

JAERI-M
87-174

高温ガス炉高温プレナム部
三角柱形シール要素の冷却材漏洩特性

1987年10月

燕木 英雄・滝塚 貴和

JAERI-Mレポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。

入手の間合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11 茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費領布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokaimura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1987

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 日青工業株式会社

高温ガス炉高温プレナム部三角柱形シール要素の
冷却材漏洩特性

日本原子力研究所東海研究所高温工学部

燕木 英雄・滝塚 貴和

(1987年10月2日受理)

冷却材の漏れ流れを防止することはプリズマテック高温ガス炉炉心の熱流動設計において重要である。特に、高温プレナムブロック間にはギャップが存在し、これが炉心における漏れ流れを引き起こす原因となるため、ここにシール機構を設置する必要がある。本論文では、三角形の断面を持つ黒鉛シール要素とV字形のシール溝とから構成される新しいシール機構を提案した。空気流動実験により、本シール機構は、平板形のシール機構に比較して極めて高いシール性能を持つことが分かった。また、本シール機構の圧力損失係数をシール要素端部ギャップの有効面積により予測できることが分かった。

Leakage Flow Characteristics of Graphite Seal Mechanism with
Triangular Cross-Section for HTGR Core Support Blocks

Hideo KABURAKI and Takakazu TAKIZUKA

Department of High Temperature Engineering
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received October 2, 1987)

The prevention of coolant leakage flows is important for a thermal hydraulic design of a prismatic HTGR core. In particular, a seal mechanism for the core support blocks is necessary because gaps, which exist between core support blocks, induce leakage flows in the core. In this paper, a seal mechanism, which consists of graphite seal element with triangular cross-section and V-shaped seal seat, has been proposed. It is shown by the air flow experiments that the present seal mechanism is highly effective in preventing the leakage flows compared with the plate-type seal mechanism. It is also found that the pressure loss coefficient factor for this seal mechanism can be predicted by the effective end-gap area of the seal element.

Keywords: HTGR, Leakage Flow, Graphite Seal Mechanism, Core Support Block, Air Flow Experiment

目 次

1. 序 論	1
2. 実験方法	1
2.1 実験装置	1
2.2 黒鉛試験体ブロック及びシール要素	2
3. 実験結果	3
3.1 高温プレナムブロック間の段差の漏れ流れ抵抗係数への影響	3
3.2 シール要素端部ギャップの漏れ流れ抵抗係数への影響	4
4. 考察—有効ブロック間距離モデルによる実験結果の検討	5
5. 結 論	6
謝 辞	6
文 献	6

Contents

1. Introduction	1
2. Experimental method	1
2.1 Experimental apparatus	1
2.2 Graphite test block and seal element	2
3. Experimental results	3
3.1 Effect of level displacements between core support blocks on the pressure loss coefficient factor	3
3.2 Effect of seal element end-gap width on the pressure loss coefficient factor	4
4. Discussion - Analysis by the effective block-gap model	5
5. Conclusion	6
Acknowledgements	6
References	6

1. 序 論

六角柱状黒鉛ブロックで炉心が構成されている高温ガス炉では、ブロック間のすき間に冷却材の漏れ流れが発生する。漏れ流れが増加すると、冷却材流路中の有効流量が減少して燃料温度を上昇させたり、冷却材流路とブロック間すき間の温度差が上昇してブロックの熱変形、熱応力が増加する。そのため、この漏れ流れの流動特性を解明しかつそれを積極的に減少させる機構を開発することが炉心熱流動設計上重要である。

日本原子力研究所が開発中の高温工学試験研究炉では、4 - 5 mm程度のギャップを開けて、炉床部高温プレナム（炉心支持）ブロックを設置することが検討されている。これは、原子炉の高温運転時のブロック熱膨張によるブロック相互間の干渉を防ぐために行う。このブロック間すき間は、炉運転時においても最大2 - 3 mmに達すると予測されている。このようなすき間が存在すると、炉心カラム間すき間の圧力が低下し冷却材漏れ流れが増加する可能性が大きくなるため、高温プレナムブロック間のすき間をシールすることが必要である。

従来、シール機構として、平板形の黒鉛シール要素が設計で考えられてきた。しかし、^{(1),(2)}実験によると、平板形シール機構では、くさび形のブロック間段差に対して漏れ流れ抵抗係数が大幅に変化することが確認された。高い出口温度（950℃）による原子炉の運転時には、冷却材漏れ流れの炉心熱流動特性への影響は大きくなるため、より抵抗係数の高かつ種々のブロック間段差に対して安定なシール機構の開発が必要とされている。

本論文では、これらの問題を解決するために、新しいシール機構を提案し、その漏れ流れ特性を空気流動実験により調べた。新しく提案したシール機構の概観をFig. 1に示す。このシール機構は三角形の断面を持つ黒鉛シール要素とV字形のシール溝から構成されている。本シール機構では、熱変形等によりプレナムブロックが変形してブロック間に相対段差が発生しても、三角柱形シール要素がシール溝面を滑るためシール溝とシール要素側面間のすき間はほとんど開かないと予測される。このため、本シール機構は従来の平板形に比較して極めて優れたシール性能を持つことが期待できる。また、本シール機構では冷却材の漏れ流れ特性が従来のシール機構に比較して簡単になるため、理論的に漏れ流れ量を把握することが可能になり、より正確な炉心内流動特性の予測に寄与するものと思われる。

2. 実 験 方 法

2.1 実験装置

実験装置のフローダイアグラムをFig. 2に示す。実験では、常温大気圧の空気を作動流体として使用した。試験部はダクトによりブロワ（5.5 kw）の吸い込み口に接続されてい

1. 序 論

六角柱状黒鉛ブロックで炉心が構成されている高温ガス炉では、ブロック間のすき間に冷却材の漏れ流れが発生する。漏れ流れが増加すると、冷却材流路中の有効流量が減少して燃料温度を上昇させたり、冷却材流路とブロック間すき間の温度差が上昇してブロックの熱変形、熱応力が増加する。そのため、この漏れ流れの流動特性を解明しかつそれを積極的に減少させる機構を開発することが炉心熱流動設計上重要である。

日本原子力研究所が開発中の高温工学試験研究炉では、4-5 mm程度のギャップを開けて、炉床部高温プレナム（炉心支持）ブロックを設置することが検討されている。これは、原子炉の高温運転時のブロック熱膨張によるブロック相互間の干渉を防ぐために行う。このブロック間すき間は、炉運転時においても最大2-3 mmに達すると予測されている。このようなすき間が存在すると、炉心カラム間すき間の圧力が低下し冷却材漏れ流れが増加する可能性が大きくなるため、高温プレナムブロック間のすき間をシールすることが必要である。

従来、シール機構として、平板形の黒鉛シール要素が設計で考えられてきた。しかし、^{(1),(2)}実験によると、平板形シール機構では、くさび形のブロック間段差に対して漏れ流れ抵抗係数が大幅に変化することが確認された。高い出口温度（950℃）による原子炉の運転時には、冷却材漏れ流れの炉心熱流動特性への影響は大きくなるため、より抵抗係数の高かつ種々のブロック間段差に対して安定なシール機構の開発が必要とされている。

本論文では、これらの問題を解決するために、新しいシール機構を提案し、その漏れ流れ特性を空気流動実験により調べた。新しく提案したシール機構の概観をFig. 1に示す。このシール機構は三角形の断面を持つ黒鉛シール要素とV字形のシール溝から構成されている。本シール機構では、熱変形等によりプレナムブロックが変形してブロック間に相対段差が発生しても、三角柱形シール要素がシール溝面を滑るためシール溝とシール要素側面間のすき間はほとんど開かないと予測される。このため、本シール機構は従来の平板形に比較して極めて優れたシール性能を持つことが期待できる。また、本シール機構では冷却材の漏れ流れ特性が従来のシール機構に比較して簡単になるため、理論的に漏れ流れ量を把握することが可能になり、より正確な炉心内流動特性の予測に寄与するものと思われる。

2. 実 験 方 法

2.1 実験装置

実験装置のフローダイアグラムをFig. 2に示す。実験では、常温大気圧の空気を作動流体として使用した。試験部はダクトによりブロワ（5.5 kw）の吸い込み口に接続されてい

る。大きな圧力差（最大 25 kpa）を試験部に発生させるため、ブロウは同じものを 2 台並列に配置している。シール部からの漏れ流量の測定には、ダクトに設置された 4 台の層流形流量計を用いた。試験部での圧力差は、黒鉛試験体側部に開けた静圧孔により測定した。測定にはデジタル式の圧力計を用いて、大気圧との圧力差を求めた。試験部での圧力、流量調節は、ブロウ入口に取り付けられたバイパスダクトの流調弁により行った。

2.2 黒鉛試験体ブロック及びシール要素

黒鉛試験体ブロックモデルの概観図を Fig. 3 に示す。モデルは長さ約 220 mm の 2 つの黒鉛ブロックから構成される。それぞれのブロック上面角に長さ 200 mm のシール溝が加工されている。ここではシール要素端部からの漏れ流れを正確に評価するため、図のようにシール溝両端にシール要素止めを設けている。また、シール部での圧力損失を測定するためにブロック側面に静圧測定用孔を開けた。試験体シール部の上面図と断面図を Fig. 4 に示す。シール要素は長さ 198 mm のものを用いた。そのためシール溝との間にシール要素端部ギャップができる。実験では、シール要素両端に等しく 1 mm づつ端部ギャップを設定した。なお、後述する端部ギャップの影響を調べる試験では長さ約 99 mm のシール要素 2 個を用いて、シール部中央部に 1 か所ギャップを設定した。三角形シール要素は頂角 α の異なるものを 3 種類（70, 90, 110 度）用意した。黒鉛ブロックのシール溝は、シール要素の頂角と同じすべり面角度を持っている。シール要素の頂角には 2 mm の面取りがほどこされている。シール要素及び試験体ブロックは、すべて等方性高密度黒鉛（IG-11）を用いて製作した。ブロック間のギャップは基本的に 2 mm として漏れ流れ測定を行った。

実際の炉の運転時には、炉内の温度分布等の原因で高温プレナムブロック間に相対的な段差が発生する可能性がある。シール機構はこれらの段差に対して影響を受けると考えられるため、実験では予想される相対段差をモデルに設定して漏えい特性を調べた。実験で設定した段差を Fig. 5 に示す。ここでは平行段差とくさび形段差の 2 種類の段差について実験を行った。平行段差は、1 つのブロックが他方のブロックに対して平行に変位したものである。一方、くさび形段差は、側面から見たブロック間の相対変位がくさび形になっているもので、シール中央部でシール溝同士が交差しているもの 2 種類を考えた。平行、くさび形段差とも 2 mm の変位をモデルに設定した。

以上はシール機構の基本的な漏えい特性を調べるときのブロック及びシール要素の設定条件である。実験より明らかになったように、本シール機構ではシール要素端部（シール要素継目）のギャップからの漏れ流れを調べるのが重要である。これらの漏えい特性は、ブロック間ギャップ及びシール要素端部ギャップの幅に依存するものと考えられる。従って、次に端部ギャップの影響を調べる実験を行った。これらのギャップの種々の組合せ（ブロック間ギャップ：1, 2, 3, 4 mm, シール要素端部ギャップ：1, 2, 3 mm）についてシール要素中央部に端部ギャップを 1 か所設定して漏えい特性を測定した。

3. 実験結果

実験では、シール機構における圧力損失 Δp [Pa] と漏えい流量 M [kg/s] の関係を測定した。測定は、圧力損失 $\Delta p = 0 - 25$ kpa の範囲で行った。実験データの整理は、以下の漏れ流れ抵抗係数 A [m^{-4}] とレイノルズ数 Re の関係を用いて行った。

$$A = \frac{2\rho\Delta p}{M^2} \quad (1)$$

$$Re = \frac{4M}{\mu L} \quad (2)$$

ここで ρ 、 μ は流体の密度、粘度であり、 L はブロックのぬれ縁長さ ($200\text{mm} \times 2 = 400\text{mm}$) である。

3.1 高温プレナムブロック間の段差の漏れ流れ抵抗係数への影響

Fig. 6 に頂角 $\alpha = 90$ 度 (タイプ I) の場合の実験結果を示す。ここでは、ブロック間ギャップを 2 mm、シール要素端部ギャップを両端に 1 mm ずつ設定してある。実験結果より、2 mm の平行及びくさび形段差に対して、抵抗係数 A の減少は段差が無い場合に比較して最大でも 1/2 程度であることが分かる。これは本シール機構の抵抗係数はプレナムブロック間相対段差に大きな影響を受けないことを示している。このことは、従来から考えられてきた平板形のシール要素の漏えい特性と比較すると明かである。Fig. 7 に本シール機構と同じ設定条件で行った平板形シール機構による漏えい実験結果を示す。図より分かるように平板形シールでは、2 mm 程度のくさび形段差に対して、抵抗係数 A が 2 オーダ程度減少する。一方、本シール機構は極めて良い特性を示していることが分かる。

本シール機構における頂角 α の漏れ流れ特性に与える影響について調べるため、 $\alpha = 70$ 度 (タイプ II) 及び 110 度 (タイプ III) の場合について実験を行った。結果を Fig. 8(a), (b) に示す。 $\alpha = 90$ 度の場合に比較して、抵抗係数の全体の傾向 (絶対値、段差依存性等) はほぼ同じであった。但し、詳細には頂角により以下のような漏えい特性が明らかになった。段差が無い場合では、抵抗係数の絶対値は頂角が小さくなるにつれて小さくなることが分かった。しかし、ブロック間相対段差に対する抵抗係数 A の変化は、頂角 α が大きくなるにつれて大きくなることが分かった。これは、頂角 α が大きくなると平板形のシール機構の漏えい特性に近づくためであると思われる。しかしながら、タイプ III ($\alpha = 110$ 度) の場合では、2 mm の段差に対する抵抗係数の変化は最大でも 2 倍程度である。以上の結果より、頂角 α の変化はシール機構の漏えい特性に大きな影響を与えないことが分かった。そのため、以下の実験は $\alpha = 90$ 度の場合について行った。

本シール機構では、プレナムブロック間に相対変位が発生してもシール要素がシール溝上を滑る構造となっているため、シール要素とシール溝の間に発生するギャップは極めて小さい。これは、平行及びくさび形のそれぞれの段差に対して成立する。このため、シール機構での冷却材の漏えいは大部分シール要素端部ギャップで発生していると考えられる。そのため、ここで述べた実験結果では、シール要素両端1mmづつのギャップで大部分の漏えいが発生している。この結果は実験においても端部ギャップを真空漏れ止め用コンパウンドでシールすることにより、容易に確かめることができた。以上の結果より、本シール機構を用いると、シール部からの漏えい流量の予測及び炉内の流量配分解析を著しく簡単かつ明確にすることができる。

3.2 シール要素端部ギャップの漏れ流れ抵抗係数への影響

3.1での結果より、本シール機構の漏えいは大部分シール要素の端部ギャップで支配されていることが分かった。シール要素端部ギャップからの漏れ流れ特性はシール要素の幾何学的形状に依存する。そのため、その正確な漏えい特性は具体的な形状を決定してから実寸大のモデルを用いて実験により決定する必要がある。

ここでは、シール構造のより詳細な設計を行うためのデータを得るために、基本的なシール要素端部ギャップからの漏れ流れ実験を行った。シール要素端部ギャップからの漏れ流れは、ブロック間の相対段差及びギャップ幅、シール要素端部ギャップ幅に支配されると考えられる。そのため、これらのパラメータを広い範囲で変化させて実験を行った。

実験では、100mmと100mmよりやや短いシール要素を2個用いて、シール要素端部ギャップをシール部中央に1か所設定した。ブロック間の相対段差は平行段差で1.4mmの範囲で変化させた。これはくさび形段差の場合でもシール要素端部ギャップを局所的に見るとすべて平行段差とみなすことができるためである。ブロック間のギャップ幅(δb)は1.4mm、シール要素端部ギャップ幅(δs)は1.3mmの範囲で変化させた。実験結果の一例としてシール要素端部ギャップ $\delta s=2$ mmの場合をFig.9に示す。これらの図より分かるように抵抗係数はレイノルズ数に対してほぼ一定である。しかし、低レイノルズ数及び高レイノルズ数領域で抵抗係数がやや増加する傾向がみられる。これは、低レイノルズ数領域では気体の粘性、高レイノルズ数領域では気体の圧縮性に起因するものと考えられる。これらの結果で、シール要素端部ギャップ $\delta s=2$ mm、平行段差4mm、ブロック間ギャップ $\delta b=4$ mmの場合でも、 10^{10} m^{-4} の抵抗係数が得られていることは注目できる。シール要素端部ギャップを1mm程度に抑えることができるならば、より高い抵抗係数を得ることも期待できるため、シール要素端部継目部分の詳細な設計が今後の課題であろう。このシール要素端部間のギャップ幅の設計は、シール要素の熱膨張によるシール要素同士の干渉など総合的な見地からの考察が必要であろう。また、3つのプレナムブロック間ギャップが合流した場所でのシール要素端部の設計も重要である。

4. 考察—有効ブロック間距離モデルによる実験結果の検討

3.2で得られた実験結果をシール要素の設定パラメータから理論的に予測するため、有効ブロック間距離モデルによる解析を行った。シール部での漏れ流れは、前項の結果より大部分シール要素端部のギャップで発生しているものと考えられる。実験結果より抵抗係数はほとんどレイノルズ数に依存せず一定になっているため、漏れ流れはほぼ慣性力が支配する領域にあることが予測される。本シール機構の場合のように、漏れ流れの発生している場所の流路断面積 A が明確に定義できる時は、漏れ流れ抵抗係数 A を面積 A の2乗で割った無次元の抵抗係数 $K (= A/A^2)$ により実験結果を整理できる。

漏れ流れ部の流路断面積 A は、ブロック間ギャップ幅 δb とシール要素端部ギャップ幅 δs の積により計算できる。しかしながらFig. 10より分かるように、ブロック間に段差が発生すると漏れ流れ流量を決定するブロック間ギャップが設定したブロック間ギャップ δb より大きくなることが予測される。ブロック間ギャップと平行段差を1mmから4mmまで変化させた時のシール部断面図をFig. 11に示す。本シール要素では、頂角に2mmの面取りが施されている。また、くさび形段差の場合は局所的に見ると平行段差と見なすことができるため、平行段差の解析のみ行えば良い。

漏れ流れ流量を決定する有効ブロック間ギャップ幅 $\tilde{\delta b}$ として、Fig. 11に示す2つのケースについて検討を行った。ケース1の有効ブロック間ギャップは、図に示すようにシール要素の面取り下面部に沿って水平な距離で定義したものである。一方、ケース2の有効ギャップ幅は、シール要素下面のぬれ縁に沿った距離で定義してある。これら2つの有効ブロック間ギャップ幅のブロック間ギャップ幅 δb および平行段差による変化の様子をFig. 12に示す。シール要素頂角部の面取りがあるため、段差が小さいときに有効ギャップ幅が一定になる部分がでてくる。また、段差が大きくなるとケース2の有効ギャップ幅はケース1に比較して大きくなる。検討の結果、ケース1の有効ギャップの方がケース2の場合に比較して実験結果を良く記述できることが分かった。

ケース1の有効ブロック間ギャップ幅を用いて、第3章における漏れ流れ抵抗係数 A の実験結果より無次元の抵抗係数 K を求めた結果をFig. 13に示す。ブロック間ギャップ δb が1mmの場合はブロック間ギャップの圧力損失が少しあるためこの結果から除外してある。図の結果より分かるように、抵抗係数 K はほぼ1.0となっている。シール要素端部ギャップ幅が $\delta s = 1.0$ mmの場合は、 K が1.0以下になっている所が見られる。これはシール要素端部ギャップ幅が減少するに伴いシール要素とシール溝面との接触面間のすき間および黒鉛材中を透過する微少な漏れ流れが影響しているものと思われる。シール要素端部ギャップ幅1mmおよび2mm、3mmの場合の平均抵抗係数 K は、それぞれ0.998および1.26(シール要素端部ギャップ幅2mmと3mmの場合の実験結果の平均値)となる。これにより、有効ブロック間ギャップ幅と上記の K の数値を用いるとシール部の漏れ流れ抵抗係数 A を計算できる。抵抗係数を無次元の形で整理することは、シール要素の寸法が変化しても、この

考えを適用して漏れ流れ抵抗係数 A を予測することができるため、非常に有用である。

ブロック間ギャップ幅 δb が 1 mm の場合の結果を Fig. 14 に示す。ブロック間ギャップの圧力損失のため抵抗係数 K は Fig. 13 の場合よりやや高くなっているのが分かる。また、ここでの抵抗係数 K は、ブロック間の圧力損失が無視できる場合の約 1.6 倍になっていることが分かった。

5. 結 論

高温ガス炉炉床部プレナムブロック間の漏れ流れを減少させるため、新しいシール構造を提案した。このシール構造は、三角形の断面を持つ黒鉛シール要素と V 字形のシール溝から構成されている。このシール機構を模擬した試験体により空気流動実験を行った。これにより、三角柱形シール要素は、従来から設計で検討されている平板形のシール要素と比較して極めて高いシール性能を持つことが明らかになった。特に、本シール機構は、平板形シール機構で弱点とされていたくさび形ブロック間段差に対して有効であることが分かった。また、本シール機構からの漏れ流れが大部分シール要素端部のギャップで発生していることから、シール部での漏れ流れ抵抗係数を予測することが可能になった。これにより、炉心における熱流動特性をより正確に把握することに寄与するものと思われる。

謝 辞

本研究を遂行するに当り有益な助言を頂いた高温工学部高温構造工学研究室長武藤康氏に感謝致します。また、実験を行うに当り協力頂いた高温工学部高温試験技術室橋勝美氏、および原子力エンジニアリング課飯田芳男氏に感謝致します。

文 献

- (1) KABURAKI, H. and TAKIZUKA, T.: J. Nucl. Sci. Tech. Vol. 24, No. 9, pp. 730-764, (1987).
- (2) KABURAKI, H. et al.: 日本原子力学会誌 Vol. 30, No.5 (1988).

考えを適用して漏れ流れ抵抗係数 A を予測することができるため、非常に有用である。

ブロック間ギャップ幅 δb が 1 mm の場合の結果を Fig. 14 に示す。ブロック間ギャップの圧力損失のため抵抗係数 K は Fig. 13 の場合よりやや高くなっているのが分かる。また、ここでの抵抗係数 K は、ブロック間の圧力損失が無視できる場合の約 1.6 倍になっていることが分かった。

5. 結 論

高温ガス炉炉床部プレナムブロック間の漏れ流れを減少させるため、新しいシール構造を提案した。このシール構造は、三角形の断面を持つ黒鉛シール要素と V 字形のシール溝から構成されている。このシール機構を模擬した試験体により空気流動実験を行った。これにより、三角柱形シール要素は、従来から設計で検討されている平板形のシール要素と比較して極めて高いシール性能を持つことが明らかになった。特に、本シール機構は、平板形シール機構で弱点とされていたくさび形ブロック間段差に対して有効であることが分かった。また、本シール機構からの漏れ流れが大部分シール要素端部のギャップで発生していることから、シール部での漏れ流れ抵抗係数を予測することが可能になった。これにより、炉心における熱流動特性をより正確に把握することに寄与するものと思われる。

謝 辞

本研究を遂行するに当り有益な助言を頂いた高温工学部高温構造工学研究室長武藤康氏に感謝致します。また、実験を行うに当り協力頂いた高温工学部高温試験技術室橋勝美氏、および原子力エンジニアリング(株)飯田芳男氏に感謝致します。

文 献

- (1) KABURAKI, H. and TAKIZUKA, T.: J. Nucl. Sci. Tech. Vol. 24, No. 9, pp. 730-764, (1987).
- (2) KABURAKI, H. et al.: 日本原子力学会誌 Vol. 30, No.5 (1988).

考えを適用して漏れ流れ抵抗係数 A を予測することができるため、非常に有用である。

ブロック間ギャップ幅 δb が 1 mm の場合の結果を Fig. 14 に示す。ブロック間ギャップの圧力損失のため抵抗係数 K は Fig. 13 の場合よりやや高くなっているのが分かる。また、ここでの抵抗係数 K は、ブロック間の圧力損失が無視できる場合の約 1.6 倍になっていることが分かった。

5. 結 論

高温ガス炉炉床部プレナムブロック間の漏れ流れを減少させるため、新しいシール構造を提案した。このシール構造は、三角形の断面を持つ黒鉛シール要素と V 字形のシール溝から構成されている。このシール機構を模擬した試験体により空気流動実験を行った。これにより、三角柱形シール要素は、従来から設計で検討されている平板形のシール要素と比較して極めて高いシール性能を持つことが明らかになった。特に、本シール機構は、平板形シール機構で弱点とされていたくさび形ブロック間段差に対して有効であることが分かった。また、本シール機構からの漏れ流れが大部分シール要素端部のギャップで発生していることから、シール部での漏れ流れ抵抗係数を予測することが可能になった。これにより、炉心における熱流動特性をより正確に把握することに寄与するものと思われる。

謝 辞

本研究を遂行するに当り有益な助言を頂いた高温工学部高温構造工学研究室長武藤康氏に感謝致します。また、実験を行うに当り協力頂いた高温工学部高温試験技術室橋勝美氏、および原子力エンジニアリング(株)飯田芳男氏に感謝致します。

文 献

- (1) KABURAKI, H. and TAKIZUKA, T.: J. Nucl. Sci. Tech. Vol. 24, No. 9, pp. 730-764, (1987).
- (2) KABURAKI, H. et al.: 日本原子力学会誌 Vol. 30, No.5 (1988).

考えを適用して漏れ流れ抵抗係数 A を予測することができるため、非常に有用である。

ブロック間ギャップ幅 δb が 1 mm の場合の結果を Fig. 14 に示す。ブロック間ギャップの圧力損失のため抵抗係数 K は Fig. 13 の場合よりやや高くなっているのが分かる。また、ここでの抵抗係数 K は、ブロック間の圧力損失が無視できる場合の約 1.6 倍になっていることが分かった。

5. 結 論

高温ガス炉炉床部プレナムブロック間の漏れ流れを減少させるため、新しいシール構造を提案した。このシール構造は、三角形の断面を持つ黒鉛シール要素と V 字形のシール溝から構成されている。このシール機構を模擬した試験体により空気流動実験を行った。これにより、三角柱形シール要素は、従来から設計で検討されている平板形のシール要素と比較して極めて高いシール性能を持つことが明らかになった。特に、本シール機構は、平板形シール機構で弱点とされていたくさび形ブロック間段差に対して有効であることが分かった。また、本シール機構からの漏れ流れが大部分シール要素端部のギャップで発生していることから、シール部での漏れ流れ抵抗係数を予測することが可能になった。これにより、炉心における熱流動特性をより正確に把握することに寄与するものと思われる。

謝 辞

本研究を遂行するに当り有益な助言を頂いた高温工学部高温構造工学研究室長武藤康氏に感謝致します。また、実験を行うに当り協力頂いた高温工学部高温試験技術室橋勝美氏、および原子力エンジニアリング榎飯田芳男氏に感謝致します。

文 献

- (1) KABURAKI, H. and TAKIZUKA, T.: J. Nucl. Sci. Tech. Vol. 24, No. 9, pp. 730-764, (1987).
- (2) KABURAKI, H. et al.: 日本原子力学会誌 Vol. 30, No.5 (1988).

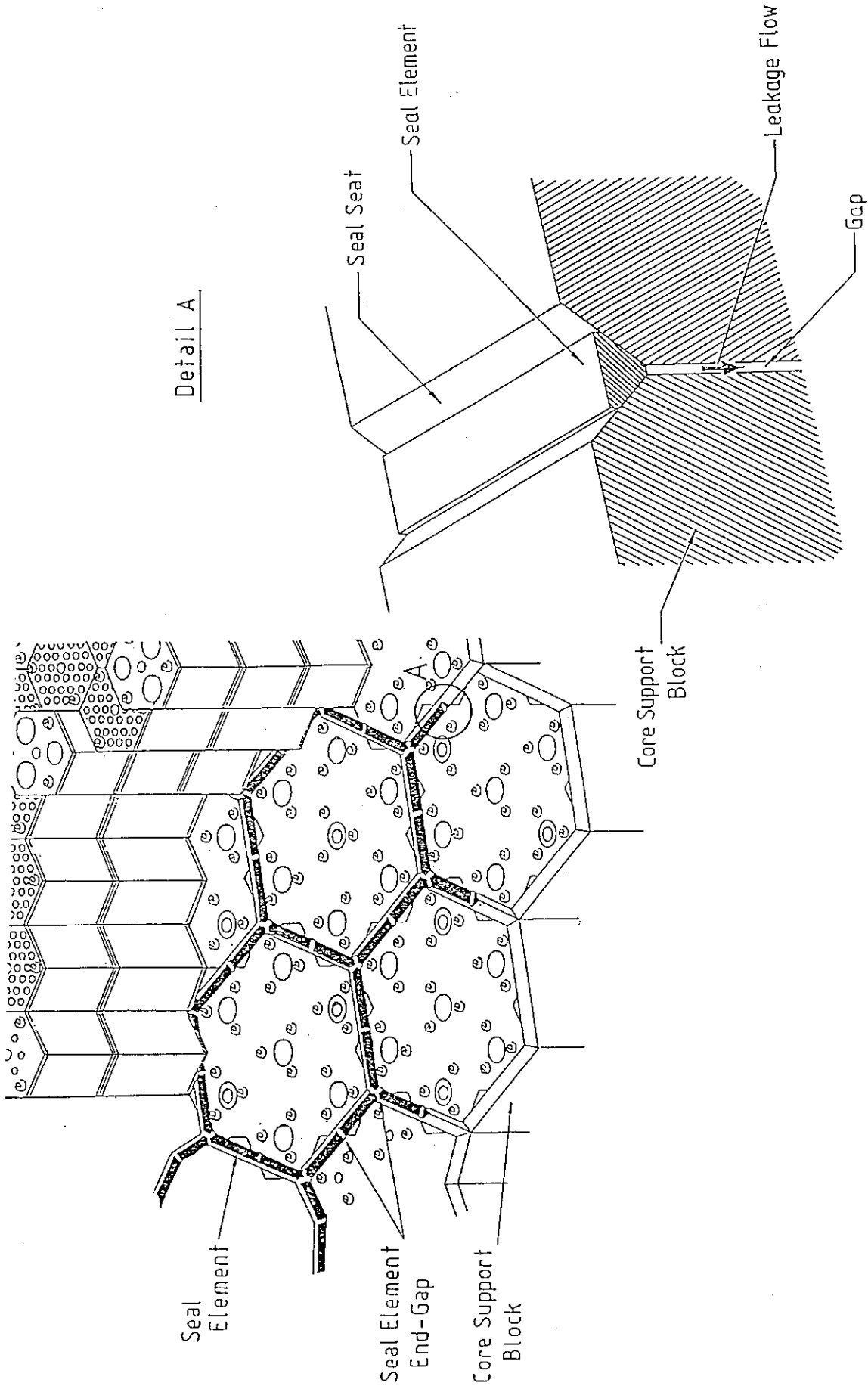


Fig. 1 A concept of the proposed seal mechanism

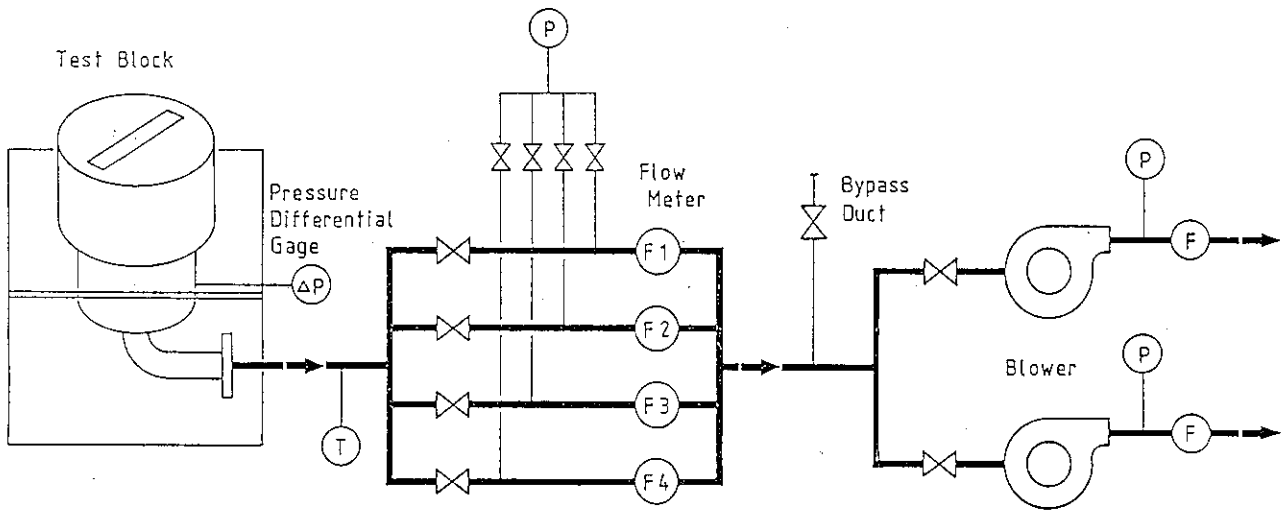


Fig. 2 Flow diagram

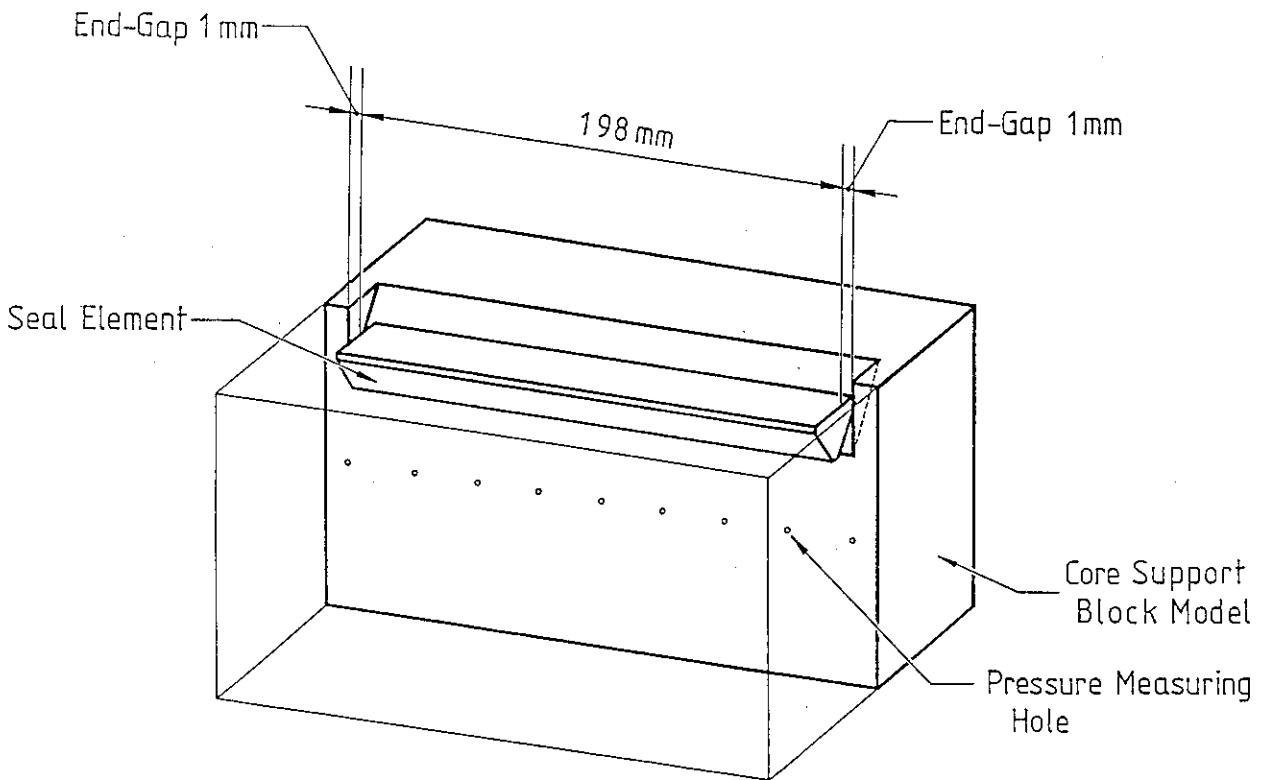


Fig. 3 Graphite seal element and test block

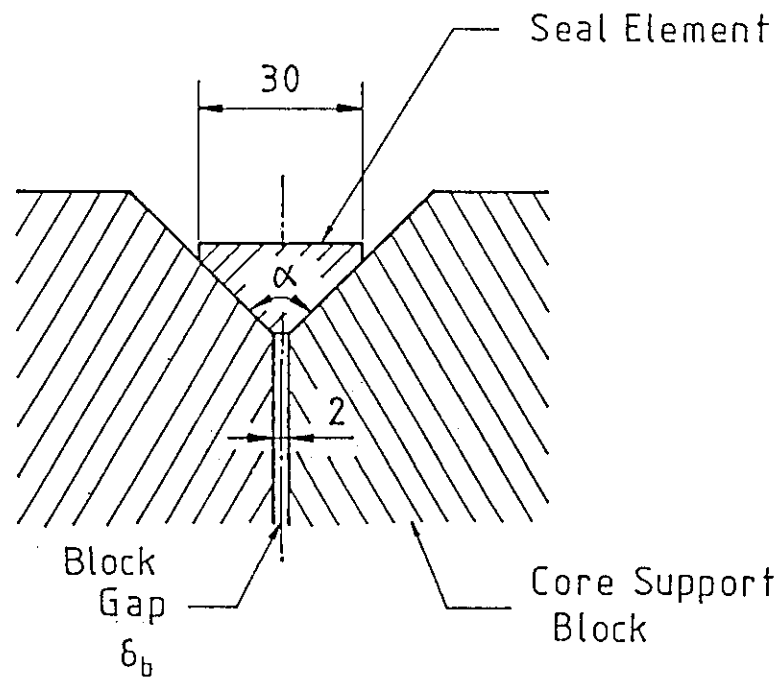
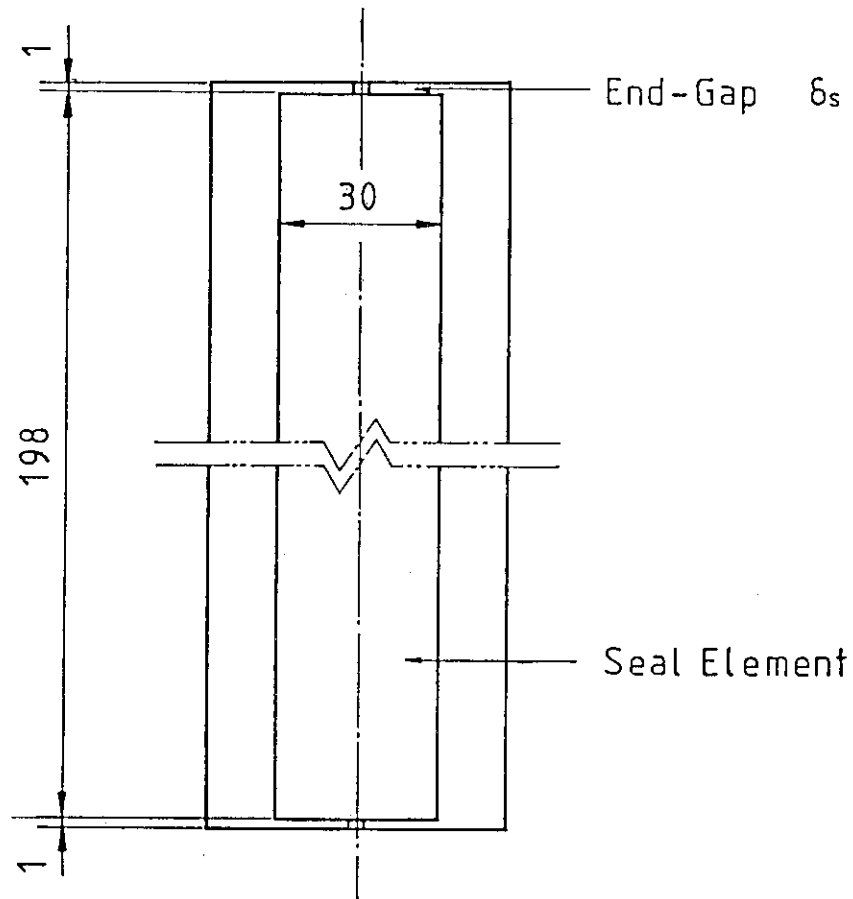


Fig. 4 A plan and side view of the seal element

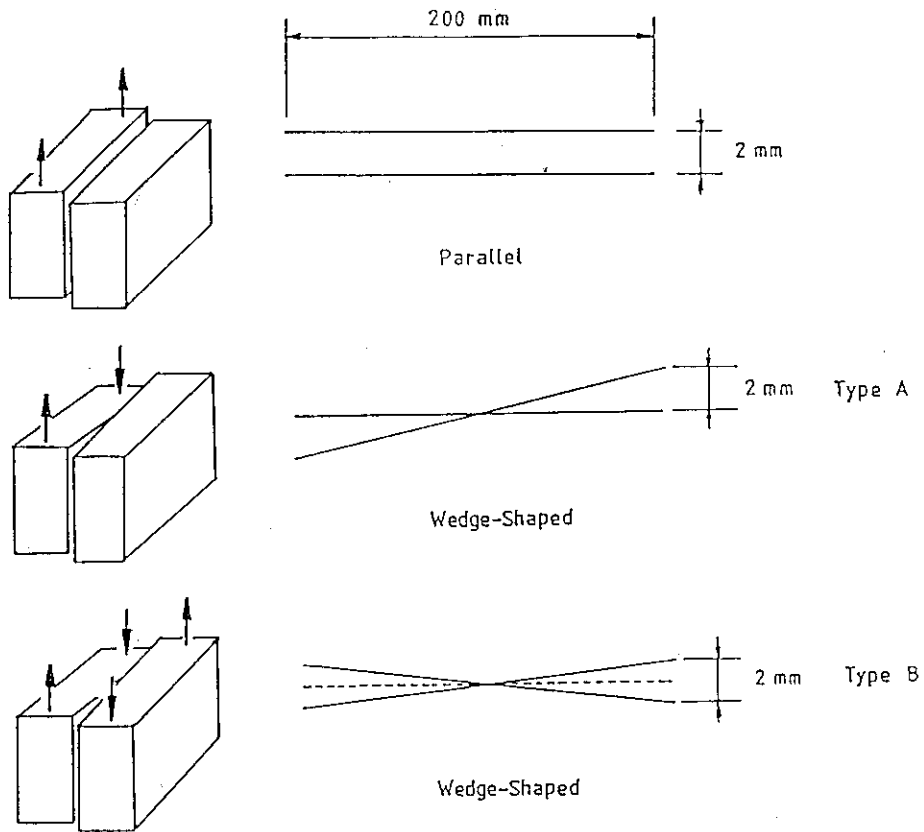


Fig. 5 Relative block displacements between blocks

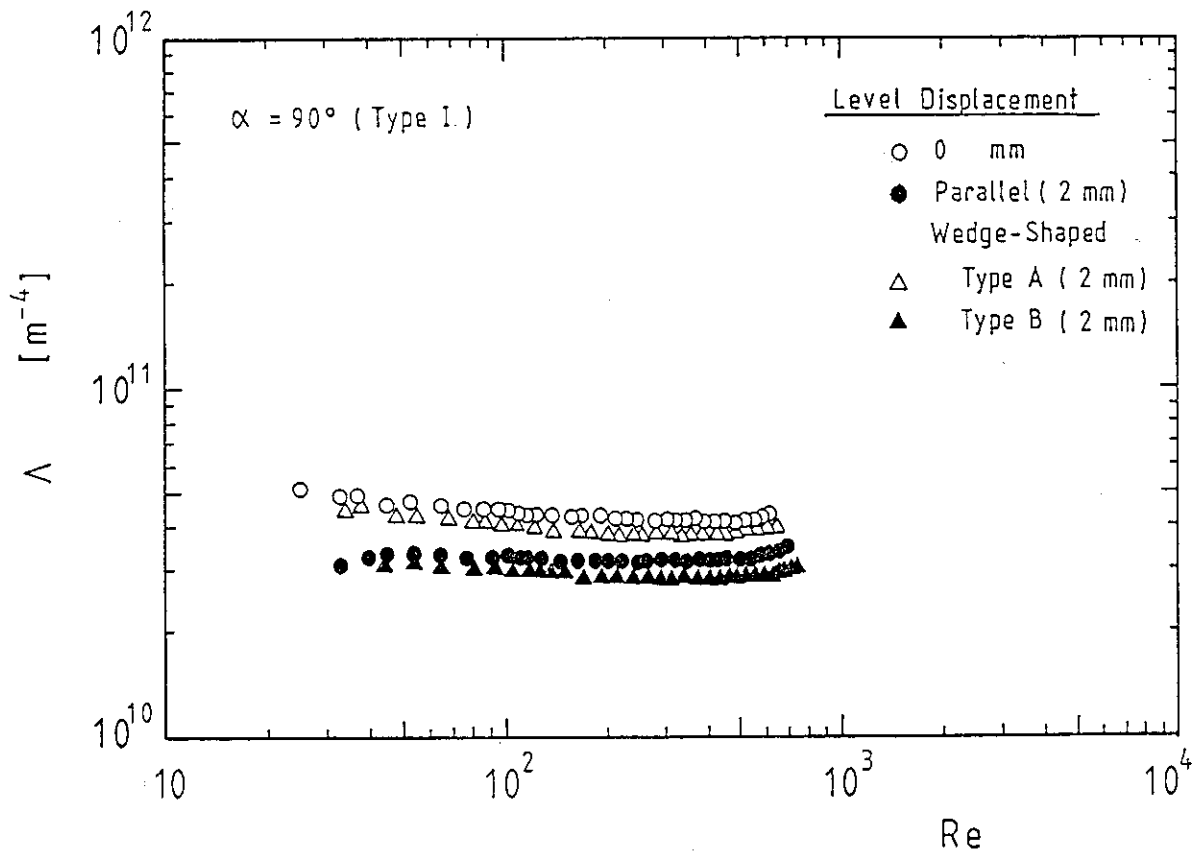


Fig. 6 λ vs. Re relation for type I seal mechanism

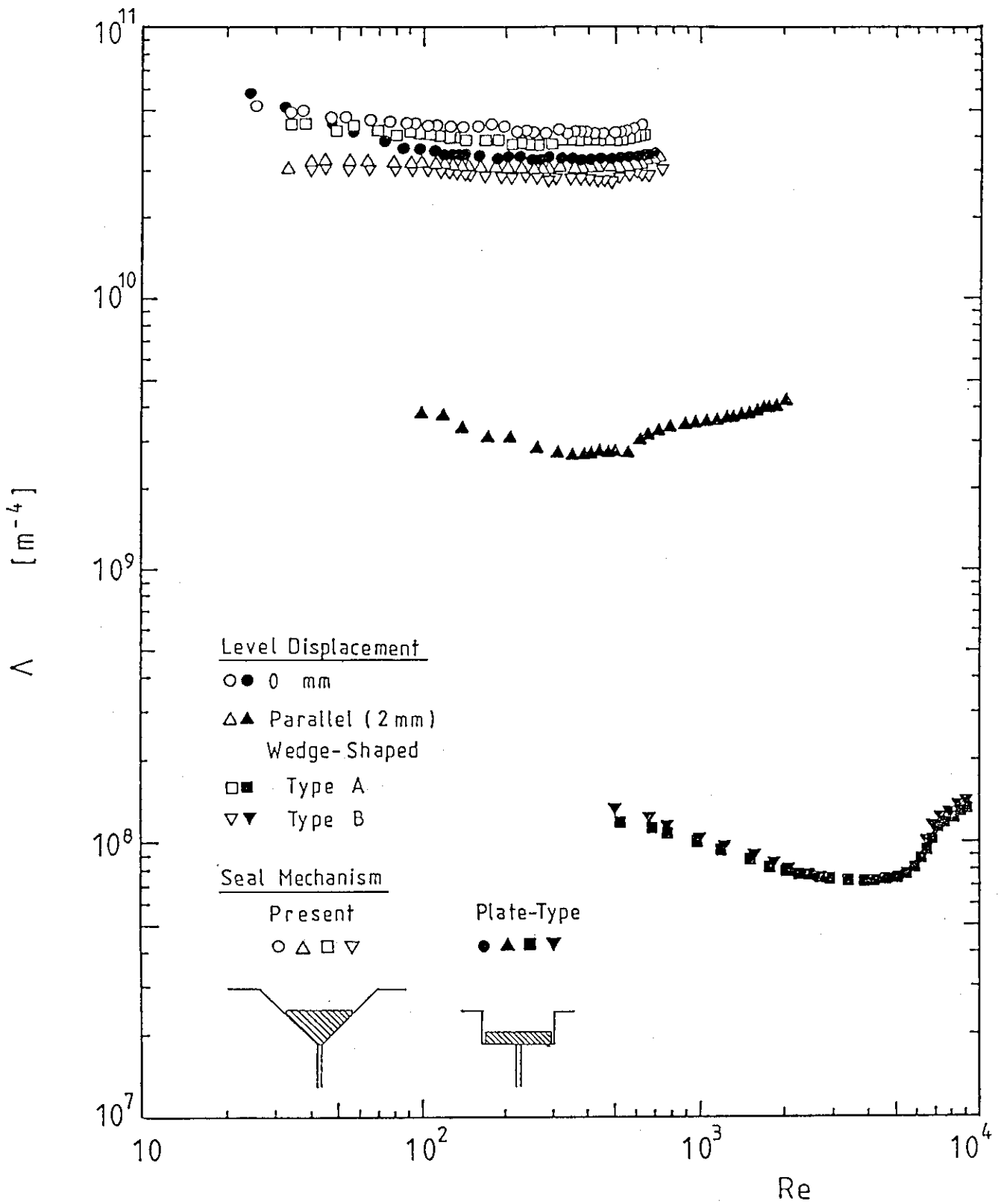


Fig. 7 Comparison of λ for the present seal mechanism with that for the plate-type seal mechanism

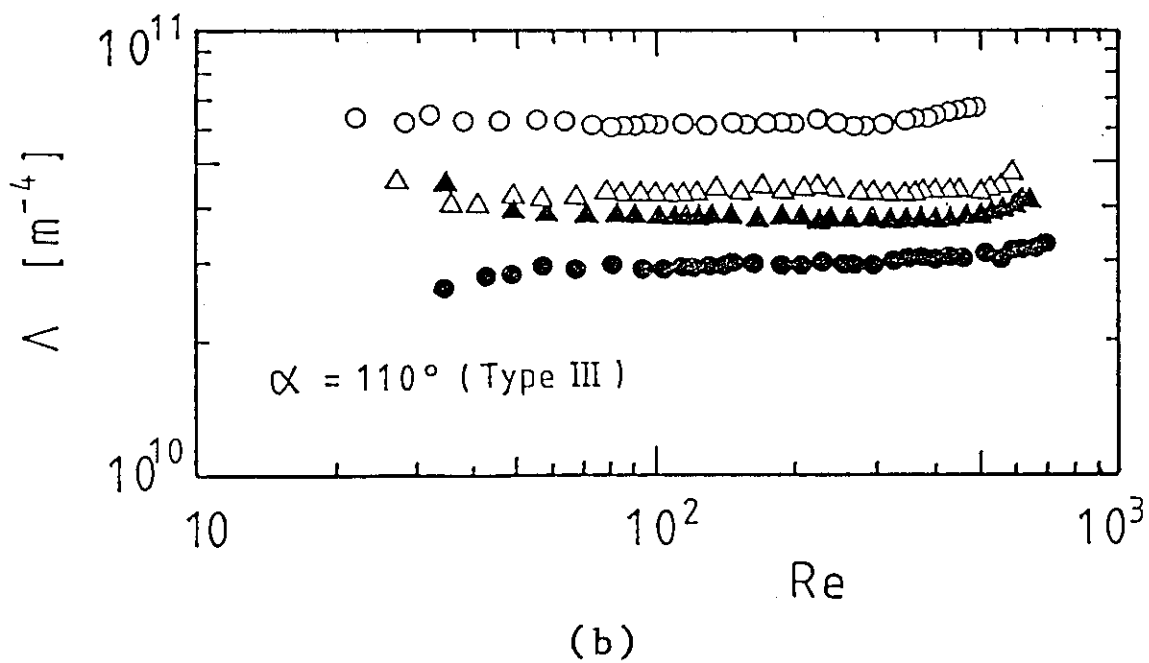
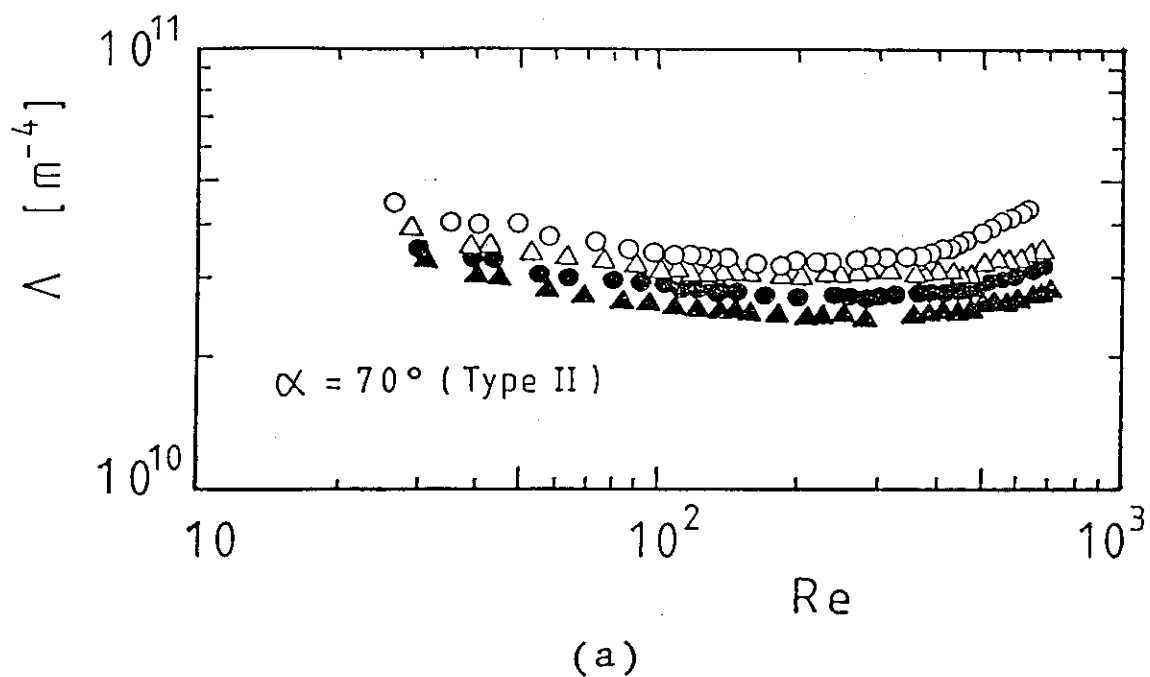


Fig. 8 λ vs. Re relation for type II and III seal mechanism
(See Fig. 6 for legend)

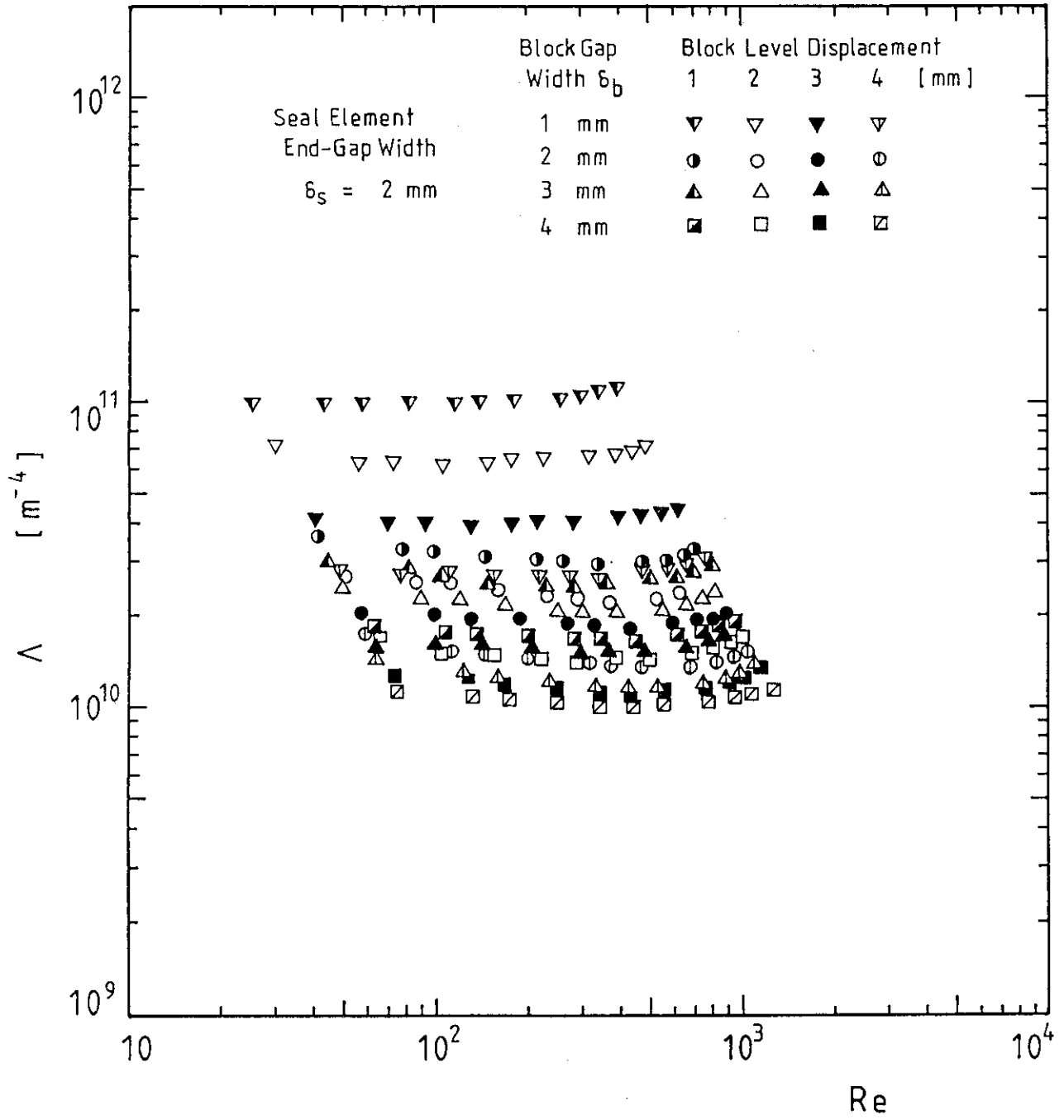


Fig. 9 Effect of block gap width and level displacement on Λ

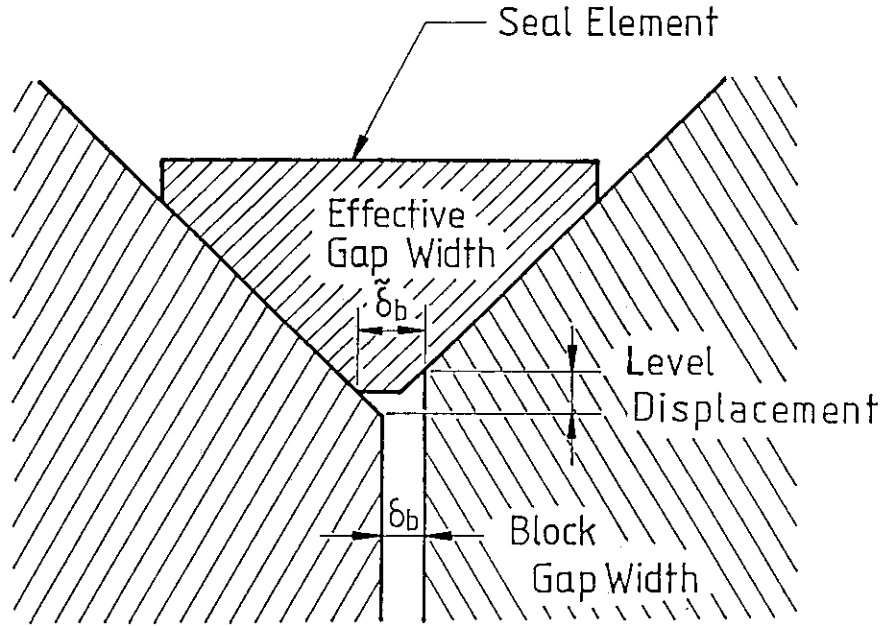


Fig. 10 A side view of displaced seal element

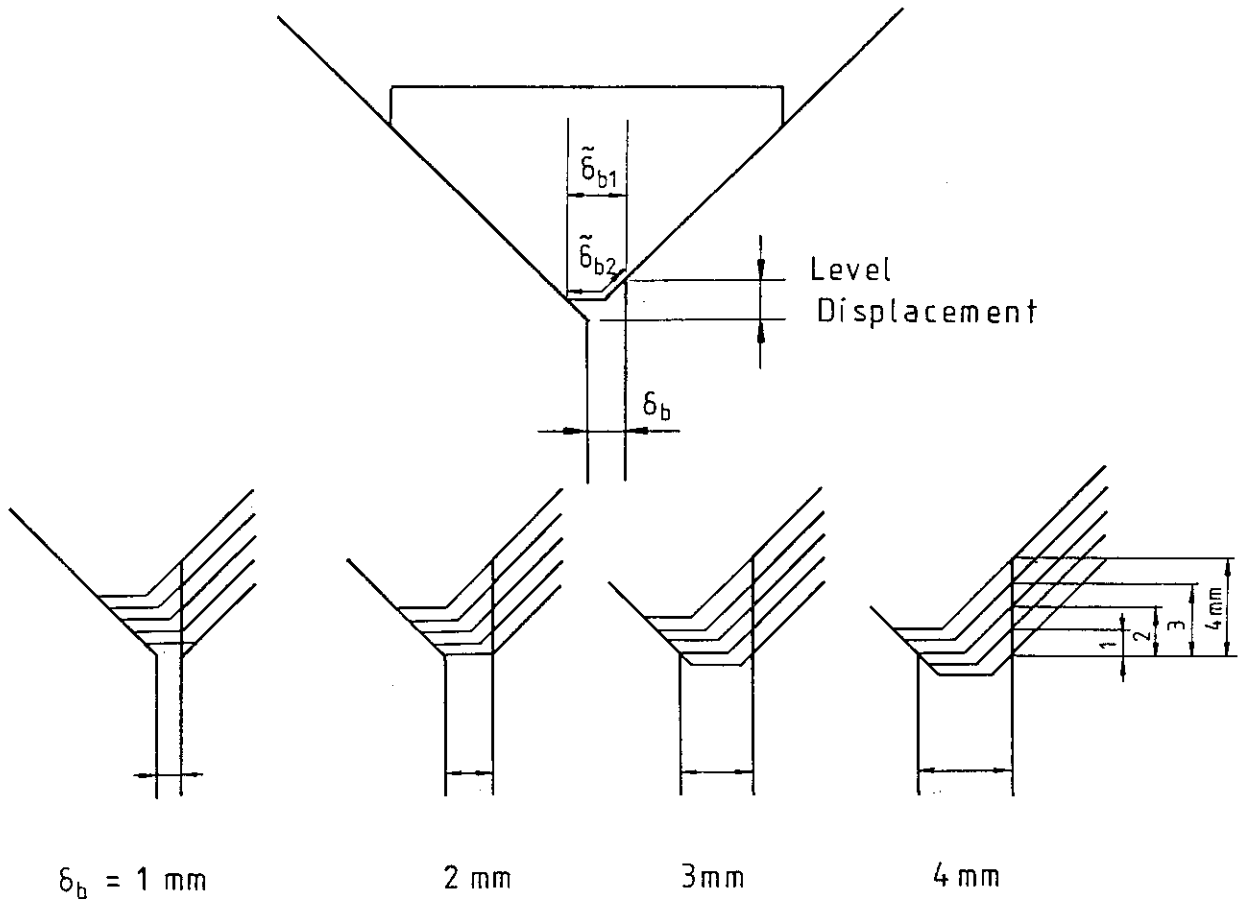


Fig. 11 Effective gap width between blocks

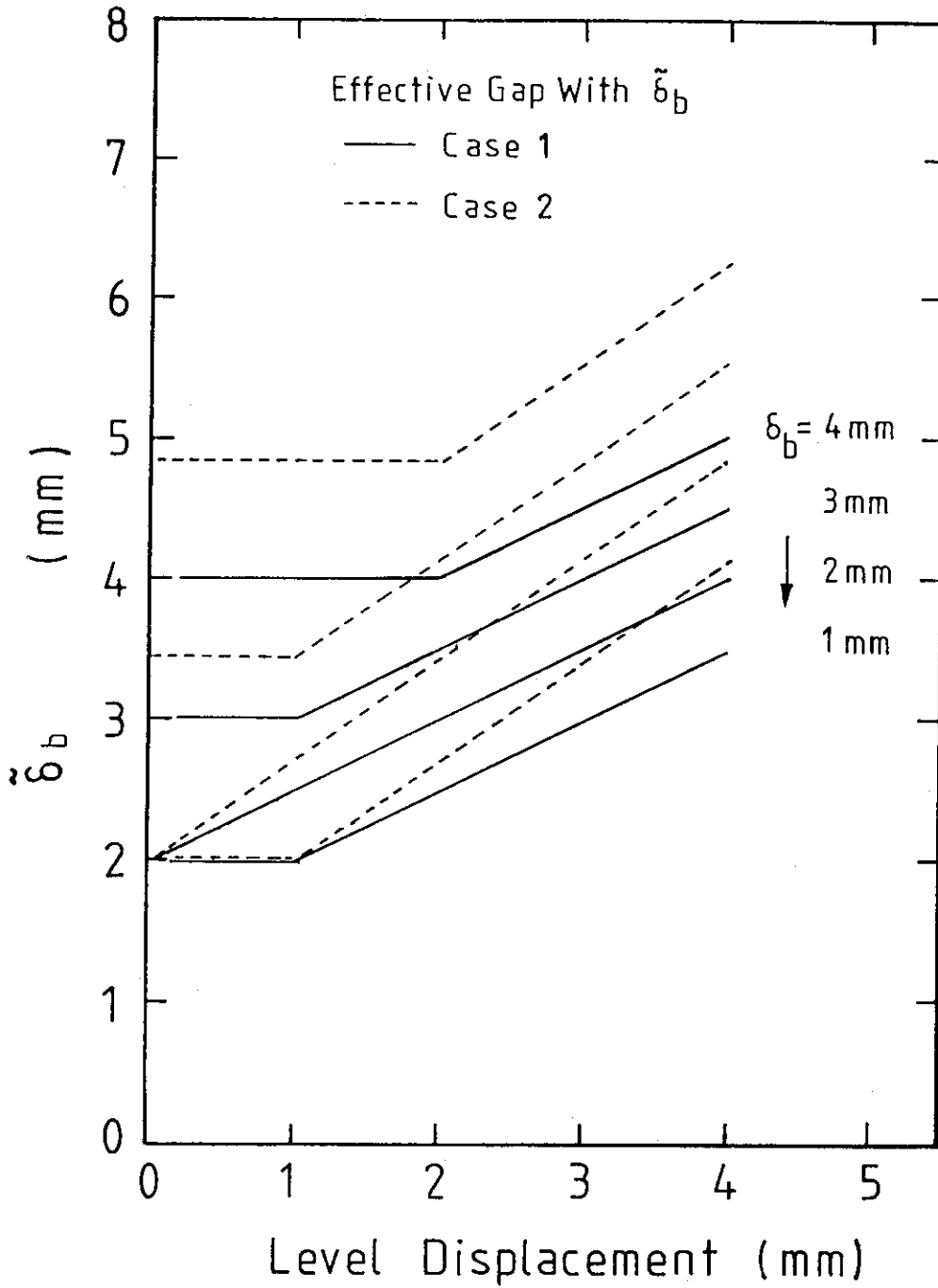


Fig. 12 Variation of effective gap width with level displacement

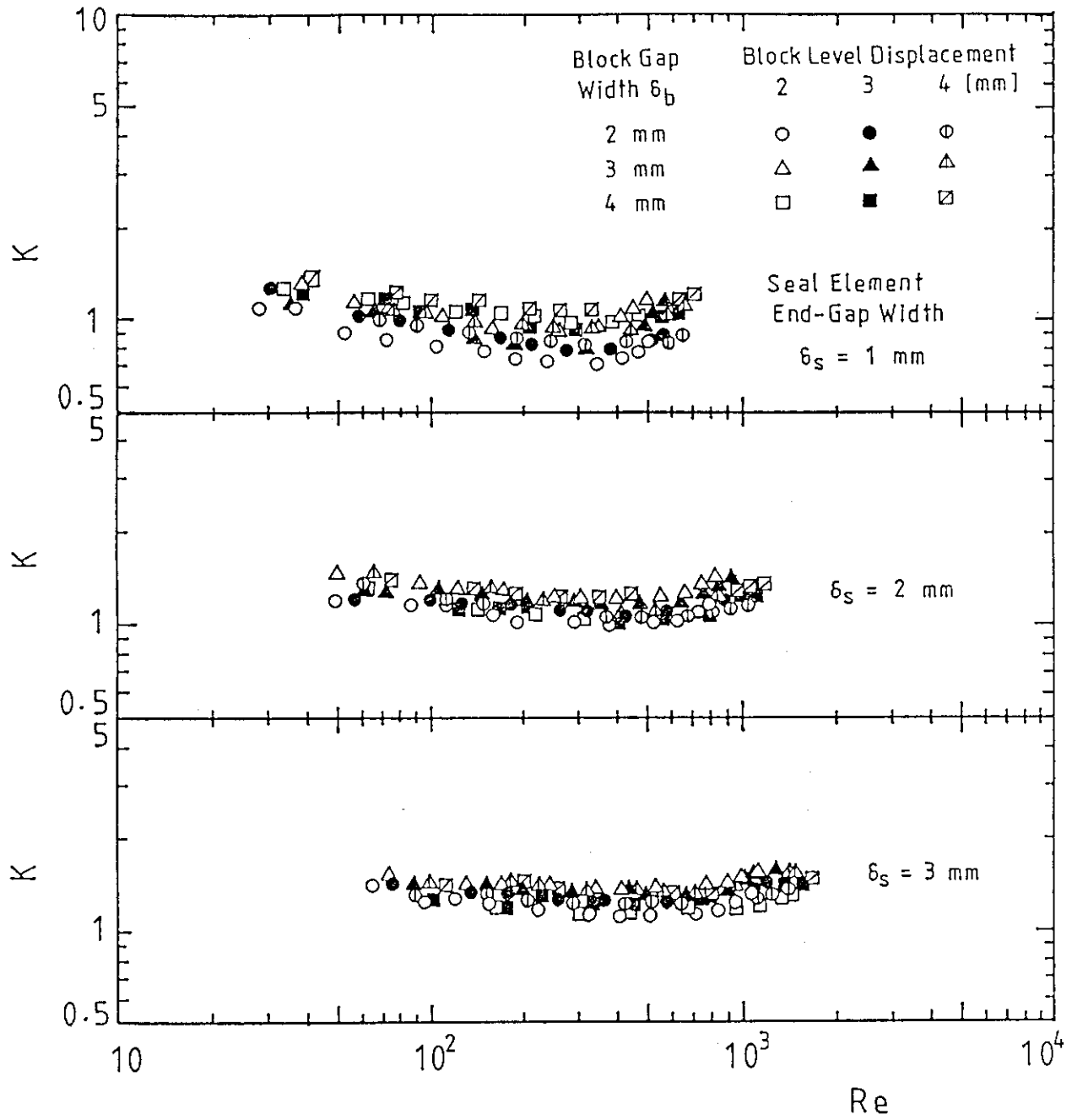


Fig. 13 Dimensionless pressure loss coefficient K vs. Re relation

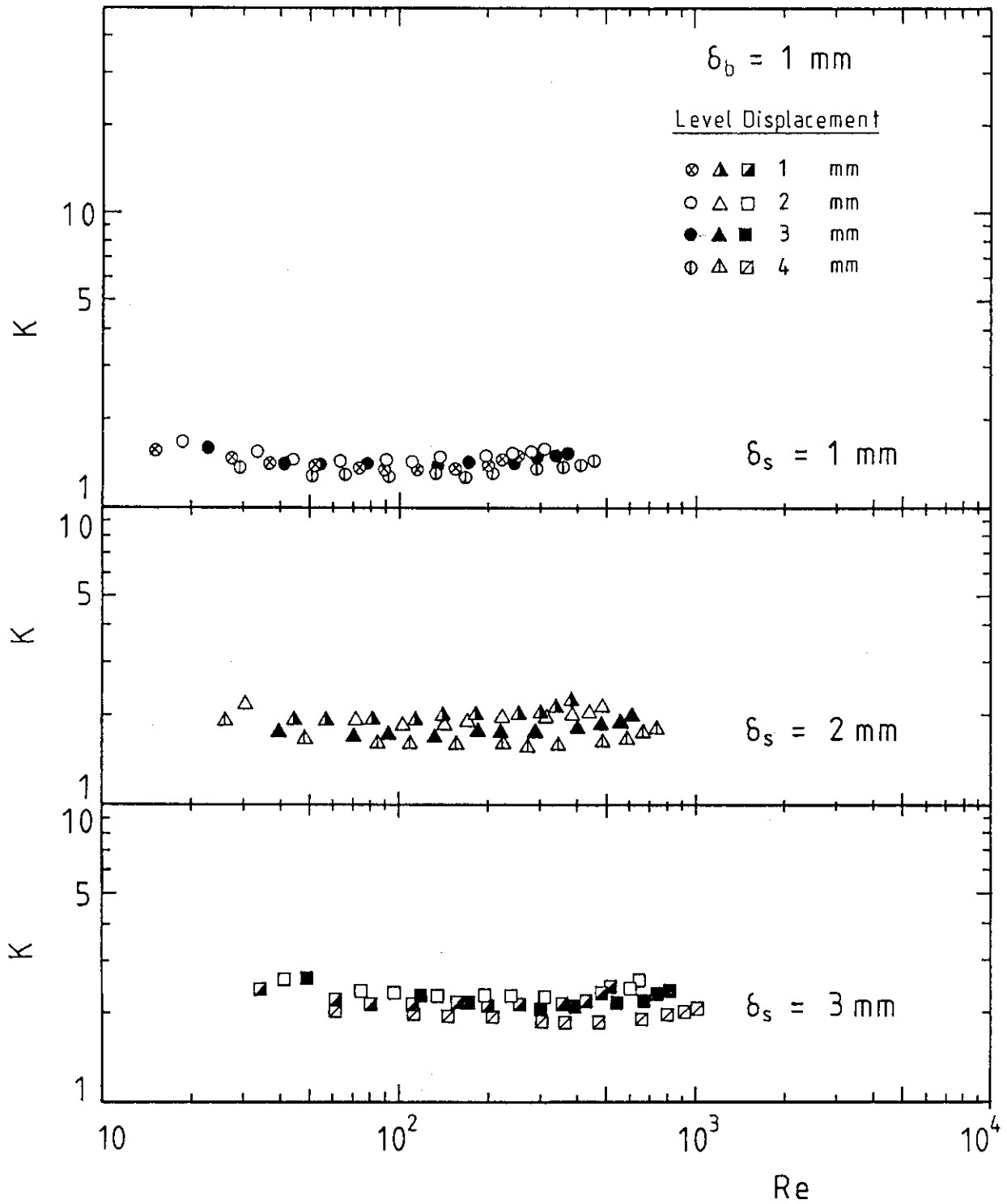


Fig. 14 K vs. Re relation when $\delta_b = 1.0 \text{ mm}$