

バウルレオンハルト工法における扇状定着法に関する実験

只 野 直 典*

1. まえがき

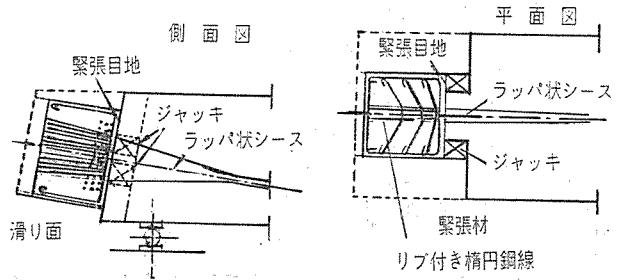
バウルレオンハルト工法の大きな特徴は集中配置式、すなわち1本の主桁に必要なPC鋼線を1本の大型断面のシースに収めて配置する点にある。従ってそのPC鋼線の定着法としては、ループ状定着法、扇状定着法、と2つの特殊な方法をとっている。

ドイツにおいては本工法にワイヤー ストランドと比較的大断面のだ円型リップつき鋼線が一般に用いられ、ループ状定着法によるときはワイヤー ストランドを用い、扇状定着法によるときはリップつき鋼線を用いる。

上記2定着法のいずれをとるかは桁の構造上からも決められるが、一般に経済上の問題が大きな要素となっている。

わが国の場合、扇状定着法を採用するにあたって、適当な大断面の異形鋼線がないので、ワイヤー ストランドを用いての扇状定着法を実験的に確かめる必要が生じ今回の実験を行なった。ドイツにおいては扇状定着法に

図-2 扇状定着法による定着部構造例



関して多くの実物大実験を行なって、その定着性を確かめ、多くの実施例もあり、設計法も確立されている。ただしワイヤー ストランドを用いた例はない。

上記の理由から国産の 3/8 in ワイヤー ストランドを用いた扇状定着法に関し、昨年春より基礎実験に着手し、今回、設計緊張力 1000 t 級の実物大実験が終了したので、その実験の概要について報告する。

図-1 および 図-2 はループ状定着法と扇状定着法による緊張端の定着部構造例を示す。図に示すようにループ状定着の場合には所定の半径をもつループ状定着部にループ状にワイヤー ストランドがまきつけられ、従って主桁の鋼線が連続して配置される。扇状定着部の場合には主桁分の鋼線が定着部で扇状に拡散してコンクリート中に定着される。

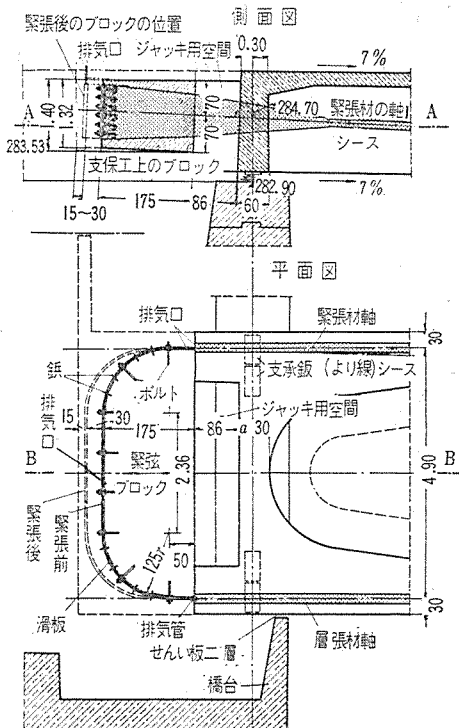
2. 基礎実験の概要

実物大実験に着手する前、次のような各種の実験を行なった。

- a) 国産の異形鋼線と 3/8 in ワイヤー ストランドとの定着性についての比較実験
- b) 3/8 in ワイヤー ストランド1本についての定着長の実験
- c) ワイヤー ストランドの側線を拡散して定着した場合の定着性についての実験
- d) コンクリートにアルミ粉末を混入した場合の定着性の影響についての実験
- e) 定着性におよぼすコンクリートの沈みの影響についての実験

等である。以上の諸実験において鋼線の引抜きには A.S.T.M. C 234-57 T に示す装置を用いた。載荷は e) の実

図-1 ループ状定着法による定着部構造例



* 大成建設KK技術研究部

写真-1 引抜試験状況
引抜時供試体表面の
ひずみ度も測定する



験にセンターホール ジャッキ (10 t) を用いたほかは、すべて 20 t および 200 t 万能試験機を用いた (写真-1)。

引抜荷重としては供試体の一方端に露出させた鋼線に 1/1 000mm 読みのダイヤル ゲージを接触させておき、このゲージの針の激しく動き出す瞬間の荷重をとった。

供試体の寸法は e) のブロックを除き断面 15×15 cm, 埋込長は 15~60 cm とした。

a) の実験では 3/8 in ワイヤーストランド, 2本よりストランド, $\phi 5$ mm インデント PC 鋼線, $\phi 6.5$ mm ディフォーム PC 鋼線の 4 種についてコンクリートのたて打ち, よこ打ち, すなわち鋼線を供試体中に鉛直に埋込んだときと水平に埋込んだときの引抜荷重の差異, かぶり厚についての影響, 同一埋込長に対する引抜荷重の効率, 等をしらべて比較した。この実験によって 3/8 in ワイヤーストランドは, 定着性のすぐれていることを確かめた。

b) の実験は目標強度 $\sigma_{28} = 450 \text{ kg/cm}^2$, 最大骨材粒径 25 mm のコンクリートを用いた供試体について, 材令 3 日, 7 日, 14 日, 28 日に各種の埋込長で引抜試験を行なった。ワイヤーストランドは全面に軽いサビの生じたものを用い, 供試体中に水平に埋込んだ。図-3 は 3/8 in ワイヤーストランドの実際の引張破断荷重 9 700 kg に対しての引抜荷重の比率で示してある。従って実験曲線を延長して 100%の横線との交点に対する埋込み長さが引抜けに対する限界を示すことになる。これによれば 45~65 cm がこの限界長になっている (図-3)。

c) の実験は 3/8 in ワイヤーストランドの 6本の側線をほどこいて 10 cm 径の針金の輪で固定して拡散し,

図-3 埋込長と引抜荷重率の関係
(3/8 in ワイヤーストランド 1本当り)

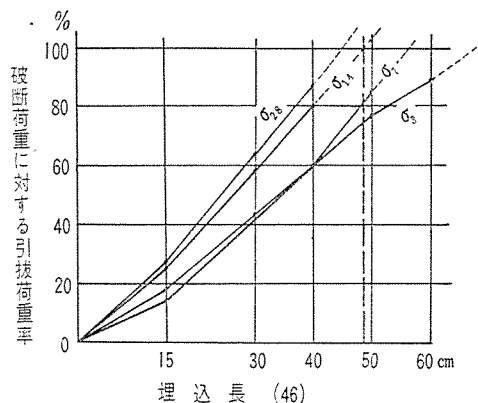


写真-2 側線を拡散して埋込んだ供試体の状況

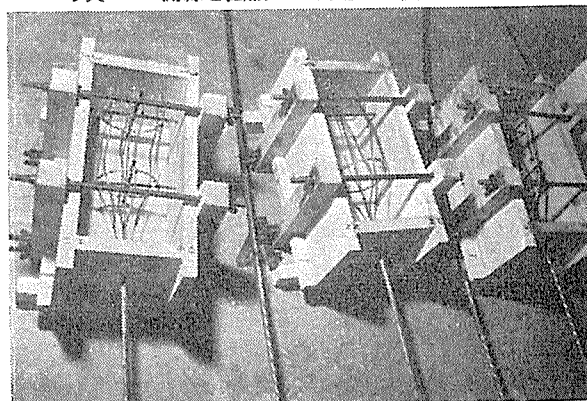
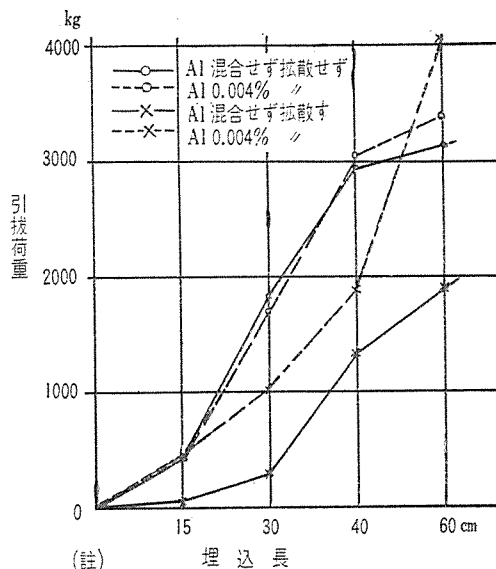


図-4 アルミ粉末混入コンクリートの影響についての実験結果



(註)

	Plain, Con	Al, Con
現場養生シリンダー圧縮強度 (3 55時) kg/cm^2	289	190
セメント量 kg/m^3	455	407

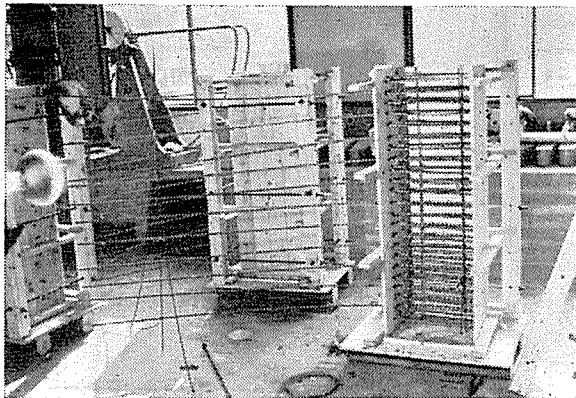
埋込長 15~60 cm について引抜試験を行なった。結果はあまり好ましいものでなかった (写真-2)。

d) の実験ではアルミ粉末をセメント重量の 0.004% 混合した。図-4 はワイヤーストランドの側線を拡散

したもの、しないものの各埋込長について、アルミ粉末混入のコンクリート、混入しないコンクリートの供試体についての結果である。実験結果よりアルミ粉末の効果がある程度期待できることがわかったので、実物大実験においては 0.002%のアルミ粉末を使用した(図-4)。

e)の実験は、供試体高さ 120 cm、巾 30 cm、長さ 40 cm のブロック中に 3/8 in ワイヤーストランドを埋込長 40 cm として 1 層あたり 3 本を 30 mm 間隔に入れ、各層間を 50 mm にして 23 層入れた。この線群の中から 1 層おきに各層の中央のワイヤーストランドを引抜試験した。コンクリートはアルミ粉末を混入したものとしないものの 2 種について試験した。実験の結果ではコンクリートの沈みの影響よりも、コンクリート打設時の突固めの影響が大きく現われ、このような線束の十分な填充の重要性を示す結果となった(写真-3)。

写真-3 コンクリートの沈みの影響を調べた供試体の状況



3. 予備実験の概要

扇状定着法の実物大実験の測定上、施工上の資料にするため次のような予備実験を行なった。

a) レオンハルト工法用 500 t ジャッキのキャリブレーション

b) 扇状定着部に使用するコンクリートの骨材最大粒径についての実験

c) ワイヤージョージ (KP-18, 測長 3 mm) を使用しての 3/8 in ワイヤーストランドひずみ度の測定実験

その他、鉄筋の強度試験等である。レオンハルト工法においては 250~500 t と大型の特殊ジャッキを使用し緊張を行なう。荷重は精度の高い圧力計の読みより換算する。実験の正確を期すためジャッキ、ジョージについて建設省建築研究所において試験を行なった。

b)の実験は扇状定着部に使用するコンクリート用最大骨材粒径として 15 mm とされているが、現場の実状に合わせて 20 mm の骨材が使用できるかどうかを検討した。扇状定着部の鋼線の最小間隔に配置した線群を入れた小型のブロックについて、填充状況をしらべた結果

では 20 mm でも使用できることがわかったので、実物大実験では最大骨材粒径として 20 mm とした。

c)の実験では、測長の短いワイヤージョージをワイヤーストランドの側線に貼って、荷重とひずみ度の読値との関係をあらかじめ試験した。ワイヤージョージの接着剤としてはイーストマン 910 を使用した。

4. 実物大実験

4.1 供試体の設計

ワイヤーストランドの定着長として 400 t シャイベは 100 cm, 1000 t No. 1 は 120 cm, 1000 t No. 2 は 80 cm とした。定着ブロックの寸法、配筋についてはレオンハルトの設計法に従った。ただし 1000 t No. 2 の左ブロックの寸法はそれに示す限界より小さい寸法とした。

4.2 400 t シャイベの実験

定着部における線束のごく近くおよび内部的にどのような応力状態となるかをしらべる目的で行なったもので、供試体は図に示すように 100×170×32 cm の 2 つのブロックの中央に 70 本の 3/8 in ワイヤーストランドを真直な線束として 100 cm の長さに定着した。ワイヤーストランドは一層あたり 14 本を中央にバイブレーター挿入用として 9 cm の間げきを設けて 7 本づつ 3 cm 間隔に配置し、各層間を 5 cm にして 5 層とした。左ブロックでは $\phi 16$ mm の異形筋 55 本を水平方向に直に配し、右ブロックでは 35 本の曲げ筋を配した。垂直鉄筋としては径 9 mm の鉄筋を使用した。2 つのブロックの間に 500 t ジャッキ 2 台を図のように配置して載荷した。ジャッキは 1 台のポンプで連動し、荷重 100 t ごとに各種の測定を行なった。破壊荷重は 640 t で、ワイヤーストランドの線束が引抜けて破壊した。

測定点は次のとおりである。

a) ブロック表面を 20 cm 測長のコンタクトストレインメーターで測定した。

b) 鋼線束軸線上でブロック表面に測長 66 mm のワイヤージョージで 10 点

c) ブロック内部に測長 30 mm のモールドジョージで 12 点

d) 鉄筋には測長 20 mm のワイヤージョージで 24 点

e) ワイヤーストランドには測長 3 mm のワイヤージョージで 10 点

等である(図-5, 口絵写真, 写真-4)。

4.3 1000 t No. 1 の実験 (設計緊張力 1000 t 用ブロック)

供試体は図に示すように 3/8 in ワイヤーストランド 180 本 (12 本@15 層) を扇状に拡散して定着長 120 cm

図-5 400 t シャイベ供試体一般図

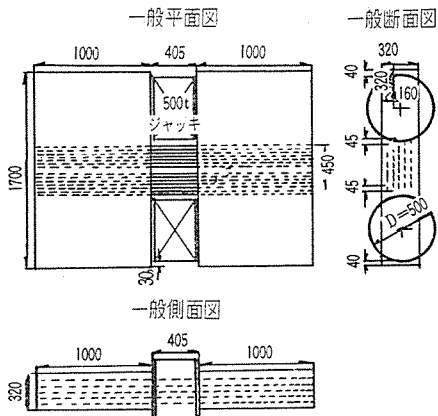


写真-4 載荷時の 400 t シャイベ左ブロック
図中右に見えるのが 500 t ジャッキ、ブロック
表面のマジックインキの線はきれつを示す。

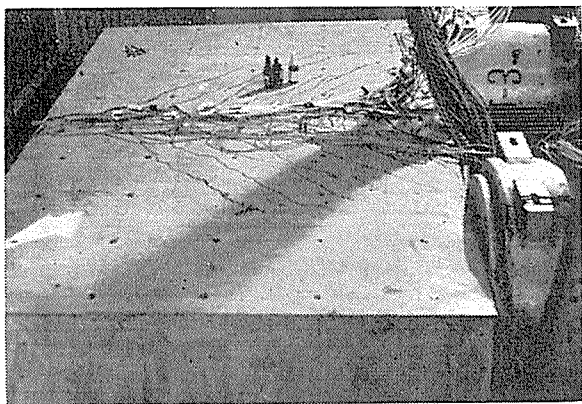


図-6 1000 t No. 1 ブロック配筋図

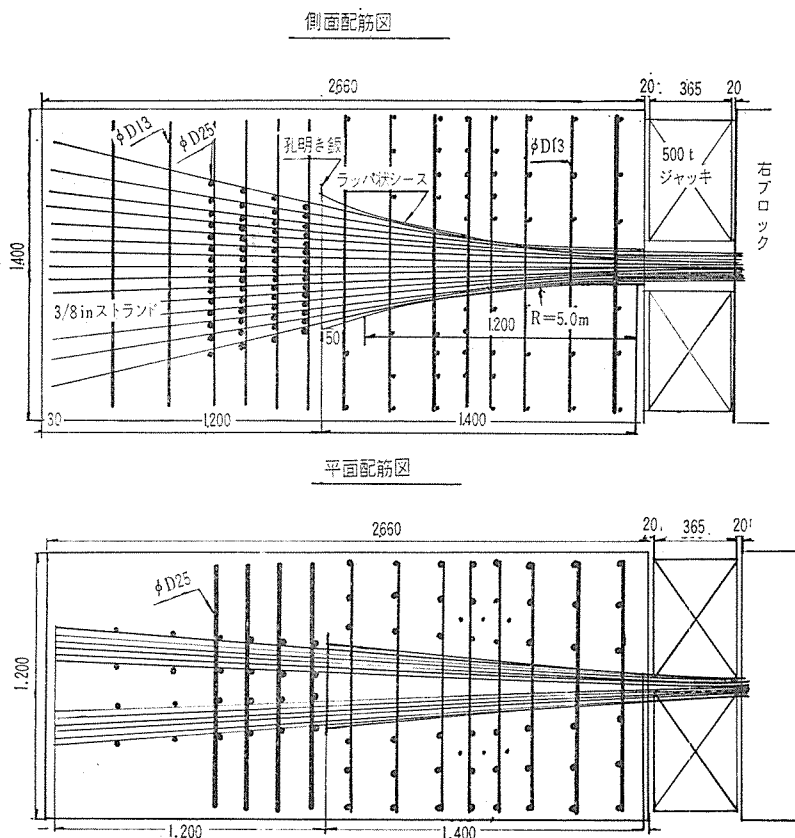
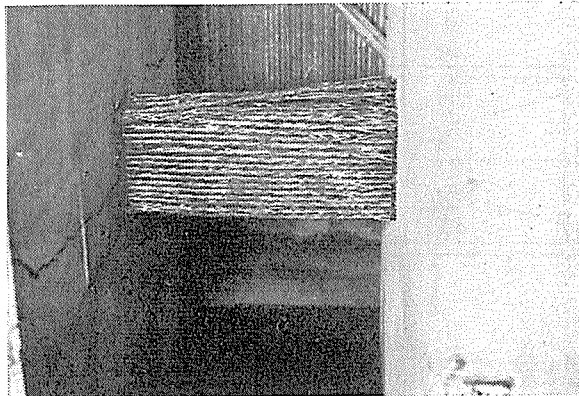


写真-5 1000 t No. 1 のワイヤー ストランドの破断箇所



とした。ブロックの大きさは左右同形で 266×120×140 cm である。ワイヤー ストランドがコンクリートに定着される前面の拡散部は図のような所要半径の屈曲部を持つ厚さ 4.5 mm の鋼板で作ったラップ状シースに収められる。ラップ状シースの末端には孔明板が設けられ、この板の孔を通してワイヤー ストランドは定着される。一般に緊張後にこのラップ状シースの中にセメントミルクが注入されるもので実験時は注入はしていない。

2つのブロックの間に 500 t ジャッキ 4 台をすえ 1 台のオイル ポンプで連動して載荷した。右ブロック底面はパラフィンを塗布して緊張時に滑動できるようにし、左ブロックは測定の都合上固定した。ブロック表面は 20 cm 測長のコンタクト ストレイン メーターで測定したほか、左ブロックの一側面には主応力解折用として測長 66 mm のワイヤーゲージ 50 枚を貼った。左ブロック内部にはコンクリートのひずみ度測定用として測長 30 mm モールド ゲージ 14 枚、鉄筋には測長 20 mm のワイヤー ゲージ 63 枚、ワイヤー ストランドには測長 3 mm のワイヤー ゲージ 25 枚を貼り、それぞれのひずみ度を測定した。

荷重は初日に 0~1 200 t とし、その後 4 日間 1 000~1 200 t の荷重を保ち、最後に破壊荷重まであげた。最大荷重は 1 765 t でストランドが破断した (図-6、口絵写真、写真-5)。

4.4 1000 t No. 2 の実験 (設計緊張力 1 000 t 用ブロック)

No. 1 と同様 180 本のワイヤー ストランドを使用した。左ブロックは定着長 80 cm としブロックの大きさは 206×150×80 cm とした。右ブロックは 120 cm の定着長とし、ブロックの大きさは 276×150×120 cm とした。

図-7 1000 t No. 2 供試体一般図

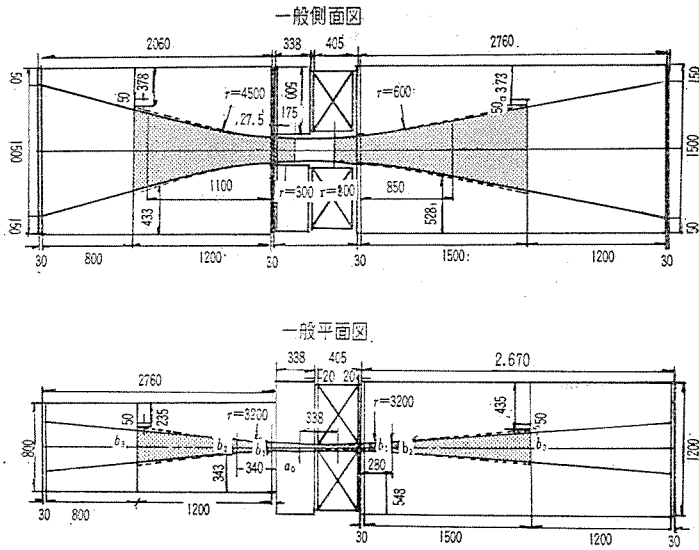


図-8 400 t シャイベのワイヤーストランドのひずみ度分布曲線

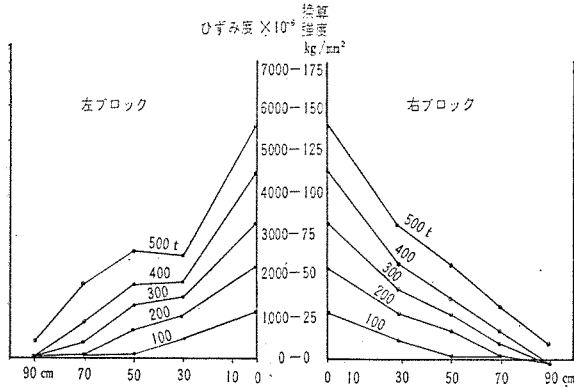


図-9 100 t No. 1 のワイヤーストランドのひずみ度分布曲線

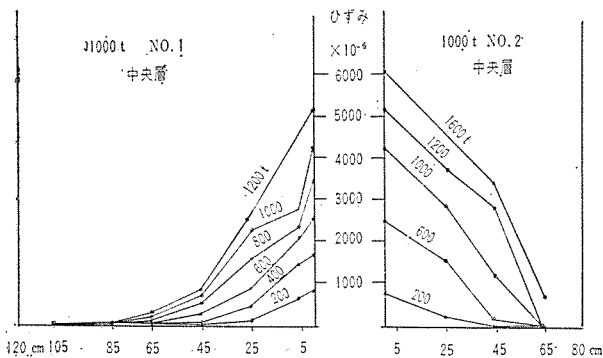


図-10 1000 t No. 2 のワイヤーストランドのひずみ度分布曲線

写真-6 1000 t No. 1 左ブロックのきれつ状況

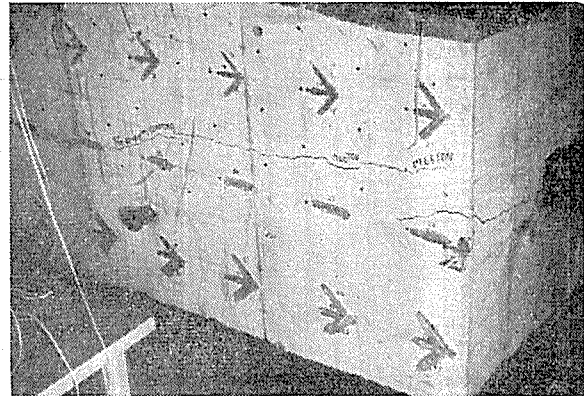
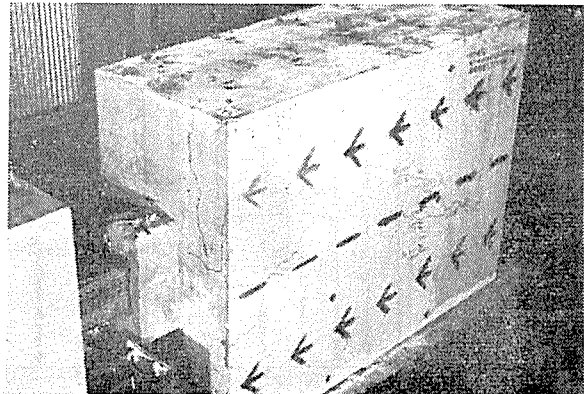


写真-7 1000 t No. 2 左ブロックのきれつ状況



t の荷重を保ち、ついで 300 t まで荷重を下げてから 1200 t に上げ、1000~1200 t の荷重を 7 日間保って最後に壊破した。最大荷重は 1780 t でワイヤーストランドが破断した(図-7、口絵写真)。

4.5 実験効果

紙面の都合上、ここではワイヤーストランドの荷重-ひずみ度曲線の実験結果と、きれつの状況だけを報告する。

a) 定着部におけるワイヤーストランドの荷重-ひずみ度曲線(ひずみ度の分布曲線) 定着部における、ワイヤーストランドのひずみ度の分布を 図-8~10 に示す。1 測点の防護のため数 cm だけ付着が期待できなくなるのでワイヤーストランド 1 本当り 1 測点として、一定間隔に測点を設けた。図において横軸は 400 t シャイベの実験ではジャッキ支圧面からの距離を示し、1000 t No. 1 および No. 2 は孔明板からの距離を示す。図はいずれも定着部の結束の中央層の測定値を示すが、上層と中央層では荷重の分担の差異を示す結果となっている。図によって、かなり明確に定着力の分布を知ることができる(図-8,9,10)。

b) きれつ 1000 t No. 1 の左右ブロック、1000 t No. 2 の右ブロックでは 1000~1200 t の荷重のと

左ブロックはブロック巾を小さくしワイヤーストランドの線束も 1 層当り 9 本、20 層とした。ブロック長さも短かく、従ってラッパ状シースも非常に無理な寸法となっている。

載荷および測定の方法は No. 1 とほとんど同じである。

荷重は初日に 0~1000 t とし、のち 5 日間 900~1000