

合成版パネルを用いた港湾用ケーソンの 接合部載荷試験

Mechanical Properties of Panel Joint at Marine Caisson

清宮 理* 藤澤孝夫** 川田 貢*** 亀山 豊****

By Osamu KIYOMIYA, Takao FUJISAWA, Mitugu KAWADA and Yutaka KAMEYAMA

To cope with a shortage of labour and complicated construction work at the site, a panel system work by mixed structures has been proposed. Composite panels fabricated at the factory are attached to the steel frame to build the caisson. Composite panels consist of steel plate and reinforced concrete and these two materials are combined mechanically by studs. In this mixed structure, design and performance of the joints among the composite panels have to be developed to apply to the marine gravity type of caissons. Mechanical joints are used at the panel joint part to connect the steel bars. Static loading tests are carried out to know mechanical properties of the joints and to confirm the design. Pull out test, flexural strength test and shear strength test are carried out for two kinds of joint specimen. Test results and problems of design are discussed in this report.

Key Words: panel, composite member, caisson, joint, loading test

1. まえがき

波浪制御構造物や人工島護岸に用いられる重力式ケーソンは、従来鉄筋コンクリートで建設されている。近年の熟練建設労働者の高齢化、若年労働者の不足、現場での危険作業の低減などに対処するため各種の省力化が検討されている。現場での省力化だけでなく工期の短縮を図ることも目的としている。この一方策として鋼板と鉄筋コンクリートを合成した合成版パネルで、港湾用のケーソンを建造することが提案されている。合成版パネルは、鉄筋コンクリート版より高強度かつ軽量にすることができる。ここでは予め工場で製作された合成版パネルを鋼骨組みに取り付けてケーソンを建造する。この施工方法では、パネル間の継手の構造形式と施工方法が重要な検討課題となる。そこで今回選定した合成版パネルと鋼骨組みとの接合部が、設計外力作用時に剛体と見なせるかまた予期しない破壊性状を示さないかを検討するため、接合部の模型を

* 工博 運輸省港湾技術研究所 構造部 構造強度研究室長 (〒239 横須賀市長瀬3-1-1)
 ** 運輸省港湾技術研究所 構造部 構造強度研究室研究官 (〒239 横須賀市長瀬3-1-1)
 *** 運輸省第二港湾建設局 横浜調査設計事務所 技術開発課長 (〒231 横浜市中区北仲通5-57)
 **** 運輸省第二港湾建設局 横浜調査設計事務所 技術開発課係長(〒231 横浜市中区北仲通5-57)

製作して確認を行った。

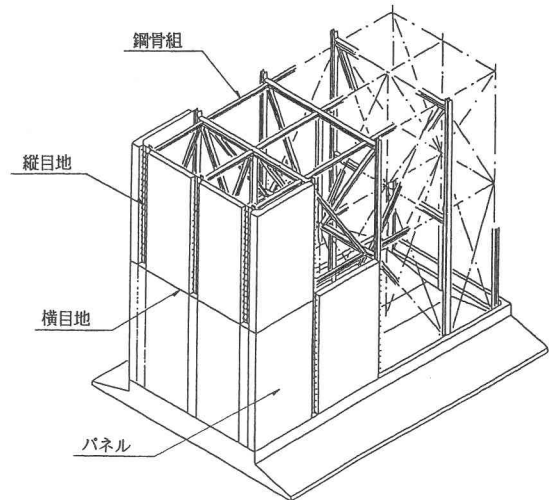
2. ケーソンの構造の概略

図－１に合成版パネルにより建造される重力式ケーソンの概略を示す。このケーソンは合成版と鋼骨組みとで構成されている。図－２に合成版パネル（以下パネルと略称する。）の製作状況を示す。パネルは片側が鋼板で一方が鉄筋コンクリートであり、スタッドにより両者と機械的に合成されている。パネルは外壁に用いられ、鋼板がケーソン内側に鉄筋コンクリートが海水側に面している。鋼骨組みは、H鋼により組み立てられる。ただしケーソンの底板は鉄筋コンクリート製である。接合部には、縦目地接合と横目地方向接合とがこのケーソンに存在する。縦目地接合はパネルと鋼骨組みを、横目地接合はパネル同士を接合する。重力式ケーソン内部には、砂質土が中詰めされケーソンの波浪や地震に対する滑動の安定性を確保する。外壁は密閉され外部との海水や空気の交換が出来ない構造とし、内側の鋼材の腐食を防止する。パネル化によらない合成版式ケーソンは護岸用や防波堤用に既に多く製作されている。

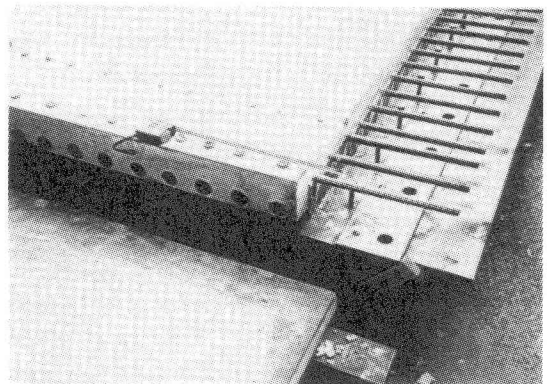
3. 接合部の設計

3. 1 接合部の構造

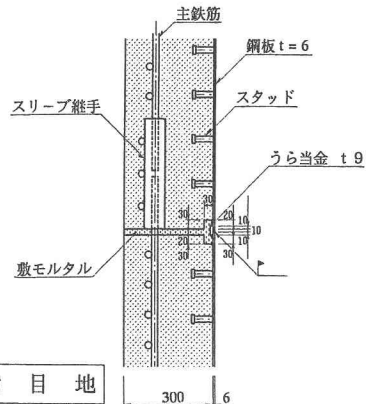
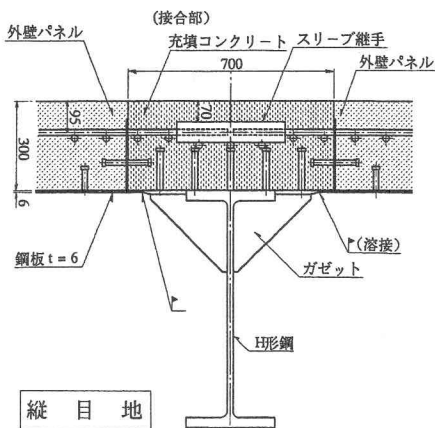
図－３に縦目地と横目地接合の概要を示す。縦目地構造では、H鋼のフランジとパネルの鋼板を



図－１ パネルシステムケーソン構造概念図



図－２ 合成版パネルの製作状況



図－３ 目地部の構造

突き合わせ溶接する。フランジの補強のためガセットをH鋼に取り付ける。パネル端部の主鉄筋は図-4に示すスリーブ継手により機械的に連結する。コンクリート打設時の型枠と鉄筋の位置決めと保持の目的で、パネルの周囲に鋼板が溶接されている。主鉄筋はこの鋼板に等間隔に開けられた穴に差し込まれている。フランジとパネル端部の鋼板にスタッドを溶接する。フランジとパネルにより囲まれる部分に充填コンクリートを打設する。充填コンクリートは、打継ぎ目にひび割れが生じないように無収縮な性質を持つものを選定する。横目地構造では、片方のパネルから突き出ている主鉄筋を他方のパネルの中のスリーブに差し込む。パネル間にはモルタルを敷き、スリーブ内には高強度のモルタルを注入する。隣接しているパネルの鋼板は、裏当金を介して溶接する。

スリーブの機械的性質

降伏点 kgf/mm ² (N/mm ²)	引張強さ kgf/mm ² (N/mm ²)	伸び %
42以上 (410)	60以上 (590)	6以上

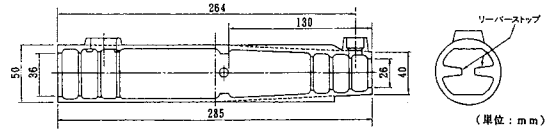


図-4 スリーブ継手の構造と機械的性質

3.2 接合部に作用する外力と発生する断面力¹⁾

港湾用のケーソンに作用する主たる外力は、施工時（浮遊や仮置時）に静水圧、完成時に波圧、土圧、地盤反力、静水圧、自重等である。この外力状況を図-5に示す。一般的に施工時より波圧作用時に大きな断面力がケーソンの外壁に発生する。通常のケーソンの外壁の構造設計では、隔壁を固定端とする四辺固定版あるいは三辺固定一辺自由版として断面力を算定する。接合部には、固定端での曲げモーメントとせん断力および引き抜き荷重が発生する。この状況を図-6に示す。これらの断面力に対して接合部の設計を行う。

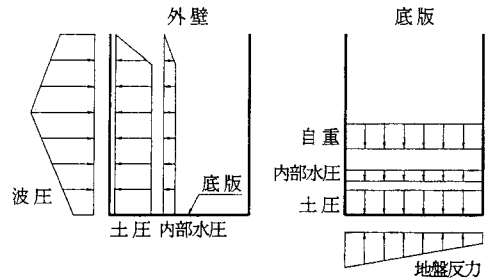


図-5 ケーソンに働く外力

3.3 接合部の設計計算

現在港湾用のケーソンの接合部は、剛体として取り扱っている。すなわち接合部は、剛体と取り扱えるように隣接部材より強度を高めておく必要がある。今回の接合部では、H鋼にガセットを取付け、かつH鋼のフランジの板厚をパネルの鋼板の板厚より厚くし、充填コンクリートの強度を隣接部材より高くし剛体を確保する。またH鋼とパネルに溶接したスタッドにより接合部での鋼材とコンクリートとの一体化を図る。以上の仮定によ

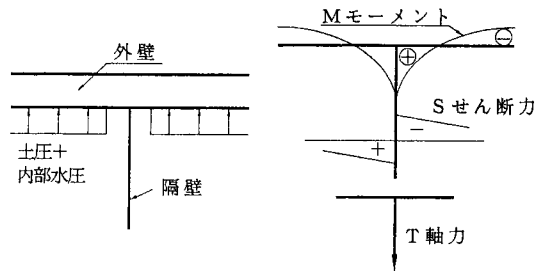


図-6 接合部に働く断面力

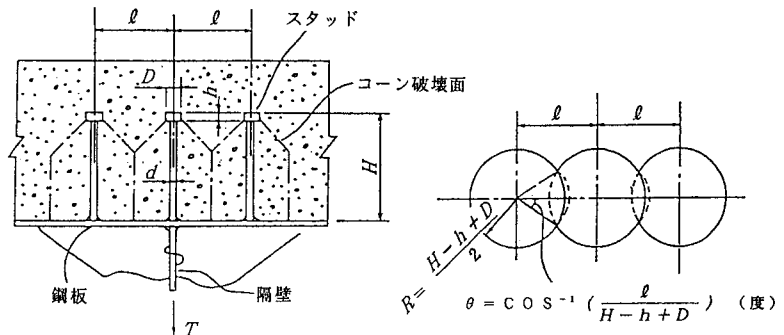


図-7 スタッドとコーン破壊

り接合部での構造設計として、H鋼と充填コンクリートとの一体化と、接合部に隣接する部材の曲げ耐力とせん断耐力を照査する。スタッドと充填コンクリートの一体化に関しては、スタッドのコーンせん断破壊、スタッド本体の引張強度およびスタッド溶接部の鋼板の引き抜きせん断耐力の三種類の破壊状況について検討²⁾する。スタッドは、接近して密に溶接されるので図-7に示すコーン破壊面を仮定する。コーン破壊面の包絡面とコンクリートのせん断強度の積で求める。ここでは、3本並んで溶接された場合のスタッド1本の耐力(Q_{rc})を示す。

$$Q_{rc} = \left(1 - \frac{\theta}{135}\right) \pi (H - h + D) (H - h) \tau_a \tag{1}$$

ここで H : スタッドの長さ h : スタッドの頭部の厚さ
 D : スタッドの頭部の直径 τ_a : コンクリートのせん断強度

隣接部材の曲げ耐力およびせん断耐力はパネルを一方向のはりと仮定し、コンクリート標準示方書³⁾に示される方法で算定する。

4. 載荷試験⁴⁾

4. 1 試験体の構造

製作した試験体の一覧を表-1に示す。縦目地構造については引き抜き試験、曲げ試験およびせん断試験を、横目地構造については曲げ試験とせん断試験を行う。試験体の総数は、10体である。試験体の概要を図-8に示す。曲げ試験用の試験体は、長さ3.5m、幅30cm、高さ30cmである。せん断試験用の試験体は、長さ1.5m、幅30cm、高さ30cmである。合成版の鋼板の厚さは6mmで、直径16mm、高さ10cmのスタッドを30cm間隔に鋼板に溶接した。主鉄筋はD19を3本鋼板より20cm上の位置に配置し、せん断補強筋としてD13を15cm間隔に鋼板に溶接して配置した。縦目地構造では、予め製作した2個のパネル部分の梁をT鋼に溶接し、横向きにして充填コンクリートを打設した。試験体ではH鋼の代わりにT形鋼を用いた。T形鋼のフランジの板厚は25mmで幅64cmとした。ブラケットは三角形の板厚6mmの鋼板とした。スタッドの配置は、T形鋼に直径22mm、高さ14cmのスタッドを一列当たり3本を、パネル端部の鉛直鋼板には、直径16mm、高さ10cmのスタッドを目地側に1本、その裏側に2本を溶接した。縦目地構造の曲げ試験およびせん断試験用の試験体ではT形鋼の代わりに板厚25mmの鋼板を接合箇所にした。横目地構造では予め鋼板同志を溶接して製作したパネルの梁を横向きで鉄筋をスリーブ継手に差し込み、スリーブ継手内に高強度モルタルを注入して製作した。

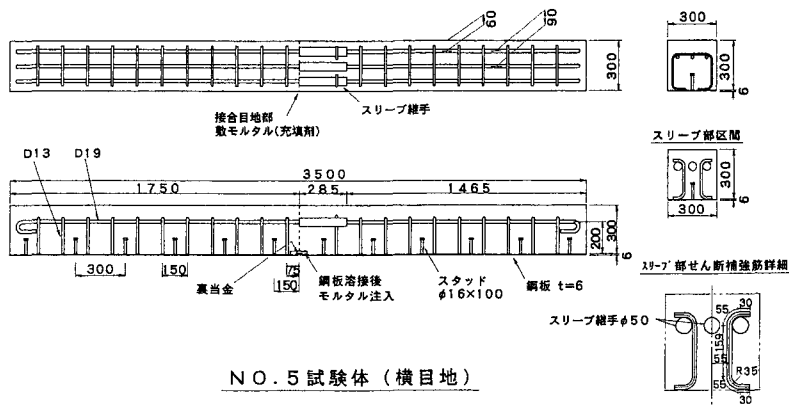
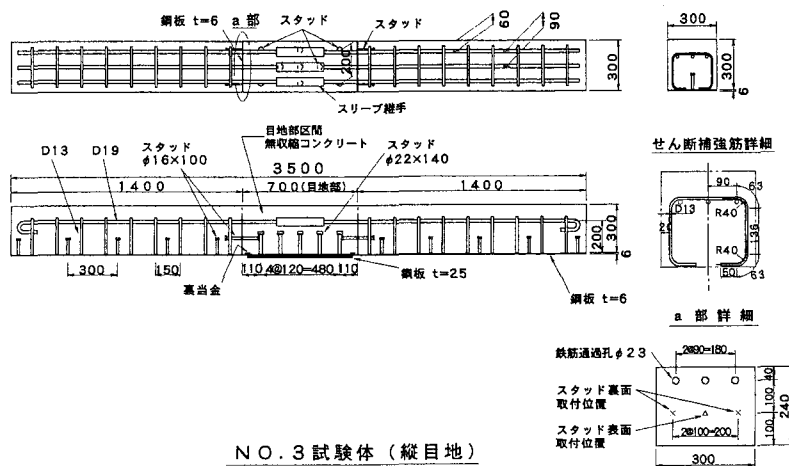
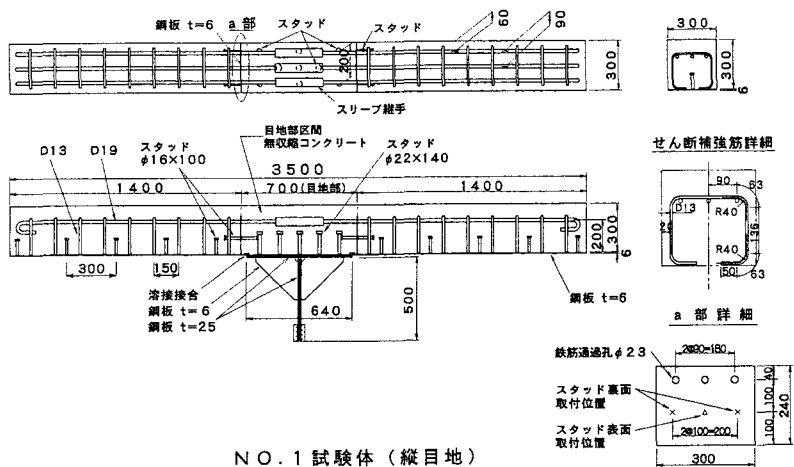
4. 2 使用材料

使用した鋼板の材質はSS400、鉄筋はSD345とした。試験体本体のコンクリートは、普通ポルトランドセメントを、接合部には無収縮コンクリートを用いた。それぞれの配合を表-2に示す。スリーブ継手の充填材にはセメント系無収縮性高強度グラウト材を用いた。載荷試験時のこれらコンクリートの強度を表-3に示す。

表-1 実験ケース

試験体 No.	試 験 名	目地方向	載荷面 の区分	せん断 スパン比
1	曲げ引抜き試験	縦目地	－	3.9
2	せん断引抜き試験	〃	－	2.0
3	曲 げ 試 験	縦目地	表	4.2
4	〃	〃	裏	4.2
5	〃	横目地	表	4.2
6	〃	〃	裏	4.2
7	せん断試験	縦目地	表	2.0
8	〃	〃	裏	2.0
9	〃	横目地	表	2.0
10	〃	〃	裏	2.0

ここで載荷面の表・裏とは
 { 表：鉄筋コンクリート側（表側）を圧縮とする試験
 裏：鋼板（裏側）を圧縮とする試験



(単位: mm)

図-8 試験体の構造図

4. 3 荷重方法と計測項目

引き抜き荷重試験の概要を図-9に示す。引き抜き試験では試験体を反力床に水平に寝かせて設置し、T形鋼の端部に固定した直径32mmのPC鋼棒を反力壁に取り付けた。このPC鋼棒をセンターホールジャッキにより静的に荷重した。曲げ試験およびせん断試験は、通常の梁荷重試験機を用いて静的に荷重を行った。荷重は単調増加で行ったが、初期ひび割れ発生荷重時と最初に鋼材が降伏した時点で一旦除荷して再度荷重を続行した。曲げ試験での荷重は2点荷重で荷重幅は40cmであり、せん断スパン比は4.2である。せん断試験は1点荷重で、せん断スパン比は2.0である。

計測項目は、油圧ジャッキの荷重、試験体の変位量、鉄筋、コンクリート表面と鋼板のひずみおよびひび割れ幅である。試験体の計測個数は各試験体で異なる。例えばNo.1試験体では、ロードセル1台、変位計8台、鉄筋ひずみゲージ14枚、鋼板ひずみゲージ13枚、コンクリートひずみゲージ4枚、パイゲージ（ひび割れ幅測定用）16台を使用して計測を行った。

表-2 コンクリートの配合

コンクリートの種類	セメント	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				混和剤(kg/m ³) AE減水剤	混和材(kg/m ³) 膨 張 材
				W	C	S	G		
パネル部	普通	57.0	45.8	158	278	845	1033	0.695	—
接合部(無収縮)	普通	44.0	43.1	163	371	757	1033	0.928	30

表-3 コンクリートおよび充填剤の材料試験結果

	普 通 コンクリート	無 収 縮 コンクリート	充 填 剤 (グラウト)
圧 縮 強 度(kgf/cm ²)	239.3	326.8	1375.2
引 張 強 度(kgf/cm ²)	19.9	27.0	—
曲 げ 強 度(kgf/cm ²)	35.3	47.4	—
静的弾性係数(kgf/cm ²)	2.27×10 ⁶	2.44×10 ⁶	—
ポ ア ソ ン 比	0.19	0.20	—

注) 普 通コンクリート : 46日強度
無収縮コンクリート、充填剤 : 43日程度

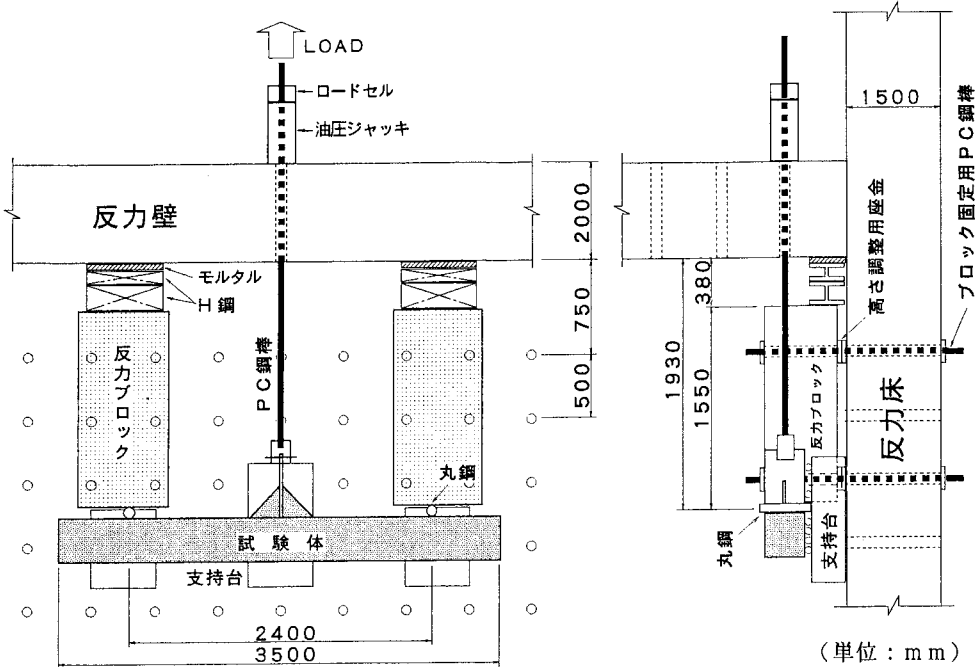


図-9 引き抜き試験の概略図

5. 試験結果

5. 1 破壊状況

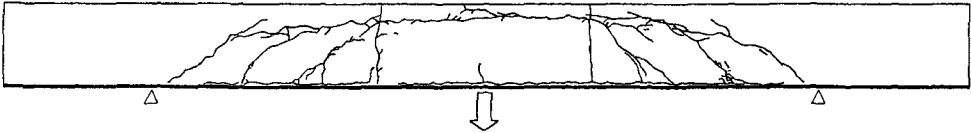
載荷試験の結果を表-4に示す。

図-10にひび割れの最終の状況を示す。No.1試験体では載荷荷重が7.8tfのときパネルと充填コンクリートの接触面で初期ひび割れが発生し、その後パネル部のせん断補強筋と鋼板の溶接位置付近から斜め方向にひび割れが進展し始めた。鋼板が降伏した24tfでは、試験体全体で6本ほどの斜めひび割れが生じた。充填コンクリート部分にはひび割れはほとんど見られなかった。またパネルの鋼板と充填コンクリートの接触面でのひび割れの進展はみられず終局ま

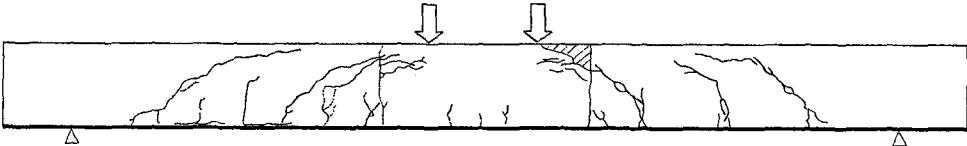
表-4 載荷試験結果

	最終の破壊状態	初期ひび割れ発生荷重(tf)	鋼板(鉄筋)降伏荷重(tf)	最大荷重(tf)	最大荷重時スパン中央変位(mm)	じん性率
No.1	主鉄筋沿のコンクリートのはくり	7.8	24.0	31.8	7.7	2.0
No.2	"	12.2	降伏せず	34.2	5.6	—
No.3	コンクリートの圧壊	7.5	16.5	29.5	17.9	3.4
No.4	変形の増大	3.3	9.5	13.3	40.1	5.7
No.5	コンクリートの圧壊	5.0	16.0	24.5	19.1	2.8
No.6	変形の増大	2.5	7.5	11.7	39.0	5.6
No.7	パネル部のコンクリートのせん断破壊	1.5	降伏せず	41.2	4.7	—
No.8	充填部のコンクリートのせん断破壊	2.8	24.0	34.5	16.1	5.2
No.9	コンクリートのせん断破壊	7.5	32.0	49.3	5.2	1.7
No.10	充填部のコンクリートのせん断破壊	2.5	18.5	24.8	14.6	3.1

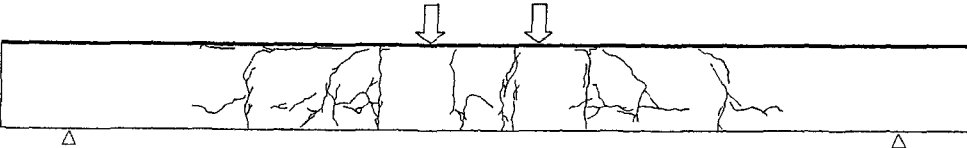
No.1 縦目地 曲げ引き抜き試験



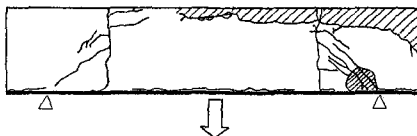
No.3 縦目地 曲げ試験(コンクリート側載荷)



No.4 縦目地 曲げ試験(鋼板側載荷)



No.2 横目地 せん断引き抜き試験



No.7 縦目地 せん断試験(コンクリート側載荷)

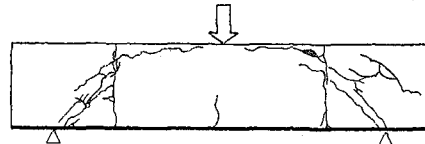


図-10 ひび割れ発生状況

で両部分がほぼ一体であった。さらに載荷荷重を増加させ31.8tfのとき、充填コンクリートの主鉄筋沿いに水平方向にひび割れが生じ急激に試験体の破壊に至った。No.2試験体でも充填コンクリート部分でひび割れは進展せず、パネル部に斜めひび割れが生じ最終的には主鉄筋沿いにコンクリートが剥離して破壊に至った。No.3試験体でも充填コンクリート部分でほとんどひび割れが生じず、パネル部に曲げひび割れが生じた。これはT形鋼のフランジの板厚がパネル部の鋼板より大きいため充填コンクリート部がパネル部と比較すると剛域と見なせるからと考える。この試験体では、最終的には圧縮側のコンクリートの圧壊により終局に至った。T形鋼が圧縮側に位置しているNo.4試験体の載荷試験では、ひび割れが試験体下端にほぼ等間隔に分散して発生し、最終的には試験体の変形が大きくなったので載荷を止めた。圧縮側のコンクリートの圧壊や鋼板の座屈は生じなかった。No.7試験体ではT形鋼が引張側には位置されているため充填コンクリート部分ではせん断ひび割れが生じず、No.2試験体と同様に載荷点とパネル端部鋼板間にせん断破壊が生じた。

以上述べたとおり、縦目地構造でT形鋼が引張側に存在する場合には、充填コンクリート部分が剛体的な働きをし、隣接するパネル部分が破壊する性状を示した。T形鋼の剛性により充填コンクリート部分が剛域と考えられた。T形鋼が圧縮側に存在するときには、通常の梁での載荷試験と同様に充填コンクリート部分も含めた試験体で曲げあるいはせん断破壊を生じた。スタッドのせん断破壊や鋼材の破断はいずれの試験体でも生じなかった。図-11、図-12に各試験体での載荷荷重と試験体中央での変位量との関係を示す。T形鋼が圧縮側に存在するNo.4、No.6、No.8およびNo.10試験体ではいずれも変形が進んでも圧縮側のコンクリートが圧壊することなく高いじん性を示した。これはT形鋼のフランジが圧縮力を負担したからだと考える。横目地構造では、従来の合成梁の力学挙動とほとんど同じであった。機械継手の存在によりこの箇所からひび割れが生じたり、機械継手の抜け出しは生じなかった。

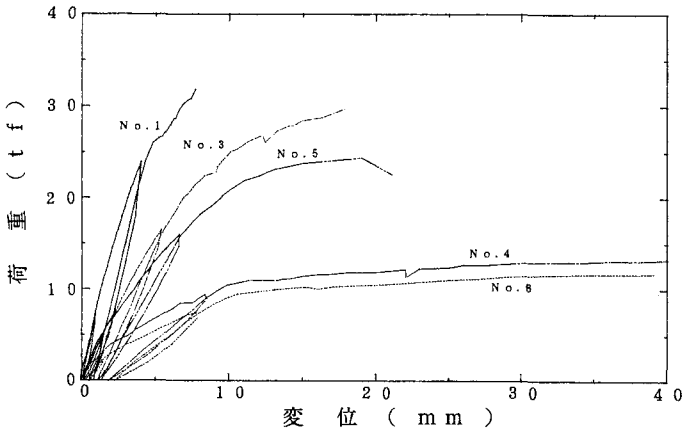


図-11 荷重-変位曲線(曲げ試験)

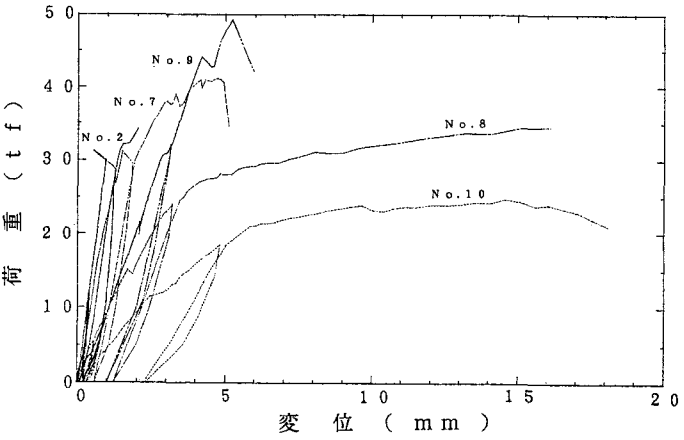
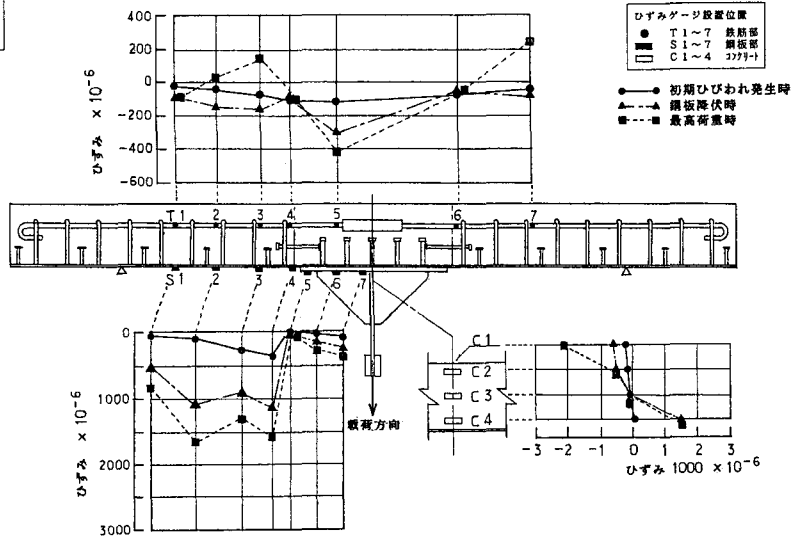


図-12 荷重-変位曲線(せん断試験)

5. 2 ひずみの分布

図-13にNo.1試験体でのひずみの分布を示す。パネルの鋼板には荷重の増加とともにひずみが増加したが、T形鋼ではひずみ量は小さかった。また主鉄筋では載荷荷重が小さいときは圧縮ひずみが生じたがせん断ひび割れの進展にともない引張ひずみに転じた。パネル部分が載荷方向に引っ張られ、はり部材に軸引張力が卓越した。充填コンクリート部分のコンクリートひずみの分布からこの箇所では中立軸が終局時までほとんど移動せず、この部分にひび割れが生じず健全であったことを示している。No.2試験体でもNo.1試験体と同様に充填コンクリート部分の鋼材のひずみは終局時まで小さい値であった。

No.1 試験体



No.2 試験体

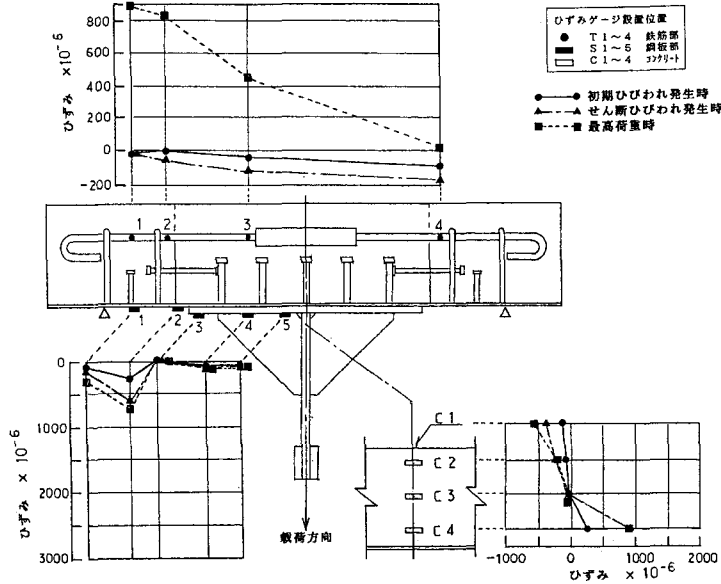


図-13 試験体のひずみ分布

5. 3 計算値と試験値との比較

表－5に各試験体の初期ひび割れ荷重、終局曲げモーメント、終局せん断耐力および引き抜き荷重の計算値を示す。終局曲げモーメントと終局せん断耐力はコンクリート標準示方書³⁾に示される方法で計算を行った。ここではコンクリートと鋼材の特性値として材料試験から得られた値を用い、材料係数などの安全係数を1.0とした。また引き抜き荷重は、特性値を用いて前述したスタッドに関する抵抗力から計算した。本接合部では、スタッド本体の引張力より式(1)で示されるコーン破壊の方が耐荷力が小さかった。したがって、接合部の引き抜き耐力として、コーン破壊による計算値を表－5に示してある。設計抵抗モーメントは、コンクリートの設計圧縮強度を90kgf/cm²、鋼板の設計強度を1400kgf/cm²、鉄筋の設計強度を2000kgf/cm²、と設定して鉄筋コンクリート梁として許容応力度法²⁾で計算した。これは本ケーソンが港湾用ケーソンに使用されるため、現行設計法が許容応力度法で行われているためである。また計算した箇所は充填コンクリートと隣接するパネル部分である。充填コンクリート部分は、T形鋼の存在と高強度コンクリートの使用によりパネル部分より曲げおよびせん断耐荷力がかなり高いので、検討断面をこの隣接位置に設定した。計算によるとNo.1とNo.2試験体は引き抜き荷重で接合部の構造が設定されることになる。

次に試験値(表－4参照)と計算値との比較を述べる。ここでは載荷試験での最大荷重と計算された終局曲げモーメント、終局せん断力及び引き抜き耐力の最小値(載荷荷重に換算：表中で波線)との比較である。No.1およびNo.2試験体では、試験値が計算値より約1.4倍ほどかなり大きかった。これは載荷試験では、スタッド部分で破壊しなかったからである。この原因としてパネル端部の鋼板が主鉄筋を固定しているため引き抜き荷重がスタッドだけでなく鋼板を介して主鉄筋にも伝達したからだと考えられる。またT形鋼、鋼板および主鉄筋で囲まれる充填コンクリート部分がスタッド周囲のコンクリートの変形挙動をかなり拘束したとも考えられる。しかしNo.1試験体で、試験値と終局曲げモーメントの計算値(載荷荷重に換算して)の比は、0.86倍となった。これは充填コンクリート部分と隣接するパネル部分でのコンクリートのせん断破壊および終局時にこのパネル部分にひずみ分布の試験値からわかるように軸引張力が卓越したことにより、所定の曲げ耐荷力が発揮されなかったからだと考える。このことはNo.2試験体でも同様で、パネル部分で所定のせん断耐荷力が発揮できなかったため試験値と計算の終局せん断耐荷力の比が0.68と小さくなった。試験での終局状態(パネル端部でせん断破壊した状況)を考慮してパネル部分の耐荷力を、コンクリートのせん断耐力と鋼板に溶接されたスタッド(1本)で負担すると仮定すると約32tfの耐荷力となり試験値と比較的良好合う。今回の接合部のパネル部分では、軸引張力の存在と充填コンクリート部分が剛体と見なせることか

表－5 各試験体の計算値

試験体 NO.	初期ひび割れ モーメント tf-m	設計抵抗 モーメント tf-m	終局曲げ モーメント tf-m	終局せん断 耐力 tf	引き抜き 耐力 tf	実験値/ 計算値
1	1.54 (2.52)	5.95 (14.5)	15.10 (36.8)	25.1 (50.2)	<u>23.2</u>	1.37
2	1.54 (14.0)	5.95 (54.1)	15.10 (137.2)	25.1 (50.2)	<u>23.2</u>	1.47
3	1.54 (2.75)	5.95 (10.6)	15.10 (27.0)	25.1 (50.2)	—	1.09
4	1.24 (2.2)	2.40 (4.3)	5.98 (10.6)	16.2 (32.4)	—	1.25
5	1.54 (2.4)	5.95 (9.2)	15.10 (23.2)	25.1 (50.2)	—	1.05
6	1.24 (1.9)	2.40 (3.7)	5.98 (9.2)	16.2 (32.4)	—	1.27
7	1.54 (14.0)	5.95 (54.1)	15.10 (137.3)	25.1 (50.2)	—	0.83
8	1.24 (11.3)	2.40 (21.8)	5.98 (54.2)	16.2 (32.4)	—	1.06
9	1.54 (5.1)	5.95 (19.8)	15.10 (50.4)	25.1 (50.2)	—	0.98
10	1.24 (4.1)	2.40 (8.0)	5.98 (20.0)	16.2 (32.4)	—	1.22

() の数字は載荷荷重に換算した値 (t f)

~~~~~ は試験値と比較した計算値 (設計で対象とする)

ら計算式で想定している曲げ耐力機構やせん断機構にならなかったため、No. 1とNo. 2試験体に関して計算値と試験値とが良く一致しなかったと考える。

T形鋼が圧縮側に存在したNo. 4、No. 6およびNo. 10試験体ではT形鋼が圧縮力を負担しコンクリートの圧縮破壊を防止したため見かけ上載荷試験での耐力力が計算値よりも約1.2倍ほど大きくなったと考える。横目地構造で鋼板が梁部材での引っ張り側に存在するときは、従来の合成梁の力学性状<sup>5)</sup>とほぼ同じ挙動を示したと考えられ試験値と計算値とがほぼ一致した。

## 6. 結 論

載荷試験結果と考察とから以下の結論を得た。

- (1) 縦目地構造を対象とした引き抜き試験では、スタッドや機械継手の破壊はなく隣接した合成版パネル部でせん断破壊を生じた。充填コンクリート部分は終局時までひび割れもほとんど生じず剛体と見なせた。合成版パネルと充填コンクリート間で剥離は終局状態までほとんど見られなかった。
- (2) 引き抜き試験の試験値は、スタッドの耐力力以上あり設計的には安全側となった。ただしコンクリート標準示方書に提示されている式で求めたはりの耐力力の計算値よりも小さい値となった。これは終局時で接合部に隣接するパネル部に軸引張力が作用したためと考える。
- (3) はりの載荷試験では、T形鋼がはりの圧縮側に存在するとき圧縮力をT形鋼がかなり負担することからコンクリートの圧縮破壊が生じにくく、破壊に至るまでの変形性能が高かった。T形鋼がはりの引張側に存在するときは、充填コンクリート部は剛体としての挙動を示し隣接するはり部で破壊した。
- (4) 横目地構造では、目地部や機械継手の破壊はみられず通常の合成梁と同じ力学的挙動を示した。

## あとがき

パネル方式の接合部の構造形式には今回対象とした以外にも提案されており、今後これらについても検討を加えたい。パネル方式によるケーソンの建造では、適切な接合方法と施工法の整備が重要である。とくに施工的に容易なことが求められる。これらの課題に関しては運輸省第二港湾建設局から沿岸開発技術研究センターに委託された委員会（委員長：池田尚治横浜国大教授）で検討が行われている。今回の試験研究に関連している委員各位からの御助言、御指導や関係者の努力に感謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- 1) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説、pp. 284-312, 1989. 6
- 2) 沿岸開発技術研究センター：合成版式ケーソン設計マニュアル、pp. 183-182, 1991. 3
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書（平成3年度版）設計編、pp. 50-68, 1991. 7
- 4) 清宮理、山田昌郎：合成部材を用いた港湾用ケーソンの接合部の構造と設計、混合構造の力学挙動と設計施工に関するシンポジウム、pp. 43-48, 1992. 4
- 5) 横田弘、清宮理：鋼コンクリートハイブリッドはりの力学特性に関する研究、土木学会論文集、No. 451 / V-7, pp. 149-158, 1992. 8

(1993年9月16日受付)