

軽量型鋼使用の建設工事用路面覆工材について

八木 健二* 中津 允秀** 橋本 固***

1. ま え が き

目下、大阪市においては、大阪駅前一带の交通緩和対策の一環として、阪急阪神前付近に総面積 17 000 m² におよぶ大規模な店舗並設の地下道を建設し、横断歩行者の大多数をこれに吸収するため、梅田地下道建設工事を施工中である。本工事現場は大阪の表玄関を中心とし、二級国道福知山大阪線そのほか5路線にわたる放射状の道路に延びるもので、阪神前の12時間交通量は昭和35年においては72 564台を示し、そのふくそう度は大阪で一、二を争う場所である。ゆえに工事中一時的といえども車線を占有し、交通をとめたり、渋滞させたりすることは許されない。したがってオープンカットアンドカバー工法で行なう地下構造物工事の場合には耐久力、安全性、施工の容易性の立場からも適切な路面覆工材を使用することが現場当事者として望ましいことである。従来路面覆工材としては入手しやすく、また加工も容易で比較的強度もあるということで木材が使用されているが、工事が長期にわたる場合にはその期間の折損、腐食に対する安全管理、交通量の多い都心部においては、特に取りかえ作業の困難性、木材の乾燥収縮によるガタのための騒音、輪荷重の重量化に対する耐久性、その他コストなど種々の問題を勘案すると上記各要因において木材にまさる性質の材料が望まれる。これに対して本市においては種々考案した結果、八幡エコンスチールKKのW型デッキプレートを主体として、これを補強することにより新しいタイプの路面覆工材を作り、現場に使用している。現場使用に当り、京都大学工学部土木工学教室の実験装置を利用し、力学的耐荷性を実験、検討した結果およびエコンスチールKKでの実用性実験結果の考察とあわせて、現場での実際の使用状況について報告するのである。

2. エコン デッキの断面形状

エコン デッキの形状および、その取付詳細を図-1に示す。すなわち断面性能のよいW型デッキプレートとすべり止めを兼ねる編鋼板とを組立てた長さ420cm、巾

* 正員 大阪市土木局道路部長
 ** 正員 大阪市土木局道路部
 *** 正員 工修 大阪市土木局道路部

図-1(a) エコン デッキの断面形状および取付詳細

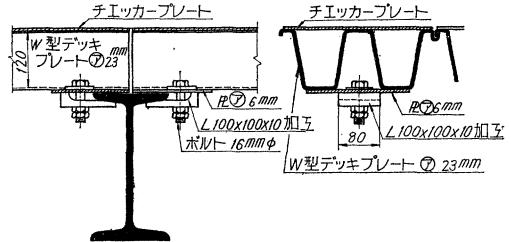


図-1(b) 3 スパン デッキ断面形状ならびに取付詳細

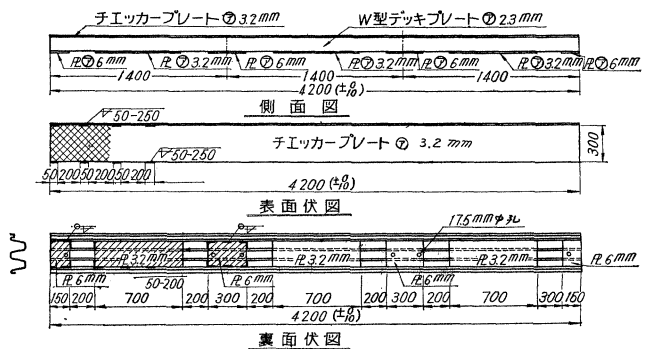


表-1 実験項目別供試体数

試験種別	l=2.0 m		l=1.4 m		合計	
	全周すみ肉溶接	断続すみ肉溶接	全周すみ肉溶接	断続すみ肉溶接		
曲げ試験	正載荷試験	2	1	2	1	6
	逆載荷試験	1	0	1	0	2
圧壊試験	2	0	2	0	4	

30 cm、高さ 12.3 cm、重量 120 kg のパネルであり、これを横桁のフランジに取りつけるものである。

3. 耐荷性に関する実験とその結果

エコン デッキの力学的耐荷性を検討するため、実物供試体について載荷試験を行ない、その変形、ひずみ、破壊荷重を測定した。供試体の実験項目別本数は表-1のとおりである。

(1) 実験方法

載荷装置は京都大学工学部土木工学教室の構造物試験装置を用い、たわみはダイヤルゲージ、ひずみは電気抵抗線ひずみ計をもって測定した。測定点は図-2に示すとおりである。

図-2 測定点

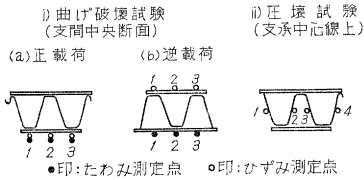
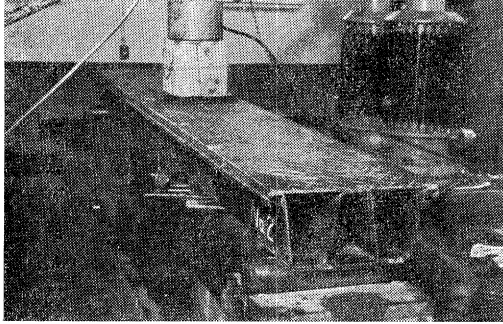


写真-1 曲げ破壊実験正載荷状況



a) 曲げ破壊試験

① 正載荷試験：正の曲げモーメントに対する安全性を調べるため、支間中央に部分分布荷重を載荷し、支間中央のたわみ、ひずみ、および破壊荷重を測定した。試験の状況を写真-1 に示す。

② 逆載荷試験：連続ばりとして使用する場合の中間支点の負の曲げモーメントに対する安全性を調べるため①とは逆方向から中間支点に部分分布荷重を静的に載荷し、支間中央のたわみ、ひずみ、破壊荷重を測定した。

曲げ破壊試験については、支間中央に部分分布荷重を125 mm×200 mm の載荷面積で静的に載荷した。

b) 圧壊試験 これは支承上における供試体の圧壊に対する安全性を検討するために行なったもので、圧壊荷重と腹部のひずみを測定した。試験については a) と同様に 125 mm×200 mm の載荷板を用いて静的に載荷した(図-3)。

図-3 載荷圧壊試験詳細図

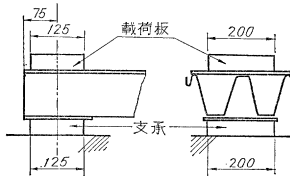


表-2 破壊荷重

供試体長 (m)	実験支間 (m)	溶接方法	載荷方向	破壊荷重内 (t) ()内は単位面積当り (kg/mm ²)	測定最大たわみ (mm) ()内は測定最大たわみ時の荷重 (t)
2.0	1.85	全周すみ肉溶接	正載荷	11.9(47.6)	—
2.0	1.85	〃	〃	11.4(46.0)	11.7(9.6)
2.0	1.85	断続すみ肉溶接	〃	10.6(42.4)	—
2.0	1.85	全周すみ肉溶接	逆載荷	8.0(32.0)	6.3(6.7)
1.4	1.25	〃	正載荷	11.8(47.2)	8.1(9.6)
1.4	1.25	〃	〃	12.3(49.2)	8.8(9.6)
1.4	1.25	断続すみ肉溶接	〃	11.0(44.0)	—
1.4	1.25	全周すみ肉溶接	逆載荷	9.3(37.2)	5.0(8.0)

(2) 実験結果とその考察

a) 曲げ破壊試験

① 破壊荷重：実験の結果得られた破壊荷重は表-2 のとおりである。この表によると全般的に長さ 1.4 m の供試体の方が 2.0 m のものよりも破壊荷重は大である。また正載荷の場合、全周すみ肉溶接供試体、断続すみ肉溶接供試体とも破壊荷重は設計荷重を上まわり、設計荷重を 9.6 t と考えた時、これに対する安全率は約 1.2 前後であら。断続すみ肉溶接供試体の方が全周すみ肉溶接供試体よりもやや弱く、破壊荷重は前者は後者の 90% に低下している。これはチェッカープレート内に桁軸と直角方向の大きな局部応力が生じているため、断続すみ肉溶接の場合の方が全周すみ肉溶接の場合よりも、局部破壊が早く起きるものと考えられる。このことは破壊時に荷重載荷位置付近の断続すみ肉溶接端部において、わずかながらクラックが入ったことから容易に推論できる。つぎに載荷方向からみると正載荷の場合よりも逆載荷の方が破壊荷重は低く、約 70~80% に低下している。これは下側プレート厚と上側チェッカープレート厚と同じであるにもかかわらず、下側プレートは腹部に支えられている間隔が大であることよりして、上側チェッカープレートよりも下側プレートの方が圧縮により局部破壊しやすいためと考えられる。すなわち下側プレートを圧縮側に載荷する逆載荷の方が正載荷の場合より破壊荷重が小さくなる。

② たわみ：図-4~5 は実験結果から支間 1.25 m 断続および全周すみ肉溶接ものの荷重-たわみ曲線を求めたものである。つぎに全周すみ肉溶接供試体中央測点のたわみ(表-3)、外側測点のたわみ(表-4)、逆載荷の場合の中央測点のたわみ(表-5)を示す。本表から支間 1.25 m の供試体のたわみは支間 1.85 m の場合よりも小さいが、支間に対する比はやや大である。これは長さ 1.4 m の供試体の方が長さ 2.0 m の供試体よりも曲げに対する剛性がやや大であることを示すものである。

③ ひずみ：ひずみ測定は全周すみ肉溶接供試体についてのみ行なった。載荷荷重 6.7 t に対する中央測点および外側測点のひずみ、残留ひずみを表-6 に示す。

図-4 全周すみ肉溶接実験体(支間 1.25 m)正載荷

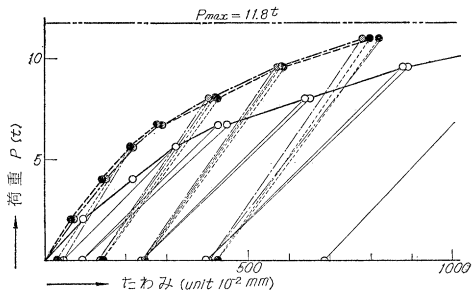


図-5 全周すみ肉溶接実験体(支間 1.25 m) 正載荷

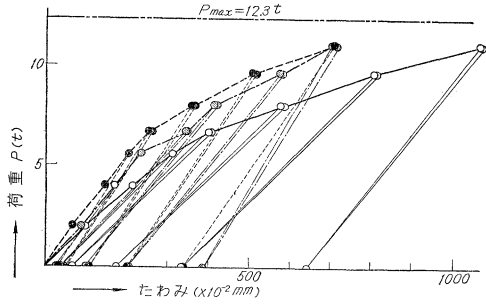


表-3 全周すみ肉溶接供試体中央測点のたわみ (P=9.6 t)

実験支間 (m)	たわみ (mm)	たわみ/支間長	残留たわみ (mm)
1.85	11.7	6.3/1 000	3.7
1.25	8.8	7/1 000	4.0
1.25	8.1	6.5/1 000	3.4

表-4 全周すみ肉溶接供試体外側測点のたわみ (P=9.6 t)

実験支間 (m)	溶接方法	たわみ (mm)	たわみ/支間長	残留たわみ (mm)
1.85	全周すみ肉溶接	8.2	4.4/1 000	2.1
1.85	〃	8.7	4.7/1 000	2.3
1.25	〃	5.7	4.6/1 000	2.4
1.25	〃	5.4	4.3/1 000	2.1
1.25	断続すみ肉溶接	7.0	5.6/1 000	2.4

表-5 逆載荷の場合の中央測点のたわみ (P=6.7 t)

実験支間 (m)	溶接方法	たわみ (mm)	たわみ/支間長	残留たわみ (mm)
1.85	全周すみ肉溶接	6.3(6.6)	3.4/1 000 (3.6/1 000)	0.9(0.9)
1.25	〃	3.9(4.2)	3.4/1 000 (3.4/1 000)	0.5(0.8)

表-6 荷重 6.7 t に対するひずみ (単位 10⁻⁶)

実験支間 (m)	載荷方向	中央測点ひずみ	中央測点残留ひずみ	外側測点ひずみ	外側測点残留ひずみ
1.85	正載荷	1 005	170	910	100
1.85	〃	1 090	230	945	105
1.25	〃	780	170	750	155
1.25	〃	845	140	840	150
1.25	逆載荷	- 635	- 390	-	-

表-7 圧壊荷重

供試体長 (m)	圧壊荷重 (t)	単位面積当り荷重強度 (kg/cm ²)	平均圧壊荷重 (t)
2.0	8.25	33.0	7.95
	7.65	30.6	
1.4	8.85	35.4	8.63
	8.40	33.6	

b) 圧壊試験 本試験により表-7を得た。鋼道路橋設計示方書によるT荷重を示せば最大輪荷重は接地面積 50×20 cm に 8 t で、その単位面積当りの荷重強度は 8

写真-2 圧壊状態

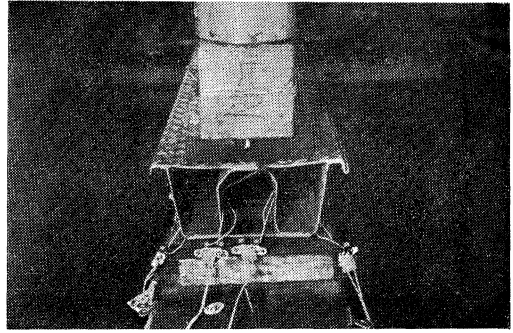


表-8 逆載荷の場合の破壊荷重および破壊時の最大曲げモーメント

支間 (m)	破壊荷重 (t)	最大曲げモーメント (t-m)
1.85	8.0	3.7
1.25	9.3	5.8

kg/cm² である。表-7 に示すごとく、荷重強度が 30~35 kg/cm² のとき、写真-2 に示すように腹部が座屈した。

(3) 耐荷試験より得られた結論

実験の結果つぎのような結論を得た。

(1) 曲げ破壊試験による破壊荷重および破壊荷重強度は表-2 のとおりであるが、正載荷の曲げ破壊荷重はすべて設計荷重よりも大きく安全率は約 1.2 前後である。

(2) 逆載荷の場合の破壊荷重および破壊時の最大曲げモーメントは表-8 のとおりで連続ばりとして使用するときは注意を要する。

(3) 断続すみ肉溶接供試体の破壊荷重は全周すみ肉溶接供試体にくらべあまり低下していないが、たわみはやや大である。

(4) 全般的に見て荷重載荷側プレートが薄いと局部破壊が起こるため強度がおちる。

4. 実用性に対する各種実験

われわれが京都大学において行なった実験の結果が力学的に十分使用可能であるとの結論を得たので、実際にエコデッキ上を自動車を通った場合の、振動に対する横つなぎ部分の取付金物の緊結性、車両の急停止による縦方向の移動の有無、ならびに実際の車両載荷時の応力度の測定などの検討を行なった。

(1) 実験の方法および結果

a) スパン 1.5 m で 3 スパンと 2 スパンのエコデッキ(上側チェッカープレート、② 3.2 mm, 下側プレート③ 3.2 mm)で図-6 のような実験場を八幡エコスチール工場内に作り、鋼道路橋設計示方書による T-14 t 荷重を載荷するため、いすず 8 t トラックにストリ

図-6 実用試験実験装置

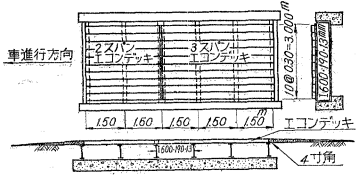


図-7 ストレインゲージ貼付位置

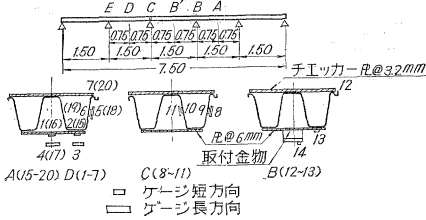


図-8 ダイヤルゲージのセット位置

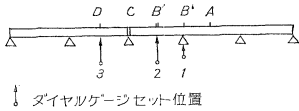


表-9 応力度測定結果

⊕引張応力度 ⊖圧縮応力度 ()ゲージ番号

測定点	下線応力度 kg/cm ²		横縫部 応力度 kg/cm ²	ウェブ応力度 kg/cm ²	
	縦方向	横方向		水平方向	垂直方向
A	(16) 630.0	(17) 168.0	(20) -182.7	(19) 63.0	(18) -262.5
	(13) -304.5	-	(12) -46.2	-	-
	-	-	-	(9) 16.8	(8) -4.2
B	(16) 105.0	(17) -25.2	(20) -231.0	(19) 0	(18) -100.8
	(13) -136.5	-	(12) -210.0	-	-
	-	-	-	(9) 60.9	(8) 121.8
B'	(16) 12.6	(17) -17.3	(20) -147.0	(19) -10.5	(18) -25.2
	(13) -69.3	-	(12) -184.8	-	-
	-	-	-	(9) 203.7	(8) 58.8
C	(16) -84.0	(17) 0	(20) -21.0	(19) -10.5	(18) -4.2
	(13) -14.7	-	(12) -21.0	-	-
	-	-	-	(9) 155.4	(8) 86.1
D	(1) 569.1	(4) -35.7	(7) -48.3	(6) 25.2	(7) -140.7

表-10 たわみ測定結果

ゲージ番号	1	2	3	2-1
載荷点				
A	379	215	37	-164
B	382	295	83	-87
B'	369	415	77	46
C	73	110	2	37
D	0	0	327	0

図-9

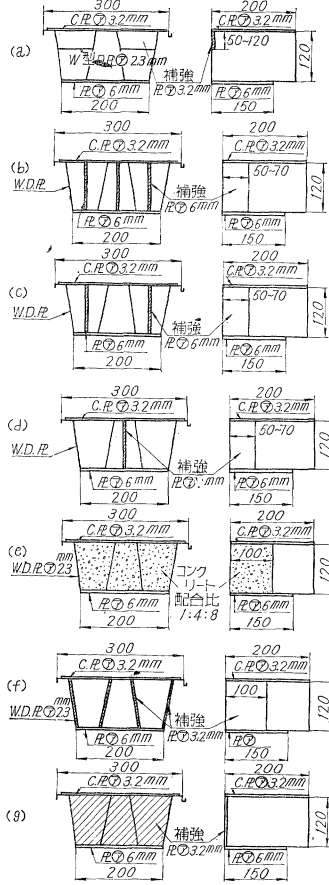
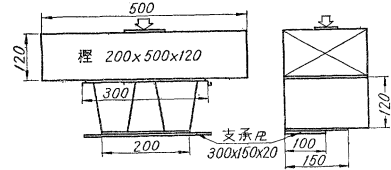


図-10



記トラックを停止せしめて静的な応力度を測定した。その結果を 表-9 に示す。

d) 図-8 の位置にダイヤルゲージをセットし、上記トラックを BB'D に停止せしめてたわみの測定を行なったが、その結果は 表-10 のとおりである。

e) 交差点のように、車両がエコノデッキの横方向からも進行してくる場合、曲げ破壊に対しては支点間隔を短くすることにより解決するが、せん断力による圧壊に対する検討として種々の端部補強による圧壊荷重測定実験を行なった。供試体は 図-9 の (a)~(g) に示すとおりであり、実験の方法はアムスラー万能試験機(前川製、能力 50 t)により上記供試体各 3 個ずつそれぞれ座屈開始荷重および圧壊荷重を測定した。載荷方法は 図-

ップコイル 6.5 t を積み、40 km/h で実験場を通過させ、横つなぎ部分および取付金物の検討を行なったが、これらは全く支障を示さず、また最初懸念された横つなぎ部における応力度も 表-9 のとおり非常に小さいものであった。

b) 実験上の上で 20 km/h のトラックを急停止せしめて、エコノデッキの制動荷重に対する影響を調査したが、デッキの縦移動は全く認められなかった。

e) 図-7 の位置にストレインゲージを貼付し、ABB'CD に上

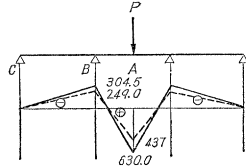
10 に示すとおりであるが、結果として端部の圧壊はすべて腹部の座屈により起り、各供試体 3 個についての平均の荷重は 表-11 のとおりである。

(2) 実験結果の検討

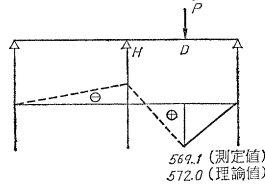
a) 最大曲げ応力度の測定は 630 kg/cm² であり、これの理論値を計算し、測定応力度との比較をしてみると 図-11 のとおりであり、2 スパンの場合、実測値と理論値とは大体一致しているが 3 スパンの場合多少相違する。これは断面が一様でないことによるものと考えられる。

図-11 載荷点 A の場合の曲げ応力比較図

載荷点 A の場合の曲げ応力比較図
 ⊕ 引張応力度 ——— 測定値
 ⊙ 圧縮応力度 - - - - 理論値



載荷点 D の場合の曲げ応力比較図



b) ダイヤルゲージによるたわみ測定結果と理論値とを比較すると 図-12 のようになる。実測理論両値の間にも相違があるが曲げ応力度の場合と同様の原因と思われる。上記実験中の状況を 写真-3~4 に示す。

c) 鋼道路橋設計示方書による一等橋設計荷重は、トラック 20 t、二等橋のそれは 14 t である。エコデッキの受桁に I-600×190×13 mm を使用するものとするれば、エコデッキ端部の支承面積は 20×19 cm=180 cm² になる。ゆえにエコデッキの受ける荷重強度は衡

図-12 たわみ曲線比較図

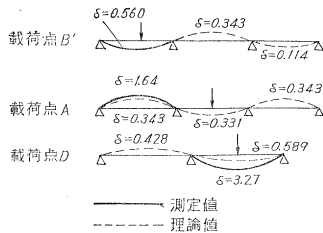


写真-3 時速 40 km で通過中

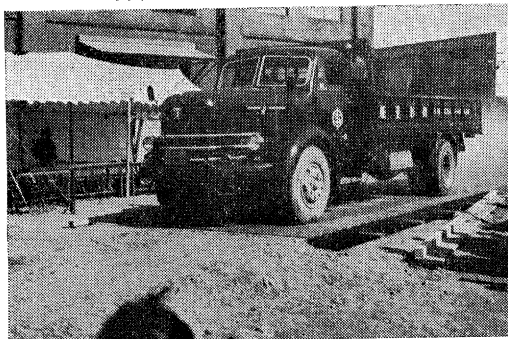


写真-4 ストレン マーターによるひずみ測定

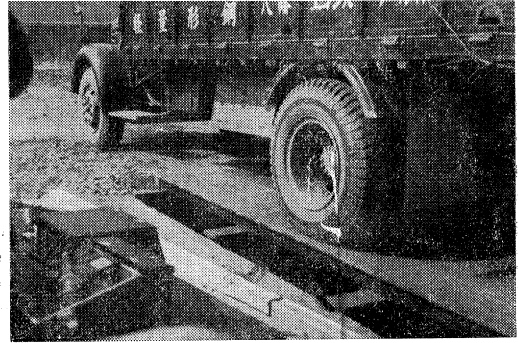
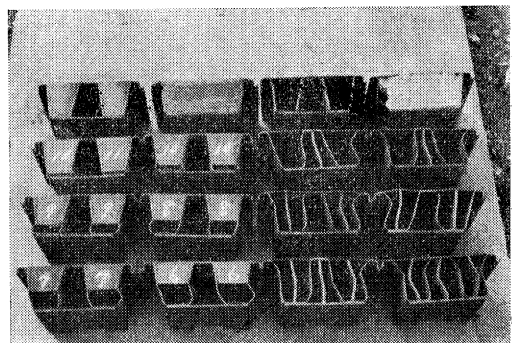


図-13

供試体番号	供試体種別	平均圧縮荷重 (t)		供試体番号	供試体種別	平均引張荷重 (t)	
		(1) 引張強度換算 (kg/cm ²)	(2) 圧縮強度換算 (kg/cm ²)			(1) 引張強度換算 (kg/cm ²)	(2) 圧縮強度換算 (kg/cm ²)
1	60	8.90 (44.5)	11.22 (56.1)	9	70	14.70 (73.5)	33.53 (167.7)
2	70	10.17 (50.8)	11.97 (59.8)	10	50	9.93 (49.67)	20.60 (103.0)
3	80	9.37 (46.8)	11.47 (57.3)	11	70	11.63 (58.2)	24.47 (122.3)
4	80	11.02 (55.1)	12.87 (64.3)	12	50	7.20 (36.00)	15.30 (76.5)
5	100	12.70 (63.5)	13.67 (68.3)	13	70	7.43 (37.17)	17.00 (85.0)
6	110	9.08 (45.4)	14.05 (70.3)	14	100	20.17 (100.8)	34.40 (172.0)
7	120	11.52 (57.6)	19.53 (97.7)	15	100	16.67 (83.3)	21.30 (106.5)
8	50	11.60 (58.0)	26.50 (132.5)	16			15.75 (78.8)

写真-5 圧壊試験後の端部補強供試体



撃係数 0.3 として、一等橋荷重の時 $20\text{t} \times 0.4 \times 1.3 / 180\text{cm}^2 = 57.8\text{kg/cm}^2$ 、二等橋荷重の時、 $14\text{t} \times 0.4 \times 1.3 / 180\text{cm}^2 = 40.4\text{kg/cm}^2$ 、 20t 荷重（1種覆工）の時、**図-13** 中平均座屈強度 57.8kg/cm^2 以上のものを採用し、 14t （2種覆工）の時には 40.4kg/cm^2 以上のものを採用すればエコンドッキの横方向から車両が進行してきても十分使用することができる。**写真-5** に圧壊試験後の端部補強供試体を示す。

5. 現場使用の状況

以上種々のべた実験の結果、エコンドッキは梅田地下道建設工用路面覆工材として十分使用しうるものと確信し、支間 1.4m 、3スパンのものを用いて、昭和 36 年 5 月 5 日より覆工作業を開始し、11 月 20 日現在、約 6000m^2 が終わっているが、作業時間は午前 0 時から 6 時までの 6 時間で、そのうち舗装の搬去、掘削、受桁の架設に約 4 時間を要し、後の 2 時間にエコンドッキを敷設している。エコンドッキの重量は 1 本当り約 120kg であるので、現場内小運搬 2 人、ボルト締めつけ 4 人を 1 組とし、2 組で約 50m^2 を敷設でき、木材の場合の約 2 倍の能率である。覆工を開始してから約半年になるが、現在までのところ、上部チェッカー プレートの減りもなく、締めつけ金具のゆるみも少なく、横つなぎ部のはずれ、および縦方向の移動も認められない。現在までに起こった問題点としては、端部のチェッカー プレートの溶接部が一部破損したこと、覆工部と非覆工部との境目において W 型デッキ プレートのウェブが予想外の衝撃により少し座屈した程度である。チェッカー プレートの溶接部のはずれは、端部の溶接長を長くすることにより防止することができ、ウェブの座屈は覆工部と非覆工部の境目にエコンドッキより少し高い目の角材か、アングルを設置することにより防止することができる。エコンドッキの敷設仕上り状況を **写真-6** に示す。

写真-6 エコンドッキの敷設状況



6. 木材覆工との比較

木材覆工との比較を考えると次の諸点に要約される。

- (1) 取扱いが容易で取付方法が簡単確実である。
- (2) 木材覆工の場合、スリップ止め材を余分に木舗板の上に使用する必要があるが、エコンドッキの場合、構造体の一部として上面にチェッカー プレートが貼ってあるのでその必要はない。
- (3) 木材覆工にくらべ、横桁下の有効高が多くとれ、したがって下での作業が容易である。
- (4) 消火栓などの施設の緊急使用に容易な構造となしうる。
- (5) スパンを大きくすることができるので、受桁の数をへらすことができる。
- (6) 現場加工の必要がなく、すべて工場生産によることができるので材質が均一である。
- (7) 折損、腐食などによる故障が少ないので管理費が安い。
- (8) 横桁（I-ビーム）との緊結性が大で、耐用期間が長いので工事途中において取りかえる必要がない。

表-11 各覆工材表面温度（昭. 36. 8. 25）

エコンドッキ表	エコンドッキ裏	木材覆工表面	アスファルト舗装面	コンクリート舗装面
54~55°C	47°C	48~49°C	55°C	51°C

同部熱計器製 S.P.M 型表面温度計

- (9) 夏期における表面温度の比較は **表-11** のとおりであり、木材覆工より 6°C 高くアスファルト舗装面とほぼ同一である。
- (10) 最初の購入価格は高くつくが、少し修理すればくり返し使用可能で経済的である。
- (11) 使用済後はスクラップダウンすることができる。

7. むすび

以上の各種実験を検討した結果、梅田地下道建設工事には断続すみ肉溶接のもので十分使用可能と思われるので、これを使用しているが、現在までのところさしたる異常は認められない。本覆工材は、梅田地下道工事現場が最初に採用したいわばテスト ケースでもあるので、今後の問題点もいろいろあると思われるが、いわゆる“代用道路としての機能”は十分に満たしてくれるものと思う。われわれは今後とも十二分の観察・研究を続けていきたい。皆様の御指導、御忠告を頂ければ幸いである。最後に本報告作成に当り、御懇篤なる御指導を賜った京都大学工学部 小西教授、山田助教授、ならびに実験についていろいろ御協力下さった八幡エコンスチール K K 高木幹祐氏に対し深謝の意を表する。

（原稿受付：1961. 12. 26）