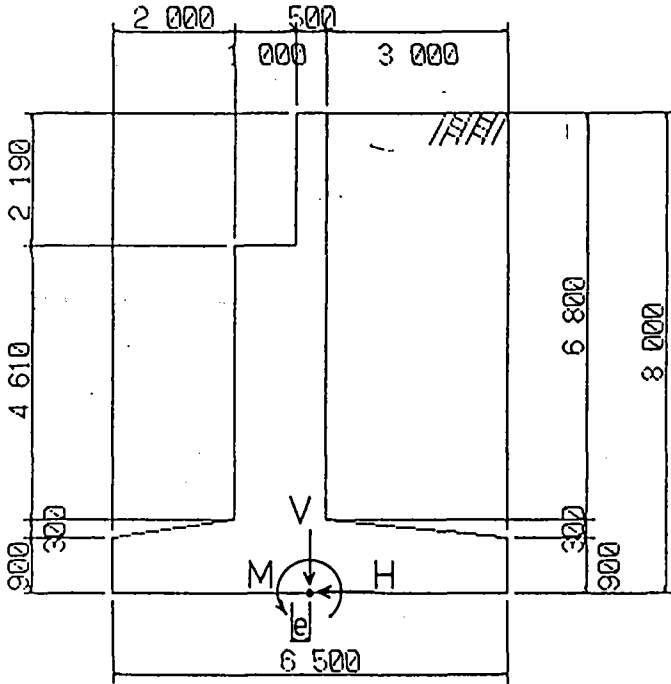
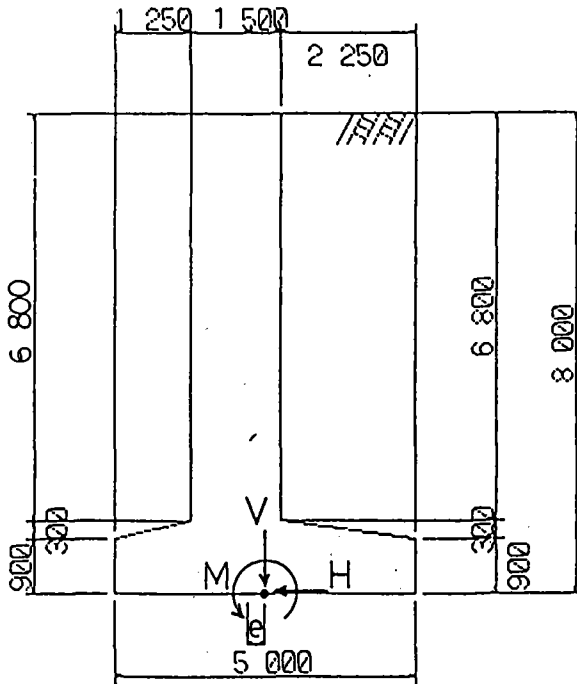


上下部一体構造での主桁発生応力度の内訳



は、軸力による応力度を示す。

上下部一体構造の場合に発生する軸力による主桁応力度は、上図のように、本解析ケースにおいては、断面決定に対して支配的なものではない。

形状	従来構造				上下部一体構造				考察			
												
作用力	フーチング下面中心の作用力		常時	温度変化時	地震時	フーチング下面中心の作用力		常時	温度変化時	地震時		
	鉛直力	V(t)	1401	—	1244	鉛直力	V(t)	1408	1383	1261		
	水平力	H(t)	203	—	518	水平力	H(t)	123	161	335		
	モーメント	M(tm)	-190	—	1001	モーメント	M(tm)	84	436	392		
安定計算	安定計算照査項目		常時	温度変化時	地震時	安定計算照査項目		常時	温度変化時	地震時		
	支持	鉛直地盤反力	V(t)	1401	—	1244	支持	鉛直地盤反力	V(t)	1408	1383	1261
		許容鉛直支持力	Va(t)	6084	—	1445		許容鉛直支持力	Va(t)	4305	3229	2386
	転倒	荷重合力の作用位置	e(m)	-0.136	—	0.805	転倒	荷重合力の作用位置	e(m)	0.060	0.315	0.311
			ea(m)	1.083	—	2.167			ea(m)	0.833	0.833	1.667
	滑動	せん断地盤反力	H(t)	203	—	518	滑動	せん断地盤反力	H(t)	123	161	335
許容せん断抵抗力		Ha(t)	498	—	622	許容せん断抵抗力		Ha(t)	563	553	630	

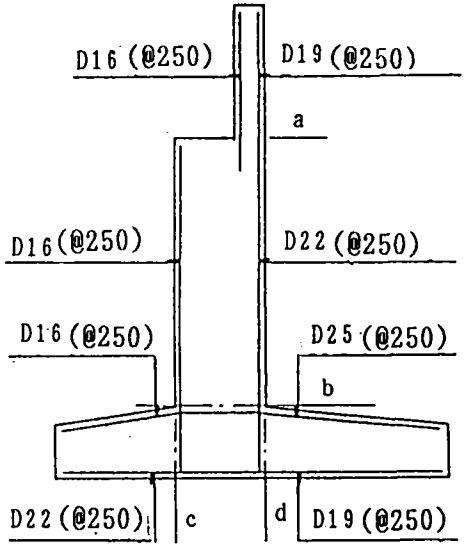
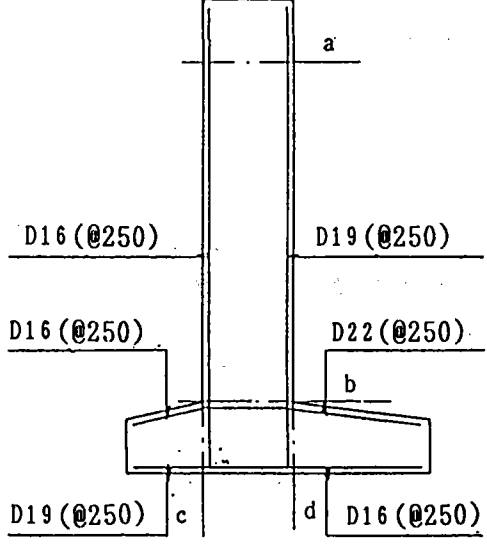
作用力は、上下部一体構造とすることによって水平力およびモーメントが減少しており、特に地震時のモーメントは半分以下に減少している。また、温度変化時の作用力についても、従来構造の地震時ほどには発生していない。

これらの作用力について安定計算を行った結果、上下部一体構造は従来構造に比べてフーチング幅を小さくすることが可能である。ただしコンクリート体積については、上下部接合部のコンクリートが増えるため同程度となる。

安定計算については、両者とも地震時の支持あるいは滑動によって決定されており、上下部一体構造の場合の温度変化時は支配的ではない。なお、許容鉛直支持力は荷重の偏心傾斜を考慮した地盤の極限支持力を用いている。

上下部一体構造の場合の転倒照査については、従来の計算方法で行っても支配的ではなかったため計算結果を示したが、本来はこの照査は不要であると考えられる。

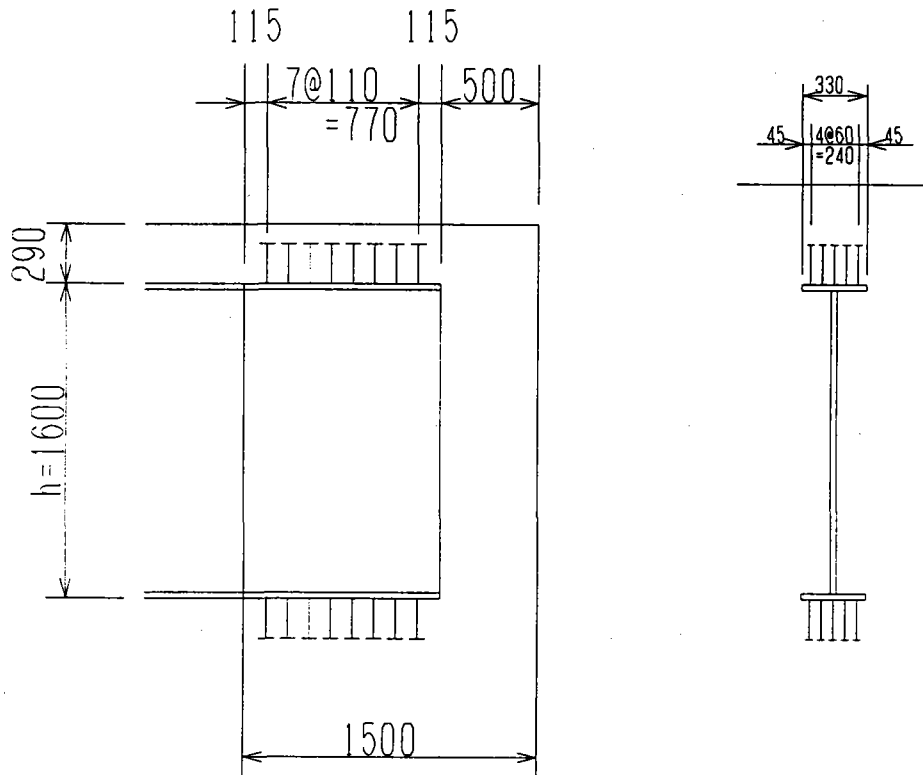
(5) 下部工安定計算の比較

		従来構造				上下部一体構造				考 察		
配筋図									<p>たて壁の作用断面力は、上下部一体構造とすることによって地震時の曲げモーメントが約半分程度になる一方、温度変化時のそれが従来構造と同程度生じている。断面計算の結果、従来構造では地震時、上下部一体構造では温度変化時において断面決定されており、主鉄筋は従来構造に比べて1ランク小さい鉄筋径となる。また、上下部接合部においても、たて壁の鉄筋量があれば十分であると言える。</p> <p>フーチングの作用断面力もたて壁と同様、地震時の曲げモーメントが半分以下となる一方、温度変化時のそれが支配的となっている。断面計算の結果もたて壁と同様であり、主鉄筋は従来構造と比べて1ランク小さい鉄筋径となる。</p> <p>したがって、上下部一体構造の場合の鉄筋量は、従来構造と比べて2割程度少なくなることができる。</p>			
	断面力	作用断面力		常時	温度変化時	地震時	作用断面力		常時	温度変化時	地震時	
a		パラペット	M(tm)	82	—	—	a	上下部接合部	M(tm)	415	492	125
			N(t)	—	—	—			N(t)	304	304	229
			S(t)	54	—	—			S(t)	47	154	106
b		たて壁	M(tm)	451	—	850	b	たて壁	M(tm)	392	660	469
			N(t)	502	—	417			N(t)	591	591	478
			S(t)	176	—	320			S(t)	63	120	247
c		前フーチング	M(tm)	242	—	462	c	前フーチング	M(tm)	179	241	214
			N(t)	—	—	—			N(t)	—	—	—
			S(t)	247	—	432			S(t)	279	352	311
d		後フーチング	M(tm)	2	—	524	d	後フーチング	M(tm)	3	229	180
			N(t)	—	—	—			N(t)	—	—	—
	S(t)		16	—	264	S(t)			56	60	39	

(6) 下部工断面計算の比較

(7) 上下部接合部の設計

スタッドジベル案を採用する。



断面力

$M = 413tm$ $N = 52t$ $S = 258t$ (常時)

$M = 479tm$ $N = 180t$ $S = 258t$ (温度変化時)

$M = 116tm$ $N = 126t$ $S = 184t$ (地震時)

フランジ1枚に作用するせん断力

$$SF = \frac{M}{h} + \frac{N}{2} = \frac{479 \times 1/4}{1.6} + \frac{180 \times 1/4}{2} = 97t$$

使用スタッド Stud 22φ×150

$H/d = 15.0/2.2 = 6.8 > 5.5$

$Qa = 30d^2 \sqrt{\sigma_{ck}} = 30 \times 2.2^2 \times \sqrt{240} = 2249kg$

必要スタッド本数

$$n = \frac{97 \times 10^3}{1.15 \times 2249} = 37.5本 \rightarrow 5 \times 8 = 40本使用$$