

運輸省第二港湾建設局

正員

門司 剛至

〃

正員

〇船越 晴世

オリエンタルコンサルタンツ

正員

和田 紘二

1 ま え が き

川崎港の千鳥町頭と扇島東頭を結ぶ海底トンネルは、沈埋工法で施工されている。このトンネルの軸方向断面力（地震力+温度変化+弾性沈下）を求めたところ、断面積の2%程度の鉄筋量を必要とすることが明らかとなった。このため、施工性を考慮して太径鉄筋D51を使用することとした。また、太径鉄筋の継手法として、ガス圧接、アーフ溶接、諸々の機械継手等について検討したが、使用量が多くしかも狭い空間での海上作業となるため、施工および検査が容易な重ね継手を用いることとした。しかし太径鉄筋の重ね継手は、現状では使用例も少なく未解決の問題も残されている。このため、重ね継手の補強法について、供試体による比較試験を行った。試験は、曲げ引張試験および両引試験よりなるが、このうち本報告は、主として後者について述べるものである。

2. 供試体について

供試体の種類および要因は、表-1に示す通りである。すなわち、重ね継手部に各種の補強をほどこした場合の効果を中心に調べ、あわせてコンクリート強度(σ_c)、継手長(l)、および鉄筋の表面形状が継手部によぼす影響についても調べることにした。

供試体の形状は、図-1に示す通りである。供試体の設計にあたっては、実構造物を想定し最小鉄筋量として、コンクリート量の0.2%程度($\phi 9 @ 150$)以上の配筋筋を配置した。スパイラル筋の形状は、施工性を考慮して、 $\phi 9$ 、巻径15cm、ピッチ6cm、長さ65cmとした。この配置は、重ね継手内に50cm、外に15cmとし、継手端部の双方に行った。クワジビは、市販されているD51用のものを使用し、継手中央部に配置した。

σ_c は、試験時で310 kg/cm²および220 kg/cm²であった。配合は、前者が、 $w/c = 55\%$ 、 $C = 290 \text{ kg/m}^3$ 、後者が、 $w/c = 69\%$ 、 $C = 245 \text{ kg/m}^3$ である。また、使用セメントは、両者とも早強セメントで、骨材は、最大粗骨材寸法20mmの砕石を使用した。

表-1 供試体種類と試験要因

	配筋筋	補強具	σ_c (kg/cm ²)	継手長	表面形状
①	$\phi 9 @ 150$	なし	300	継手なし	A
②	"	"	"	25φ	"
③	"	"	"	"	B
④	D16@150	"	"	"	A
⑤	D22@150	"	"	"	"
⑥	$\phi 9 @ 150$	クサビ	"	20φ	"
⑦	"	スパイラル	"	"	"
⑧	D16@150	なし	240	25φ	"

使用した鉄筋の材質は、すべてSD30である。

3 載荷および計測について

載荷方法は、図-1に示す通りで、200tジャッキ1台で行った。鉄筋は、ネジを切りナットで固定した。

荷重の上昇ピッチは、主鉄筋の計算応力度(σ_{s-calc})が300 kg/cm²になる荷重とし、 σ_{s-calc} が2700 kg/cm²および3500 kg/cm²の荷重でそれぞれ10回の繰り返し載荷を行ったのち、破壊まで載荷した。

計測は、前記の荷重段階ごとに行った。主鉄筋D51のひずみは、重ね継手部を中心に25cm間隔に計測した。また、配筋筋およびスパイラル筋は、継手端部を中心にひずみの計測を行った。クサビは、環に引張力が作用する方向にゲージを貼付し、ひずみを計測した。

ひびわれ幅は、コンタクトゲージを用いて重ね継手部を中心に、横ひびわれ、縦ひびわれを計測した。

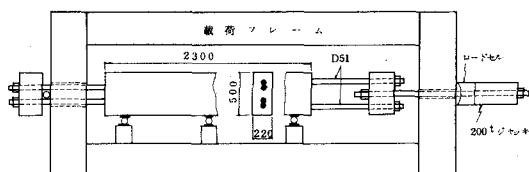


図-1 供試体形状と載荷方法

4 計測結果および考察

1) 主鉄筋の応力性状 重ね継手部の付着応力分布は、 σ_{s-cal} が 2000 kg/cm^2 程度までは、継手端部で大きく中央部で小さい凹型分布となるが、それ以上の引張応力に対しては、補強方法によりかなり異なることがわかった。いま、継手端部の付着応力度をみると、図-2 のようになる。図より明らかなように、配筋筋量をふやせば付着応力度を増大させる傾向があることがわかる。しかし、配筋筋量を 15 cm 間隔で配置する場合、配筋筋 D16 と D22 にきわたった差はみられなかった。スパイラル筋で補強した場合は、 l が 20 中であっても、 l が 25 中で D16 @ 150 で補強した場合よりも、付着応力度が大きく、良好な補強効果を示した。

2) 縦びわかれ σ_{s-cal} と最大縦びわかれ幅の関係は、図-3 の通りであった。縦びわかれは、 σ_{s-cal} が 1800 kg/cm^2 程度になると、継手端部で発生しはじめ、荷重の増大にともなって、幅が増大し、継手全長にわたって進行した。配筋筋量が多いほど縦びわかれ幅は小さい。中 9 @ 150 の場合は、 σ_{s-cal} が 3000 kg/cm^2 を超えると縦びわかれ幅が急増し、付着破壊の前兆を示した。スパイラル筋で補強した場合は、縦びわかれ幅の増大を防ぐ効果が、D16 @ 150 の場合と同程度であった。

3) 配筋筋および補強具の応力度 配筋筋および補強具には図-4 に示すような応力度が発生した。配筋筋およびスパイラル筋の応力度は、いずれも継手端部で最大値を生じた。配筋筋の応力度は、配筋筋量が多いほど小さいが、明確な反比例の関係はみられなかった。スパイラル筋の応力発生は、 σ_{s-cal} が 1800 kg/cm^2 程度からで、縦びわかれ発生と一致する。また、応力度分布は重ね継手中央部は、端部の $1/2 \sim 1/4$ 程度であった。クサビは、 σ_{s-cal} が 3000 kg/cm^2 程度から急激に応力度が増大する。これは、 σ_{s-cal} が 3000 kg/cm^2 程度までは、ユニフリートの付着力によってのみ主鉄筋の応力伝達が行われているためと考えられる。

4) 破壊性状 各供試体の破壊時諸元を表-2 に示す。 σ_c が 300 kg/cm^2 で l が 25 中の場合、配筋筋を D16 @ 150 に配置すれば、主鉄筋の降伏応力度 ($\sigma_{sy} = 3500 \text{ kg/cm}^2$) を伝達できたが、中 9 @ 150 の場合は、 σ_{s-cal} が 3300 kg/cm^2 程度で割裂付着破壊を生じた。また σ_c が 240 kg/cm^2 の場合、配筋筋を D16 @ 150 に配置しても、 σ_{s-cal} が 3500 kg/cm^2 の繰り返し時に割裂付着破壊を生じた。一方、 l が 20 中でも、スパイラル筋およびクサビで補強した場合は、 σ_{sy} を伝達することができた。

5 まとめ

太径鉄筋の重ね継手においては、縦びわかれ幅の増大による割裂付着破壊が心配される。しかし、本試験の結果、配筋筋または補強具を用いて継手部を補強すれば、所定の強度を得られることが明らかとなった。すなわち、 σ_c が 300 kg/cm^2 、 l が 25 中の場合、D16 の配筋筋を 15 cm 間隔で配置すれば、降伏規格値を伝達でき、縦びわかれ幅の増大による割裂付着破壊を生じないことが確認された。本工事にあてては、構造物に作用する応力状態を考慮して、 l を 25 中とし、配筋筋 (D16 @ 150) により補強して施工することとした。

最後に、本試験に際し、港湾技術研究所の関室長に御指導いただいたことに対し、ここに感謝の意を表します。

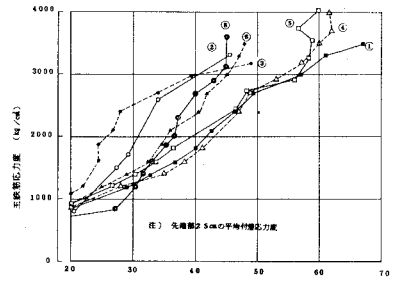


図-2 重ね継手端部の付着応力度

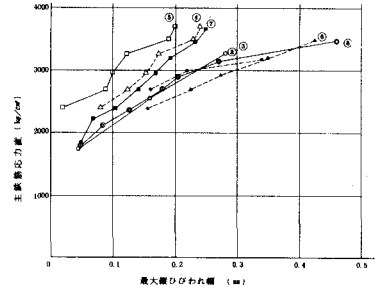


図-3 最大縦びわかれ幅

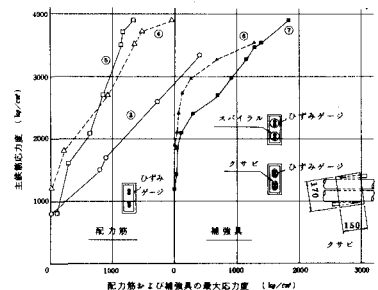


図-4 配筋筋および補強具の最大応力度

表-2 破壊時諸元

	P_{max} (t)	σ_{s-cal} (kg/cm^2)	σ_{s-cal} (kg/cm^2)	τ/τ_s	備考
①	142以上	3500以上	—	—	主鉄筋降伏
②	134	3300	327	1.82	付着破壊
③	"	"	"	"	"
④	142以上	3500以上	347以上	1.93以上	主鉄筋降伏
⑤	"	"	"	"	"
⑥	"	"	435以上	2.42以上	"
⑦	"	"	"	"	"
⑧	142	3500	347	2.17	付着破壊

注) $\sigma_c = 310 \text{ kg/cm}^2$; $\tau_s = 18 \text{ kg/cm}^2$; $\sigma_{sy} = 220 \text{ kg/cm}^2$; $\tau_a = 10 \text{ kg/cm}^2$ とした。