

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	地下躯体の先やり外防水工法の防水性の評価試験方法に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	岡本肇
Author(English)	Hajime Okamoto
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第8382号, 授与年月日:2011年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:田中 享二
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第8382号, Conferred date:2011/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

地下躯体の先やり外防水工法の 防水性の評価試験方法に関する研究

環境理工学創造専攻

08D29034

岡本 肇

2011/2/9

要 旨

本論文は「地下躯体の先やり外防水工法の防水性の評価試験方法に関する研究」と題し、山留め壁に防水層を施工した後にコンクリートを打設して、躯体の外側に防水層を設ける「先やり外防水工法」について、基本性能である防水性の評価試験方法に関しての研究であり、全8章より構成されている。

「第1章 序論」では、研究の背景、及び、研究目的を述べている。

「第2章 既往の研究」においては、既往の地下防水工法の評価方法、本工法に関連するコンクリートの透水性や組成に関する研究について総括している。

「第3章 地下躯体先やり外防水工法の現状の課題把握」では、本工法の実状を不具合事例アンケートにより調査した結果を示し、本工法の防水性を阻害する要因を整理している。不具合の原因は、防水工事自体だけでなく、他の工事に関係する場合も多く、本工法の確立には地下工事全体として考える必要性を述べている。また、調査結果をもとにして、防水性を評価すべき部位や加わる外力を分類している。

「第4章 地下躯体先やり外防水工法の実状の確認試験」では、実際に生じている不具合状況を確認するため、地下躯体の約1/3寸法の試験体を用いた加圧透水試験を行って、漏水が発生する状況を確認し、漏水が生じやすい部位、防水層とコンクリート躯体との関係を示している。ゴムアスファルトエマルジョン系塗膜防水と非加硫ブチルゴム系シート防水の2種類の防水材を用いた試験体での試験結果より、防水機能の弱点となりうる部位として、セパレータ等の防水層貫通部、防水層損傷部が重要であることを示している。

「第5章 防水層貫通部、防水層損傷部での防水性評価試験」では、第4章で抽出された防水機能の弱点となりうる部位である、防水層貫通部と防水層損傷部について、その部分を含む試験体を用いて加圧透水試験での詳細評価を行っている。試験体は、コンクリート打設方向の違い、試験対象部高さ、セパレータ種類をパラメータとして作成し、地下を想定した水圧で加圧した状態での漏水状況を観察している。防水層貫通部であるセパレータ部では、コンクリート打設方向により防水性が大きく異なり、鉛直方向打設の場合は、ブリーディングの影響により水みちができ、漏水し易い状況になることを明確にしている。防水層損傷部では、鉛直方向打設の場合に、防水層近傍のコンクリート部分を侵入水が伝わり、コンクリートと防水層が密着状態にあっても、水が横走りし、漏水につながる可能性があることも明らかにしている。この防水層近傍のコンクリートが水を通しやすい状況

は、水銀圧入法を用いた細孔構造の分析結果からも裏付けられている。これらを踏まえ、本工法の評価試験に際して試験体や試験条件で配慮すべき事項を整理している。

「第6章 試験体の小型化の検討」は、防水機能の弱点となりうる部位のコンクリートの、防水層貫通部の水みちと、防水層損傷部から透過した水の横走りに関係する、防水層近傍のコンクリートの透水し易い組織を形成する小型試験体の製作方法について検討している。コンクリートの打設高さや打設方向を変えた試験体を用いて、加圧透水試験や細孔分布測定での評価により、防水層貫通部の水みちは、試験体寸法に関わらず、鉛直方向に打設した場合に存在し、防水層近傍のコンクリートの透水し易い組織は、試験体の上部に存在することを明らかにしている。さらに、防水層近傍のコンクリートの透水し易い組織ができるメカニズムは、コンクリートの圧密とブリーディングによるものと考え、取り扱いやすい寸法の試験体で構成する方法として、回転による遠心力を与え、コンクリートの圧密とブリーディングを促進させる試験体を作成する方法を提案している。その結果、回転速度や試験体位置を考慮することにより、実大試験体上部の防水層近傍に存在するコンクリートの透水し易い組織に近い状況が再現出来、小型試験体でも防水性評価が可能であることを示している。

「第7章 地下躯体の先やり外防水工法の防水性の評価試験方法の提案」では、これまでの検討結果をもとに、鉛直部材の防水層貫通部の評価では、コンクリートを鉛直方向に打設すること、防水層損傷部の評価では、実大寸法でコンクリートを鉛直打設するか、回転による強制圧密ブリーディングを行って、試験体のコンクリートを製作して、加圧透水試験を行う試験方法を提案している。この評価方法により、地下躯体の先やり外防水工法の防水性能の適正評価が可能であることを示している。

「第8章 結論」では、本研究の結論と今後の課題について総括して述べている。

THESIS SUMMARY

This thesis is a study on an evaluation method of a waterproofing system for underground structures applied on earth retaining walls prior to concrete casting. Such waterproofing system has not been sufficiently investigated and a very limited number of studies exist.

Before this study, a survey about this waterproofing system is carried out through a questionnaire. The survey reveals that the quality of the waterproofing work may become worse and failures may increase because of bad waterproofing surface conditions and complicated waterproofing work while accomplishing other construction works.

Then, two types of water leak test of this waterproofing system are performed using semi-full size specimens with actual components and small size specimens reproduced with the weak points of this waterproofing system. These tests show that the separators and damaged parts are the weak points of waterproofing system and affect its waterproofing property. The tests also show that the infiltration property differs regarding the concrete casting direction. When the concrete is cast vertically, an air space under separator or a rough composition of concrete near waterproofing layers is formed and water from outside infiltrates easily if it penetrates through waterproofing layer.

As a result, the most important part for evaluating waterproofing properties of this system is either the penetrated part (i.e. separator) , or the damaged part of waterproofing. For the concrete, the specimen for waterproofing property evaluation should be made within particular conditions to ensure an appropriate density of micro-pores. For the penetrated part, the specimen of this system should be made of vertically cast concrete. For the damaged part, the specimen should be made of vertically cast concrete using tall form, or using small form and rotating them to accelerate bleeding. Then, the waterproofing property of this system is evaluated by water leak test.

目 次

第1章 序論	1
1. 1 研究の背景	
1. 2 研究の対象と目的	
第2章 既往の研究	9
2. 1 地下防水工法の評価	
2. 2 コンクリートの透水性に関わる研究	
第3章 地下躯体先やり外防水工法の現状の課題把握	13
3. 1 地下躯体先やり外防水工法の概要	
3. 2 現状調査方法	
3. 3 調査結果	
3. 4 性能基準、評価方法設定のための検討部位と外力	
3. 5 まとめ	
第4章 地下躯体先やり外防水工法の実状の確認試験	41
4. 1 目的	
4. 2 試験概要	
4. 3 試験体製作	
4. 4 試験方法	
4. 5 試験結果	
4. 6 実状の確認試験結果の考察	
4. 7 まとめ	
第5章 防水層貫通部、防水層損傷部での防水性評価試験	57
5. 1 試験の目的と概要	
5. 2 試験体	
5. 3 試験方法	
5. 4 試験結果	
5. 5 防水層貫通部、防水層損傷部での防水性評価試験結果の考察	
5. 6 まとめ	

第6章 試験体の小型化の検討	73
6.1 目的	
6.2 コンクリートの細孔組織構成に影響する要因	
6.3 コンクリートの組織の違いの把握	
6.4 防水層近傍の透水し易い部分の再現方法の検討	
6.5 まとめ	
第7章 地下躯体の先やり外防水工法の防水性の評価試験方法の提案	109
7.1 要求性能と評価項目	
7.2 防水性評価試験	
7.3 現状の仕様改善	
第8章 結論	115
<参考文献>	119
<発表論文>	125
<添付資料>	129

第 1 章 序論

第1章. 序論

1. 1 研究の背景

近年，建設業を取りまく環境は，技術革新，産業構造の変化，および個人の価値観の多様化などにもとない，大きく変わりつつある。また，社会資本の構築・整備を担う建設分野に寄せられる関心は，いっそう高まっている。建物には，これまでのように，スクラップアンドビルドではなく，建築済みのものを延命・活用することが求められている。さらに，これから建築しようとする建物には，耐久性を備え，優良な社会ストックとなることが期待されている。

都心部では，狭小な土地を有効利用するため，地下空間の活用がすすめられている。島国である日本は，地理・気候的に水に恵まれ，地下水が豊富である。地下空間で，長く快適に居住するためには，地下水による漏水などの不具合が起きないように，地下躯体への防水対策に配慮した建物の計画・施工が必要である。

建物内部に，漏水が現れない場合であっても，躯体コンクリート内まで，水が浸入すると，鉄筋の発錆・体積膨張さらにはコンクリート爆裂を引き起こし，建物の耐久性に影響を及ぼすことになる。また，コンクリート内に浸入した水分が室内に湿気として侵入し，黴の発生等，衛生・居住快適性に支障をきたすことになる。したがって，地下の壁や床下に防水をしてこれらを防止しようとするのは当然のなりゆきである。

地下躯体において，外部から水の浸入を防止する方法としては，図 1.1 および表 1.1 に示すように，地下外壁や床面の躯体コンクリートに防水層を設ける工法や，防水層を設けずに，浸入水を集めて排出する工法等がある。この中で，躯体の外側に防水層を設ける外防水工法は，地下居室への止水を外部側において行えるという点で，防水の理にかなっているだけでなく，コンクリート内への地下水の浸透による湿潤環境が要因となる鉄筋腐食を予防することができ，地下躯体全体の耐久性向上効果も期待できる。

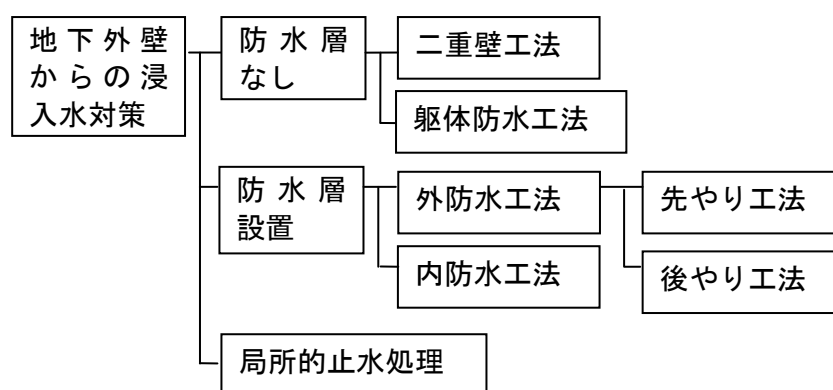


図 1.1 地下外壁からの浸入水対策

表 1.1 地下躯体への浸入水进行处理する方法の分類（考え方・防水層の位置）

基本的考え方	防水層位置分類	詳細
防水層を全面に設ける	外防水工法	<p>躯体の地下外壁の外側に防水層を位置させる工法である。地下外壁の外側に作業スペースを確保し、躯体工事が完了した後に防水工事を行う「後やり工法」と、躯体外周壁工事の鉄筋・型枠工事に先がけて防水材料などを山留壁に取り付けてからコンクリートを打設する「先やり工法」とがある。</p> <p>後やり工法 すべての防水層に適用でき、しかも防水層の施工状態を目視で確認できるので最も確実である。しかし、躯体コンクリート工事が完了してからの施工となるため、作業スペースの確保が重要である。また地下工事にあたっては、山留壁などを設けて掘削することが多いため、切梁などの仮設材が工事に支障を与えたり、作業工程の調整なども必要となる。コンクリート躯体の外側にメンブレン防水層を施工し、保護材等を設置する方法とコンクリート躯体の外側にポリマーセメントモルタルやケイ酸質系塗布防水などを施工する方法がある。</p> <p>先やり工法 外壁躯体工事の鉄筋・型枠工事に先立って防水工事を行う工法で、防水層がずれ落ちないように固定する必要があるコンクリート躯体の外側の山留壁に防水下地を拵え、内側からメンブレン防水層あるいは鉄板・ステンレスなどを先付けし、後から鉄筋・型枠、コンクリート打設を行う方法である。</p>
	内防水工法	<p>地下外壁の室内側に防水層を設ける工法である。防水層に躯体を通過してきた地下水の水圧を受ける宿命的な弱点がある。これに抵抗できる躯体への接着力が必要となる。しかし、水圧は深さを増すにつれて増加するので、メンブレン工法の内、接着性の弱い工法は適さない。コンクリート躯体の室内側に塗布防水などを施工する工法と室内側へメンブレン防水層を張り付け、保護層としてコンクリートブロックや後打コンクリート壁を施工する工法がある。</p>
	二重壁工法	<p>地下外壁の室内側にブロックなどにより二重壁を設けて、外壁から浸入した地下水を二重壁内の排水溝で受け、水抜きパイプを通して外部に排水する工法である。特に地下の事務室や電池電力室・重要物品の保管倉庫などのように漏水を嫌う場合などには、確実な地下水処理方法として広く採用されている。地下防水層は、躯体の外側に設けるのが効果的であるが、作業用スペースが狭い、工程が長くなる、工事費が高くなるなどの理由から、内防水工法の他に室内側にも壁を設ける二重壁構法を採用する場合がある。</p> <p>躯体防水工法 コンクリート躯体の水密性を高めるための調合や防水剤を混入することにより、躯体自体に水密性を持たせる工法である。躯体自体の水密性を高めるため防水用の混和材料を添加して、コンクリート躯体のみで防水の目的を達成しようとするものと、特殊な型枠（吸水・透水型枠工法）やコンクリート打設方法（型枠振動機工法）によって水密性を増加させる方法がある。混和剤を使用する場合の調合は、予想される施工条件下での試験施工を行ったうえで決定する必要がある。</p> <p>その他 屋内引き込み用のスリーブ配管・地下構築時に仮設された山留め部材などの躯体貫通材まわりの止水処理、コンクリート打設時期の違いによって生ずる打継ぎ部の防水など、さまざまなケースで用いられる防水工法がある。</p>
防水層を設けない局所的に防水処理する		

外防水工法で完全な防水層を形成するためには、一般には躯体コンクリートを構築した後に防水を施すこと（＝「後やり工法」）が望ましい。しかし実際は、敷地をできるだけ広く使いたい等の理由から敷地境界や山留め壁面と地下外壁面には空間が少なく、躯体は山留め壁面と隣接して構築されることが多い。この場合防水層は、山留め壁面を下地として、躯体コンクリート構築前に防水を施すこと（＝「先やり工法」）となり、図1.2のような断面構成となる。先やり工法と後やり工法の違いを図1.3に示した。

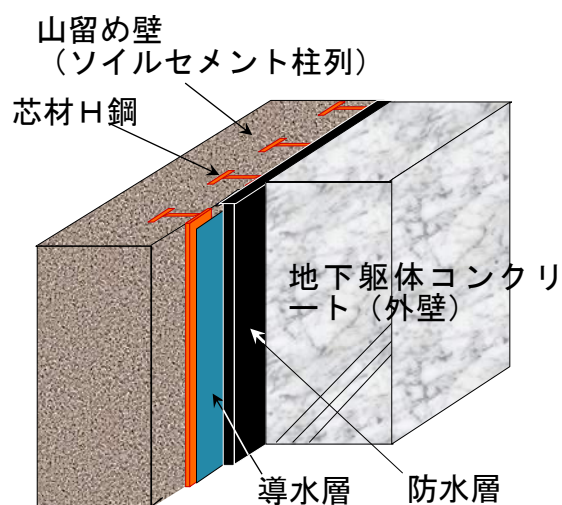


図1.2 地下躯体先やり外防水工法の概要（側壁部）

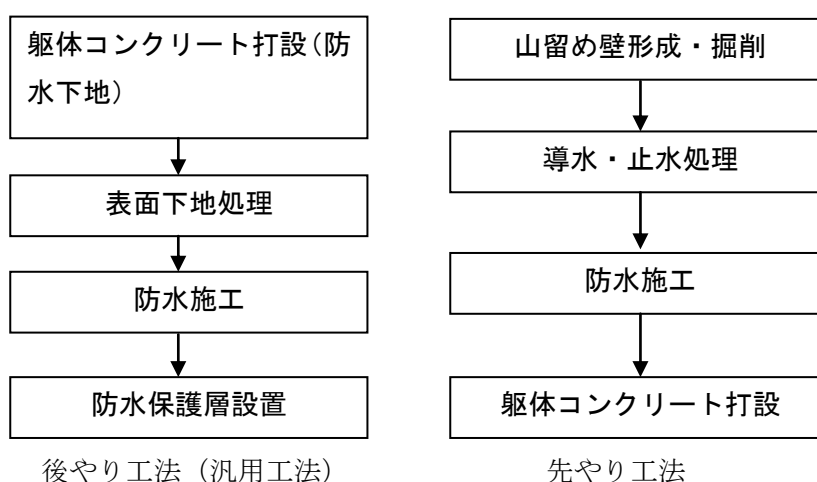


図1.3 工法の比較（先やり工法と後やり工法）

この工法の作業工程フローを図1.4に、写真を用いて示した。山留め工事や躯体工事等、他の工事との作業・工程の錯綜があり、一般の屋上防水とは大きく異なる施工条件であることがわかる。

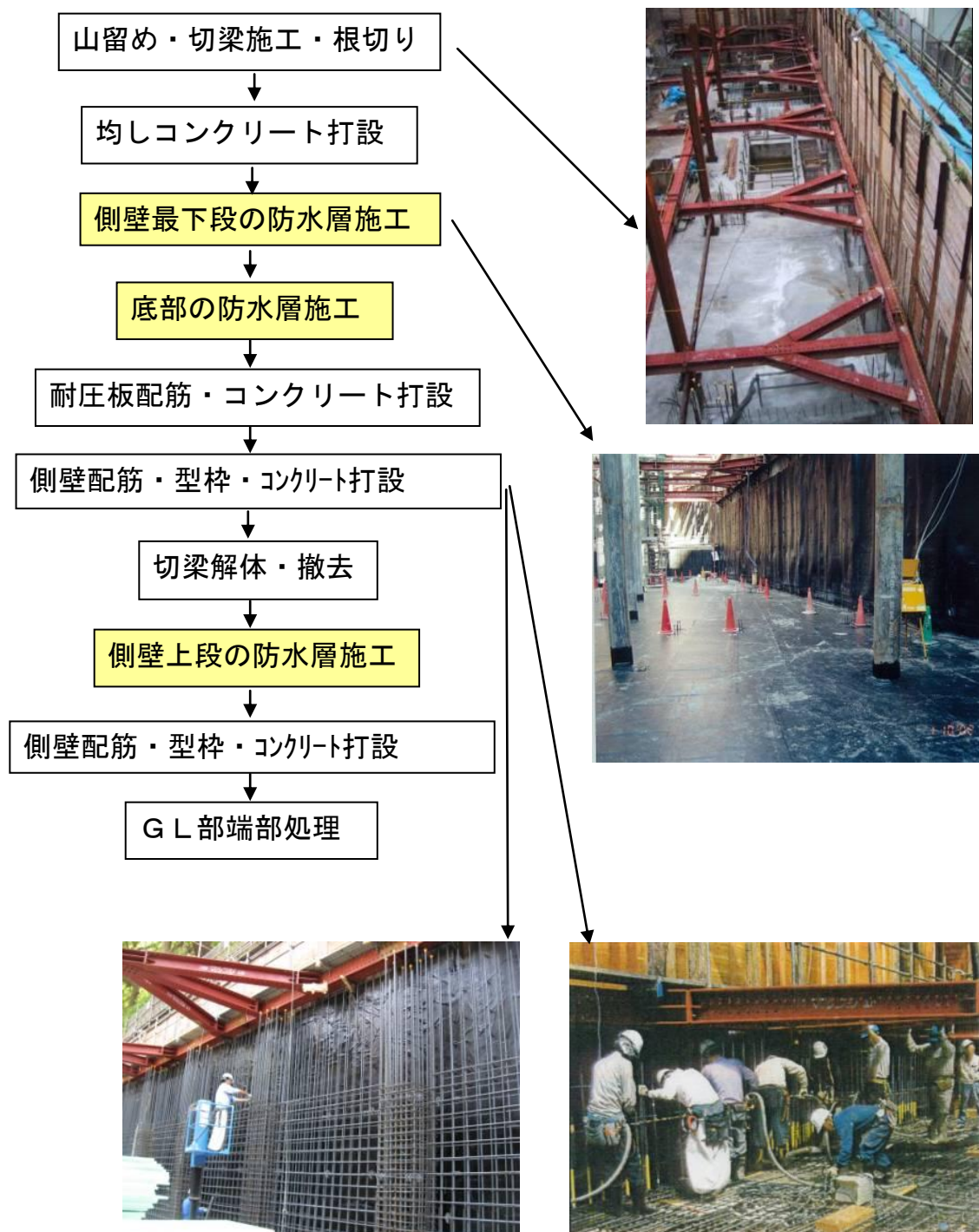


図1.4 地下躯体先やり外防水工法の施工工程概略

さらに、凹凸のある山留め面を下地とするための防水施工品質確保に難しさがあり、材料以外の条件から、現状では屋上防水の様に完全な防水をつくることは難しい工法といえる。さらに、出来上がった防水層は、躯体と地盤の間に隠れてしまうことから、不具合が生じた場合の漏水の原因調査や補修工事が容易に行えず、防水保証が出されることは滅多にない。こうしたことから、本工法はユーザーメリットが理解されにくく、設計者や施工者は適用に対して消極的な姿勢もある。しかし、土木分野においては、開削トンネルなどの止水処理が必須の地下構造物の止水工法としては、コスト面から外防水先やり工法が主流となっている等、土木分野では汎用的な工法と位置づけられている。

建築分野においても良好な止水実績もあり、狭い敷地工事でも適用可能なことから、徐々に適用が拡大しつつある。図 1.5 地下躯体に用いられる防水材料の一つである、ゴムアスファルト系塗膜防水の最近の施工面積の変動を示した。

今後も本工法を広く展開するには、工法としての評価方法を確定して性能基準を定め、本工法の重要性を設計者、施工者、建築主等、建物関係者全体に理解してもらう必要がある。

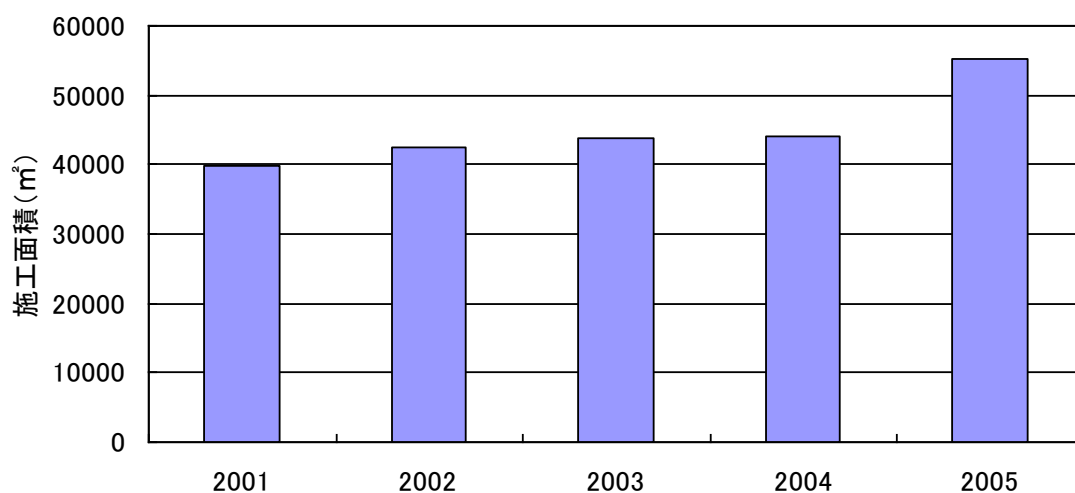


図 1.5 近年の地下防水の外防水工法の施工面積の変遷（塗膜系）

1. 2 研究の対象と目的

本研究は、地下躯体の先やり外防水工法を対象とし、この工法を標準化するために必要な、評価試験方法を設定することを目的とし、評価試験の内、工法の基本性能である防水性評価を取り上げ、試験体製作条件、防水性試験条件等を設定し、評価試験方法を提案することとした。

外防水の後やり工法、先やり工法、内防水の各地下防水工法に使用される防水材料は、屋上防水で使用されているメンブレン防水とほぼ同種の材料が適用されることが多い。しかし、適切な条件、方法で施工され、材料的に不透水性の面が構成できたとしても、地下の水圧は地上部の屋上防水よりも大きな圧力であり、材料に加わる外力が異なることを理解しておく必要がある。

工法に関しては、コンクリート等の防水下地に防水層を施工する、内防水工法及び後やり外防水工法は、施工時の条件としては一般の屋上防水とほぼ同じとなるが、先やり外防水工法では、防水層を施工する下地は、耐圧板下の均しコンクリート面や山留め壁であり、後からコンクリートを打設して先に取り付けた防水層と一体化させて、防水システムを構成する点で、一般の屋上防水工法や他の地下防水工法と大きく異なっている。

本研究では、表 1.2 に示す防水性のある被膜（メンブレン）を構成する材料・工法が後打ちコンクリートと密着して地下躯体全体の水密性を確保するものを対象とし、初期にある程度の漏水を許容し、経時により、使用する材料と浸入水分やコンクリート等とが反応して水密性を高める材料・工法（ベントナイト系等）は対象外とした。

表 1.2 地下防水工法に適用される材料仕様例

工法	分類	具体的な仕様例
外防水工法	メンブレン防水	改質アスファルトシート防水 非加硫ブチルゴム系シート防水 エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水 超速硬化ウレタンゴム系塗膜防水 ゴムアスファルト系塗膜防水 ポリマーセメント系塗膜防水
	その他	ベントナイト防水
内防水工法	メンブレン防水	エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水 ポリマーセメント系塗膜防水
	塗布浸透防水	ケイ酸質系塗布防水
躯体防水工法		無機質系混和剤 有機質系混和剤
その他の局部的防水工法	止水板	非加硫ゴム系 塩化ビニル樹脂系
	水膨張止水材	合成ゴム系 合成樹脂系 ベントナイト系
	グラウト系止水材	無機質系 合成樹脂系

第2章 既往の研究

第2章 既往の研究

2.1 地下防水工法の評価に関する研究

屋上防水の評価試験方法については、日本建築学会建築工事標準仕様書 JASS8 防水工事の参考資料等で標準化されているが、地下躯体外部に施工される本防水工法の性能については、各製品メーカーや発注者が、独自の基準で評価方法を設定している状況^{1,2)}であり、標準化された方法はない。防水工法として最も重要な機能である防水性の評価方法には、各使用材料に関するものと、施工された工法に関するものがあるが、本工法においては防水材料と後打ちコンクリートが一体となって機能しているため、複合体による「防水工法」としての評価が特に重要と考えられる。そのため、実際の状況に適合した試験評価がされなければならない。

図2.1に、本工法の「工法」としての評価試験方法の例として、(財)鉄道総合技術研究所の「開削トンネル用先防水シート基準試験方法(暫定案)」に記載されたコンクリートと防水層の複合体の防水水密性評価試験を示した。ここでは、山留め壁の凹凸をポーラスストーンで模擬し、コンクリートの代替としてモルタル円柱を用い、防水層との界面から加圧水を与えるという、実際とは逆の流れで漏水が生じないかどうかを評価するものである。

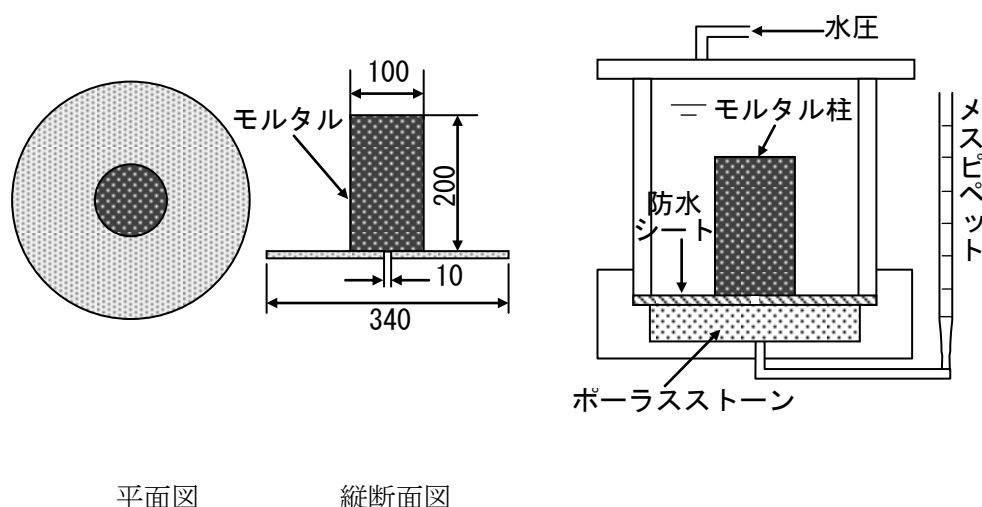


図2.1 既往の地下外壁用防水層の水密性試験例

また、東京地下鉄株式会社の「開削トンネル用防水材検査基準(案)」においては、防水層をモルタル板に取り付け、防水層側に穴を開けた状態で、色水を加圧して浸透させ、一定時間後に浸透面積を観察する試験方法が示されている。これらの試験体と試験方法は、実際の状況とはかなり異なった形態である上に、貫通部の多い建築地下躯体の実際の状況は殆ど考慮されていない。本工法を適正に評価するためには、建築工事における実際の条件を反映した試験体および試験条件の設定が必要である。

上記のような、土木関係の発注者が設定した評価基準や評価方法に関する文献情報の他

には、本工法についての工学的な研究は、国内外とも殆ど見られず、本工法自体は実務面での経験的な評価を基に発展してきたと考えられる。本工法に直接関連する技術報告としては、矢口らが鉄道関係の地下工事に適用するコンクリートに接着する機構を持つシート防水の開発およびその改良についての報告がある^{3,4)}のみであり、国内外で建築関係での文献は見られない。

2. 2 コンクリートの透水性に関する研究

一方、コンクリート躯体の漏水に関係して、コンクリートの透水性評価に関する研究が、若干行われている。

上嶋らは、加圧透水試験により、コンクリートの打設方向による鉄筋近傍の透水性状について検討し、打設方向や鉄筋径による影響について言及している⁵⁾。

申らは、セパレータ周りの空隙構造と透過性について、灯油を用いた透過試験とガリウム圧入による空隙組織観察を行い、セパレータ下側の疎な領域の大きさを推定している⁶⁾。

湯浅らは、型枠近傍のコンクリートの品質に関して、水セメント比や乾燥開始時期を変えた実験を行い、乾燥開始材令が早いほどコンクリートの総細孔量が表面近傍に近いほど多くなることを示している⁷⁾。

太田らは、かぶりコンクリートの性状をかぶり厚さ、水セメント比、型枠の種類、鉄筋径等の影響について論じ、特に型枠面の影響として、余剰水が型枠面に沿って移動することの影響について述べている⁸⁾。

また、これらの原因となるブリーディングに関して、平田らは、柱試験体での圧縮強度分布や間隙水圧の変化の測定を行い、ブリーディング現象の推定を試みている⁹⁾。

いずれにしても、防水層と絡めた研究ではなく、本研究に先立つものは殆どないといえる。

第3章 地下躯体先やり外防水工法の 現状の課題把握

第3章 地下躯体先やり外防水工法の現状の課題把握

3.1 地下躯体先やり外防水工法の概要

地下躯体の構築にあたり，防水工事と関係する要素を抽出する。まず，地下躯体の構築中の断面を図3.1に示した。

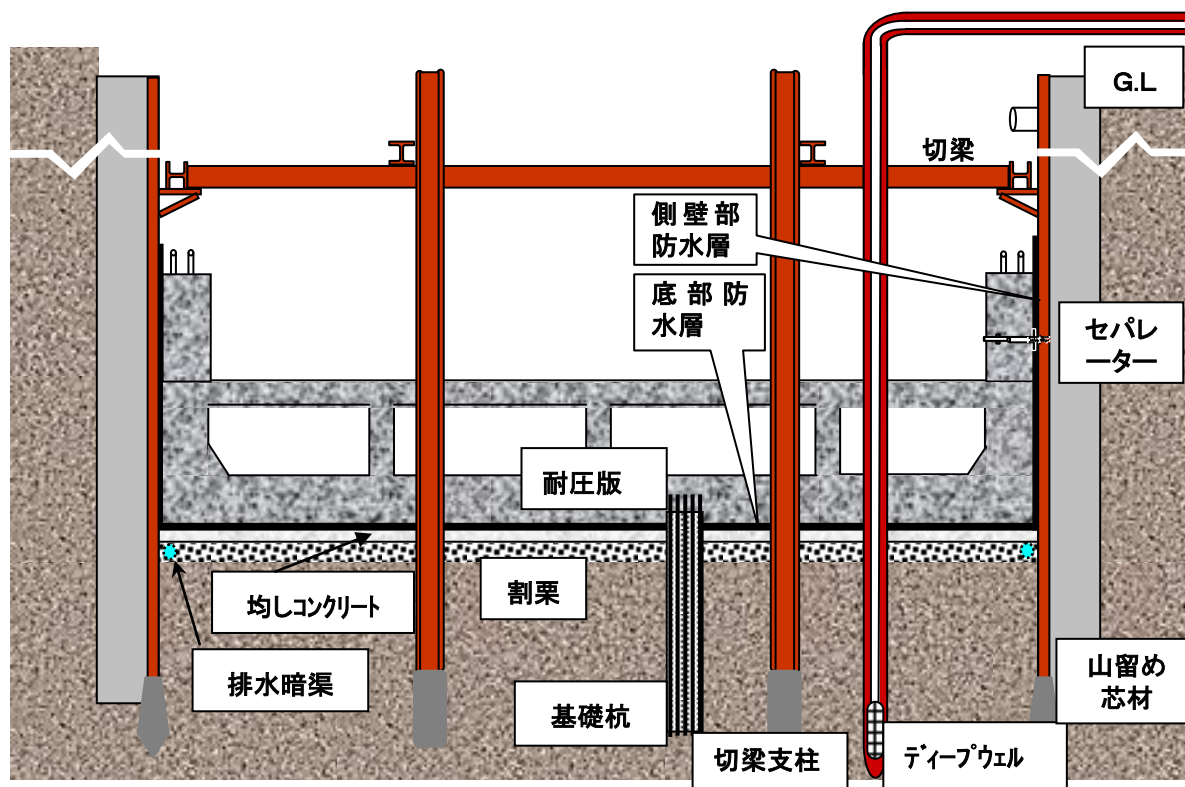


図3.1 地下躯体構築における外防水先やり工法とその他の部材の関係

防水層を貫通する要素が多々ある上，防水工事と錯綜するその他の工事に関係する部材が多数あることがわかる。

防水工事の工程概要をより詳細に示すと、図 3.2 のようになる。

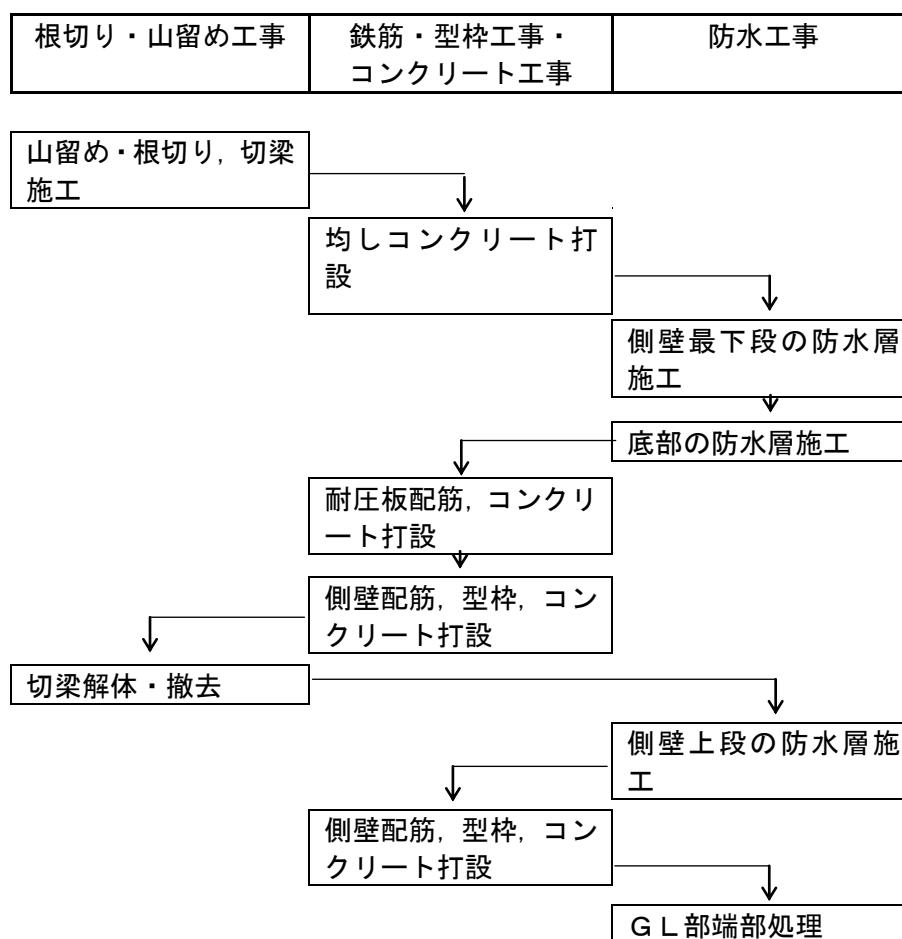


図 3.2 地下躯体先やり外防水工法の詳細工程（切り梁 1 段の場合）

3. 2 現状調査方法

地下外壁外防水先やり工法の現状を把握するために、防水材メーカー、施工業者に対して、過去に本工法の施工現場で実際に起きた、防水工事に影響を及ぼす不具合（防水工事前後の手直しの発生、完成後の故障の発生）についてのアンケート調査を実施した。アンケートの質問項目を表 3.1 に、アンケート調査表例を表 3.2 に示した。

表 3.1 アンケート質問項目

分類	詳細
現場概要	山留めの種類
	壁部防水工法名
	底板の防水の有無・工法名
不具合の内容	不具合名
	不具合発見の工程
	不具合の原因（推定）
現場で取った処置	
再発防止策（恒久対策）	
状況写真，図	

表 3.2 アンケート調査票例

資料No.	05-02-⑤	提出元	株式会社イーテック	担当	小林 茂
現場概要	山留めの種類	①親杭横矢桷 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()			①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法			
	底板の防水	①有り(工法名:) ②なし			②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	横矢板壁の親杭とさん木の段差による下地の不陸			
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後			①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()			②
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(横矢板さん木) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()			②③ ④
	不具合の詳細	横矢板固定のさん木が親杭から離れて止められたことにより段差が大きく(下地の不陸)防水層が下地になじみにくい。			
現場でとった処理	さん木の取替え				
再発防止提案(恒久対策)	施工計画書に記述する。(下地の条件) 現場(設計、元請)との十分な打合せ。				
<図・写真等>					
					
					
※塗りつぶし部の記入は必須です。					

3.3 調査結果

3.3.1 調査結果の全体概要

合計7社から回答があり，収集された不具合事例は全部で80件であった。対象部位についての内訳を図3.3に示したが，側壁に関するものが最も多く，次に底部に関するものが10件強，側壁と底部との取り合い，GL取り合いに関するものが数件ずつあった。

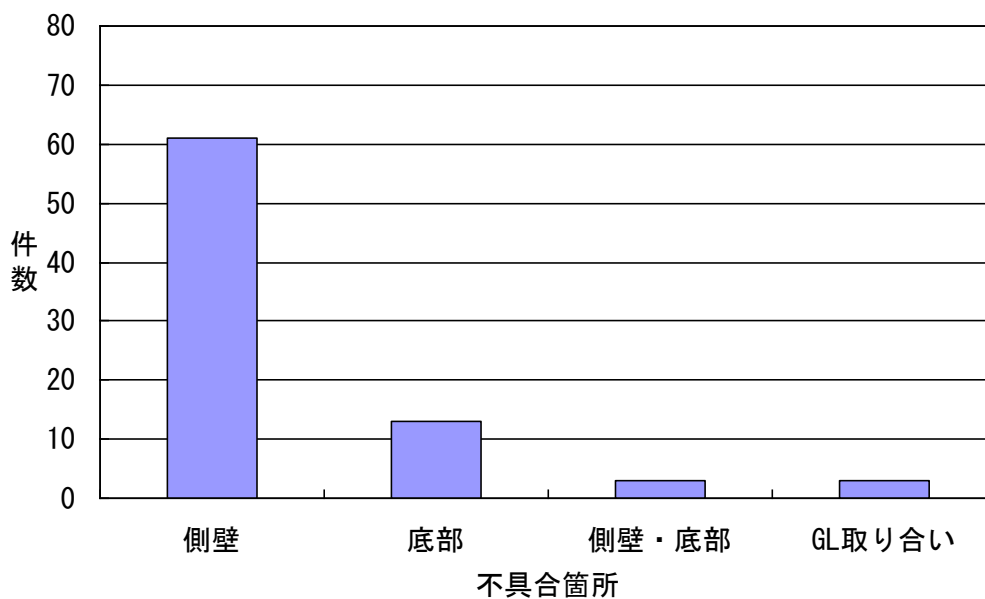


図3.3 不具合箇所

山留め壁の種類の内訳を図3.4に示したが，ソイルセメント柱列壁（以降SMWと称す）に関するものが最も多かった。次に，防水仕様の内訳を，側壁部，底部別に図3.5に示したが，側壁では塗膜系，底部ではシート系が多く，底部では約半数で防水施工がされていない事例であった。

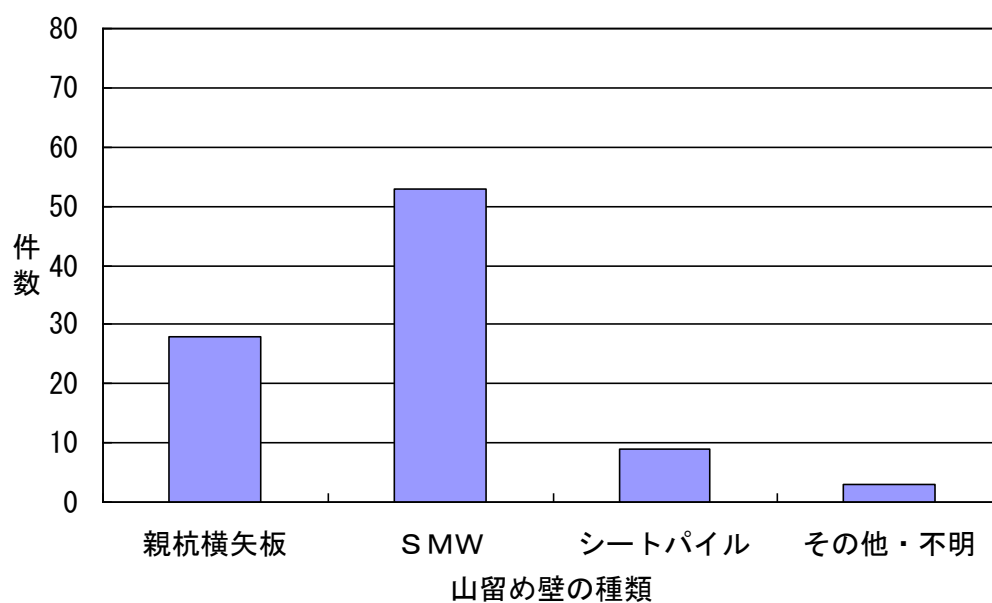


図 3.4 山留めの種類

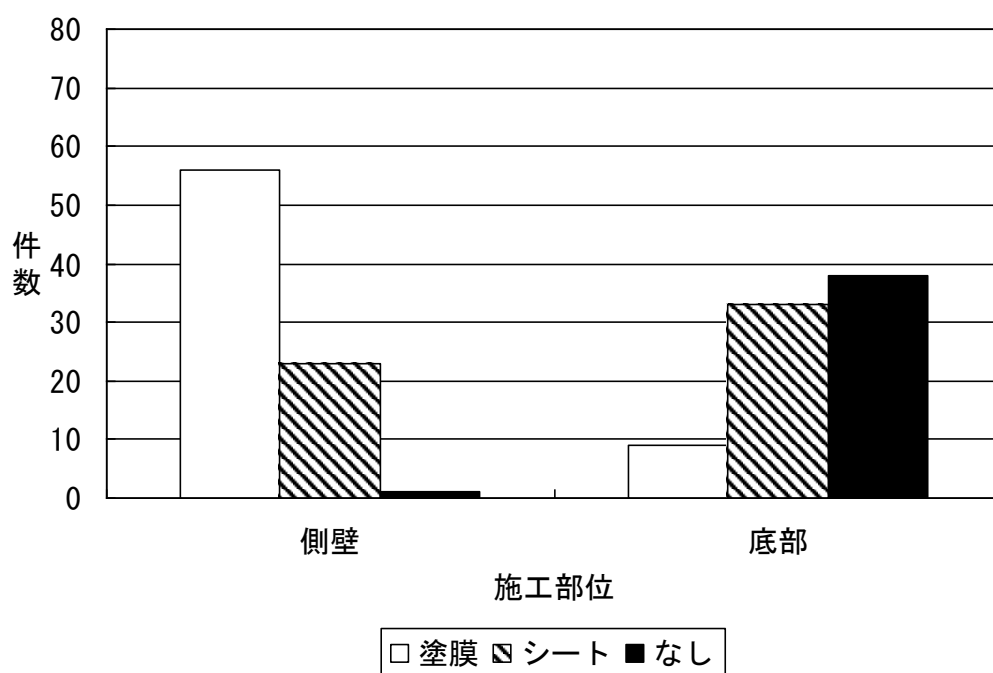


図 3.5 防水仕様の種類

質問項目に関する集計では、まず、図 3.6 に不具合を発見した工程についての結果を示したが、防水工事以前に不具合があり、防水施工を行うための手直しが必要な状況が半数以上を占めていた。

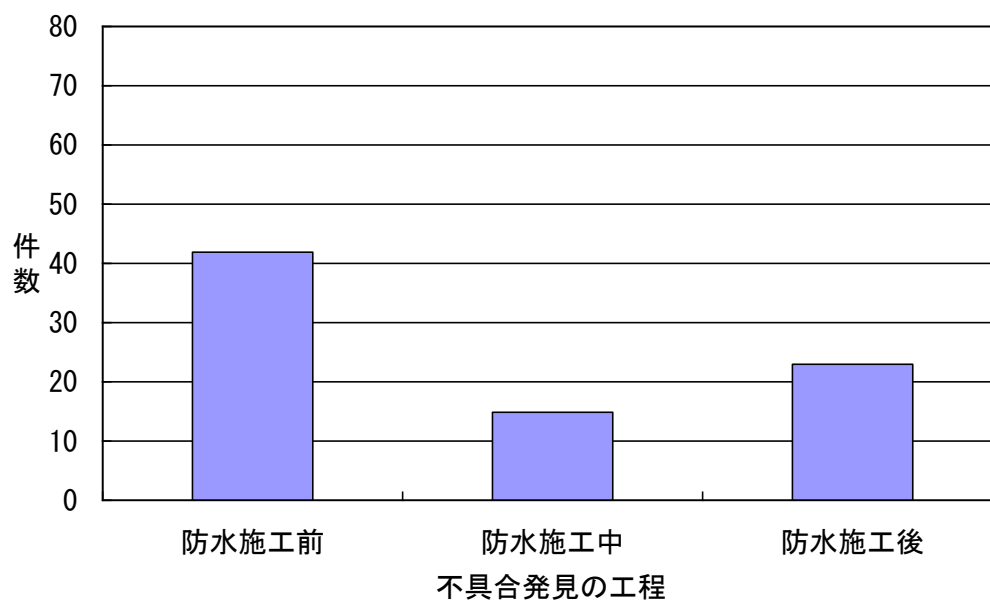


図 3.6 不具合を発見した工程

図 3.7 に不具合を発生させた工程を示したが、根切り・山留め施工，排水工事に関するものが多く，それらは全て防水工事前の不具合であった。その他の防水工事前の不具合原因工程として，工程調整や防水と干渉するセパレーター金物工事が挙げられた。一方，防水工事中の不具合原因として防水工事自体が，防水工事後の不具合原因として，防水層を損傷させた後工程の配筋・型枠工事が挙げられた。また，設計に不具合原因がある場合は，各工程に関係していた。

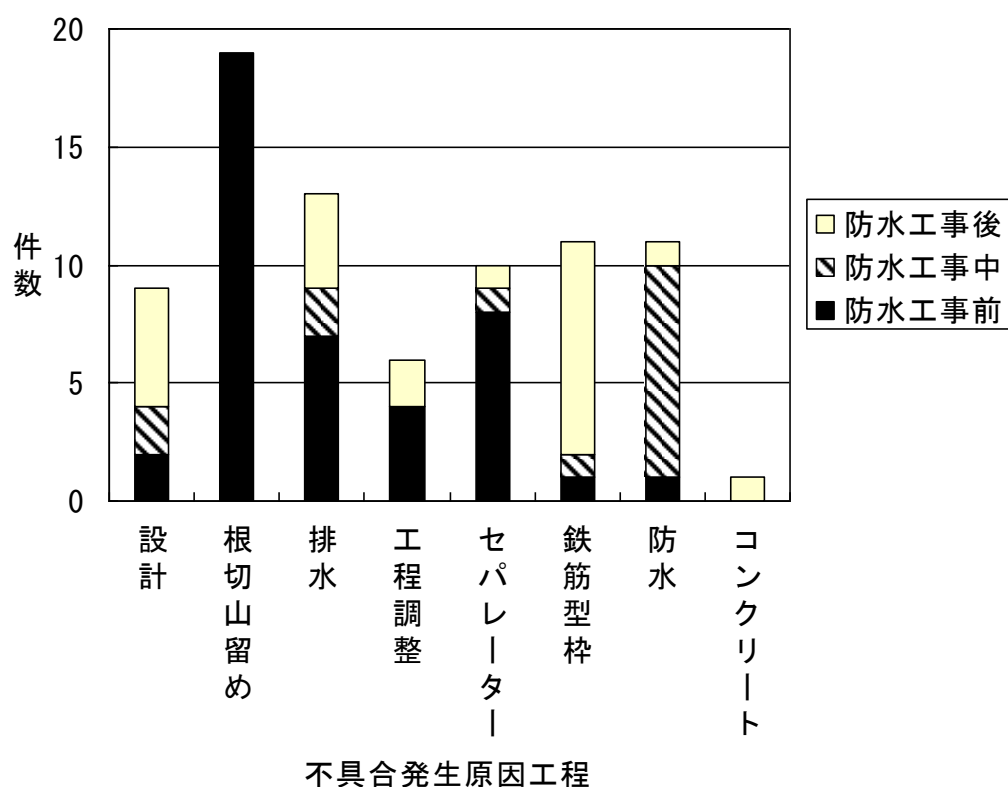


図 3.7 不具合発生原因工程

不具合発生原因については、複数回答を認めたため、データは168件となった。結果を図3.8に示した。半数以上で現場施工管理、工程連絡をあわせた管理上の問題を挙げており、その他では山留め下地自体に内在する問題が大きな割合を占めていた。

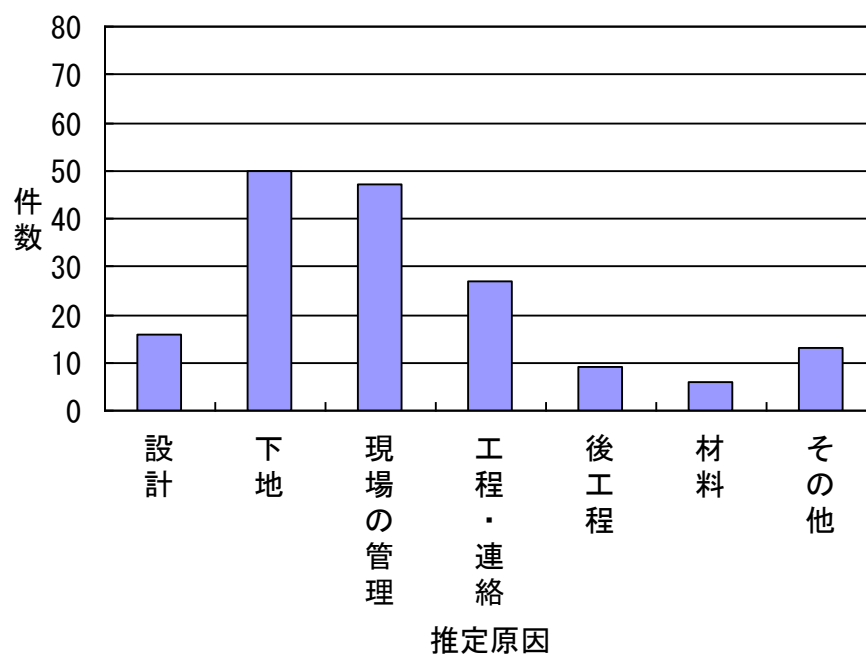


図3.8 不具合推定原因

3.3.2 防水工事前の不具合の詳細

防水工事前の不具合は、前工程の影響で、防水工事ができない、あるいは防水品質に問題が生じる可能性があるという場合であった。結果を表にまとめたが、防水層の下地となる山留め壁に関係しているものが多く挙がっている。

表 3.3 防水工事前の不具合まとめ

工程	部位他		詳細	
設計	側壁部		山留め工法選定	
	G L		G L 端部納まり	
根切り 山留め	側壁部	山留め壁	S MW	芯材H鋼精度 ソイルセメント凹凸 H鋼ボルト仕舞い
			親杭横矢板	横矢板位置 ずれ留め栈木位置
		シートパイル	ジョイント凹凸 錆	
	セパレータ等		セパレータ, 受け金物 アングル位置 工程先行	
	貫通パイプ		貫通パイプ形状	
	底部	切り梁支柱		錆, 汚れ
釜場		納まり不良		
排水	底部		排水勾配不良	
	底部・側壁部		導水処理不良	
	G L		G L 部排水計画不良	
工程間	側壁部		鉄筋先行 腹起し先行	

山留め壁が関係する不具合でS MWに関するものは、写真 3.1~4 示すように、芯材H鋼の出入り等の施工精度不良、ソイルセメント面の部分欠損や削り出し後の段差・凹凸等であった。さらに、これらの欠陥部や脆弱部から地下水が湧出している場合では、そのままでは防水層が施工できず、排水処理を確実にを行う必要があった。山留め芯材H鋼自体についても、写真 3.5 に示すようにジョイントのボルトの凹凸が防水施工上問題であった。



写真 3.1 芯材H鋼の施工精度不良



写真 3.2 ソイルセメント面の凹凸



写真 3.3 モルタルによる凹凸補修



写真 3.4 SMWからの漏水



写真 3.5 芯材H鋼のジョイントボルト

親杭横矢板山留め壁に関するものでは、写真3.6～7に示すような横矢板自体や矢板ずれ止め棧木の不適正な設置方法が、シートパイルに関するものでは、写真3.8に示すようなジョイントの段差等が、防水下地としての不良例として挙げられていた。



写真 3.6 横矢板の位置不適切



写真 3.7 矢板ずれ止め位置不適切



写真 3.8 シートパイルのジョイント段差

SMWの凹凸や，シートパイルのジョイント段差は，モルタルでの補修，芯材H鋼のボルトジョイントはパネルでカバーする等し，できるだけ平滑な下地とする対応事例があった。

山留め壁に関するもの以外では，写真 3.9 のスリーブ管や型枠固定用のセパレーターを受ける金物，切梁支柱等，防水層を貫通する役物回りで，防水補強処理や補強処理可能な専用部材にする対応事例があった。防水層を貫通するセパレーター関連では，防水補強処理が不可能な種類であったり，写真 3.10 に示すように，受けアングルと溶接されたH鋼の間に空間がなく，防水工事ができない，またはコンクリートが充填されにくい，等の不具合が挙げられた。



写真 3.9 つば付き貫通パイプ 防水貫通部の例



写真 3.10 防水施工不可能なアングル位置 アングル設置不良例

底部の防水工事前の不具合では，写真 3.11 に示すように，防水貫通部となる切梁支柱の H 鋼の汚れや排水不良が挙げられた。



写真 3.11 切梁支柱の錆び・汚れ



写真 3.12 導水層不良での漏水

また、工程調整が不十分であったために、写真 3.13, 14 のように鉄筋工事や山留め仮設材撤去等と錯綜状況が拡大し、防水施工が予定通りできない場合もあった。

以上の不具合は、防水工事以前の工程に関係しており、山留め壁の施工前から、関連業種間で打合せを行い、適切な施工計画を立てて防水工事にも配慮して施工することで、多くは解消できるものと考えられる。



写真 3.13 鉄筋工事先行



写真 3.14 セパレータ受けアングル溶接先行

3.3.3 防水工事中，工事後の不具合の詳細

防水工事中，工事後の不具合を表 3.4 にまとめたが，大別すると，防水工事，排水工事等，防水に直接関係する工事の施工品質の問題，施工時から継続して加わる，地下水や天候等の環境外力の影響，後工程の工事による防水層損傷等の人為的原因，及び防水工事前の不具合で未対応あるいは未発見のもの，となる。

表 3.4 防水工事中，工事後に発見された不具合（◎：関係大 ○：関係あり）

工程	部位・仕様他	詳細	防水・排水工事施工品質	環境外力	人為的要因	防水工事前不具合	
防水	側壁部	塗膜系	背面水による消失	◎	○		
			吹き付けむら	◎			
			降雨による消失	○	◎		
		シート系	背面水によるふくれ，口開き	◎			
			自重でのだれ	◎			
			降雨による接合不良	○	◎		
排水	底部・側壁部	排水能力不足	◎			○	
型枠・鉄筋	底部・側壁部	型枠，鉄筋衝撃			◎		
		仮置き荷重			◎		
溶接・溶断	底部・側壁部	溶接火花			◎		
コンクリート	底部・側壁部	ジャンカ			◎		
工程間	底部・側壁部	ディープウェル停止時期調整不良		○	◎	○	
設計	仕様設定等	防水範囲の設定				◎	
		防水仕様，排水仕様				◎	
		GL端部納まり				◎	
		誘発目地処理				◎	

防水，排水工事の施工品質に関する不具合事例を写真3.15～18に示した。防水層と山留め壁の間に設置するシート状の導水層やシート防水の下地への取付け不良によるだれ，口開き，塗膜系防水材料での塗り厚さの管理不良，シート系防水材料での接合性能の管理不良，防水貫通部の止水処理不良等が問題となっていた。



写真3.15 自重による防水層だれ，口開き



写真3.16 塗膜系防水材料の塗厚むら

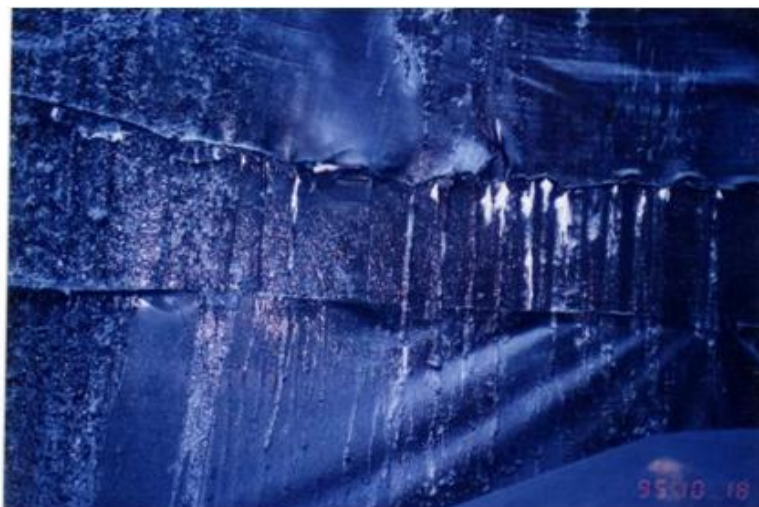


写真 3.17 シート系防水材のふくれ，口開き



写真 3.18 底部貫通部止水処理不良

環境外力に関係する不具合事例を写真 3.19, 20 に示した。最大の外力としては、地下水の水量と導水層の排水能力の大小関係、導水層の施工品質にもよるが、下地面からの地下水の湧出である。湧水が滲み出す不適切な状況で施工することで、塗膜防水層が流失したり、防水ジョイント部の接合不良、ふくれ等の不具合が具体例として挙げられている。また、短時間であるが外部環境にさらされる状況にあるので、降雨により、塗膜防水の硬化前の流出やシート防水接合部の水濡れによる接合不良となる場合があった。



写真 3.19 湧水による防水材流出



写真 3.20 降雨による接合不良と養生例

防水工事の後工程による防水層の損傷事例としては、写真 3.21, 22 に鉄筋，型枠工事に
関係するもの，写真 3.23, 24 に金物や鋼材の溶接・溶断に関するものを示した。底部は
保護モルタルにより養生されるが，側壁部は防水層が露出して保護されないため，後工程
で損傷を与えないように施工時に仮養生するなどの配慮が望まれる。



写真 3.21 鉄筋による衝撃

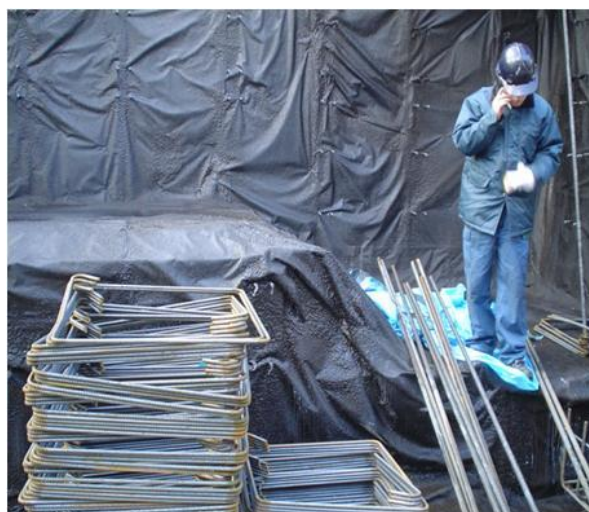


写真 3.22 鉄筋の仮置き



写真 3.23 溶接火花の飛散状況



写真 3.24 溶接火花による防水層融解

工程、仕様に関する不具合例としては、ディープウェルを止める時期が不適切で、地下水圧、水量の変動が防水層に影響した例や、写真 3.25, 26 に示すような、底部の防水や躯体コンクリートのひび割れ誘発目地部等の防水処理が仕様に入っていない等、設計仕様が地下水条件に対して防水的な観点から不十分だった場合が挙げられた。



写真 3.25 底部切梁支柱周辺からの漏水



写真 3.26 ひび割れ誘発目地からの漏水

また、写真3.27のように、コンクリート打設後にセパレータ部分、ひび割れ等から漏水する事例もあった。施工前の不具合に気づかずに施工したか、コンクリート打設時に防水層が損傷した、または防水層とコンクリートが一体化していない部分（ジャンカ等）が存在していて、防水層が水圧やコンクリートの挙動により損傷した、等が考えられたが、単純に原因は究明できず、注入止水で対処している状況であった（写真3.28）。



写真 3.27 セパレーター部からの漏水



写真 3.28 セパレーター，打継ぎ部漏水調査

これらの施工中、施工後の不具合を解消するには、防水工事前の不具合と同様に、防水施工を行う前に、設計仕様や防水関連工事に関する様々な事項について十分な打合せを行い、具体的な施工計画を立てることが重要となる。特に、後工程の施工に伴い発生する防

水層の損傷の防止に関しては、現状の有機系の材料仕様では、耐損傷性、防火性確保は困難と考えられるため、写真3.29のような確実な養生を指示し、管理することが必要である。



写真 3.29 溶接時の合板養生例

3. 4. 性能基準, 評価方法設定のための検討部位と外力

これまでの現状の調査結果より, 地下躯体先やり外防水工法の課題は, まず, 防水工事以外の工事や工程との関係ということが明確になった。しかし一方, 防水仕様そのものに関しても, 様々な悪条件でも基本機能としての防水性の発揮が可能な堅牢性が求められる。そこで, 本工法での材料仕様に関しては, 屋上防水と異なる性能基準や評価方法の設定が必要と考えた。まず, 本工法の評価対象となる部位を図 3.9 および表 3.5 に整理した。

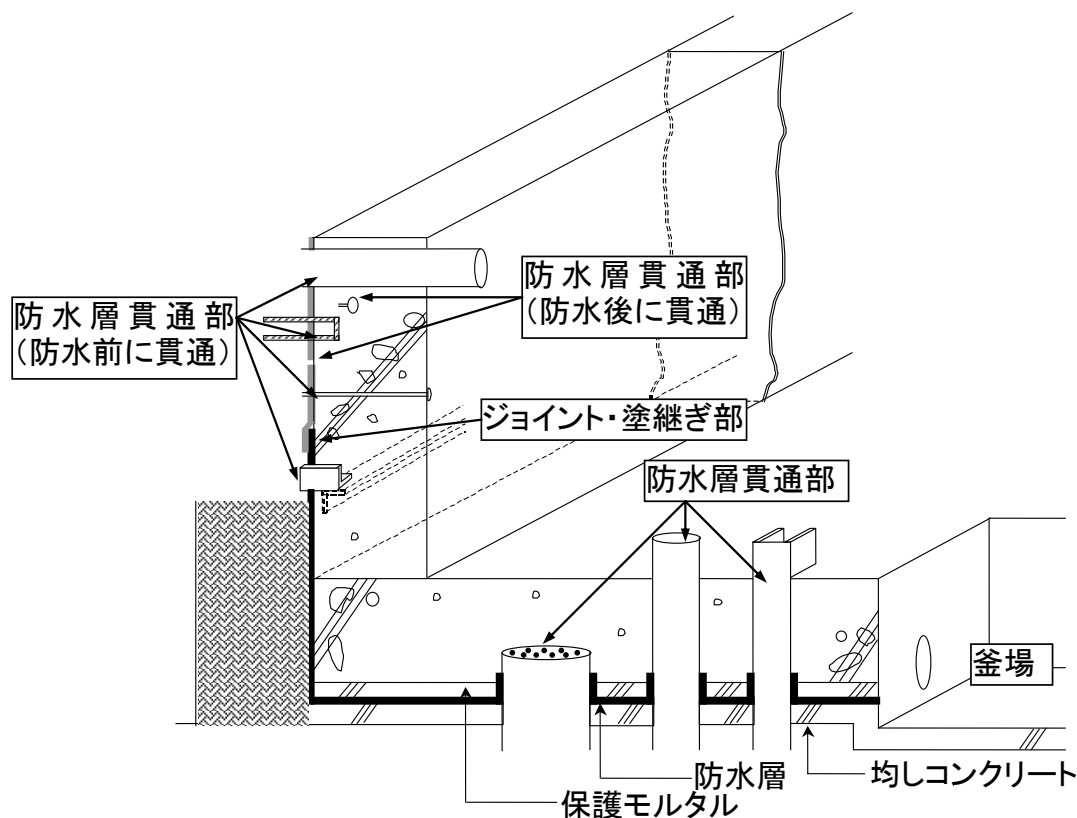


図 3.9 評価対象とすべき部位

表 3.5 評価対象とすべき部位の分類

		部位		具体例
側壁部	一般部	平滑部		
		凹凸部		山留め壁凹凸
	特別検討が必要な部位	防水層ジョイント部		
		防水層貫通部	防水前貫通	パイプ セパレーター シアコネクタ アングル
防水後貫通	釘 ダメージ部			
底部	一般部			
	特別検討が必要な部位	防水層ジョイント部		
		防水層貫通部	防水前貫通	貫通パイプ 杭頭 仮設杭
防水層不連続部			釜場	

次に、本工法に対して加わる考慮すべき外力を図3.10 および表3.6に分類した。

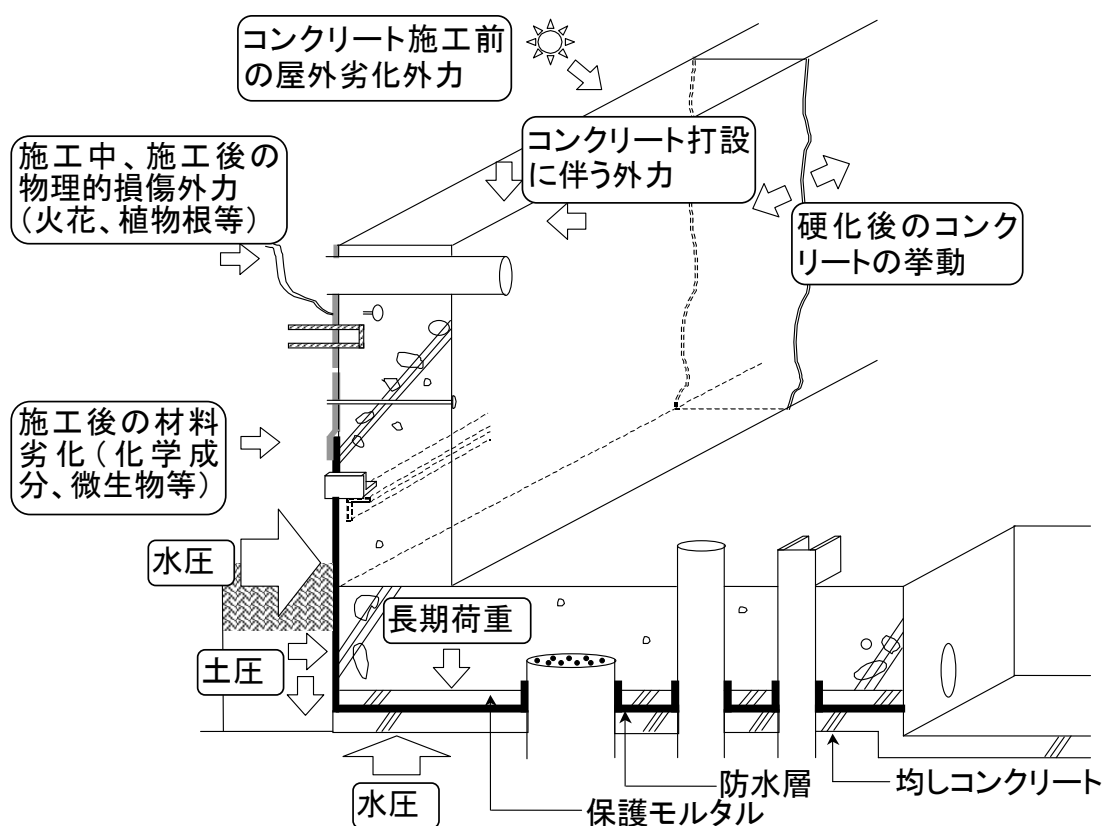


図 3.10 本工法に加わる外力

表 3.6 検討すべき外力の分類 (○：関係あり)

外力の種類			部位		時期		期間	
基本外力	防水層に欠陥を生じさせる外力		側壁	底部	施工中	施工後	短期	長期
	水圧・土圧	物理的	人為的	生コン打設衝撃	○		○	
生根側圧			○		○		○	
配筋時衝撃			○		○		○	
溶接火花			○		○		○	
地盤挙動			○			○		○
構造クラック, ひび割れ 誘発目地部伸縮挙動			○			○		○
コンクリート重量				○		○		○
植物根の侵入			○					○
化学的	熱・水・紫外線		○		○		○	
	塩分, 酸・アルカリ等, 化学物質		○	○	○	○		○
	微生物		○	○	○	○		○

この抽出，分類された検討部位，外力に対して，工法としてのあるべき姿を明確にした上で，性能基準，評価方法を設定する。

3. 5 まとめ

地下躯体先やり外防水工法に関する現状の課題を把握するため，不具合事例をアンケート調査し，以下のことが明確になった。

- 1) 不具合の系統は，防水工事前に前工程との関係で，防水工事ができない，あるいは防水品質が確保できない状況で手直しをする必要があったものと，防水工事中，工事後に，漏水等の防水品質に問題が生じて手直しを行ったものに分類できる。
- 2) 防水工事前に発見された不具合は，今回収集された事例の半数以上を占め，その多くが防水下地となる山留め壁に関係している。
- 3) 収集された不具合事例の内，底部の防水を行っていないものが多くあり，そのために漏水を生じている場合もある。
- 4) 防水工事中，工事後に発見された不具合は，防水関連工事の施工品質の問題，環境外力の影響，後工程の工事による人為的な防水層損傷，及び防水工事前の不具合で未対応あるいは未発見のものに細分類できる。
- 5) 不具合事例としては，防水関連工事自体の問題に加え，その他の工事，工程に不具合の原因がある場合が，多く挙げられていた。
- 6) これらの不具合を解消するためには，防水工事だけでなく，その他の工事関係者と工程や施工留意点に関する打合せを密に行い，本工法に関する理解を深め，防水にも配慮した施工管理を行うことで，大半は解消できると考えられる。
- 7) 調査結果をもとに，本工法に使用する材料・工法の性能基準，評価方法を設定するために検討が必要な部位や外力を整理した。

第4章 地下躯体先やり外防水工法の 実状の確認試験

第4章 地下躯体先やり外防水工法の実状の確認試験

4.1 目的

地下外壁の不具合事例調査において、本工法を適用した場合でも、様々な要因で完全に止水できていない状況があることが分かった。そこで、本工法を適正に評価するためには、これらの検討部位を含め、実際にどのような現象が生じているかを、実験室内の管理された条件で試験して確認することを目的とした。即ち、山留め壁側や底部からの被圧水が、防水性能が不完全な防水部位とコンクリートを透過して、コンクリート面から漏水するという漏水現象が再現できれば、最も注意すべき部位が明確になる。

試験には、約1/3の大きさのモデル試験体（ここでは、「地下部分実構成試験体」と呼ぶ）を用いて加圧透水試験を行い、本工法の課題を実験的に明確にした。

4.2 試験概要

地下部分実構成試験体は、図4.1～4.2に示す内寸法約1m立方のコンクリート函体内にソイルセメント山留め壁（以下SMW）を設け、先やり工法の防水層をSMW面と底面に試験防水層を施工し、躯体を想定したコンクリートを床面、壁面に連続して打設し、試験体とした。防水層は躯体の外側に位置し、外防水となっている。このようにして製作した試験体を、図4.3に示すようにSMW裏面側に注水し、加圧して状況を観察するものとした。

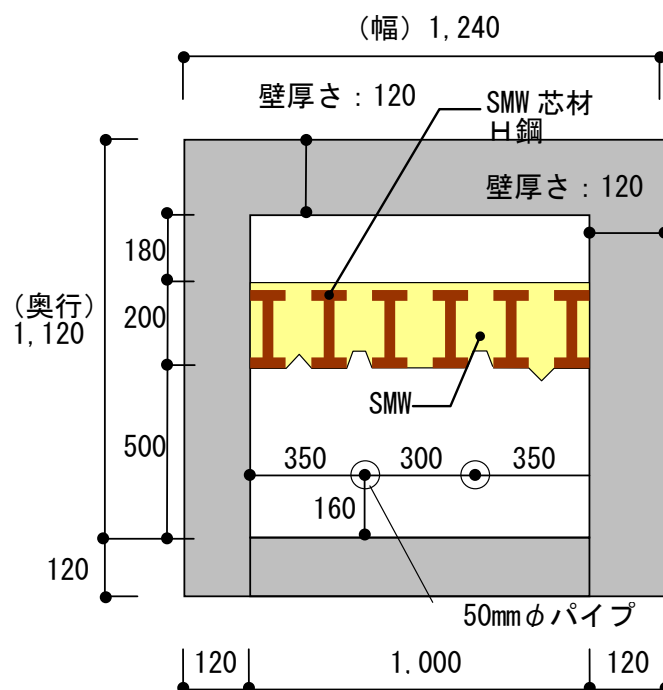


図4.1 試験体平面図（単位：mm）

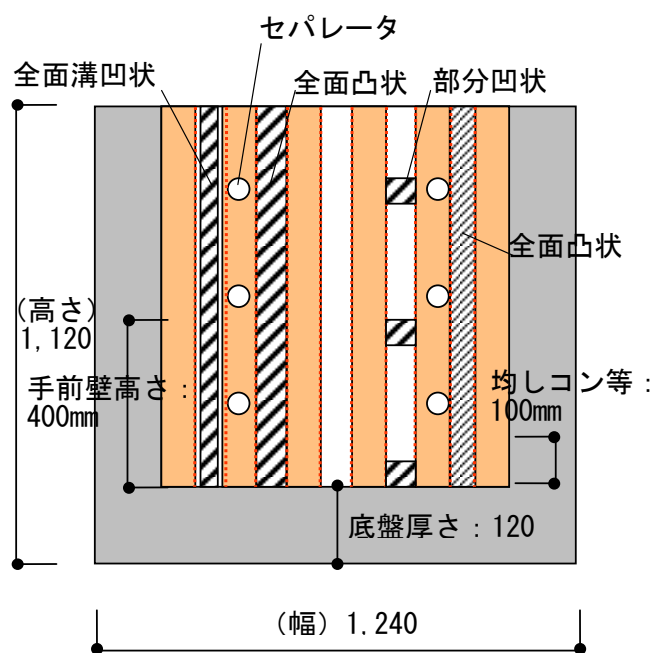


図 4.2 試験体立面図 (単位: mm)

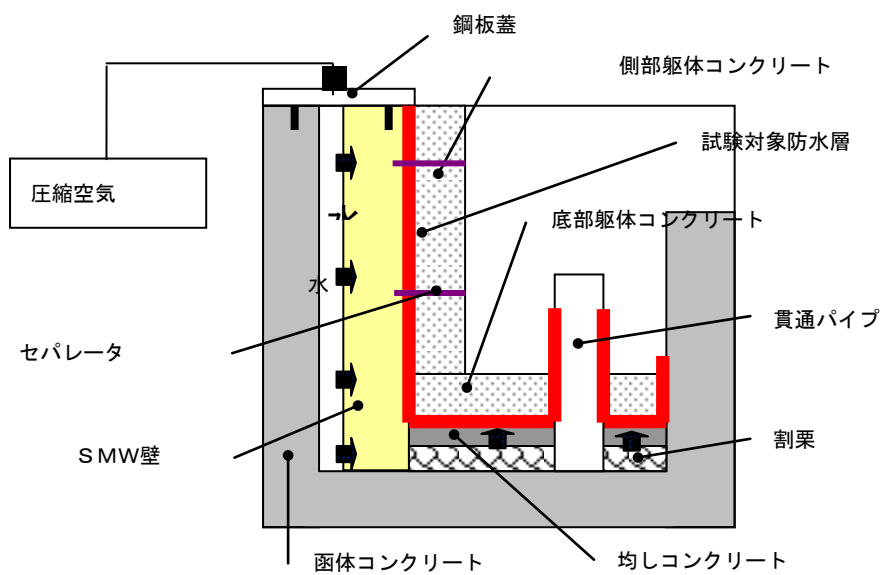


図 4.3 試験概要

4.3 試験体製作

山留め壁までの試験体製作状況を写真4.1～4.2に示した。ここでSMWは、試験体としての作製するため、200×100のH型鋼を芯材として設置した型枠内に、表4.1に示す配合で掘削土とセメントミルクを混練したものを打設して作製しており、実際の施工状況とは異なっている。型枠脱型後、実際のSMW面を模した凹凸を設けた。さらに、底面には、厚5cm程度で割栗石敷いた後、厚5cm程度で均しコンクリートを打設した。SMW上部に加圧蓋をH型鋼と溶接して設置し、SMW上部及び端部との取り合いをエポキシ樹脂とシート防水で補強処理した。



写真4.1 SMW山留め壁芯材H型鋼



写真4.2 ソイルセメント山留め壁

表 4.1 SMW 配合

SMW 容量 m ³	掘削土容量 m ³	セメントミルク容量 m ³
1.59	1	0.59

セメントミルク重量配合 水：セメント：ベントナイト
=50:25:1

防水層施工からコンクリート打設までを写真 4.3~4.8 に示した。なお、コンクリート打設時の防水層の挙動を、SMW の凹凸に施工された防水層表面に添付した歪ゲージで計測することを試みたが、SMW の凹み側に僅かな変形が生じていることが確認できた程度で、今回の試験体でのコンクリート打設程度では防水層に損傷が生じる程ではなかった。



写真 4.3 セパレータ受け金物設置



写真 4.4 導水層設置 底盤貫通パイプ処理

写真 4.5 防水層施工
(塗膜系)



写真 4.6 補強鉄筋



写真 4.7 コンクリート打設



写真 4.8 躯体コンクリート
打設後



なお、この試験体には、実際の地下壁で想定される特別な部位、状況を表 3 に示す水準で設定した。

表 4.3 検討部位の水準

実際の地下躯体で想定される特別な部位・状況			水準
ソイルセメント山留め壁面			凹凸形状：5種類（図 4.4）
防水層貫通部	セパレータ	止水機能種類	タイプA：加硫ゴム系定型ゴム タイプB：ブチルゴム系不定形シーリング材
		高さ	函体底面からの高さ：2種類 500mm, 750mm
底面貫通パイプ			φ 50mm

(1) ソイルセメント山留め壁面の粗度

防水層にとっては、下地面となるソイルセメント山留め壁面の表面は、実際はバックホー等の施工機械で削り取られるため、平滑ではない。その粗度の防水性能への影響を調べるために、5種類の表面状態を作製した。その種類と状況を図 4.4 に示した。

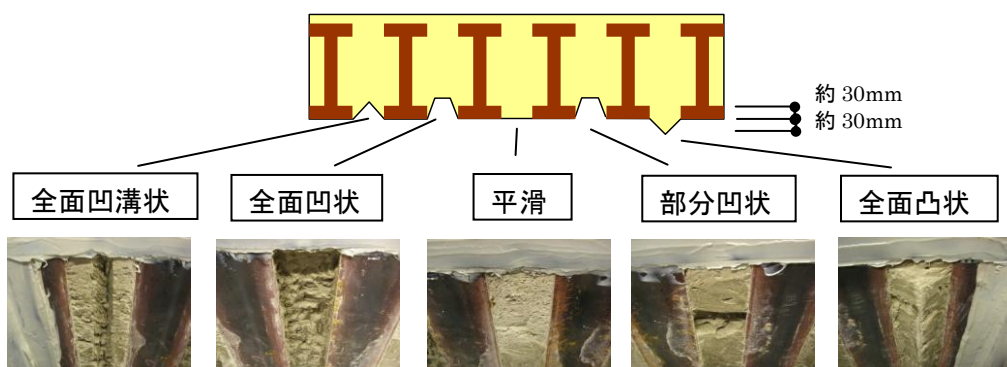


図 4.4 SMW 山留め壁面の粗度設定

(2) 壁面でのセパレータの種類と高さ方向での位置

躯体コンクリートの壁厚を保持するために、SMW 芯材の H 型鋼から防水層を貫通してセパレータが取り付けられる。その後コンクリートが打設されるが、セパレータ部分は水みちを作りやすいという既往の研究結果がある^{4),5)}。そのため、一般外壁にも止水目的で使用されている水膨張性の止水ゴムリングに加えて、本工法で一般的に採用されている、防水層貫通部分へ止水性能を付与する副資材を適用した。図 4.5 に示すように、加硫ゴム系定型ゴムを用いるタイプ A と、ブチルゴム系不定形シーリング材を用いるタイプ B の 2 種類の止水性を付与したセパレータとした。また、セパレータの取付位置による止水性の影響を見るために、その取付高さを函体底面より 500mm、750mm の 2 段階の位置とした。

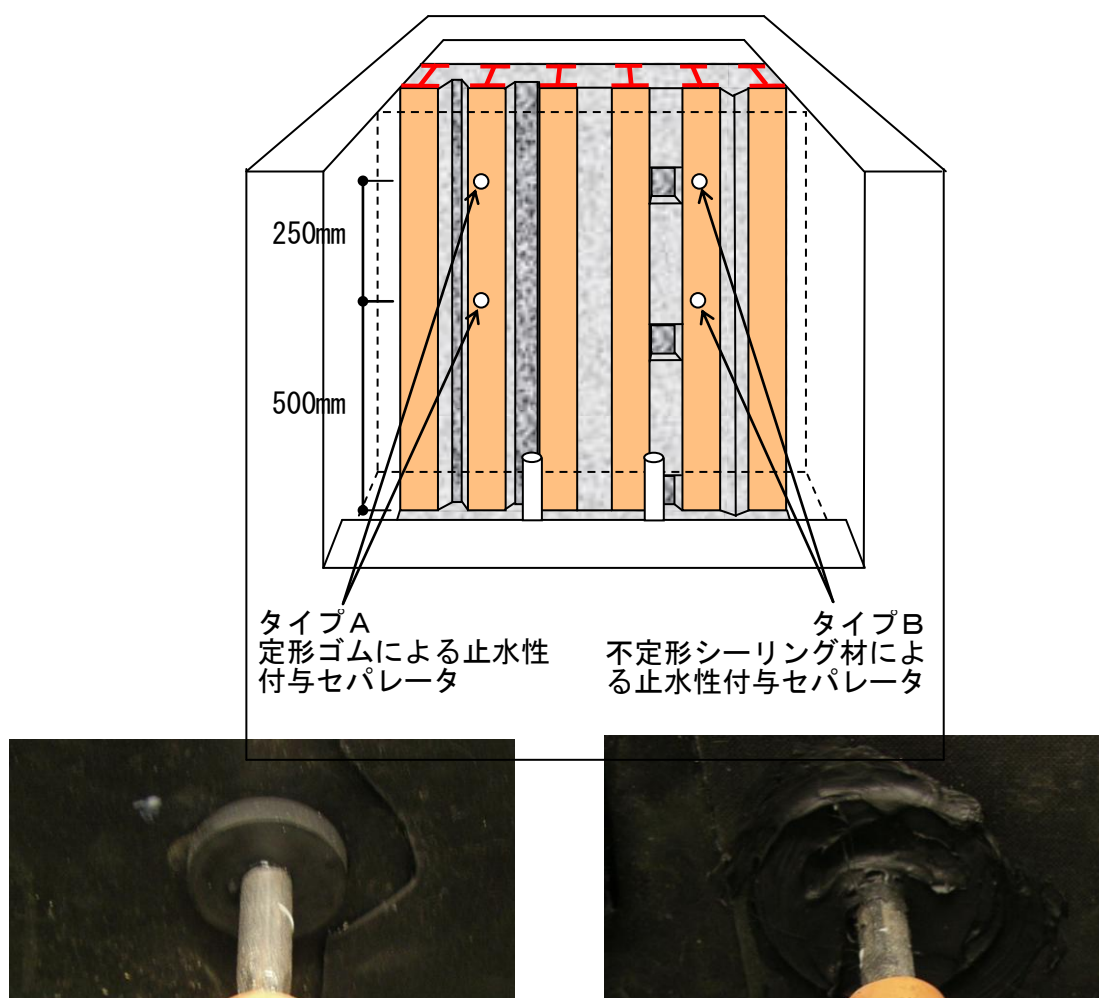


図 4.5 SMW 部分セパレータ概要図

(3) 底面パイプ

実際の地下床面の防水層貫通部分としては、仮設杭や配管類があり、その周辺の不具合も報告されている。そこで、図 4.1 に示すように函体手前の壁から 160mm の位置に 2 本の $\phi 50\text{mm}$ のパイプ貫通部を設け、その部分での漏水現象の有無を調べた。

試験対象防水層は、メンブレン防水材2種類とし、その詳細を表4.4に示した。

表 4.4 試験防水層の詳細

防水材		詳細
塗膜系	ゴムアスファルト系塗膜防水	約厚 0.2mm 繊維状マットを山留め壁に酢酸ビニルエマルション系接着剤で貼り付けた後、1.5kg/m ² の量を吹付け2回
シート系	非加硫ブチルゴム系シート防水	厚 1.5mm のシートをブチルゴム付き取り付け治具を介して数か所で釘止め

4. 4 試験方法

加圧透水試験は、1つの函体に対し、以下の3通りの試験を行った。

(1) ソイルセメント山留め壁だけの状態

まず、函体と山留め壁の間を鋼製板で蓋をして注水した後、防水層、コンクリートのない状況で、SMW裏側に注水して加圧した。

(2) ゴムアスファルト系塗膜防水

ゴムアスファルト系塗膜防水を床面、壁面に施工して、コンクリートを打設した試験体に対し、変形防止用鉄骨で補強した上で、注水した水と空気圧により0.1MPa、0.2MPa、0.3MPaまで加圧し、各々の圧力で10分程度保持して、漏水状況を観察した。さらに、コンクリートの漏水発生箇所から蛍光染料水溶液を水頭1m程度の圧力で流し込んだ後、壁部コンクリートを解体し、解体破片にブラックライトを照射して漏水経路を目視調査した。

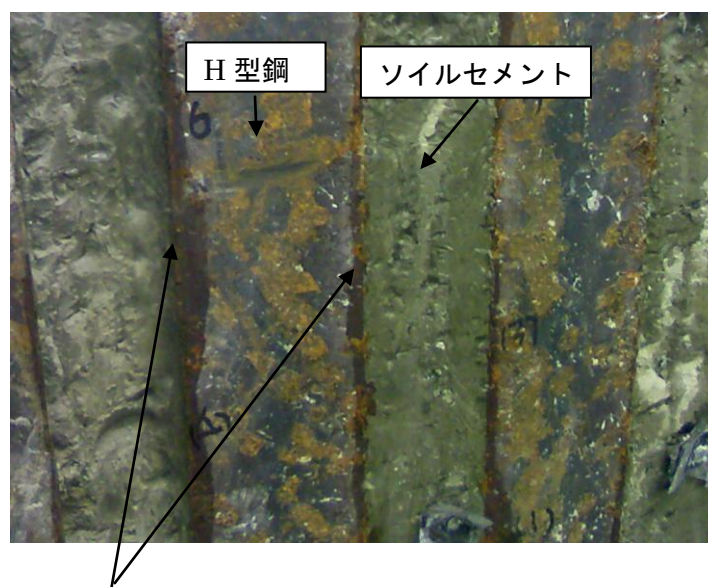
(3) 非加硫ブチルゴム系シート防水

ゴムアスファルト系塗膜防水試験体解体後、非加硫ブチルゴム系シート防水を、同様に施工してコンクリート打設した試験体で、前述の加圧試験を行った。また、試験後に地下壁コンクリートを解体し、漏水が生じた箇所を詳細に目視観察した。

4. 5 試験結果

(1) ソイルセメント山留め壁だけの場合

水頭約 10cm 程度で、芯材H鋼とソイルモルタル界面から水が滲み出し、水頭が上がるにつれ滲み出し箇所が多くなった。水頭約 1m の満水状態で 0.3MPa 以上まで加圧した状態においては、水が噴き出すほどの著しい漏水となった。漏水と SMW 面の粗度には特に関係は見られなかった。写真 4.9 にその状況を示す。



山留め芯材H型鋼際からの漏水

写真 4.9 SMW からの漏水状況

(2) 防水層，コンクリートを施工した状態での漏水状況

注水加圧による漏水再現試験結果をゴムアスファルト系塗膜防水は表 4.5 の左欄に、非加硫ブチルゴム系シート防水は同表右欄に、それぞれの漏水状況を写真 4.10～4.15 に示す。

表 4.5 防水層，コンクリートを施工した状態での試験結果

圧力 MPa	発生現象	
	ゴムアスファルト系塗膜防水	非加硫ブチルゴム系シート防水
0	異常なし	異常なし
0.05	入隅部染み出し（止水補修後，試験継続） （写真 4.10）	貫通パイプ周り染み出し（止水補修後，試験継続）（写真 4.13）
0.1	タイプ A セパレータ部分から染み出し （写真 4.11）	下段のタイプ A，タイプ B セパレータ部分から染み出し（写真 4.14）
0.2	タイプ B セパレータ部分から染み出し	
0.3	全てのセパレータ部分から染み出し コンクリート面から染み出し（写真 4.12）	全てのセパレータ部分から染み出し（写真 4.15）

写真 4.10 入り隅部染み出し
塗膜系

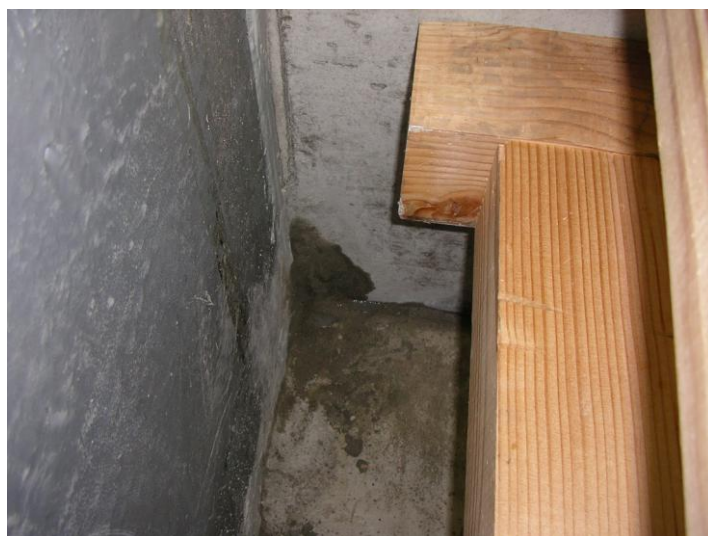


写真 4.11 タイプAセパレータ
染み出し (塗膜系)



写真 4.12 コンクリート面
染み出し (塗膜系)



写真 4.13 パイプ周り染出し
(シート系)



写真 4.14 下段セパレータ染出し
(シート系)



写真 4.15 全セパレータ染出し
(シート系)



2種類の防水層とも、最初にタイプAの定型ゴムによる止水性付与セパレータ部分から水が染み出し、最終的には不定形シーリング材で止水性付与したタイプBセパレータやコンクリート面からの染み出しも見られた。

(3) コンクリート解体後の詳細観察結果

漏水現象再現試験の後、セパレータ部分をコア抜きし、コンクリート壁の両端部をはつり出して函体との縁を切り、コンクリート壁を前面に傾斜させて防水層の裏面の状況を観察した。概要を図4.6に示す。なお、ゴムアスファルト系塗膜防水試験体においては、コンクリート解体後に漏水経路観察を行うために、解体前に漏水箇所側から蛍光染料入り水溶液を注入した。

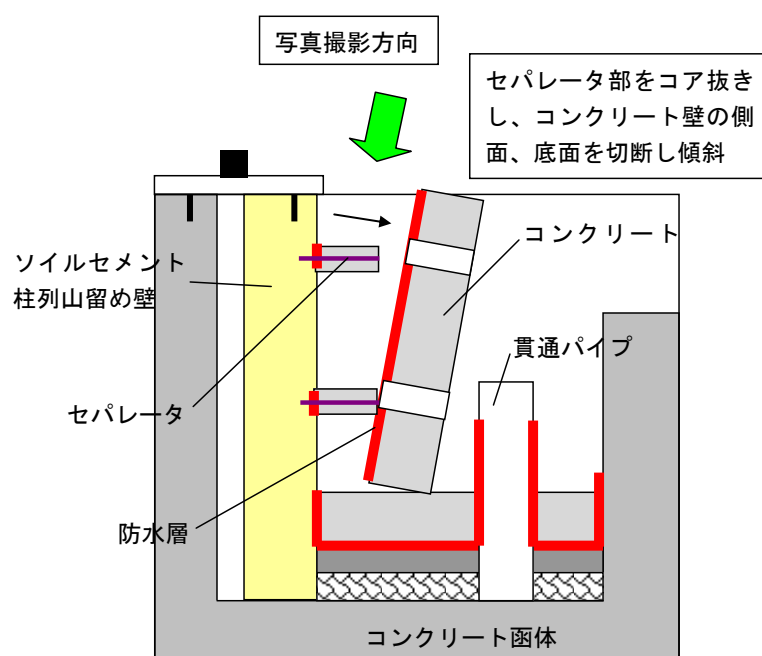


図 4.6 壁部解体観察概要図

写真 4.16 にゴムアスファルト系塗膜防水、写真 4.17 に非加硫ブチルゴム系シート防水の防水層裏面と SMW 面の状況を示すが、各試験体とも、防水層自体はコンクリートと非常によく密着しており、コンクリートと防水層界面を水が横走りした形跡は認められなかった。



写真 4.16 塗膜防水層裏面



写真 4.17 シート防水層裏面

また、ゴムアスファルト系塗膜防水試験体では、解体したコンクリート壁の入隅部の防水層に鉄筋配筋時損傷と思われる傷が見られ、これが加圧初期に生じた入隅部からの漏水の原因と考えられた（写真 4.18）。

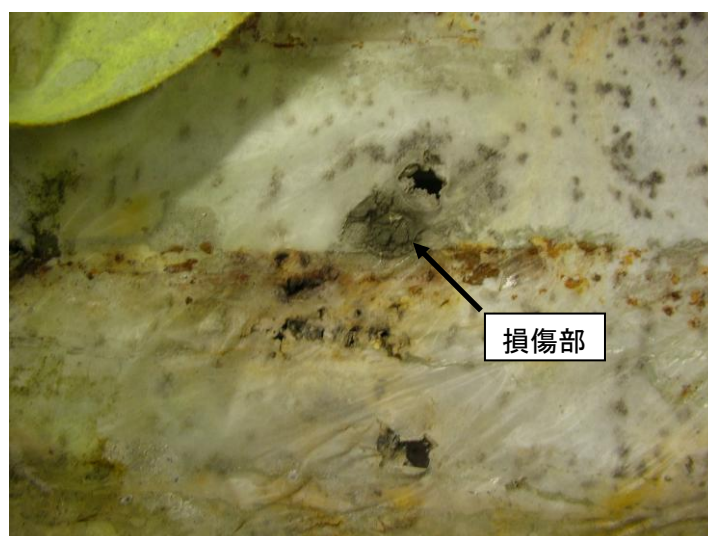


写真 4.18 塗膜防水損傷部

セパレータ周辺については、漏水に関係するような損傷は特に見られなかったが、その後行った蛍光染料水溶液による漏水経路確認によると、セパレータ周囲のコンクリートが蛍光染料で染色されており、セパレータ周囲が水みちとなっていたことがわかった（写真 4.19）。なお、コンクリート面から生じた漏水や貫通パイプ周りの漏水原因、漏水経路については特定できなかった。

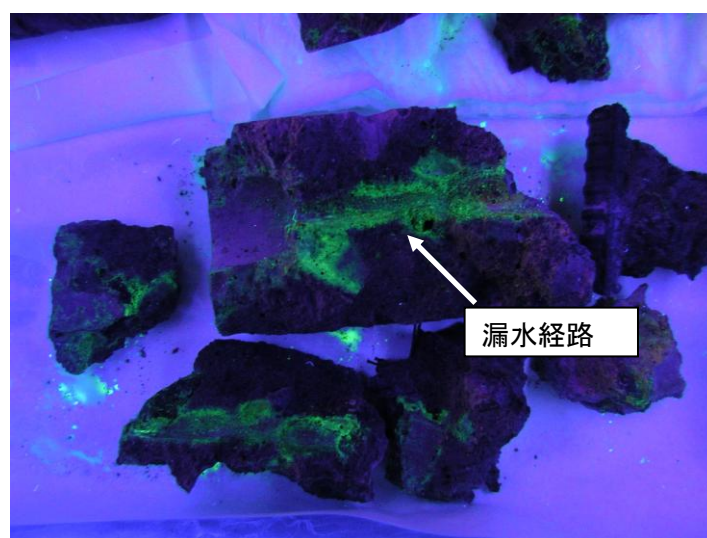


写真 4.19 漏水経路観察

4. 6 実状の確認試験結果の考察

(1) ソイルセメント山留め壁のみの試験体での漏水

SMW 面からの漏水は、注水側の面に SMW の芯材の H 形鋼が露出している部分があり、ソイルセメントと H 型鋼界面で水みちができてやすい状況であったと考えられる。実施工条件では、H 形鋼の地盤側はある程度の厚さのソイルセメントで被覆されてはいるが、高圧の水圧に耐えうる水密層の形成まではできないと思われるので、SMW に竣工後の地下外壁の防水性までを期待するのは難しい。

(2) 防水層とコンクリートを設けた試験体での漏水

セパレータ部分、貫通パイプ部分、入隅部分、コンクリート一般平面部分から漏水が生じた。特に、セパレータ部分は、防水層の違い、止水機能の違い、設置の位置に関係なく漏水箇所となっており、予め防水層貫通箇所防水補強がされていたにもかかわらず、止水ができていなかった。セパレータを H 型鋼に取り付ける部分に使用した受け金物のねじ込み部分の止水処理が不十分であったことが考えられる。また、防水層を透過した水は、セパレータに沿って浸透しており、水みちになっていたことが確認された。

SMW の凹凸状態の影響については、全て防水層とコンクリートとの密着性が良好であったため、今回の試験では防水性に対して影響はなかったといえる。しかし実際には、この試験体よりも凹凸の大きさ、範囲、打設コンクリートの量が大きいので、防水層への影響については別途検討が必要である。一方、漏水箇所の広がりにつながると考えられている、水の横走りの要因となる防水層とコンクリートの剥離については、本試験で評価した防水材に関しては、全く影響ないといえる。

4. 7 まとめ

地下部分実構成試験体を用いて加圧透水試験を行い、本工法の課題を実験的に明確にした。試験結果からは、完全な防水性が必要となる地下躯体での外防水として考えた場合には、防水仕様に関しては防水貫通部（セパレータや貫通配管等）の止水処理のさらなる改善検討が必要であり、防水工事以外の工事工程での防水層に対しての養生の配慮や防水層自体を損傷外力から保護する方法の検討等も必要であることが確認された。

また、防水工法の評価に際しては、防水層貫通部及び防水層損傷部に着目する必要がある。

第5章 防水層貫通部，防水層損傷部での 防水性評価試験

第5章 防水層貫通部，防水層損傷部での防水性評価試験

5.1 試験の目的と概要

前章の実現象確認試験により，本工法の性能を適切に評価するには，防水機能の不良が懸念される部位での防水性の評価確認が必要であることがわかった。試験結果より，防水性の弱点となりうる箇所として，防水層貫通部（特にセパレータ部）と，防水工事後に防水層が損傷した防水損傷部が抽出された。そこで，その箇所について，より詳細に検討ができる大きさの試験体を用いて加圧透水試験を行い，新たに設定する評価方法に用いる試験体や試験条件について検討した。

5.2 試験体

(1) セパレータ試験体

セパレータ試験体は，防水層貫通部からの透水し易さを比較するために，セパレータの種類，設置高さ，コンクリートの打設方向を変えた試験体を作製した。試験体の仕様を表5.1に示す。

表 5.1 セパレータ試験体概要

試験体 No.	試験体水準			
	コンクリート打設方向	防水弱点	止水機能（水膨張ゴムリング）有無	セパレータ位置
①	鉛直方向	セパレータ	有り	下から 275mm
②				下から 1525mm
③			無し	下から 275mm
④				下から 1525mm
⑤	水平方向		有り	試験体中央
⑥				無し

まず，鉛直方向にコンクリートを打設した試験体（①～④）では， $W0.9m \times H1.8m$ の見付面の片側に非加硫ゴム系シート防水層を設け，2列6段のセパレータを用いて製作した厚さ20cmのコンクリート壁を製作した。半屋外で1ヶ月半養生後，最下段と最上段のセパレータ部分を見付寸法約50cm×45cmで切り出した。防水層とセパレータの取り合い部には，不定形シーリング材を用いて止水処理した上，水膨張性の止水ゴムリングの効果を確認するため，止水ゴムリング付きと止水ゴムのない一般外壁用の2種類をセパレータの種類とした。コンクリートの打設高さは1.8mであり，実際の地下外壁とは壁厚等の寸法は多少異なるものの，防水層とコンクリート部分を概ね再現したものである。ここでは，コンクリー

ト打設時の山留め壁の凹凸の影響は考慮せずに、防水下地側は平滑とした。

水平方向にコンクリートを打設した試験体 (⑤, ⑥) は, 40cm×40cm×^H20cm のそれぞれ個別の型枠底面に防水層を設置し, 鉛直方向コンクリート打設セパレータ試験体と同様な形態となる様に, 中央に防水層を貫通して止水機能の異なる 2 種類のセパレータを各型枠内に配置して, 平面でコンクリートを打設した。

使用したコンクリートの調合と物性を表 5.2 に, 試験体概要を図 5.1 に示した。コンクリートとしては汎用的な調合であったが, ブリーディング量は 0.1cm³/cm² とやや少なめであった。

表 5.2 コンクリートの調合と物性

W/C (%)	S/a (%)	単位質量 (kg/m ³)					物性		
		W	C	S	G	Ad	スランプ (cm)	空気量 (%)	28 日強度 (N/mm ²)
56.2	48.5	180	320	847	923	3.20	19.5	5.6	28.4

セメント：普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³）

細骨材：茨城県神栖市陸砂（表乾密度 2.59 g/cm³）

粗骨材：栃木県下都賀郡岩舟町碎石（表乾密度 2.66 g/cm³）

混和剤：AE 減水剤標準形（I 種）

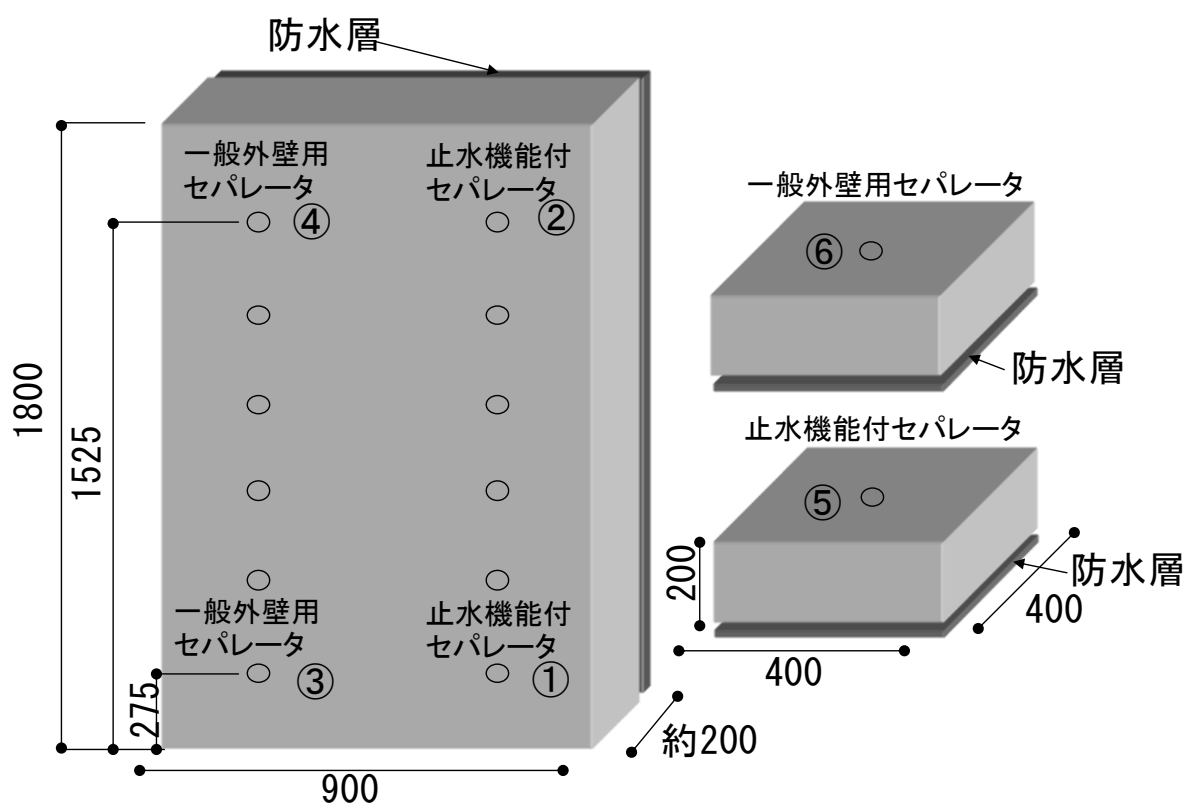


図 5.1 セパレータ試験体概要 (単位: mm)

(2) 防水層損傷試験体

防水層損傷試験体は、セパレータ試験体のセパレータのない部分に防水層側からカッターで長さ 5cm の切れ目をコンクリート面まで×印形に入れて損傷部をとし、その部分で加圧透水試験を行った。

コンクリート打設方向は、鉛直方向打設、水平方向打設の 2 種類とし、鉛直方向打設試験体では、前述のコンクリート壁試験体のセパレータから離れた下から 900mm の位置に傷を付け、その部分を試験体とした。水平方向打設試験体は、セパレータ試験体の水平打設試験体と同寸法でセパレータを設けない試験体を製作し、防水層側に傷をつけた。試験体の仕様を表 5.3 に、試験体概要を図 5.2 に示した。傷をつけている状況を写真 5.1 に示す。

表 5.3 防水層損傷試験体

試験体種類 (コンクリート打設方向)	試験体水準	
	防水弱点	損傷部位置
コンクリート鉛直打設	防水層損傷部	下から 900mm
コンクリート水平打設	カッター傷	底面

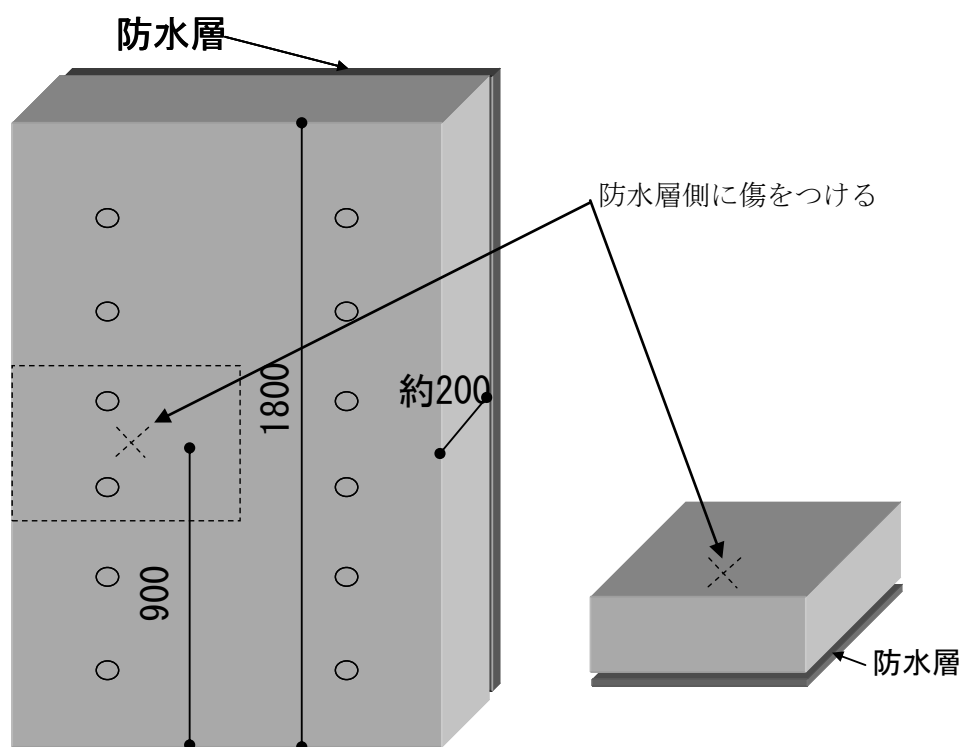


図 5.2 防水層損傷試験体

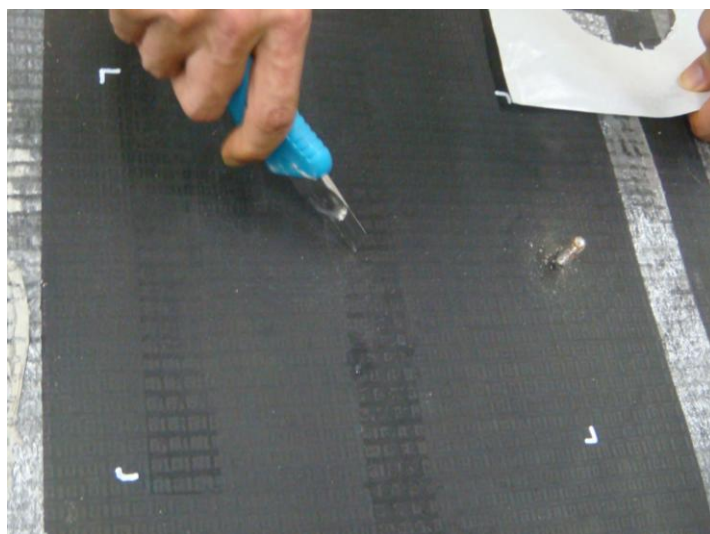


写真 5.1 防水層損傷試験体損傷部製作状況（水平打設試験体）

なお、試験は試験体のコンクリート打設後、2カ月以上半屋外で養生した後に実施した。
鉛直打設試験体における各試験部分を写真 5.2 に示した。



写真 5.2 鉛直打設試験体からの試験体取得位置

5.3 試験方法

(1) 試験装置

試験体の防水層側に、φ10cmの円形に水圧がかけられる鋼製の水貯め箱を厚2mmの非加硫ブチル系粘着材で接着し、PC鋼棒と型鋼で固定して水と圧縮空気で加圧する試験装置を作製した。装置断面を図5.3に、全景を写真5.3に示す。

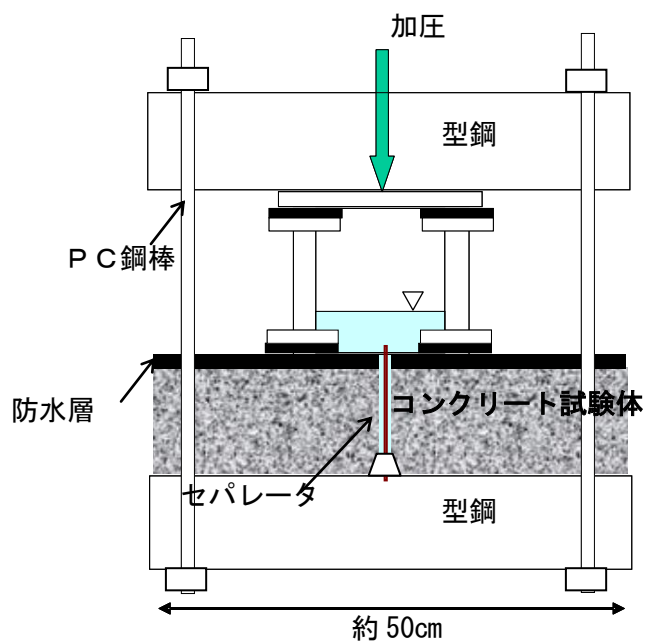


図 5.3 加圧透水試験装置断面



写真 5.3 加圧透水試験装置

(2) 加圧条件

以下の2条件の加圧透水試験と、加圧後の透水経路確認試験を実施した。

a) 圧力上昇加圧透水試験

鋼製水貯め箱に1000ccの水を入れた後、0.05MPaずつ空気圧を上昇させて3分間保持し、約-30mの地盤が全て水で満たされると仮定した場合の地下外壁に加わる水圧である0.3MPaまでかけるものとした。予備試験において、短時間で漏水が生じる試験体があったため、圧力安定後の3分間の経過観察を3回行い、漏水がある場合は漏水量を計測することとした。

b) 一定圧力保持加圧透水試験

圧力上昇加圧透水試験で漏水を生じなかった試験体については、0.3MPaの圧力で24時間加圧を継続し、漏水の有無を観察し、漏水がある場合は漏水量を計測した。

なお試験終了後、両試験から、特徴的な結果を代表する試験体を選択し、蛍光染料入りの水を用いて、一定加圧保持加圧透水試験を再度を行い、100mmφのコアを抜いた後、割裂破壊して断面の蛍光染料の発色状況から透水経路を調べた。

5.4 試験結果

(1) セパレータ試験体

a) 圧力上昇加圧透水試験結果

加圧透水試験での加圧力変化に対し、漏水状況を写真5.4に、漏水量の変化を図5.4に示す。



写真 5.4 漏水状況 (試験体④)

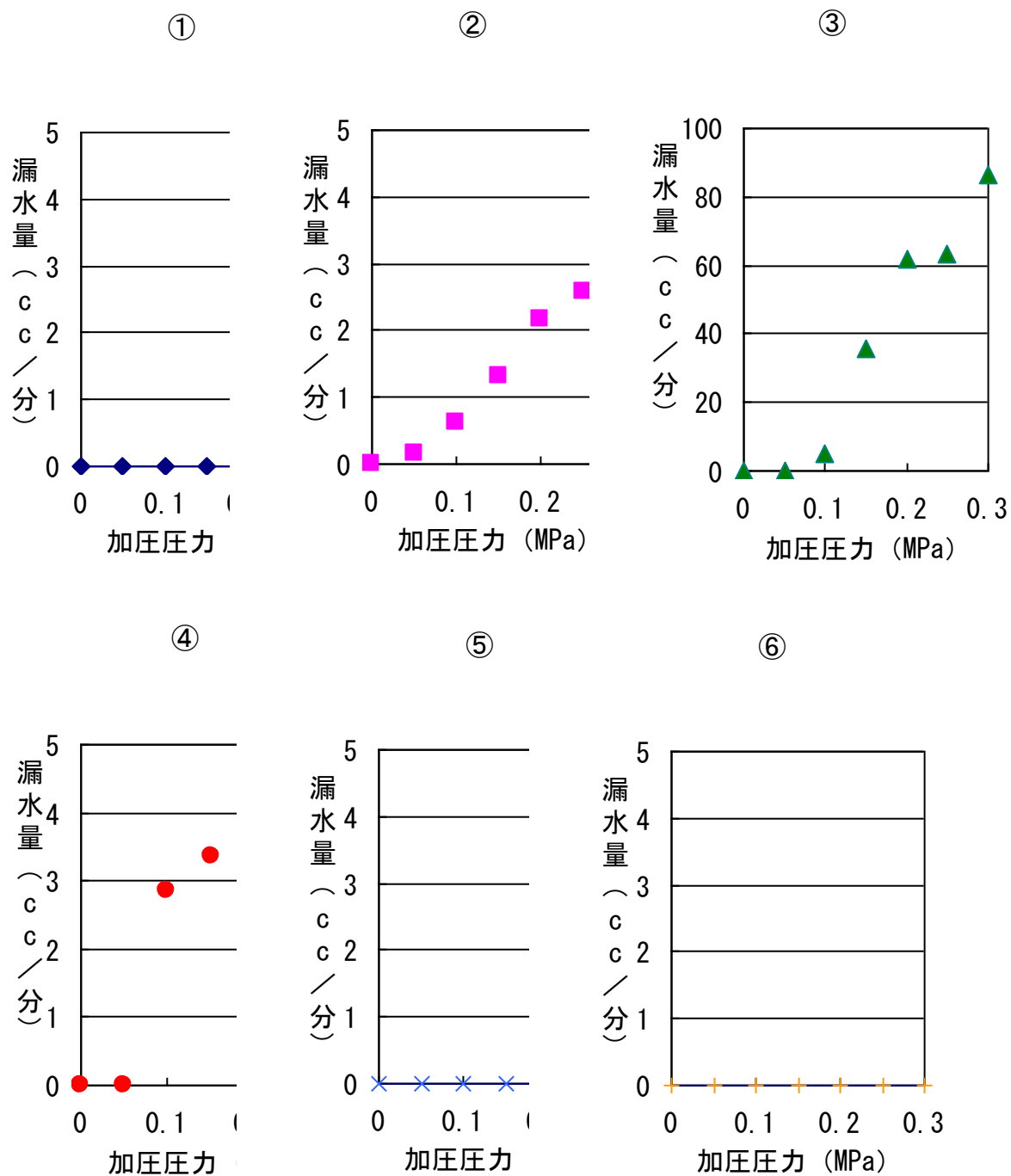


図 5.4 加圧力変化に対する漏水量変化

鉛直方向打設試験体（以下、鉛直打設）の一般仕様セパレータの③、④と、最上段の止水機能付きセパレータの②では、地下 5～10m での水圧に相当する 0.05～0.1MPa の加圧条件でも漏水が生じ、特に一般仕様の最下段である③は、0.15MPa の圧力以降著しく漏水した。なお、一般仕様の最上段である④は、漏水量にピークが見られ、透水経路が不溶性の析出物等により閉塞されたものと考えられるが、詳細は不明である。

水平方向打設試験体（以下、水平打設）の⑤、⑥と鉛直打設の最下段の止水機能付きセパレータの①は、全く漏水を生じなかった。止水機能付きセパレータでは、コンクリート打設高さの影響が明確であったが、一般外壁用セパレータでは、最下段での漏水量が、他の試験体よりも大きかったため、高さの影響は明確ではなかった。

b) 一定圧力保持加圧透水試験結果

圧力上昇加圧透水試験で漏水が生じなかった 3 種類の試験体（①鉛直打設、止水機能付きセパレータ最下段、⑤水平打設、止水機能付きセパレータ、⑥水平打設、一般外壁用セパレータ）について、24 時間 0.3MPa で加圧した。結果を表 5.4 に示す。鉛直打設の①では 6 時間経過後にセパレータの少し下部が濡れ始め、12 時間後にはセパレータより下側の平坦部に水滴が付着し、24 時間後にはごく少量滴下した。しかしながら、水平打設の⑤と⑥では全く漏水を生じなかった

表 5.4 一定圧力保持加圧透水試験結果

試験 体 No.	試験体仕様		0.3MPa 加圧保持時間				
	コンクリート打設方向	セパレータ	1 時間	3 時間	6 時間	12 時間	24 時間
①	鉛直方向	止水最下段	○	○	△	×	×
⑤	水平方向	止水	○	○	○	○	○
⑥		一般	○	○	○	○	○

○：異常なし △：濡れ色 ×：漏水

c) 透水経路の観察

一定圧力保持加圧で漏水を生じた試験体①（鉛直打設、止水機能付きセパレータ最下段）、短時間で漏水を生じた試験体②（鉛直打設、止水機能付きセパレータ最上段）、全く漏水を生じなかった試験体⑥（水平打設、一般外壁用セパレータ）について、蛍光染料水溶液を用いて水の浸透状況を観察した。割断面を図 5.5～5.7 に示す。

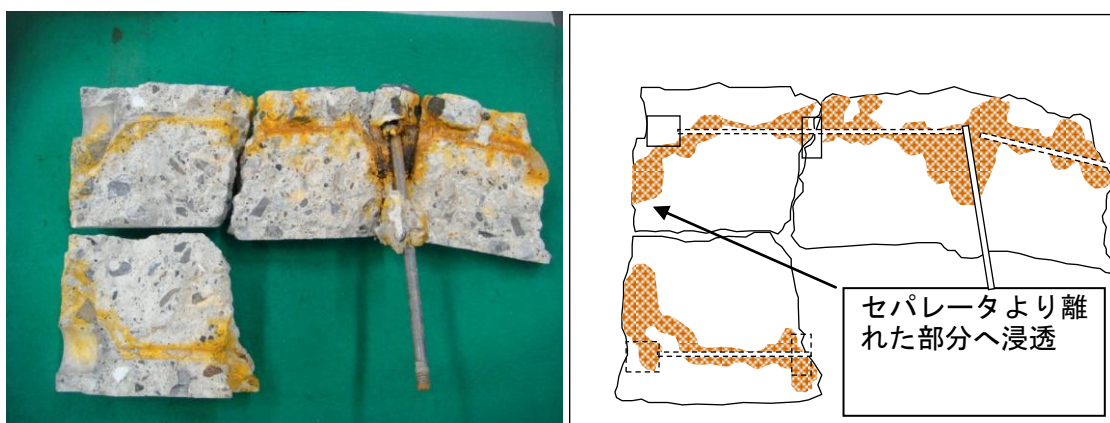


図 5.5 水みち確認（試験体① 鉛直打設／止水／最下段）

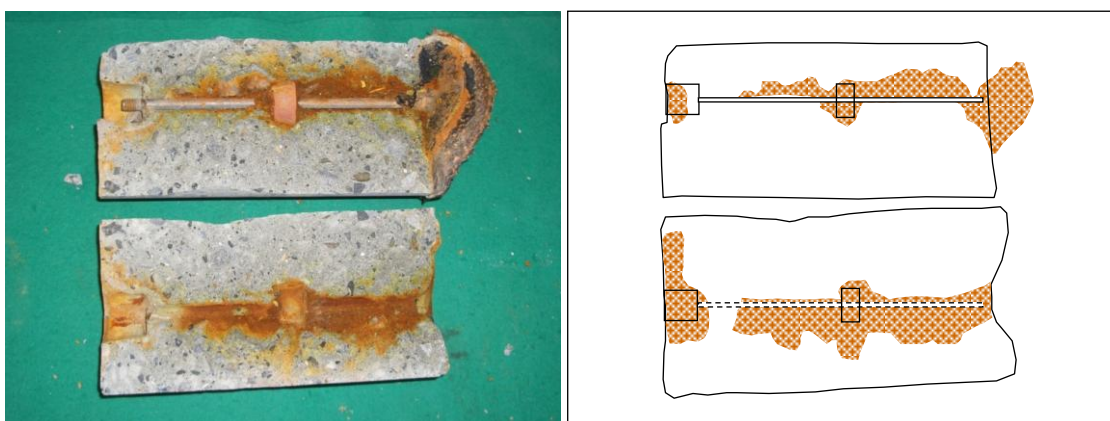


図 5.6 水みち確認（試験体② 鉛直打設／止水／最上段）

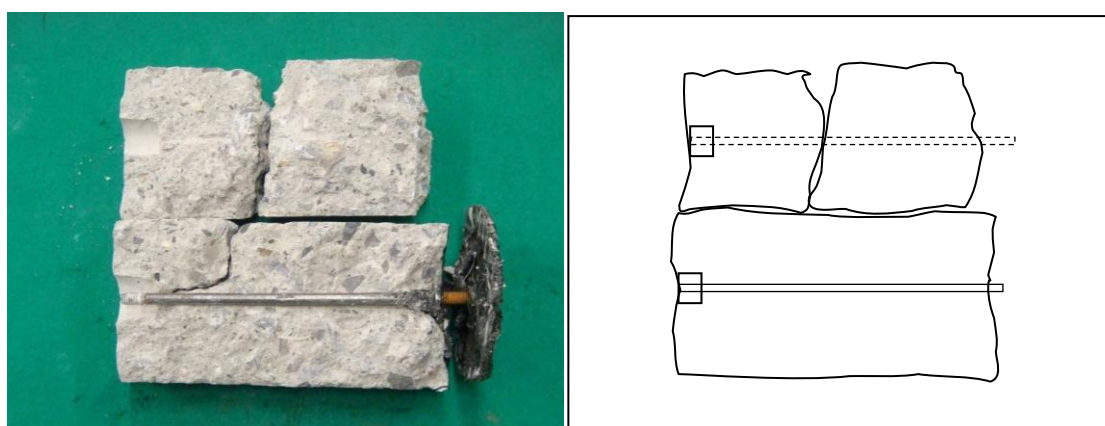


図 5.7 水みち確認（試験体⑥ 水平打設／一般）

鉛直打設試験体①，②においては，浸透水は防水層を貫通したセパレータ部分からセパレータ近傍（特に下部）に浸透していた。

試験体①の漏水箇所であるセパレータより少し離れた部分への浸透も，防水層と反対側のコンクリート表層付近への浸透水の広がりが認められ，透水しやすい部分がセパレータ近

傍からその下部周辺にもあることを示していた。また、試験体①、②とも、セパレータ中央部に止水ゴムリングが設置されていたが、浸透水はその部分を廻り込む様に通過しており、ゴムの止水機能が発揮できていなかった。一方、水平打設試験体⑥では蛍光染料水溶液による変色は全くなく、全く水の浸入が見られなかった。

(2) 防水層損傷試験体

a) 圧力上昇加圧透水試験結果

防水層損傷試験体についてもセパレータ試験体と同様に、コンクリートを鉛直打設、水平打設された試験体に対し、それぞれ順次圧力を上昇させた加圧透水試験を実施した。その結果、各々全く漏水は生じなかった。

b) 一定加圧時の加圧透水試験結果

鉛直打設、水平打設の防水層損傷試験体にそれぞれ、蛍光染料水溶液を用いて、0.3MPaを24時間加圧した。その結果を表5.5に示す。各試験体とも裏面への漏水は生じなかったが、鉛直打設試験体においては、防水層と反対側のコンクリート面からの漏水ではなく、防水層のすぐ裏側を鋼製水貯め箱の底面部分より外側に広がり、試験体側面部から漏水した。裏面の状況を写真5.5に、側面からの漏水状況を写真5.6および図5.8に示す。

表 5.5 一定圧力保持加圧透水試験結果

. 試験体仕様	0.3MPa 加圧保持時間				
	1 時間	3 時間	6 時間	12 時間	24 時間
コンクリート 打設方向					
鉛直方向	○	○	○	○	※
水平方向	○	○	○	○	○

○：異常なし △：濡れ色 ×：漏水 ※：側面より漏水



写真 5.5 試験体裏面（鉛直打設）



写真 5.6 側面からの漏水状況（鉛直打設）

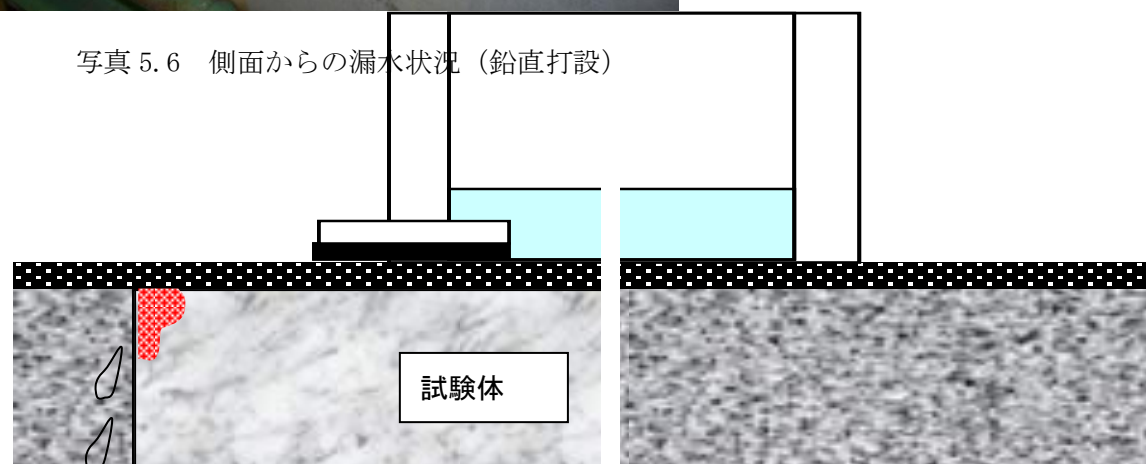


図 5.8 側面からの漏水状況（鉛直打設）

試験後にコア抜きして水の浸透状況を観察したが、それぞれ表層部分のみ着色されていた（図 5.9, 5.10）。

コンクリート打設方向の違いについては、鉛直打設試験体の方が水平打設試験体よりも水が浸透した範囲が深く、広い傾向があった。

約50cm

また、側面から漏水した鉛直打設試験体について、防水層を剥がしてコンクリートとの界面を観察したが、防水層とコンクリート間では容易に剥離しなかった。よって、図 5.11 に示すように、側面からの漏水の経路は、コンクリートの防水層との接着面近傍のコンクリート表層の厚さ数 mm 部分を伝達して水が横走りしたものと推定された。

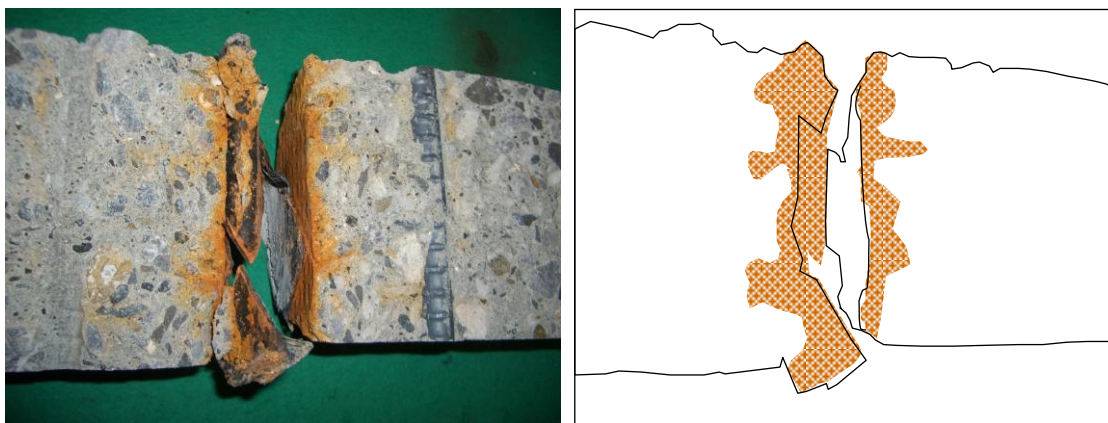


図 5.9 水みち確認（鉛直打設）

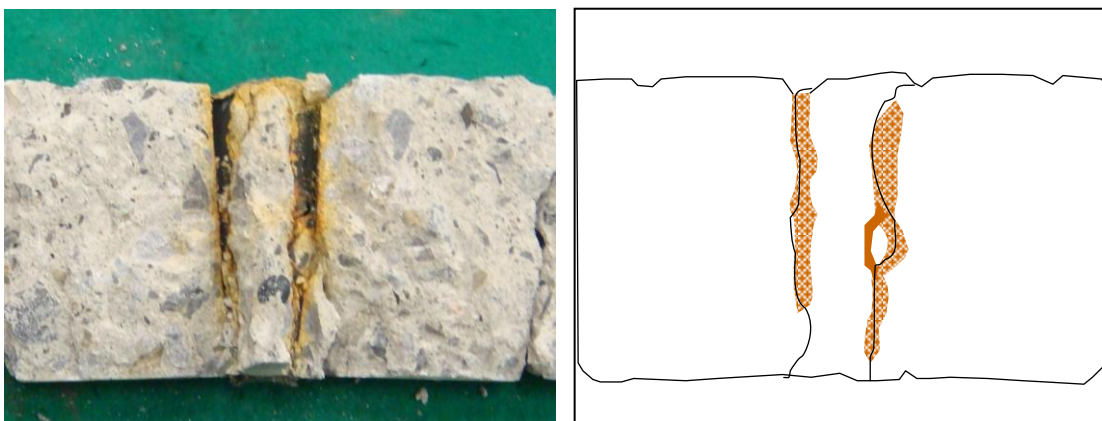


図 5.10 水みち確認（水平打設）

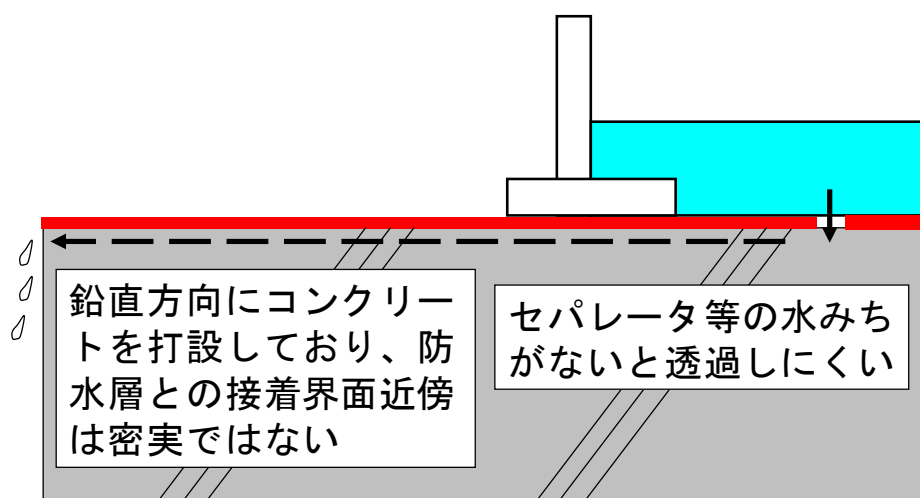


図 5.11 側面からの漏水メカニズムの推定

c) 防水層近傍のコンクリートの細孔構造

加圧透水試験終了後、防水層近傍約 7mm までのコンクリート表層部と中央部（防水層から約 10cm 内部）の硬化体の細孔径分布を測定した。試料は、鉛直打設のセパレータ試験体の一部からコンクリートカッターで切断して採取し、アセトン中で脱水処理した後 3~5mm 程度の小粒に粉砕し、真空乾燥器内で水和を停止させた。測定は水銀圧入式ポロシメーター（測定細孔径 3nm~120 μ m）を用いた。3 サンプルずつ測定した結果を図 5.12 に示す。

この結果では、サンプリング位置による総細孔量の違いは明確ではなかったが、細孔径 100nm より大きい細孔の積算容積および細孔径分布をみると、防水層近傍では 100~2000nm の径の細孔が中央部よりも多い傾向があり、加圧条件での透水性の大小に関係している可能性がある。

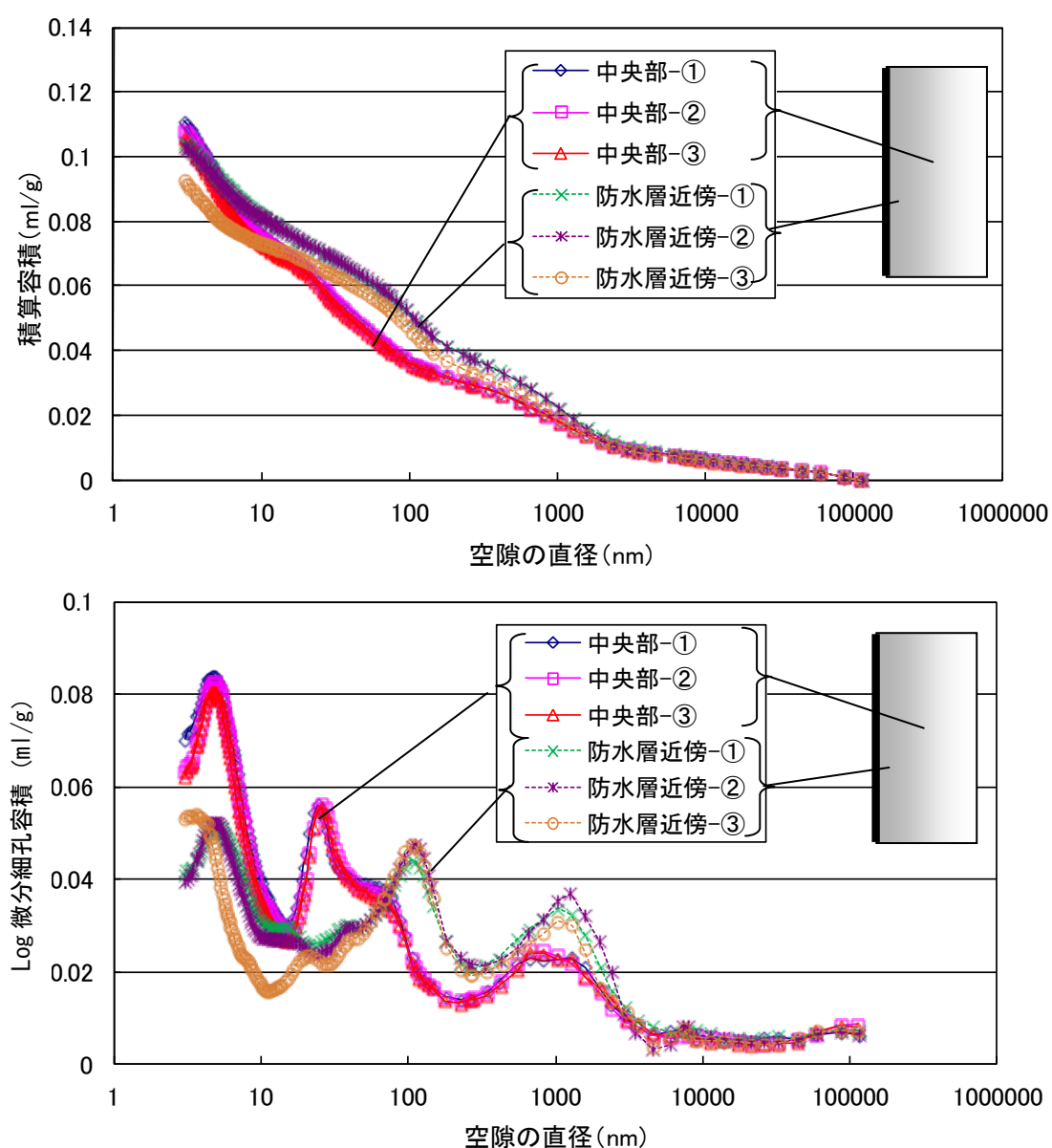


図 5.12 細孔構造の比較

5. 5 防水層貫通部，防水層損傷部での防水性評価試験結果の考察

(1) セパレータ部分での漏水メカニズム

セパレータと防水層の取り合い部の止水性が不十分であったために、水が通過し、さらにセパレータ周辺でのコンクリート中に存在する水みちを伝ったことが漏水のメカニズムと考えられる。また、セパレータ周辺に水みちができる理由としては、過去の研究^{4,5)}より、ブリーディングによるものと推定される。さらに、防水層とセパレータの間の止水性が不十分となった原因としては、コンクリート打設衝撃、バイブレータ接触等が考えられるが、特定はできていない。

(2) コンクリート打設方向の影響

コンクリート打設方向により、セパレータ周辺の止水性が大きく異なり、鉛直打設が水平打設よりも止水性が劣る結果であった。鉛直打設の場合には、ブリーディングによりセパレータの下部に空隙ができやすいためと考えられる。これは、既往の研究^{5,6)}においても指摘されており、特に打設部位が高い位置にあるものほどその影響は大きくなる。しかし、今回の実験で圧密により緻密な組織を構成できているはずの最下段のセパレータ周辺でも、高水圧下では、コンクリート自体の水密性の劣る部分がセパレータ下部に存在するために、水が透過する可能性があることがわかった。

(3) セパレータの止水機能（止水ゴムリング）について

止水機能付きセパレータであっても、鉛直打設の高所の場合では早期に漏水が生じていた（試験体②）。一旦浸入した水をコンクリートの間に設けた水膨張ゴムリングでは止めることができなかつたことになるが、水膨張ゴムが、水を吸収して所定の大きさに膨張するには、ある程度の時間が必要といわれており、本試験の時間内では、機能するまでに至らなかつた可能性もある。このような、止水機能を付与する副資材を有効に機能させるための設置条件に関して、別途検討が必要である。

(4) 防水層損傷の影響について

コンクリートを鉛直方向に打設した場合には、コンクリートと防水層との境界の、コンクリートの表層に近い厚さ数 mm の部分に、透水しやすい構造と考えられる層が存在することが判明した。これは、既往の研究においても、余剰水を吸収しない塗装型枠を壁型枠に用いた場合に、型枠近傍のコンクリートの細孔量が増加し、コンクリートの組織が表層側で粗くなることが指摘されていたが⁸⁾、今回の試験でも、100～2000nm の径の細孔量が増加しているので、鉛直打設試験体における側面からの漏水のメカニズムが裏付けられていると考える。従来、本工法の有効性として、防水層とコンクリートが密着していれば、浸透した水は広範囲に広がることはないので、漏水時の補修箇所の特정이しやすいことがいわれてきた^{7,8)}。しかしこの結果より、防水層とコンクリートの密着性が良好であっても、水が侵入した場合に、その箇所よりも別の箇所から漏水する可能性がある。但し、どの程度まで水の浸透範囲が広がるかは、コンクリートの調合や養生、圧力条件により異なるはずであり、試験方法に関する本研究とは別に、現状工法の改善課題として別途検討する必要

がある。

(5) ジャンカや空隙の影響

試験体③は、圧力上昇加圧透水試験の低圧時より漏水量が著しかったが、防水層を切開して観察したところ、防水層とコンクリートの間に空隙があった（写真 5.7）。試験体として不備ではあったが、本工法においては、ジャンカや防水層とコンクリート間の空隙等の存在が、防水性に与える影響が大きいことが確認された。



写真 5.7 防水層下の空隙（試験体③ 鉛直打設／一般／最下段）

(6) 評価試験の試験条件について

本工法を適切に評価するには、防水性の最も懸念される部位の評価が重要と考えられる。本試験では、その部位としてセパレータ部分、防水層損傷部分を取り上げ、ブリーディングが生じる汎用的な調合のコンクリートを使用して試験したが、双方とも、コンクリートを鉛直方向打設することによるブリーディングの影響により、漏水や特異的な現象が生じており、防水工法としての改善検討課題があることがわかった。従って、本工法の評価試験体としては、コンクリートを鉛直方向打設することが必要不可欠である。また、加圧透水試験の加圧時間は、24 時間以上の長時間で評価する必要がある。

5. 6 まとめ

地下躯体先やり外防水工法の防水性を評価する加圧透水試験を行い、セパレータ部分の水の通りやすさを再確認するとともに、水平打設した試験体では、水が通りやすい状況がないことがわかった。また、防水層とコンクリート間の密着性が良好でも、鉛直打設した場合には、コンクリート表層に透水性が良い部分が存在することがわかり、試験体のコンクリートの打設方向に関しても注意が必要なが判明した。さらに、透水性評価には、24 時間以上の長時間評価が必要なことがわかった。

第6章 試験体の小型化の検討

第6章 試験体の小型化の検討

6.1 目的

地下躯体先やり外防水工法の防水性の評価にあたり，防水層自体の防水性以上に，貫通部や損傷部の防水性が重要であることが明確化したが，その際に，防水層だけでなく後打ちコンクリートの状態も関係していることがわかった。貫通部においては，鉛直方向にコンクリートを打設した場合に，ブリーディング水が貫通部材下部に滞留して生じる水みちの形成が関係しており，この部分に水が到達すると漏水につながる。このことは，過去の研究からも指摘されており，打ち継ぎ部，コールドジョイントにおいても同様な状況が生じていると考えられる。

一方，防水層損傷部と関係するコンクリートの状態とは，鉛直方向にコンクリートを打設した場合に，防水層近傍と中央部でのコンクリートの組織が異なっており，防水層近傍に存在している比較的透水しやすい部分を通じて浸入水が広がる可能性があることである。これまで，防水層とコンクリートが密着していれば，コンクリート自体の難透水性から，水の浸透範囲が限定できて補修が可能と考えられてきたが，ブリーディング水の不均質性が，コンクリートの部位による透水性の違いをもたらしており，従来の考え方を改める必要がある。図6.1にこれらの現象が漏水に至るメカニズムをまとめた。

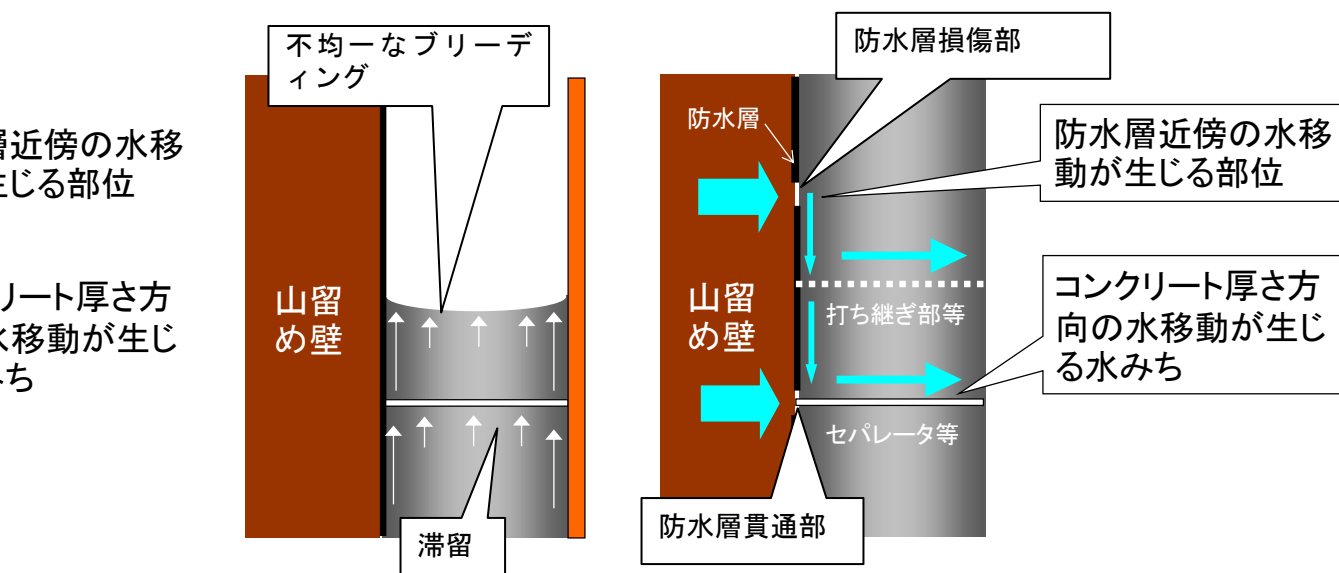


図 6.1 地下外壁からの漏水メカニズム

これらの現象は、コンクリートのブリーディングと関係していると考えられるため、ブリーディングに影響する要因、即ち、コンクリートの調合、コンクリートの打設方向だけでなく、打設高さ、打設環境等の条件でも異なってくると思われる。

コンクリートの打設高さは、国土交通省標準仕様書によれば、自由落下で分離が生じない高さとして記載されており、概ね3 m程度とされている。地下の側壁では、深さが深い場合は、山留め壁に腹おこしがあり、地下の階高または、腹おこしの間隔が1回の打設高さであるが、ほぼ3～4 m程度である。従って、地下外防水と一体となるコンクリートは、水平部材においては、どの場所においても防水層とは自重で一体化することができるが、側壁では3 m程度高さの下部と上部で、防水層とコンクリートの一体化の程度およびコンクリート自体の微細構造が異なることが予想される。

これらの条件を踏まえて、地下躯体先やり外防水工法の評価試験体を設定する必要があるため、3 m以上の高さのコンクリートの条件を再現した、扱いやすい寸法の試験体を設定することを目的とした。

6. 2 コンクリートの細孔組織構成に影響する要因

地下躯体に施工されるコンクリートの内、特に垂直部分の柱、壁部分では、高さ方向や厚さ方向で組織が異なっていると考えられる。

コンクリートの表層部の細孔組織構成には、以下の研究により、関連する要因がある程度整理されている。

- ① 打設後の養生条件として、型枠脱型後の乾燥開始条件が速いと、全細孔容積が大きくなる（日本大学 湯浅他）⁷⁾
- ② 合板型枠と塗装型枠を比較すると、塗装型枠の方が全細孔容積が大きくなる（清水建設 太田他）⁸⁾

打設後の養生条件としては、防水層に面する部分では、型枠脱型により乾燥条件となることはなく、湿潤状態が継続している。また、防水層自体は吸水しないので、塗装型枠面とほぼ同じ状態と考えられるので、本件検討においては、②の研究の塗装型枠の条件を参考にすれば良い。また、コンクリートの調合は一定であり、その他の条件としてはコンクリート打設条件のみが関係する。ここで、コンクリート打設条件とは、コンクリートの打設高さや方向ということになる。

一方、耐圧板等の水平部材においては、どの場所においても防水層に対して自重で密着するようにコンクリートが打設されるので、ブリーディングの影響は防水層側には及ばないと考えられる。

6. 3 コンクリート打設条件による防水層近傍のコンクリート組織への影響

(1) 試験体

加圧透水試験と同様に、厚さ 20cm 幅 50cm 高さ 3.5m の実大寸法と厚さ 20cm 幅と高さ 40cm の小型寸法の鉛直方向打設試験体および、小型寸法と同サイズの水平打設試験体を作製し、防水層近傍とコンクリート厚さ中央部からサンプリングして、コンクリートの微細組織を調べた。

試験体は、コンクリート打設高さや打設方向によるコンクリートの組織形成の違いを確認するため、表 6.1 に示す試験体を作製した。

表 6.1 試験体概要

試験体 No.	試験体水準			
	コンクリート打設方向	打設高さ	サンプル採取高さ方向位置	サンプル採取厚さ方向位置
①	鉛直方向	3.5m	下から 50cm 下から 300cm	防水層近傍： 防水層から 5mm
②		40cm	下から 5cm 下から 35cm	中央部： 防水層から 10cm
③	水平方向	20cm		

まず、鉛直方向にコンクリートを打設した試験体①では、前章の鉛直方向打設試験体の要領に準じ、 $W0.5m \times H3.5m$ の見付面の片側に非加硫ゴム系シート防水層を設け、1列12段のセパレータを用いて製作した厚さ 20cm のコンクリート壁とした。半屋外で1ヶ月養生後、高さ 30cm と 270cm のところからコア抜きしてサンプリングした。コンクリートの打設高さは、前章での試験体高さ 1.8m の約 2 倍であり、実際の地下外壁とは壁厚の寸法以外はほぼ同じである（実大試験体と呼ぶ）。ここでは、コンクリート打設時の山留め壁の凹凸の影響は考慮せずに、防水下地側は平滑とした。

また、試験体②は、試験体①の打設高さを $H0.4m$ とした、比較的扱いやすいと考えられる小型試験体である。

試験体③は、前章の水平方向打設試験体と同じもので、 $40cm \times 40cm \times H20cm$ の型枠底面に防水層を設置し、中央に防水層を貫通してセパレータを配置し、平面でコンクリートを打設した。試験体概要を図 6.2 に示した。

使用したコンクリートの調合は、前章の調合と同じもので、物性を表 6.2 に示した。コンクリートとしては汎用的な調合であり、ブリーディング量は 0.1 程度、ブリーディング率は 2.4%程度であった。

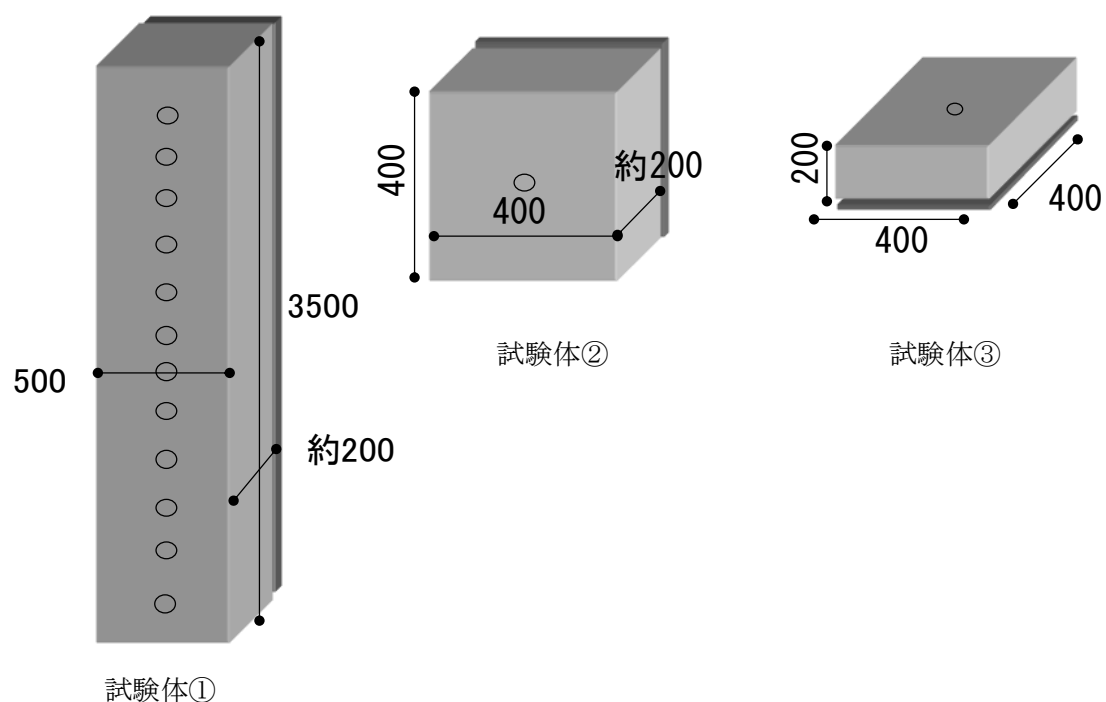


図 6.1 試験体概要

表 6.2 コンクリートの調合と物性

W/C (%)	S/a (%)	単位質量 (kg/m ³)					物性		
		W	C	S	G	Ad	スランプ (cm)	空気量 (%)	28日強度 (N/mm ²)
56.2	48.5	180	320	847	923	3.20	18.8	5.2	31.9

セメント：普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³）

細骨材：茨城県神栖市陸砂（表乾密度 2.59 g/cm³）

粗骨材：栃木県下都賀郡岩舟町碎石（表乾密度 2.66 g/cm³）

試料サンプリング前に、各試験体のセパレータ部分（試験体①では下から 50cm および 300cm にあるセパレータ部分の 2 箇所）での加圧透水試験を実施し、24 時間 0.3MPa の加圧で、水平方向打設の試験体③以外は漏水が生じた。前章の結果と同じであり、鉛直方向打設で水みちができていないことを確認した。

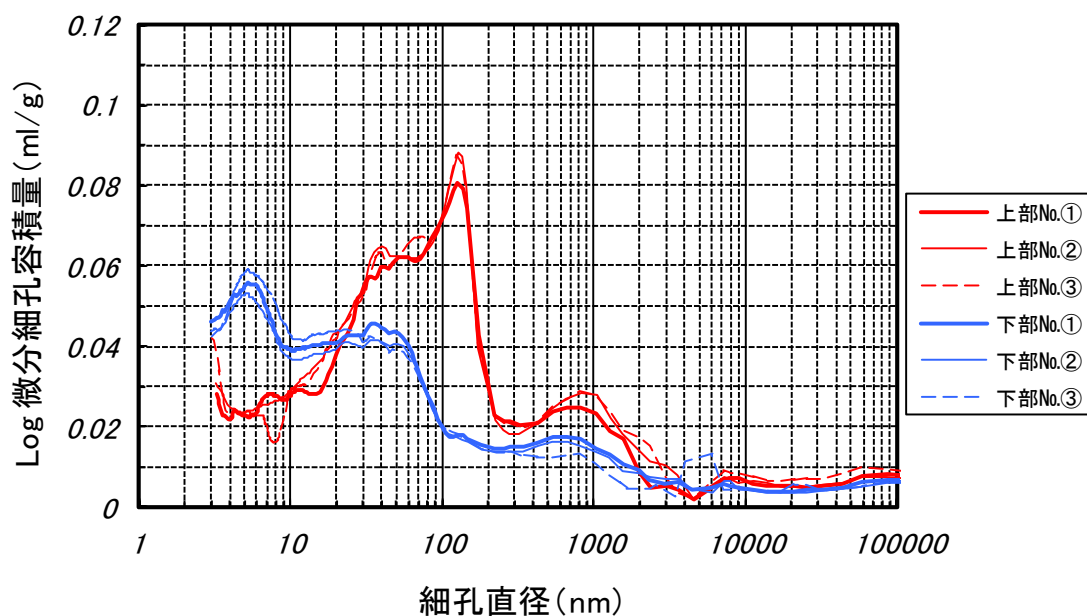
(2) 試験方法

試験体ごとに設定した高さにおいて、防水層から 5mm までのコンクリート表層部（防水層近傍）と防水層から約 10cm 内部（中央部）の硬化体の細孔径分布を測定した。試料は、各試験体から、コア抜きまたはコンクリートカッターで切断して採取し、アセトン中で脱水処理した後 3~5mm 程度の小粒に粉砕し、真空乾燥器内で水和を停止させた。測定は水銀圧入式ポロシメーター（測定細孔径 3nm~120 μ m）を用いた。

(3) 試験結果

各試験体の細孔分布測定結果を図 6.3~6.11 に示す。

細孔量測定結果(分布量)－実大:防水層近傍



細孔量測定結果(累積量)－実大:防水層近傍

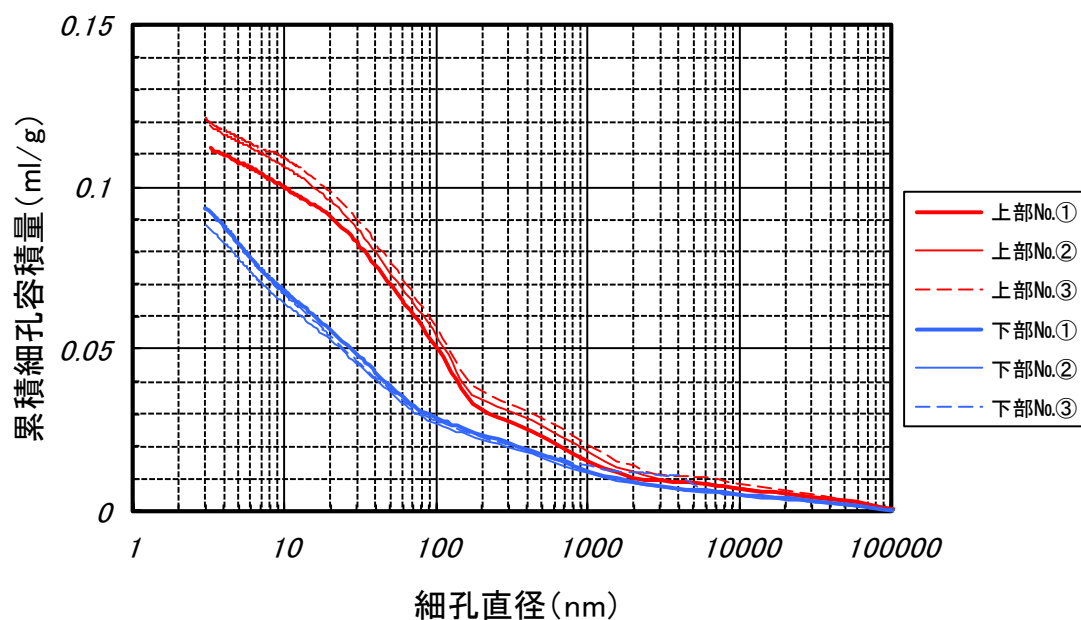
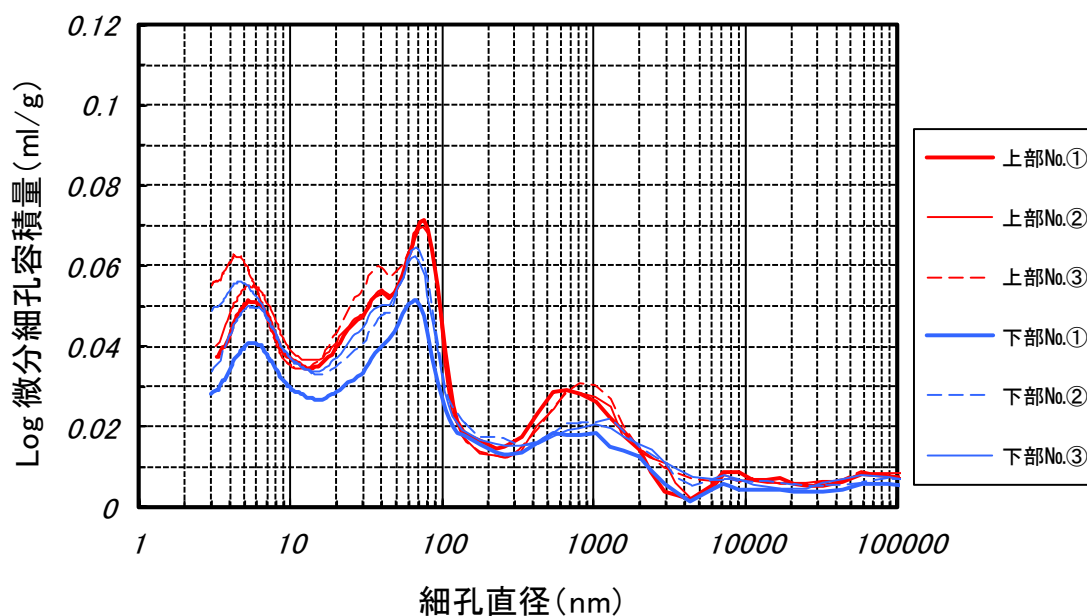


図 6.3 試験体① (実大試験体) の防水層近傍の高さ方向の細孔比較

防水層近傍の細孔は、上部 (下から 300cm) と下部 (下から 50cm) では分布も大きく異なり、上部の方が細孔容積量が多い結果であった。

細孔量測定結果(分布量)－実大:中央部



細孔量測定結果(累積量)－実大:中央部

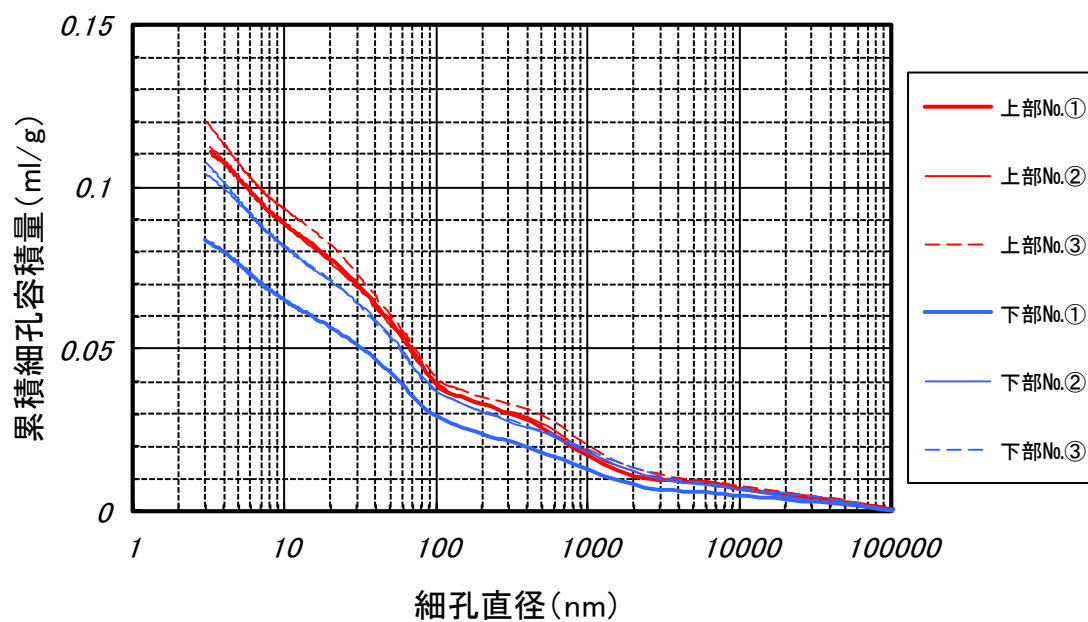
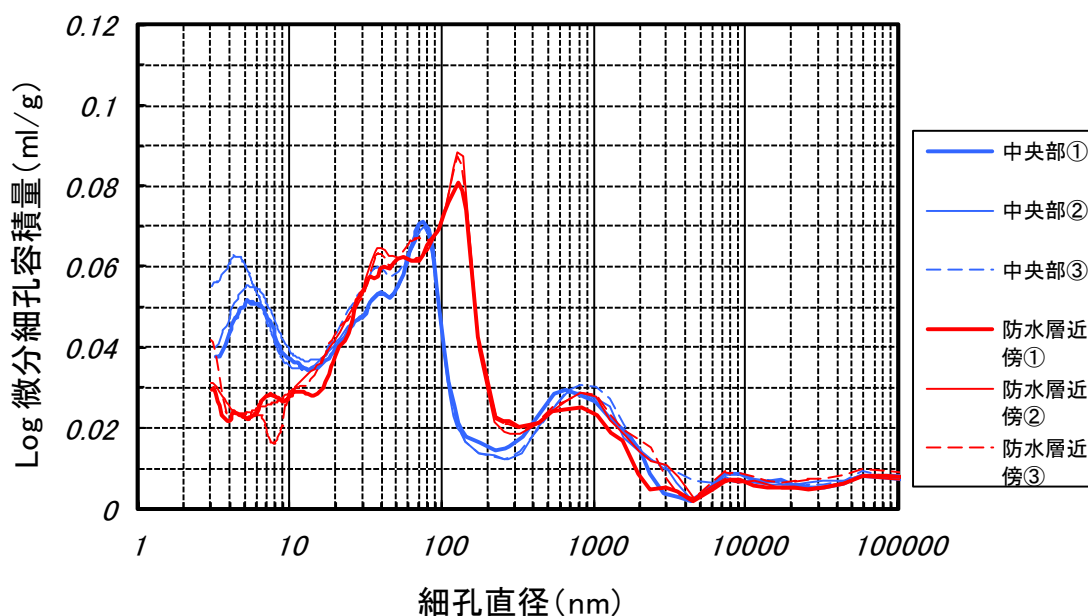


図 6.4 試験体① (実大試験体) の中央部の高さ方向の細孔比較

中央部の細孔は、上部（下から 300cm）と下部（下から 50cm）で分布形状は類似しているものの、は上部の方がやや細孔容積量が多い結果であった。

細孔量測定結果(分布量)－実大:上部



細孔量測定結果(累積量)－実大:上部

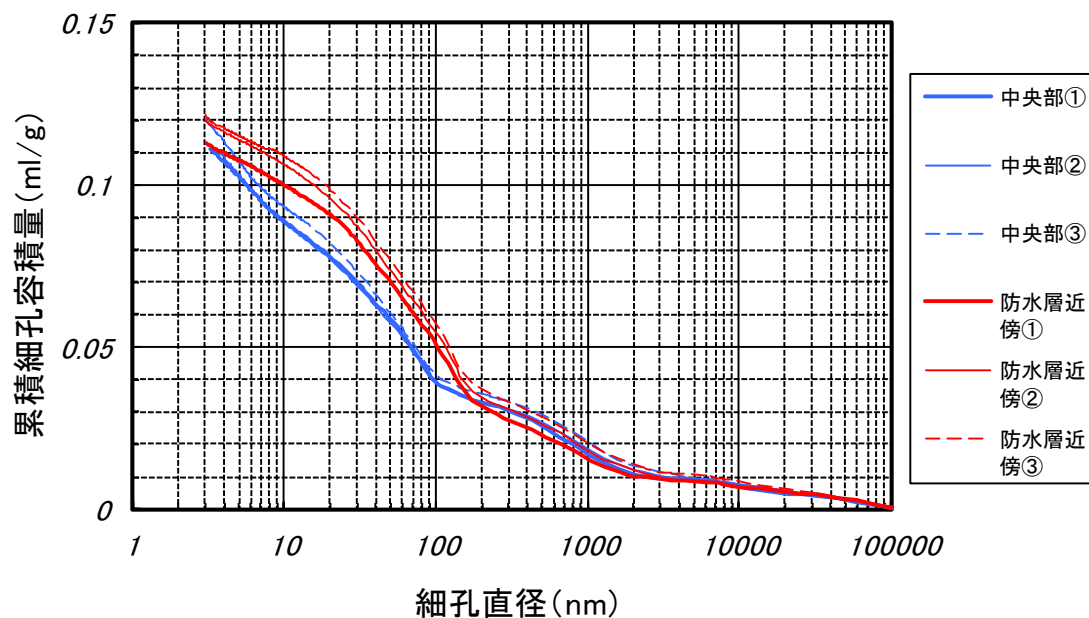
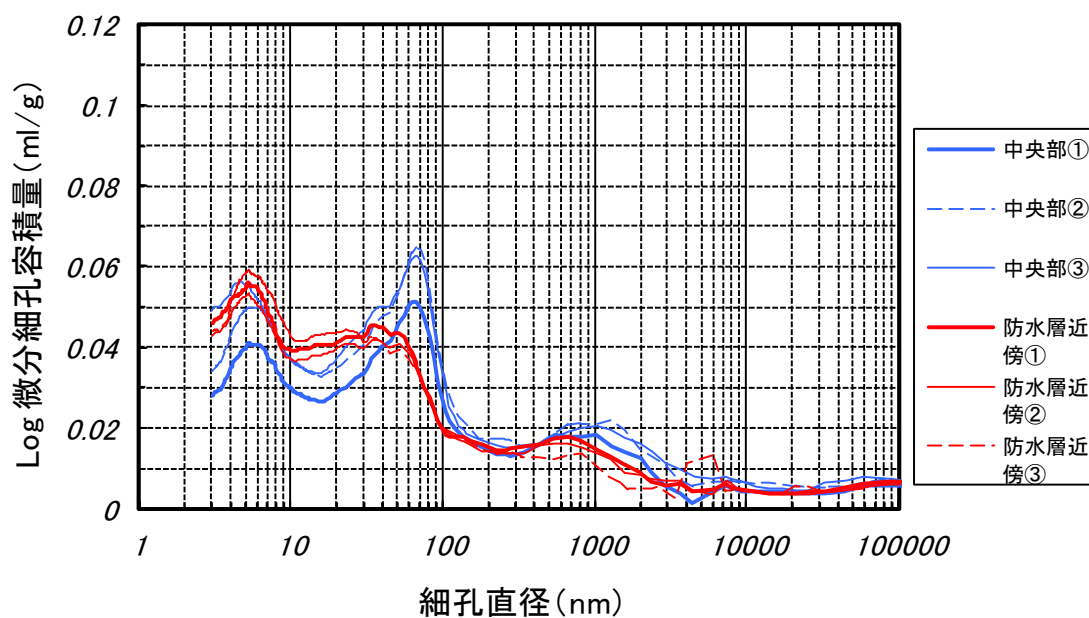


図 6.5 試験体① (実大試験体) の上部の深さ方向の細孔比較

上部 (下から 300cm) では、防水層近傍と中央部の細孔と比較すると、200nm 未満で分布が異なっており、そのため、防水層近傍の細孔容量が多い結果であった。

細孔量測定結果(分布量)－実大:下部



細孔量測定結果(累積量)－実大:下部

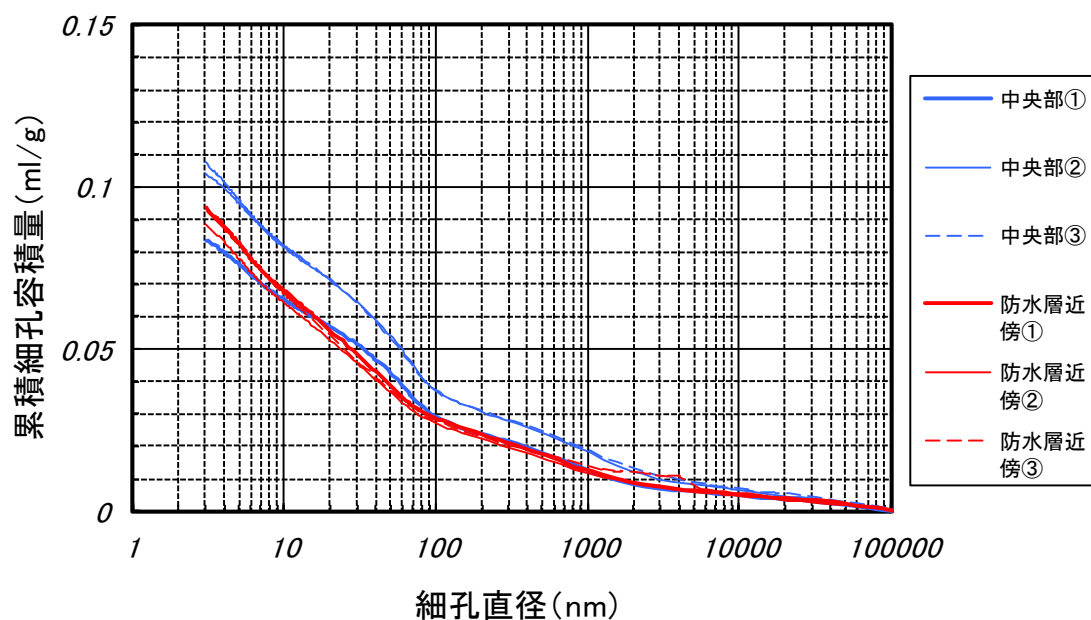
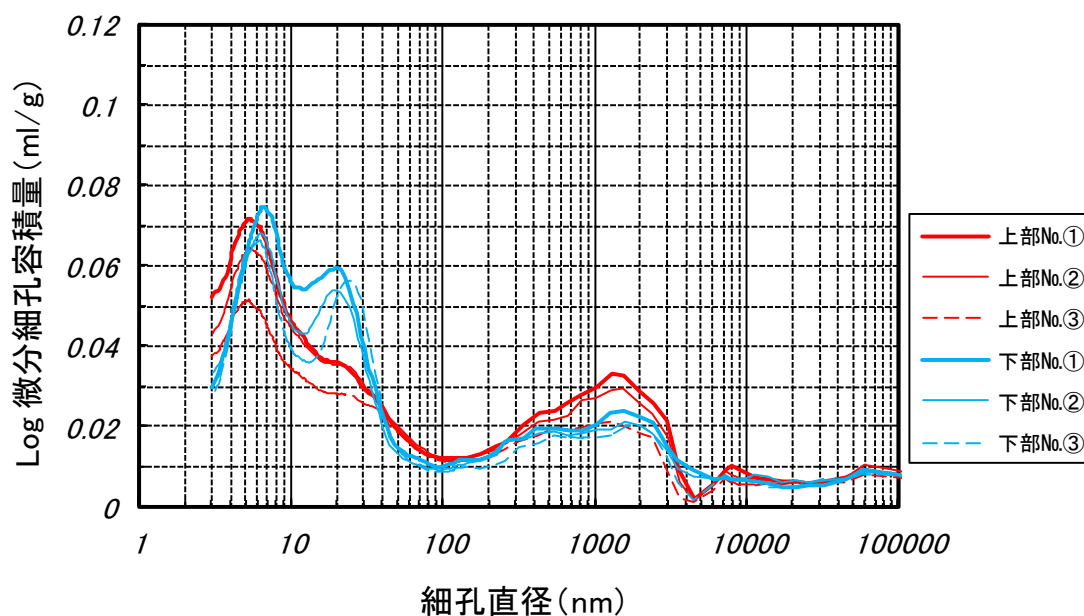


図 6.6 試験体① (実大試験体) の下部の深さ方向の細孔比較

下部 (下から 50cm) では、防水層近傍と中央部の細孔と比較すると、2つのサンプルデータでは中央部の方が累積細孔容量が多い結果であったが、その他はほぼ同じで、傾向は明確ではなかった。

細孔量測定結果(分布量)－小型:防水層近傍



細孔量測定結果(累積量)－小型:防水層近傍

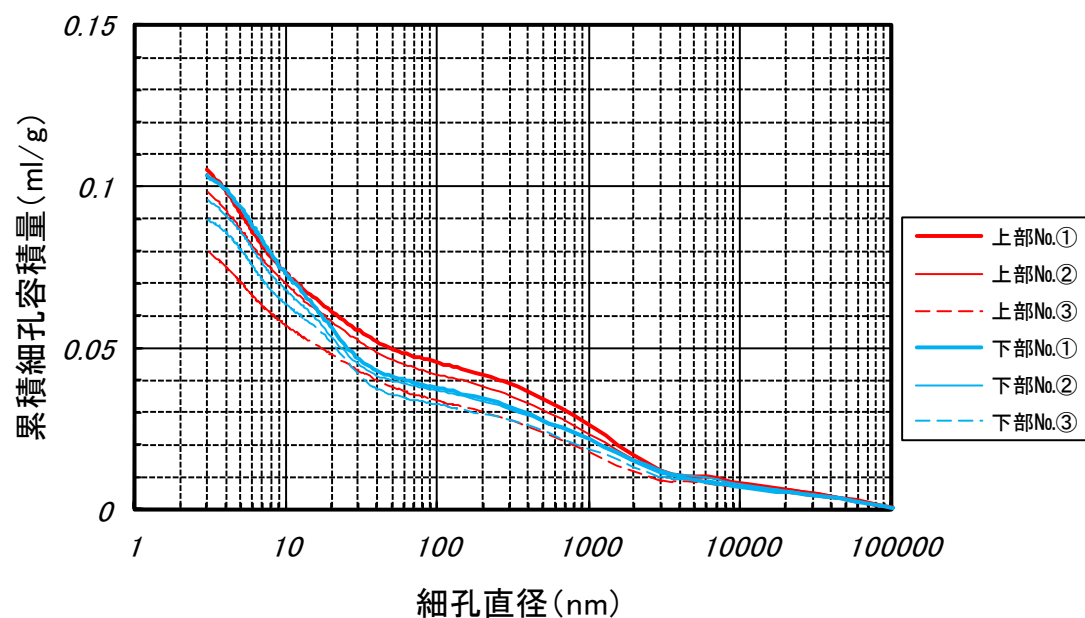
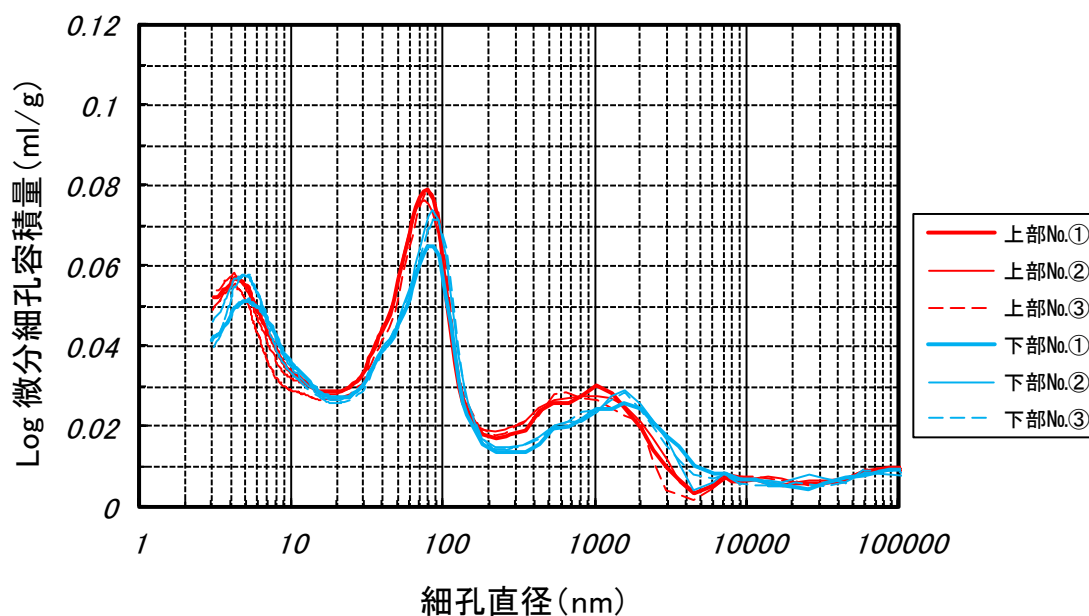


図 6.7 試験体② (小型試験体) の防水層近傍の高さ方向の細孔比較

防水層近傍のサンプルで、高さ方向を下から 5cm と 35cm でのサンプリング位置の違いで見ると、下部 (下から 5cm) ではばらつきは小さかったが、上部 (下から 35cm) ではばらつきが大きく、明確な傾向は認められなかった。

細孔量測定結果(分布量)－小型：中央部



細孔量測定結果(累積量)－小型：中央部

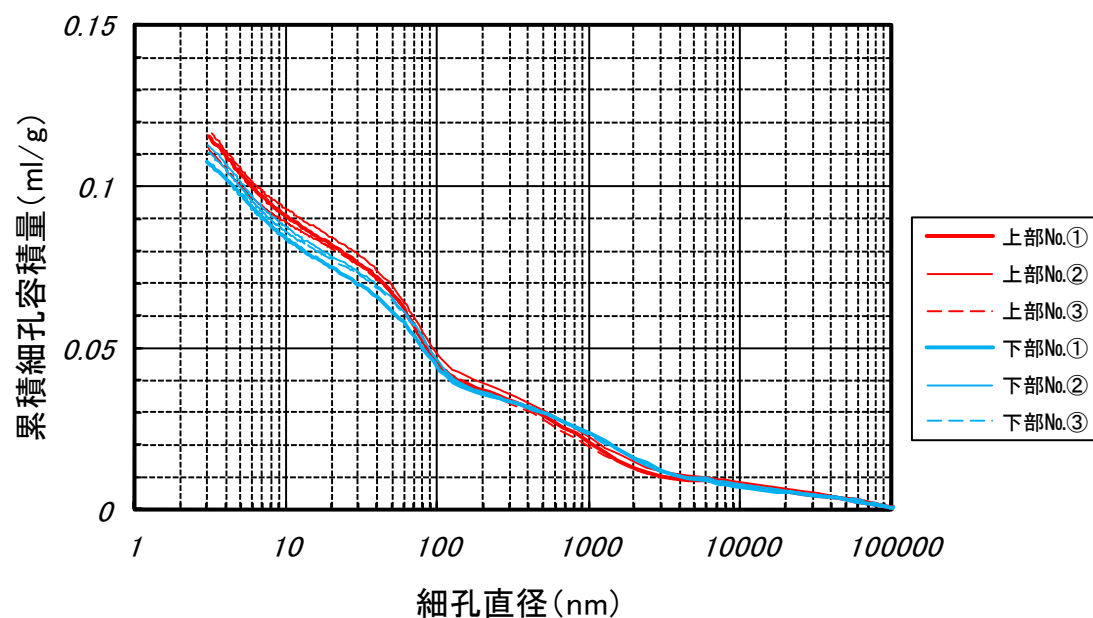
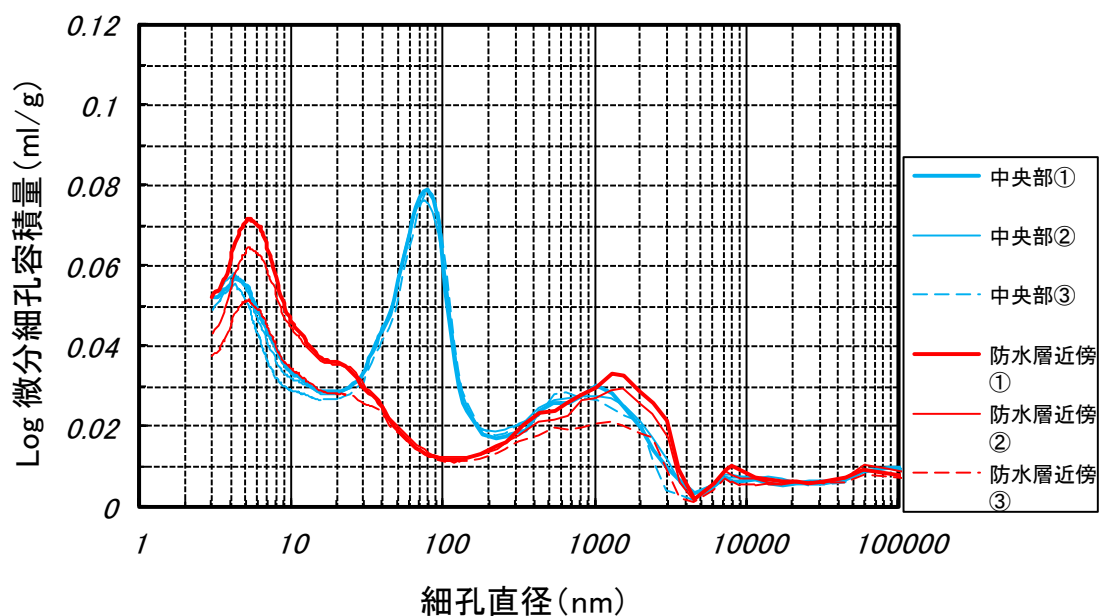


図 6.8 試験体② (小型試験体) の中央部の高さ方向の細孔比較

中央部のサンプルで、高さ方向を下から 5cm と 35cm でのサンプリング位置の違いでみると、分布も累積量も、ほとんど同じであり、同様な組織となっていると考えられた。

細孔量測定結果(分布量)－小型：上部



細孔量測定結果(累積量)－小型：上部

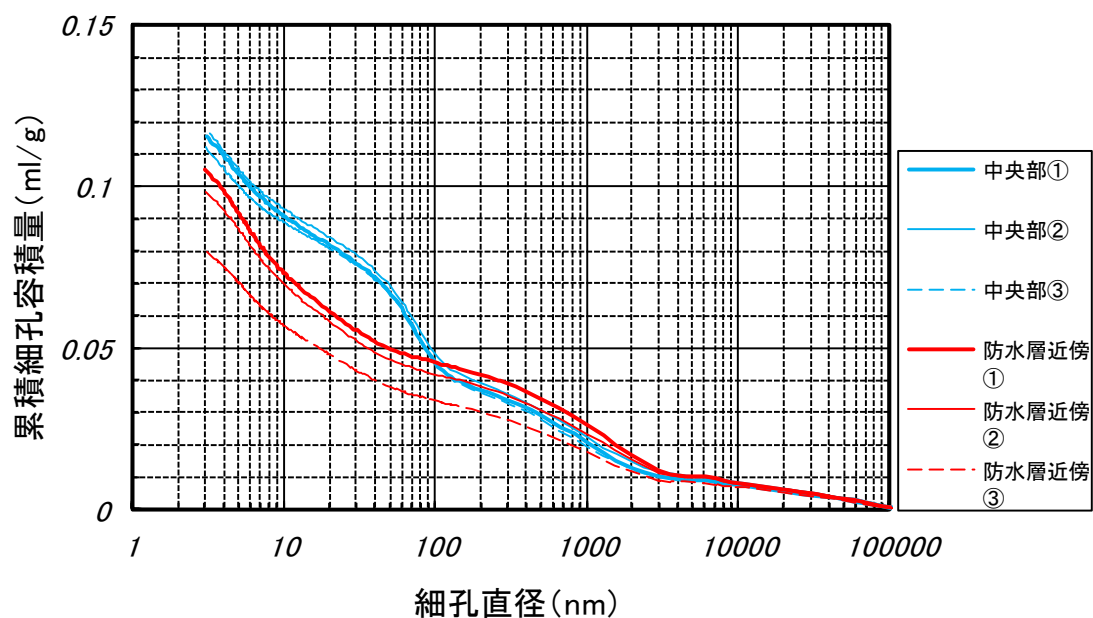
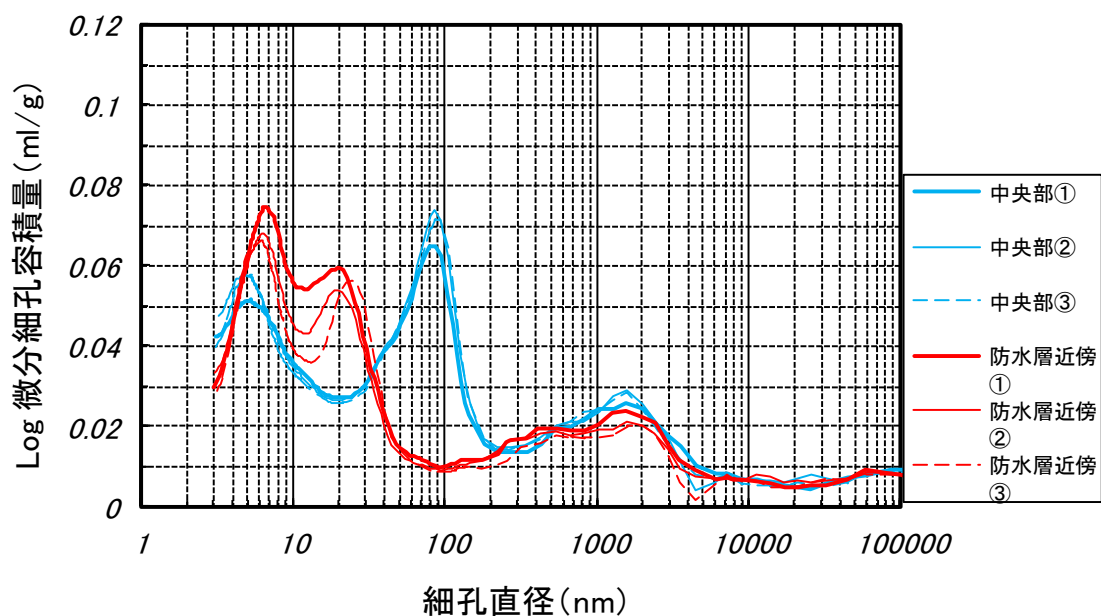


図 6.9 試験体② (小型試験体) の上部の深さ方向の細孔比較

中央部と防水層近傍の比較を下から 35cm のサンプルで見ると、100nm 未満の細孔量が異なっている。しかし、防水層近傍のデータがばらついているために、100nm より大きい細孔での傾向は明確ではなかった。

細孔量測定結果(分布量)－小型：下部



細孔量測定結果(累積量)－小型：下部

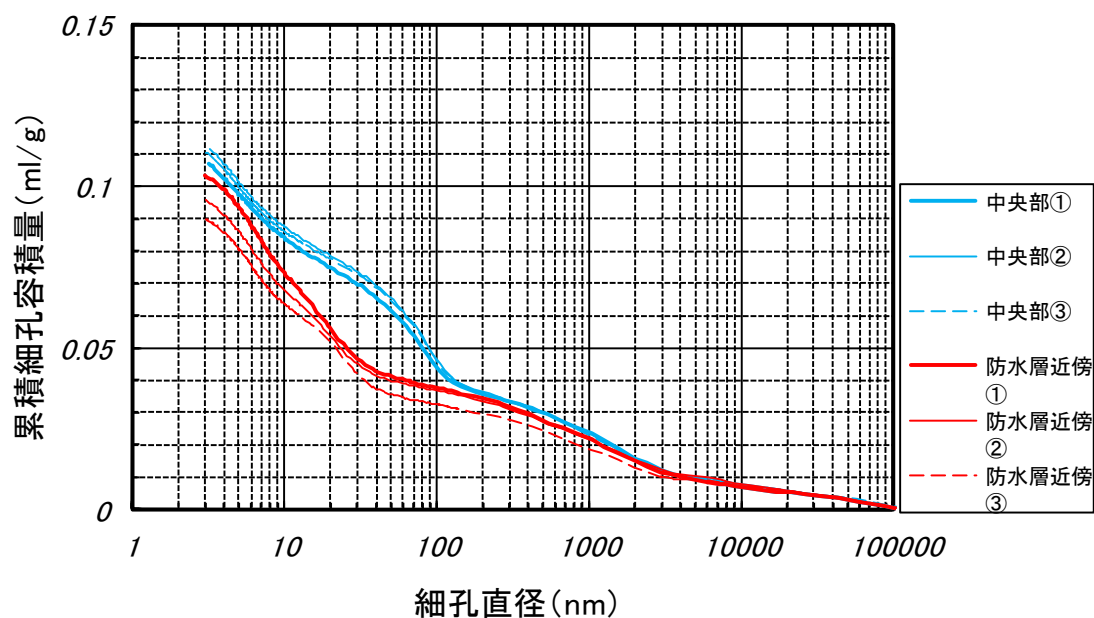
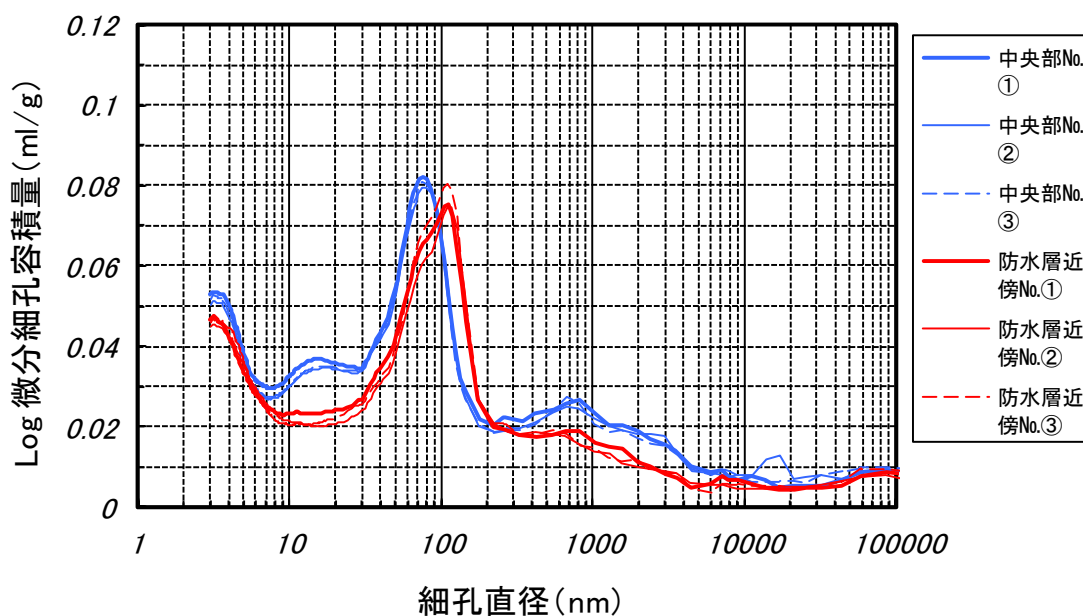


図 6.10 試験体② (小型試験体) の下部の深さ方向の細孔比較

中央部と防水層近傍の比較を下から 5cm のサンプルで見ると、中央部のサンプルで 100nm 近傍にピークがあり、その影響で、若干中央部の細孔量が多い結果となった。

細孔量測定結果(分布量)－水平打設



細孔量測定結果(累積量)－水平打設

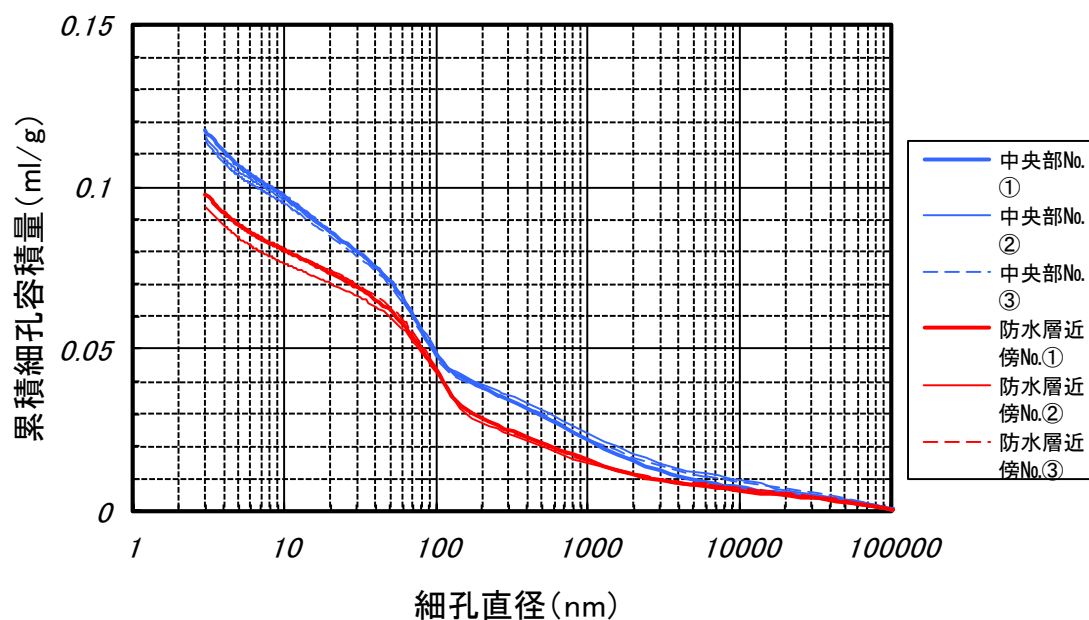


図 6.11 試験体③（水平打設試験体）の深さ方向の細孔比較

水平打設の場合の防水層近傍と中央部の細孔の比較では、中央部と防水層近傍の分布は類似していたが、防水層近傍は 100～200nm の細孔が多く、中央部は 300～8000nm の細孔が多いために、トータルで中央部の細孔が多い結果であった。

(4) 試験結果の考察

前章の細孔径測定結果より、透水性に関係すると考えられる細孔径は、100nm～2000nm程度で、防水層近傍のコンクリートの組織が、中央部よりも粗くなっているものと推定した。その仮定を踏まえ、試験体による違いについて、3回測定した細孔量を100nm未満、100～2000nm、2000nm以上に区分して平均し、図6.12に示した。この結果では、実大高さ寸法で鉛直打設された試験体の上部（試験体①上部）において、防水層近傍の方が中央部より透水し易い組織が形成されていたが、試験体①下部ではそのような傾向は見られず、小型試験体の試験体②の上下部や水平打設の試験体③と同様な結果であった。

試験体①下部は、試験体②と同様な細孔の構成であったが、中央部も防水層近傍も総細孔量は少なかった。上部のコンクリートの荷重により圧密されるため、全体として組織は緻密になっていると思われるが、ブリーディング水が防水層側に移動する量が少なかったため、防水層近傍の組織が中央部より粗くはならなかったと考えられる。試験体②は、上下部での違いも少なく、圧密によるブリーディングの影響は殆んどない状況と考えられた。なお、試験体③では、2000nm以上の細孔が防水層近傍で少なくなっているが、防水層近傍は、コンクリート打設時の試験体底面であるために、大きな空隙は残存しにくくなっていたと考えられる。

小型の試験体でも鉛直方向にコンクリートを打設すれば、防水層貫通部の水みちは形成できていたが、防水層近傍のコンクリートの方が中央部より組織が粗い状態は、構成できていないことになる。

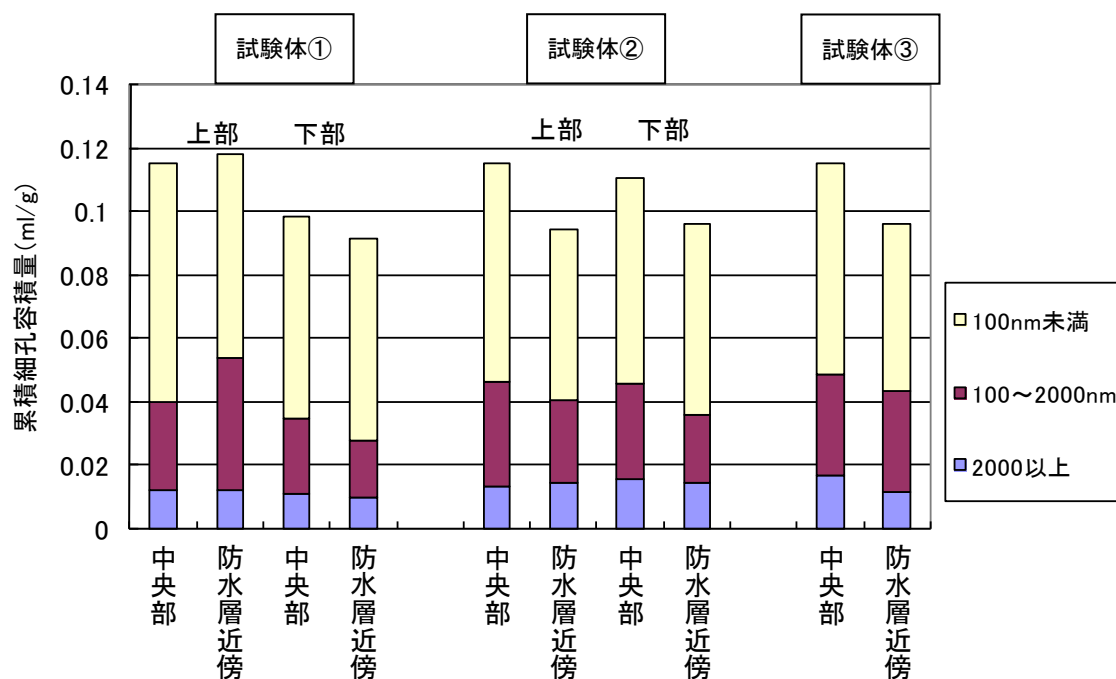


図 6.12 細孔径分布測定結果のまとめ

6. 4 防水層近傍の透水し易い部分の再現方法の検討

(1) 圧密，ブリーディング促進の考え方

本工法の評価に必要なコンクリートの構成としては，防水層近傍に透水し易い部分が存在し，防水層を貫通する部材の近傍には水みちを形成していることである。コンクリート打設高さの高い試験体ではこの両立が可能であったが，試験の簡便性を考慮して，できるだけ小型の試験体でこれを構成できる方が望ましい。そのためまず，未硬化のコンクリートに生じるブリーディング現象について調べた。

鉛直方向に打設されたコンクリートには，上部に後から加わるコンクリートの重量が加わり，土質分野では粘土やシルトの挙動として一般的である圧密現象により，余剰水が分離して上昇し，ブリーディング現象となる。

コンクリートの重量に由来する圧密力は，打設部位の下部ほど大きくなる。また，コンクリートの高さ方向の位置における間隙水圧（ブリーディング量に相当する）の測定結果では，打設直後は最下段が最も大きく，上部に対して直線的に分布していたものが，硬化の進行に従って，中央部が最も大きくなることが報告されている⁹⁾。これらの現象を小型の試験体で再現させるには，コンクリートの硬化途中に何らかの力を加える必要がある。

フレッシュコンクリートに何らかの外力を加えて，ブリーディングを促進させる方法として，過去には空気圧を用いる真空脱水工法や梃子により錘による荷重をかける方法が試験されている¹⁰⁾。しかし，コンクリートの緻密化を狙ったものやその理屈を構築するための実験装置であり，コンクリートの透水性に関わる不均質な組織構成を構築するには適していないと考えられた。

一方，硬練りのコンクリートを成形する方法として，円形の型枠に注形したコンクリートを高速度で回転させて，周辺部に緻密なコンクリートを成形する遠心成形法がある。遠心成形法で作られたコンクリートは，回転中心から離れるほど緻密な構造となり，中央ほど粗い組成となっている¹¹⁾。

これらの関連する既往の研究結果を踏まえ，今回は，回転による遠心力を加えることを考えた。回転中心より遠い位置にあるものは，近い位置にあるものよりもより大きな圧力を受け，密度の違いにより回転の内側と外側で圧力勾配ができる。また，回転速度により，かける圧力を変えることができる。混合物の分離にも活用されているので，コンクリートのペーストと骨材の分離も懸念されるが，力をかける手段として試行することとした。

(2) 強制ブリーディング，圧密促進装置の試作

回転により，まだ固まらないコンクリートに圧力をかけて，鉛直方向の打設高さの高いコンクリートの状況を再現する方法を考案した。

試験体寸法を，20cm×20cm×40cm とし，重力による沈降の影響を避けるため，縦方向に回転させるようにした。図 6.13 に装置図を，写真 6.1 に全景を示す。

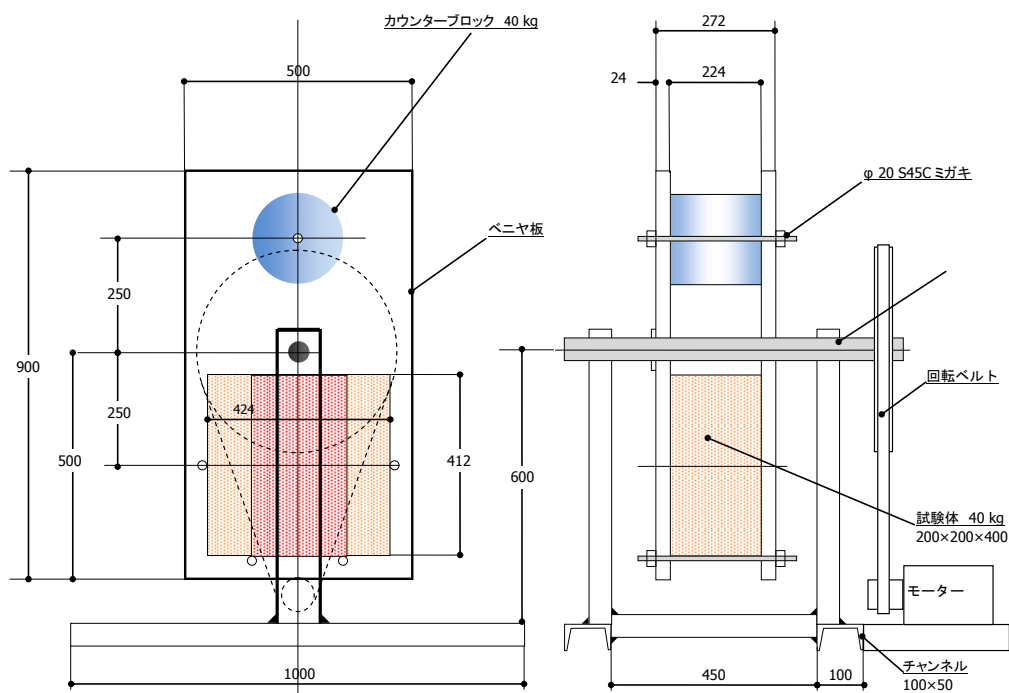


図 6.13 回転による強制ブリーディング，圧密装置図



写真 6.1 装置全景

装置の性能として、約 40kg の試験体を最大 2 回転/秒 (rps) の速度で連続回転させることが可能であった。試験体作成手順として、所定の速度でコンクリートの硬化が完了するまで回転を継続し、硬化が完了した時点で回転を停止することとした。

(3) 試験体製作条件

コンクリート試験体の最下部にかかる遠心力は，以下のように計算される。

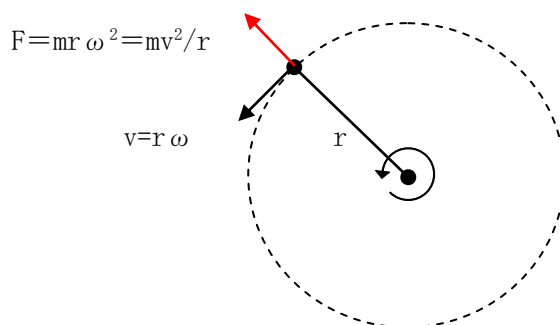


図 6.14 遠心力の計算

コンクリート試験体重量： $0.2 \times 0.2 \times 0.4 \times 2.3 = 0.0368$ $m = 36.8\text{kg}$ (20cm×20cm に対し)

回転中心と試験体最縁部距離 (回転半径) $r = 45\text{cm}$

回転速度を変えて遠心力が計算できるが，最下部では自重が加わり，最上部では自重は差し引かれるため，力は自重分だけ正負に変動しながら加わることとなる。計算結果を同一底面積における実大試験体での相当高さに変換したものを回転速度別に図 6.15 に示した。

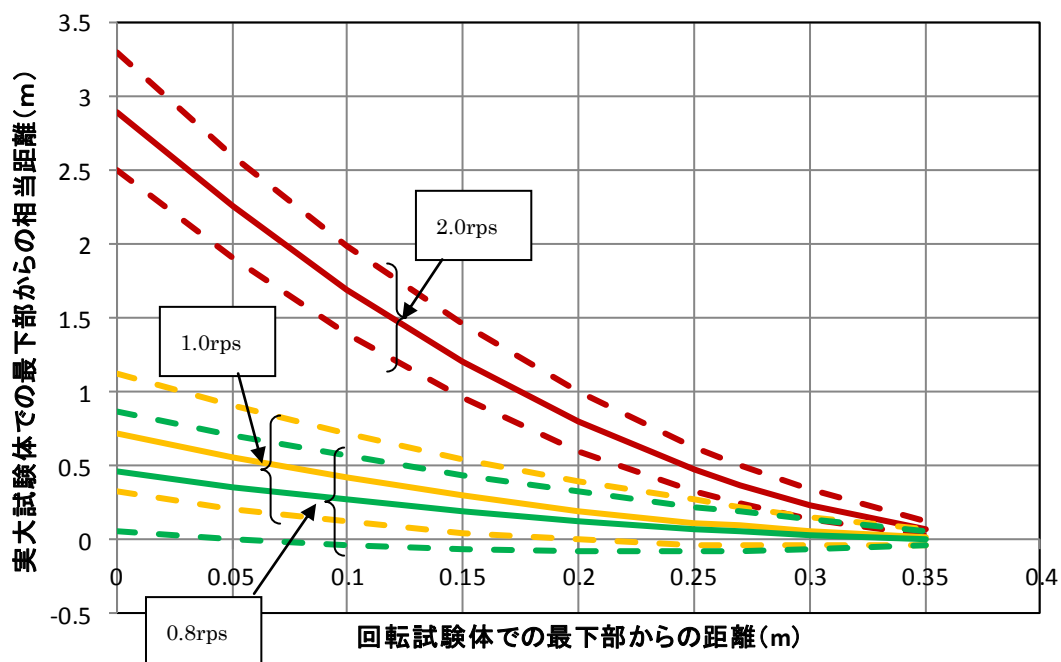


図 6.15 回転速度別の回転試験体の位置と実大試験体の相当高さ

計算上では，2.0rps の場合の最下部では，高さ 2.9m の実大試験体相当の力が加わる。また，回転最上部で最下部のコンクリートが自重で落下しない最低回転速度は，約 0.8rps であった。

この仮定の計算条件をもとに、最高 2.0rps、最低 0.8rps の回転速度での回転による強制圧密ブリーディング試験体を作成することとした。型枠の片面には防水層を設置して、これまで評価してきた試験体と同条件となりようにした。

さらに、この条件により作成した試験体の防水層近傍および中央部のコンクリートの微細構造を最下部から 5cm および 27cm の位置で採取したサンプルで細孔径を測定した。

試験体条件を表 6.3 に示した。

表 6.3 回転試験体条件

	サンプル採取位置	自重を考慮しない場合の相当高さ(m)	自重を考慮した場合の相当高さ (m)	
			最下部	最上部
2.0rps	下から 5cm	2.26	2.61	1.90
	下から 27cm	0.38	0.51	0.25
1.0rps	下から 5cm	0.56	0.91	0.21
	下から 27cm	0.09	0.22	-0.04
0.8rps	下から 5cm	0.27	0.57	-0.03
	下から 27cm	0.06	0.19	-0.06

(4) 試験体製作結果

回転状況を写真 6.2 に、硬化した試験体状況を写真 6.3～6.8 に示した。各試験体とも最上部にペーストが分離して集まっている状況であった。また、2.0rps の場合、ペーストがわずかに飛び散り、最上部が少し陥没した。



写真 6.2 回転状況

写真 6.3
2.0rps 側面



写真 6.4
2.0rps コンクリート面



写真 6.5
1.0rps 側面



写真 6.6
1.0rps コンクリート面



写真 6.7
0.8rps 側面



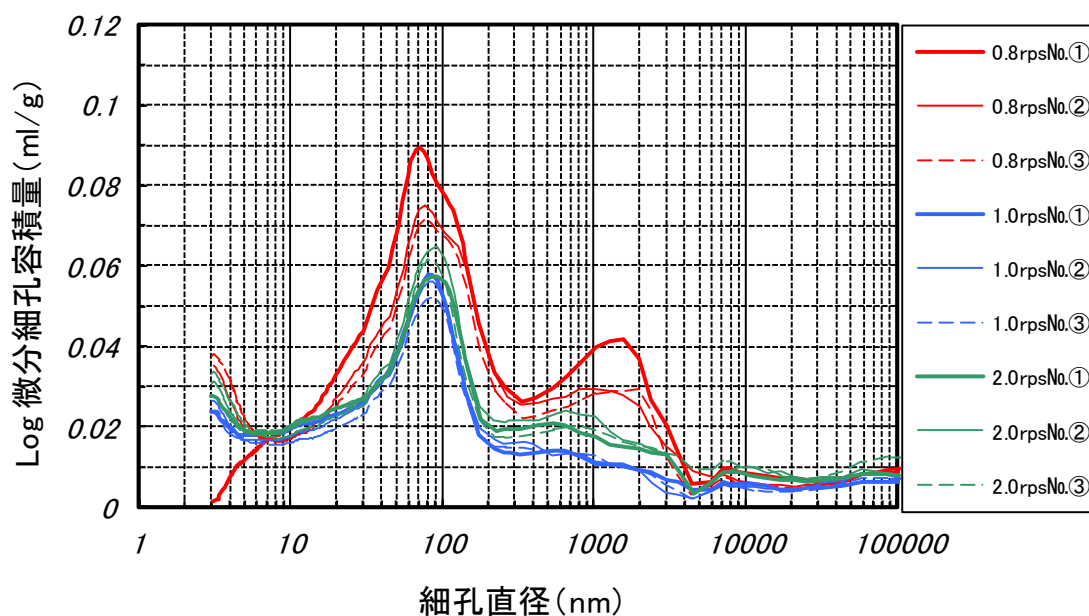
写真 6.8
0.8rps コンクリート面



(5) 細孔分布測定結果

各試験体ごとに下から 5cm (下部) および 27cm (上部) の高さにおいて、防水層から 5mm までのコンクリート表層部 (防水層近傍) と防水層から約 10cm 内部 (中央部) の硬化体の細孔径分布を測定した。なお、上部においては、ペーストが集中している部分が含まれる可能性があるため、その部分は避けてサンプリングした。試料は、各試験体から、コンクリートカッターで切断して採取し、アセトン中で脱水処理した後 3~5mm 程度の小粒に粉碎し、真空乾燥器内で水和を停止させた。測定は水銀圧入式ポロシメーター (測定細孔径 3nm ~120 μ m) を用いた。結果を図 6.16~6.25 に示した。

細孔量測定結果(分布量)一回転:防水層近傍:上部



細孔量測定結果(累積量)一回転:防水層近傍:上部

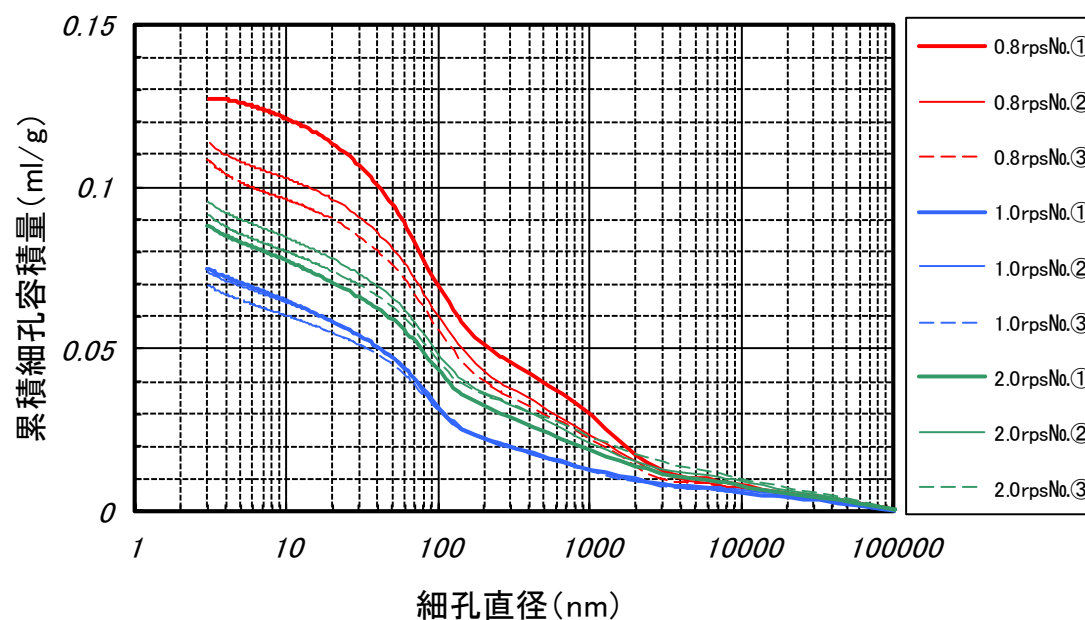
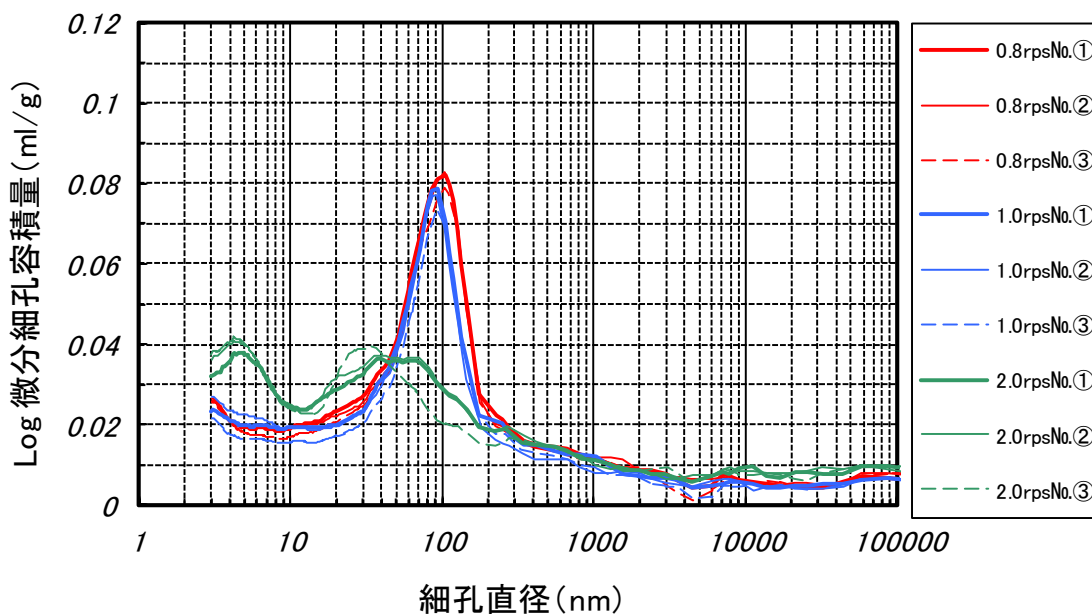


図 6.16 防水層近傍上部における回転速度による細孔比較

防水層近傍上部 (下から 27cm) の結果では、0.8rps の細孔が多い状況であった。また、2.0rps よりも 1.0rps の方が少なく、回転速度の順になっていない。

細孔量測定結果(分布量)一回転:防水層近傍:下部



細孔量測定結果(累積量)一回転:防水層近傍:下部

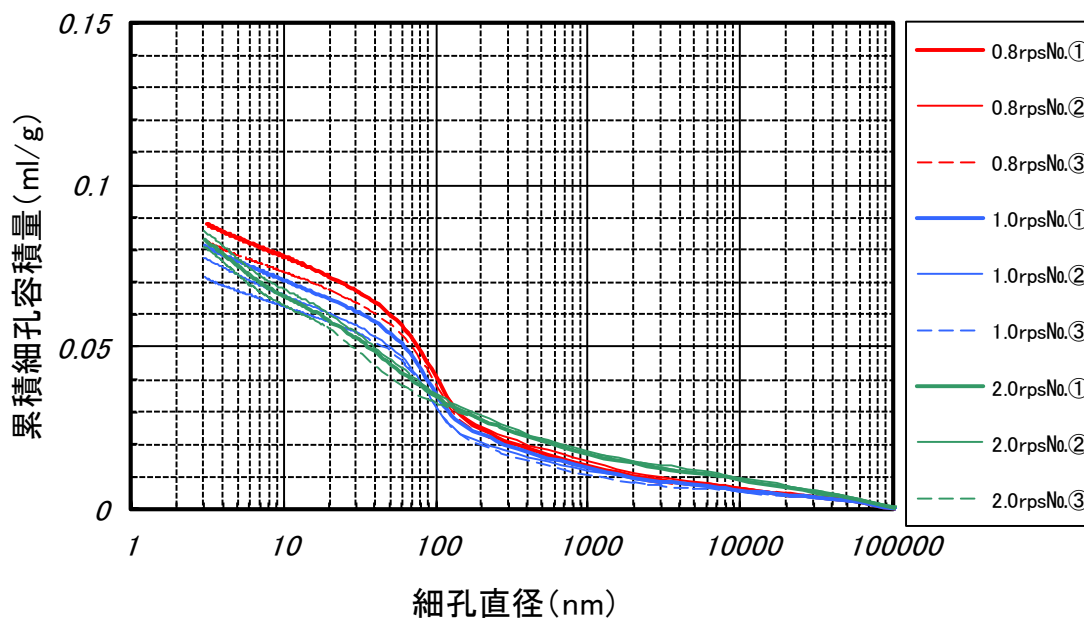
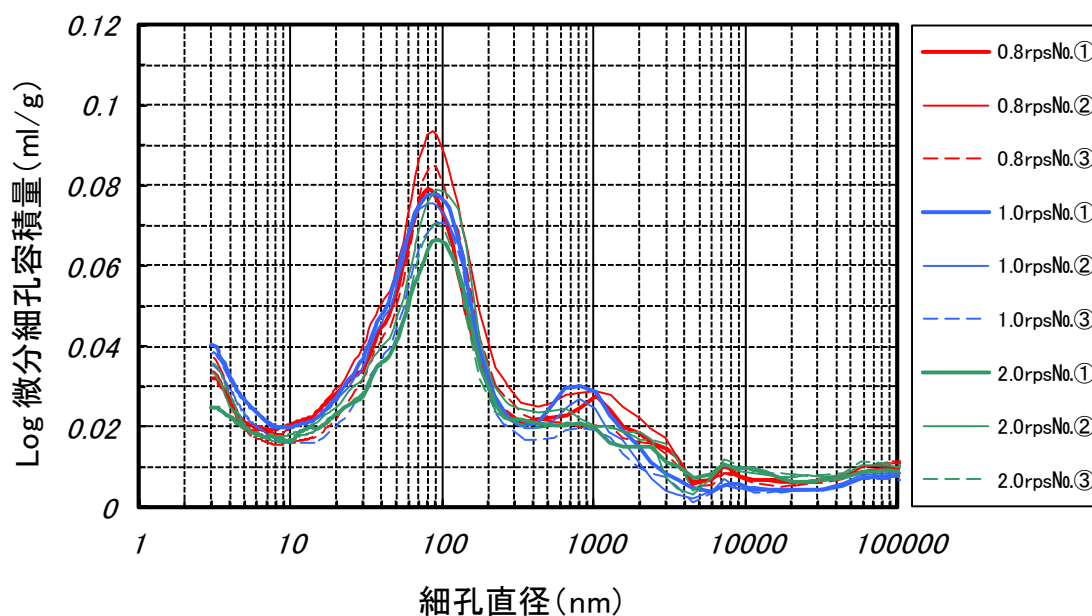


図 6.17 防水層近傍下部における回転速度による細孔比較

防水層近傍下部 (下から 5cm) の結果では、2.0rps のみ異なる分布をしているが、細孔量に目立った違いは見られなかった。

細孔量測定結果(分布量)一回転:中央部:上部



細孔量測定結果(累積量)一回転:中央部:上部

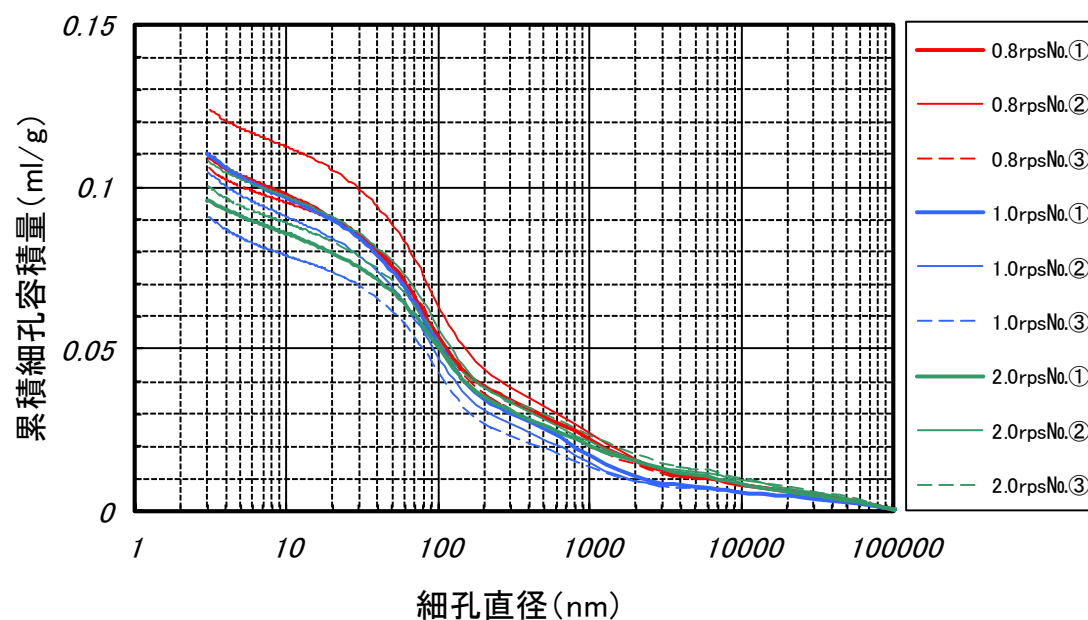
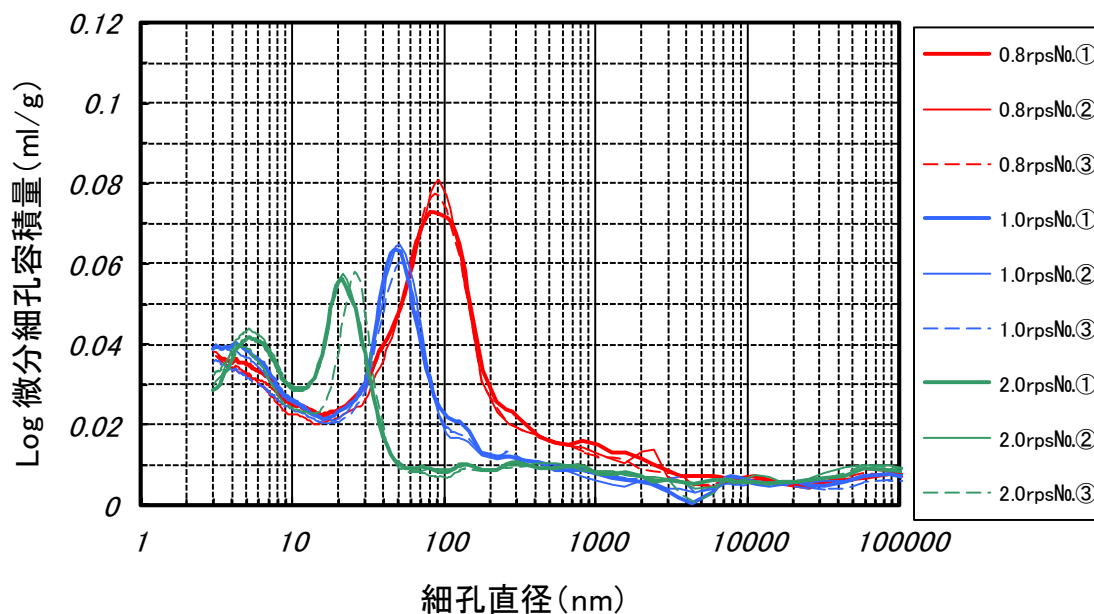


図 6.18 中央部上部における回転速度による細孔比較

中央部上部(下から27cm)の結果では、どの回転速度も比較的分布が類似しており、回転速度が遅いほど、細孔量が増える傾向にあった。

細孔量測定結果(分布量)一回転:中央部:下部



細孔量測定結果(累積量)一回転:中央部:下部

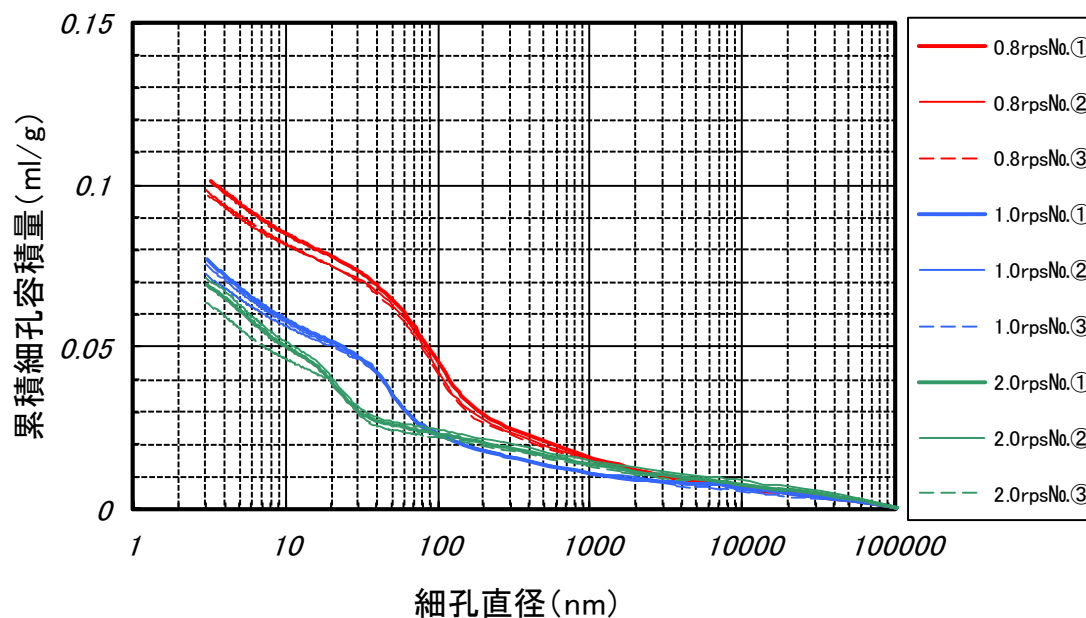
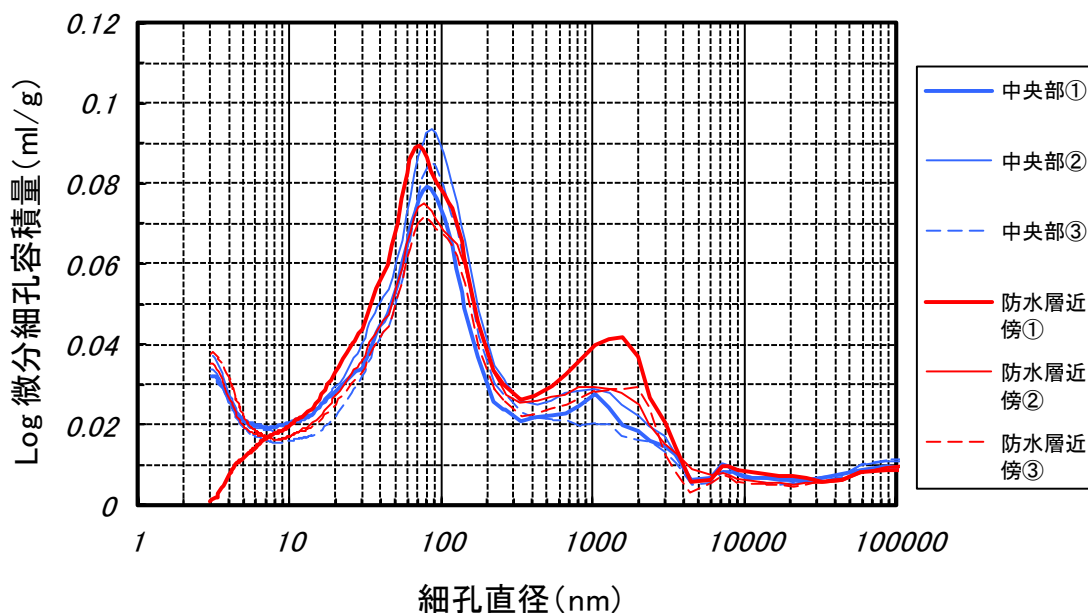


図 6.19 中央部下部における回転速度による細孔比較

中央部下部 (下から 5cm) の結果では、細孔分布は、回転速度が速くなるにつれ、ピーク細孔径が小さい方にずれる傾向にあり、累積細孔量も回転速度が遅い順に多かった。

細孔量測定結果(分布量) - 0.8rps: 上部



細孔量測定結果(累積量) - 0.8rps: 上部

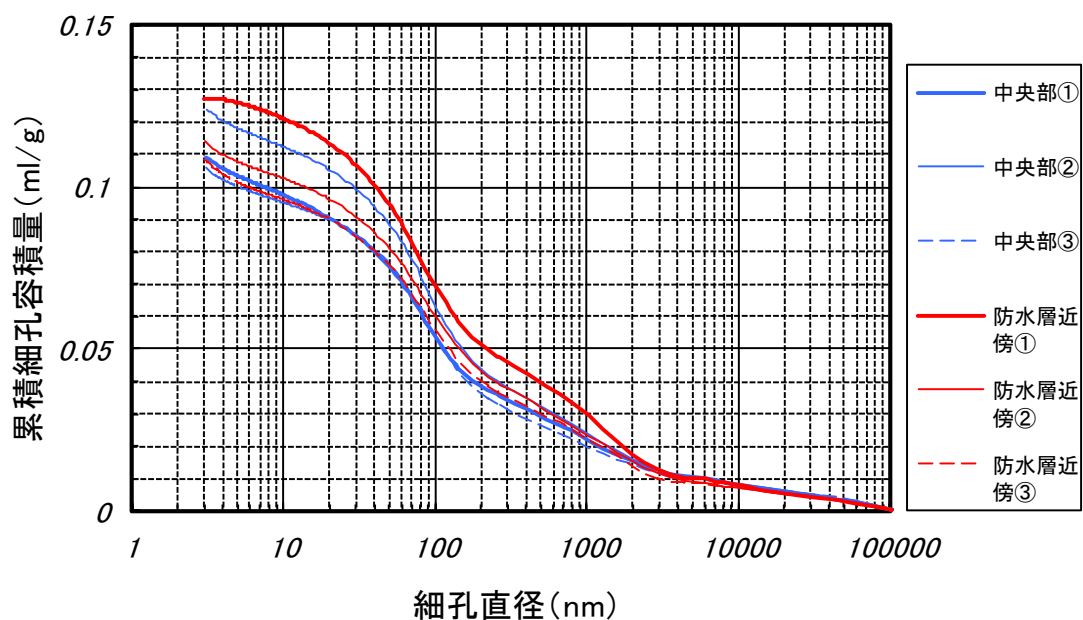
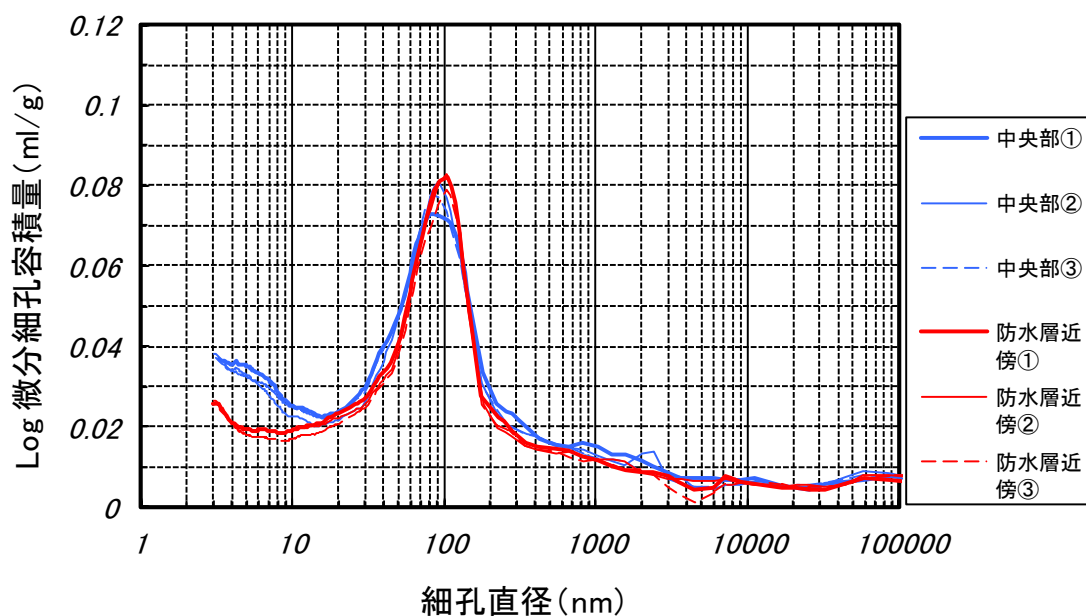


図 6.20 0.8rps の試験体上部の深さ方向の細孔比較

0.8rps での上部 (下から 27cm) の結果では、中央部、防水層近傍とも値にばらつきが多く、明確な傾向は得られなかった。最上部で遠心力が自重を下回る場合もあるので、硬化途中の動きが影響したかもしれない。

細孔量測定結果(分布量) - 0.8rps: 下部



細孔量測定結果(累積量) - 0.8rps: 下部

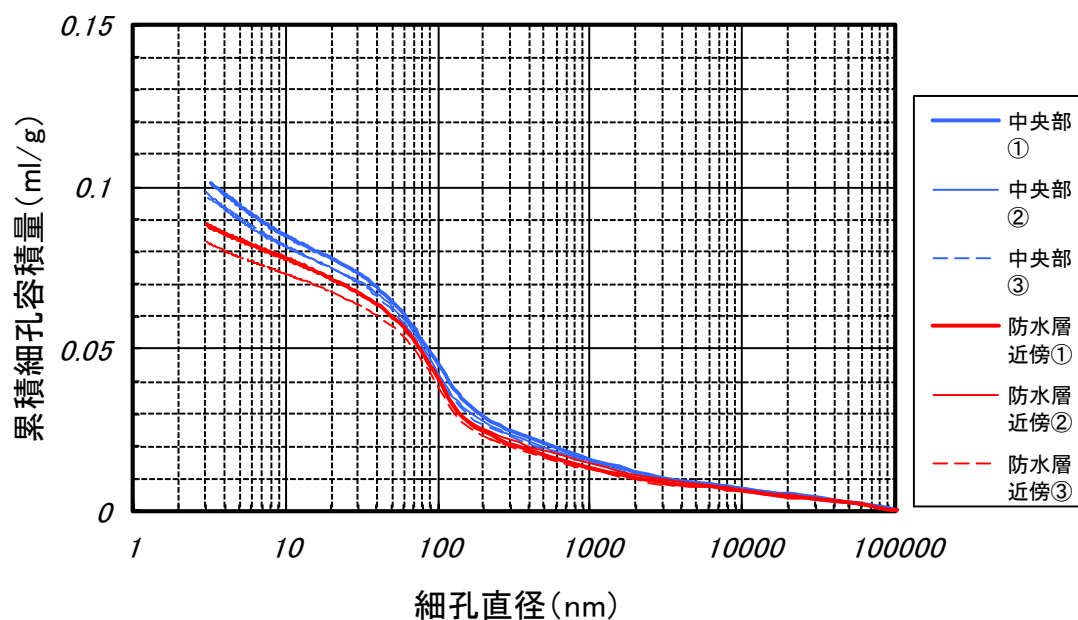
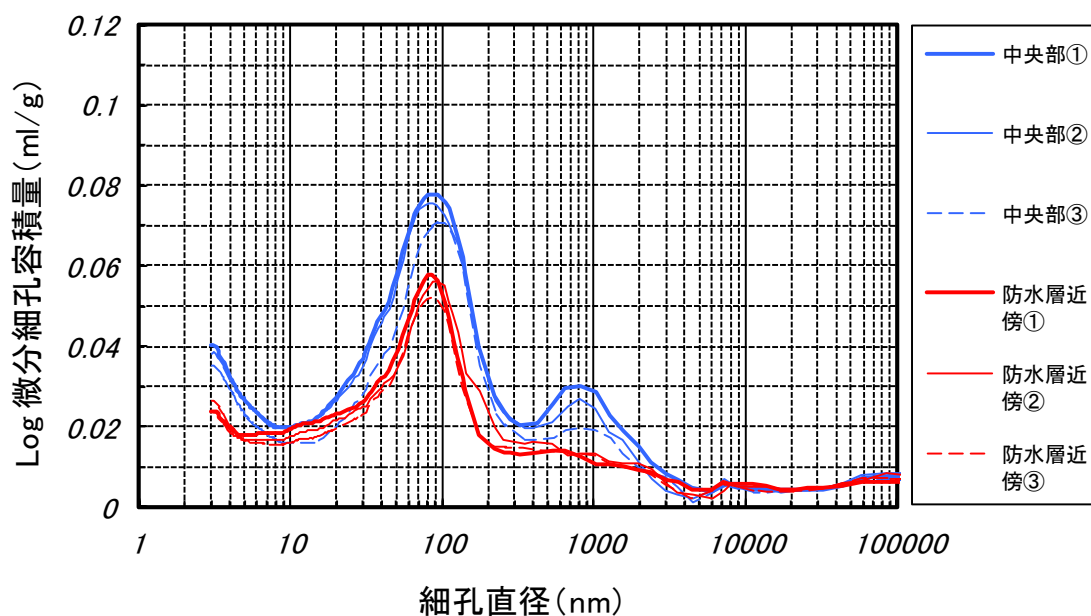


図 6.21 0.8rps の試験体下部の深さ方向の細孔比較

0.8rps での下部（下から 5cm）の結果では、中央部、防水層近傍の値がほぼ同じであった。

細孔量測定結果(分布量) - 1.0rps: 上部



細孔量測定結果(累積量) - 1.0rps: 上部

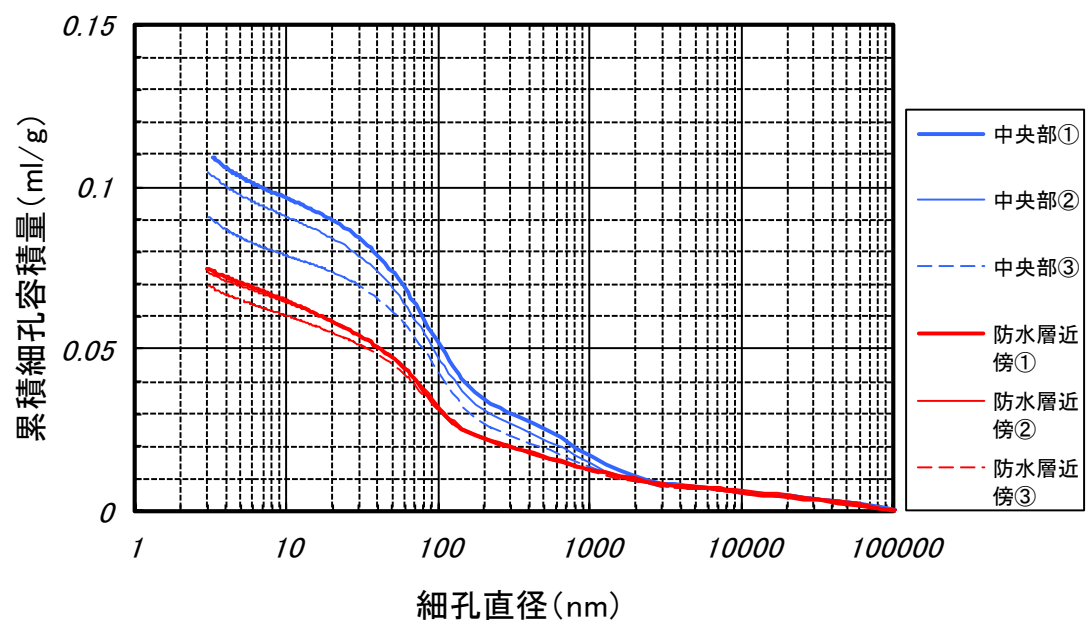
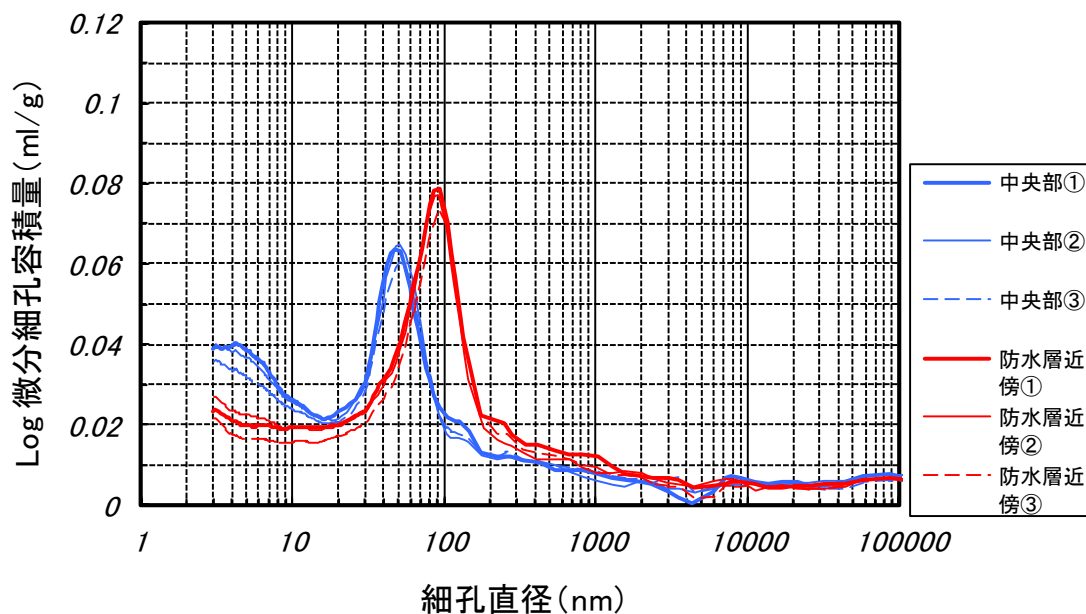


図 6.22 1.0rps の試験体上部の深さ方向の細孔比較

1.0rps での上部 (下から 27cm) の結果では, 中央部の方が防水層近傍よりも細孔量が多い結果であった。

細孔量測定結果(分布量) - 1.0rps: 下部



細孔量測定結果(累積量) - 1.0rps: 下部

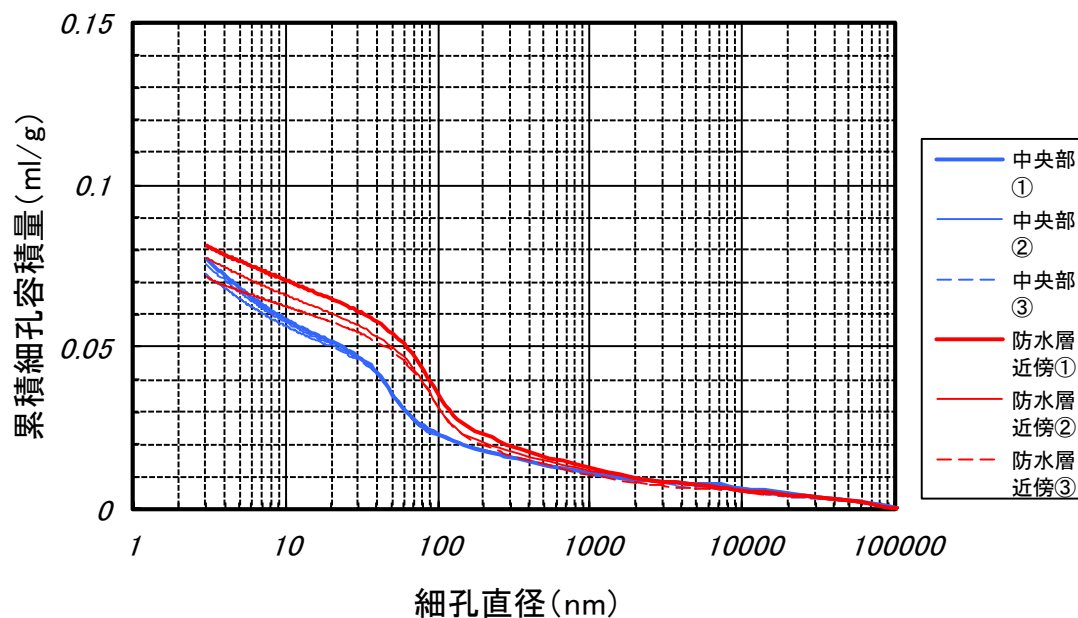
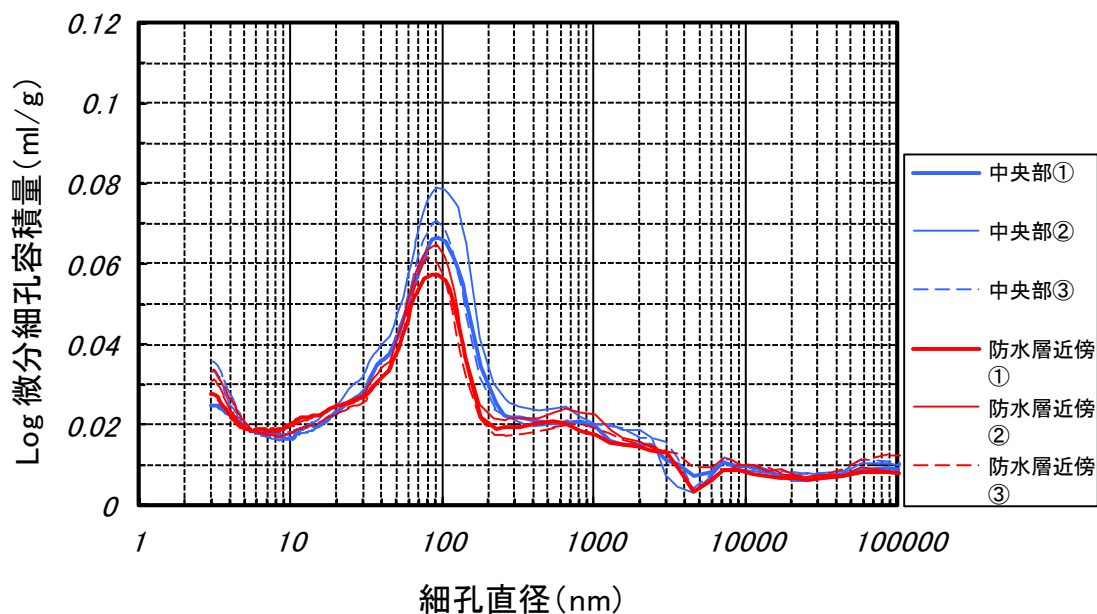


図 6.23 1.0rps の試験体下部の深さ方向の細孔比較

1.0rps での下部(下から 5cm)の結果では、上部とは逆に防水層近傍の方が中央部より細孔量が多い結果であった。

細孔量測定結果(分布量) - 2.0rps: 上部



細孔量測定結果(累積量) - 2.0rps: 上部

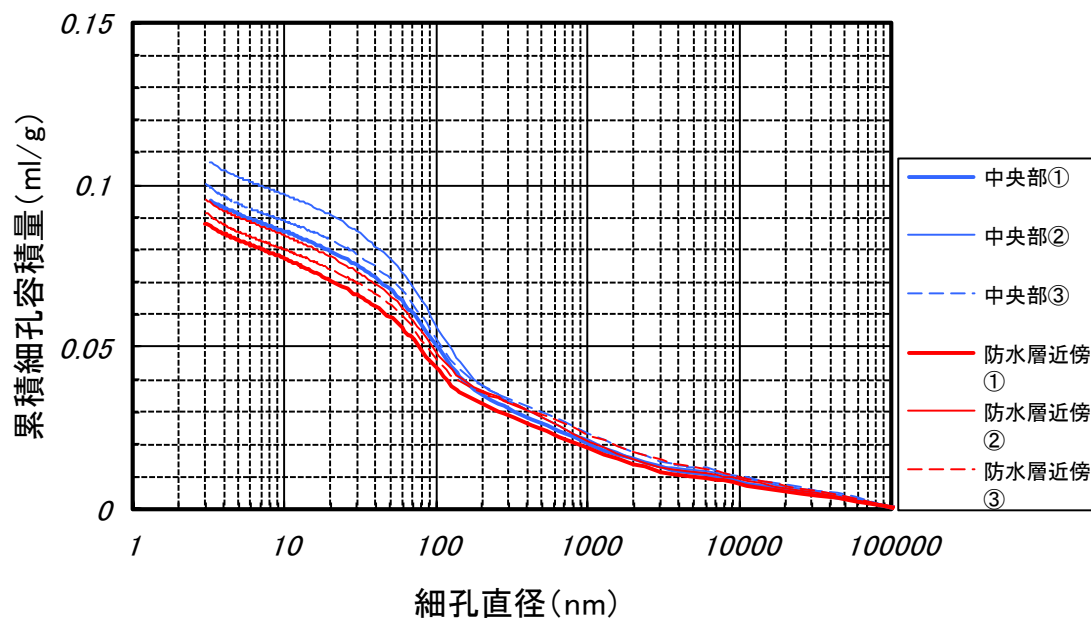
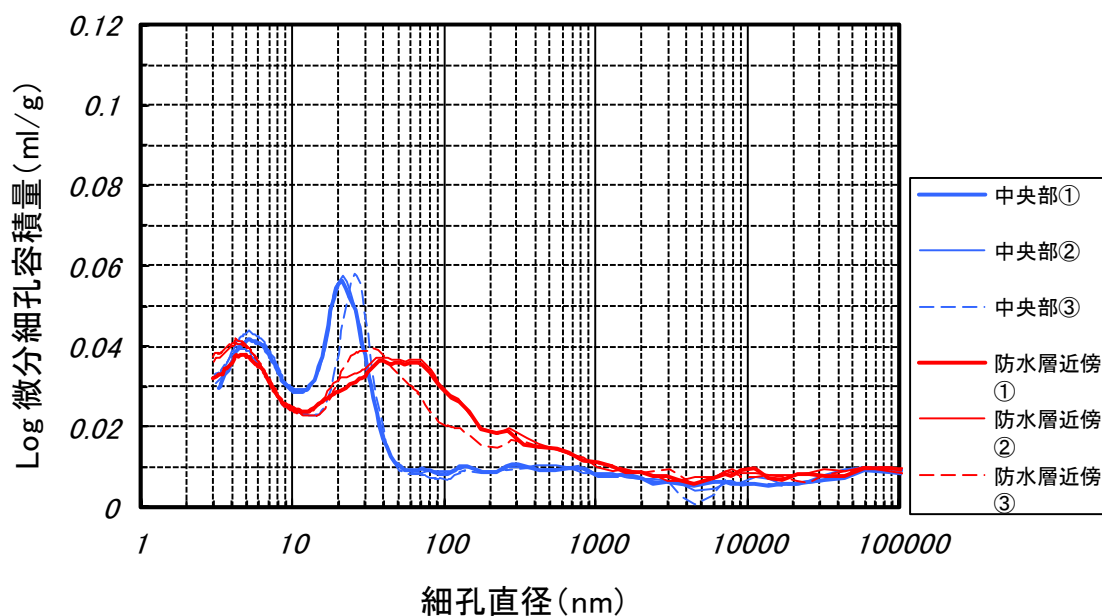


図 6.24 2.0rps の試験体上部の深さ方向の細孔比較

2.0rps での上部 (下から 27cm) の結果では、中央部の方が防水層近傍よりも細孔量が多い結果であった。

細孔量測定結果(分布量) - 2.0rps: 下部



細孔量測定結果(累積量) - 2.0rps: 下部

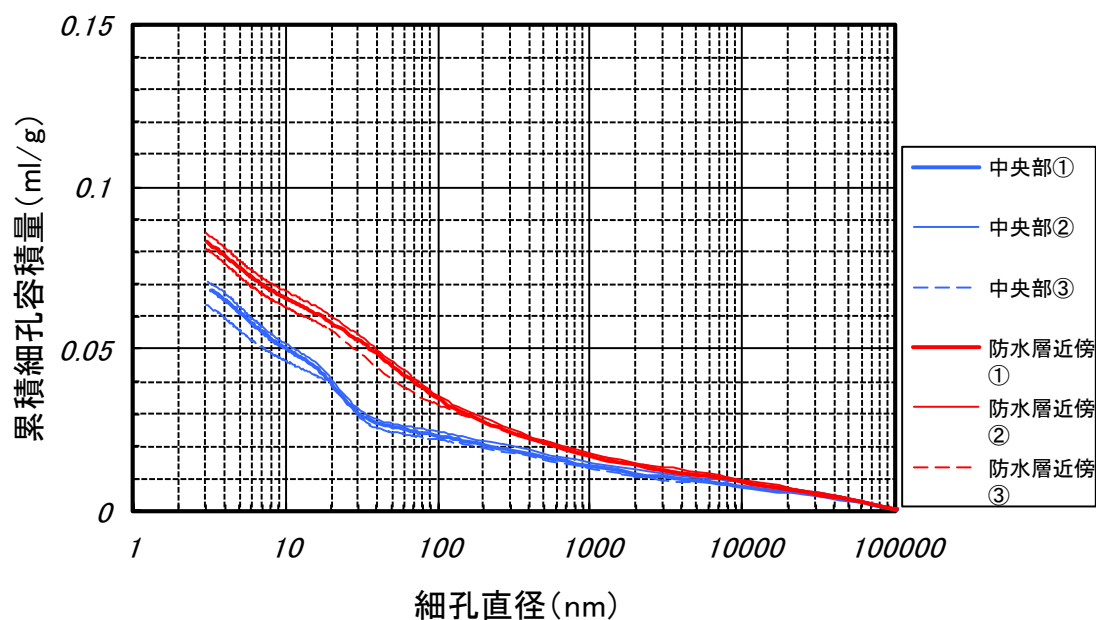


図 6.25 2.0rps の試験体下部の深さ方向の細孔比較

2.0rps での下部 (下から 5cm) の結果では、上部とは逆に防水層近傍の方が中央部より細孔量が多い結果であった。細孔分布も著しく異なっていた。

(6) 試験結果の考察

1.0rps と 2.0rps の細孔径分布は、似た傾向を示しており、上部は中央部、下部は防水層近傍の細孔量が多い結果であった。実大試験体の場合と逆の傾向である。細孔量の大小を比較するため、細孔量を 100nm 未満、100～2000nm、2000nm 以上に分けて図 6.26 に整理した。実大試験体の上部と同様に、総細孔量、100～2000nm の細孔量が防水層近傍の方が多く、透水しやすい構造と考えられるのは、2.0rps と 1.0rps とともに下部の場合であった。

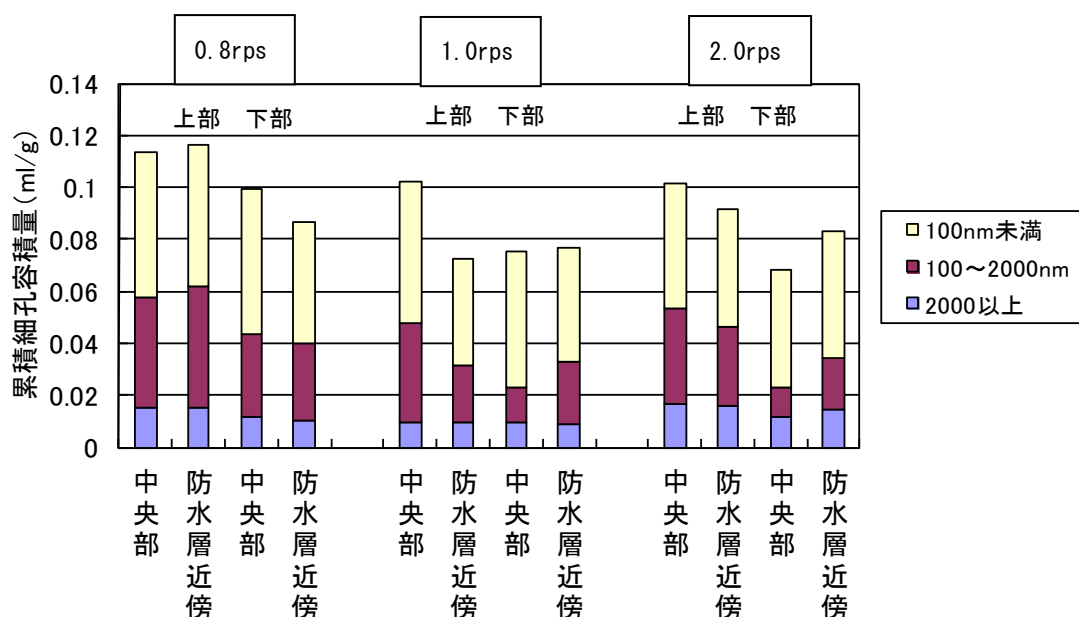


図 6.26 細孔分布測定結果のまとめ

回転により、防水層近傍の方が、中央部よりも粗な組織となっていたのは、回転速度によらず、底面から 5cm の部分からサンプリングしたものであった。遠心力をコンクリートの荷重に置き換えた計算による実大相当打設高さでは、それぞれ 2.26m, 0.56m に相当する。そこで、実大試験体の相当打設高さのサンプルの細孔径分布と比較した。相当打設高さ 0.56m の場合は、実大試験体の上部（下から 300cm）の結果と比較し、相当打設高さ 2.26m の場合は、実大試験体の下から 1.24m のところから新たにサンプリングし、前項に示した方法で細孔分布を測定した。結果を図 6.27 に示した。

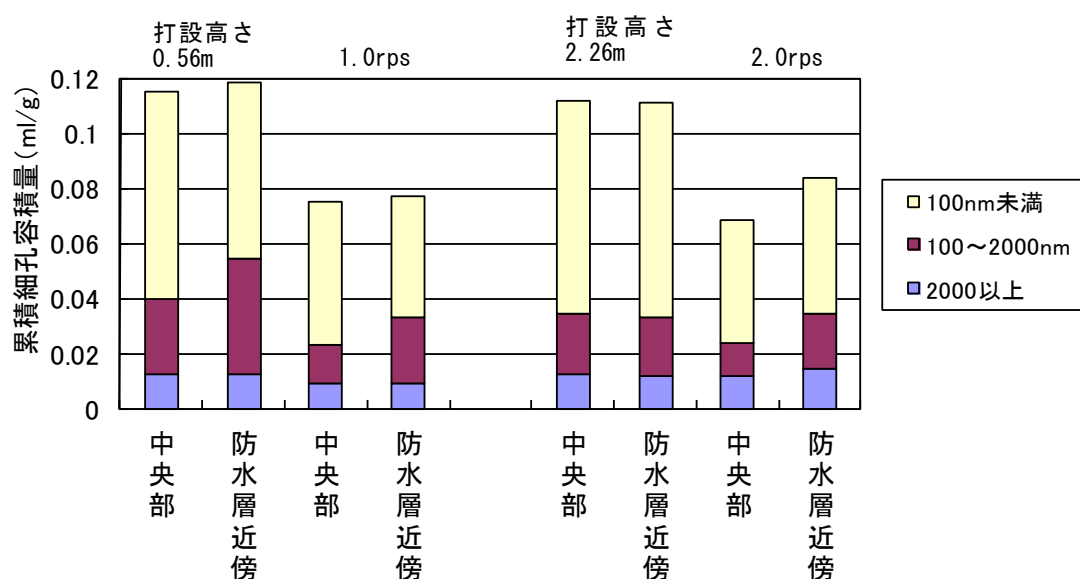


図 6.27 強制圧密・ブリーディング試験体と実大試験体の比較

1.0rps の結果と、実大試験体の下から約 3m (打設高さ 0.56m) の結果とを照合すると、総細孔量は実大試験体の場合の約 2/3 であったが、透水性に関係すると考えられる 100~2000nm の細孔量は、防水層近傍の方が中央部より多いという傾向は一致していた。一方、2.0rps の結果と実大試験体の下から 1.24m (打設高さ 2.26m) の比較では、実大試験体の場合は防水層近傍と中央部の細孔分布がほとんど同じであったため、組織の状態は異なっていると考えられた。強制圧密・ブリーディング試験体の組織の形成に関しては、自重に由来する力の回転位置での変動、回転開始時の慣性力の変化、型枠ジョイント部からの水の散逸等が影響し、一方向の圧密による水の移動という単純なメカニズムだけでは説明できないことを示している。しかし、今回作成した試験体の比較的下部の位置において、実大試験体の上部にのみ形成されていて、小型の試験体では再現できていなかった、防水層近傍のコンクリートが中央部より水を通しやすく、侵入水が横走りする可能性のある状況が再現できており、試験体を小型化する製作条件として活用できるものとする。

なお、上部のペースト分離していた部分は、切断断面では型枠面から観察できる状況よりも、大きく円弧状に広がっており、防水層面や型枠面の方が、分離を生じていない部分が多かった (写真 6.9)。これは回転時の挙動やペーストの粘性等の他に、試験体寸法の影響も大きいと思われるので、今回の試験体の上部を評価試験として採用するのは適当ではないと判断した。

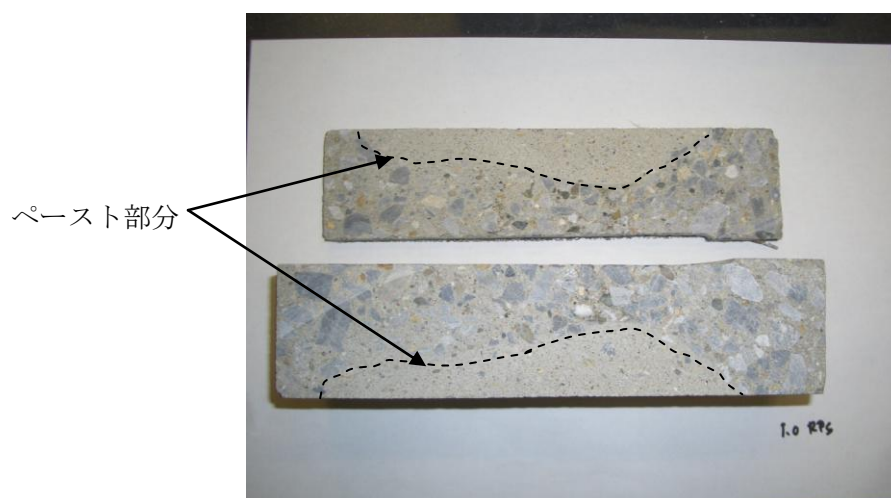


写真 6.9 強制圧密ブリーディング試験体 (1.0rps) 上部切断面

6. 5 まとめ

実際の鉛直方向の高さのある実大試験体における防水層近傍と中央部の細孔組織を確認した。防水層近傍のコンクリートが中央部よりも透水しやすい組織となっているのは、実大試験体の上部であり、小型試験体や水平打設の場合は異なる分布となっていた。さらに、その状況を小型試験体で再現する方法として、回転による強制圧密、ブリーディング試験装置を考案し、条件を整えることにより実大試験体でのコンクリートの組織構造を再現することが可能なことを確認した。

第7章 地下躯体の先やり外防水工法の 防水性の評価試験方法の提案

第7章 地下躯体の先やり外防水工法の防水性の評価試験方法の提案

7.1 要求性能と評価項目

地下躯体先やり外防水工法の性能評価について、材料と工法としての評価に分けて考えた。材料としての評価は、一般の防水材料単体の評価とほぼ同じ考え方で整理が可能と考えられるが、工法としての評価は従来の屋上防水とは異なる条件が多いため、新たな考え方を盛り込む必要がある。

表 7.1 に材料としての要求性能と評価項目、表 7.2 に工法としての要求性能と評価項目をまとめた。

表 7.1 材料としての要求性能と評価項目（防水層単体）

要求性能	評価項目	要求レベル	備考
水密性	①防水層の水密性	地下深度 + α の水圧で漏水しない	貫通穴大
	②役物部（貫通部）の水密性		
	③釘穴部の水密性		貫通穴小
	④ジョイント（塗り重ね部）の水密性		
物理的耐久性	⑥耐衝撃性	鋭利なもので突いても傷つきにくい	参考
	⑦耐クリープ性	クリープ変形しにくい	
化学的耐久性	⑧耐アルカリ性	セメントの pH で溶出しない	
	⑨耐塩水性	海水濃度に溶出しない	
	⑩耐微生物性	微生物に侵されない	
	⑪耐候性	1ヶ月露出で変質しない	
	⑫耐酸性	酸性土壌に溶出しない	特殊条件
その他	⑬溶出物質の有無・安全性	環境庁規準値を満たす	
	⑭表面耐汚染性	汚れにくい	参考
	⑮燃焼性	燃えにくい	参考

表 7.2 工法としての要求性能と評価項目
(防水層と躯体コンクリート複合体, 防水層と山留め複合体)

部位・工法	評価項目	要求レベル	備考
側壁	①一般部耐水圧性能	地下深度 + α の水圧で漏水しない	
	②ジョイント部耐水圧性能		
	③ダメージ部よりの耐水圧性能 (横走り水)		
	④躯体ひび割れ追従性	収縮ひび割れに追従する	
	⑤耐荷重 (生コン打設時側圧)	平常部, 凹凸部で損傷しない	
	⑥貫通部水密性 (セパレーター, 鋼材等)	地下深度 + α の水圧で漏水しない	
底板部	⑦耐荷重性能	底板荷重 + α でクリープ変形しにくい	

使用材料については、表 7.1 の項目の材料試験において確認されるとして、重要なのは工法としての評価である。これまで、検討してきた評価項目は、表 7.2 の①～③と⑥に相当し、アンケートによる現状把握結果やその後の試験結果からも、現状の仕様の性能が不十分と考えられる状況もあると考える。

ここで、要求レベルの地下深度 + α の水圧とは、経年での地下水位の上昇を考慮して、加圧透水負荷を所定の地下深さが全て水で満たされていると想定した場合にさらに負荷を足したものである。即ち、現状の最も深い地下躯体の条件が、約 30m 程度とすると、約 50m 相当の 0.5MPa までの負荷でも漏水しないことが確認できていれば、安心である。

7. 2 防水性評価の考え方

本工法の防水性の評価としては、最も性能が懸念される部位での防水性が確保できているかを確認することである。本工法の防水性の弱点部は、これまでの試験結果より、セパレータ等の防水層貫通部と防水層損傷部としたが、防水層貫通部では、貫通部の止水処理の性能の評価となり、既に水が防水層を透過する状態にある防水層損傷部では、コンクリートとの複合体の、侵入した水をその部位だけに留め、周辺に広げない性能の評価となる。

7. 3 防水性評価試験

本工法の防水性能の評価は、防水機能の弱点となりうる部位において加圧透水試験を行い、漏水を生じないこととした。防水機能の弱点となりうる部位の内、防水層貫通部では、様々な副資材による貫通部の止水補強の仕組みがあり、それらも含めて部位全体が評価対象となる。

一方、防水層損傷部は、本来は損傷を生じないように施工されるべきだが、本工法の現状に対しては、様々な要因による損傷はある程度考慮して対処する必要があると考えて、損傷が生じた場合のフェールセーフ性を評価するものと位置づけた。これまでは、防水層とコンクリートの密着性がそのフェールセーフ性能と捉えられていたが、本研究によって、密着性が良好でも防水層を透過した水の横走りする状況があることがわかったが、現状の仕様を評価した場合、密着性が良好でも侵入水の横走りが生じて漏水を生じる場合があると考えられる。そのため今後、防水材料の仕様改善や、コンクリートの調合検討等、工法全体での改善策が必要と思われるが、その際の評価方法として活用することになる。また、防水層の損傷自体を防止するために、保護層を設けることも考えられるが、コンクリートと保護層の密着性や界面の透水性、保護層の防水層界面近傍の組織の影響についての評価にも適用可能である。

以上のことをまとめて、評価のフローを図 7.1 に示した。防水材自体の防水機能、接合部や下地挙動に対する追従性や各種耐久性評価は、防水材としての評価試験で評価するので、防水工法としての評価方法として位置付けたものである。まず、防水層の適用位置として水平部材と鉛直部材があり、それぞれ重要評価部位として防水層貫通部と防水層損傷部がある。床等の水平部材への適用を評価する際にはコンクリートを水平方向に打設し、壁等の鉛直部材への適用を評価する際には、鉛直方向に打設する。なお、鉛直部材の防水層貫通部に対しては、試験体寸法は特に規定しなくとも、防水層貫通部材下部に水みちが形成されている。また、鉛直部材の防水層損傷部を評価する際には、小型試験体で所定の回転速度で強制圧密ブリーディングを行うか、実大寸法の打設高さでコンクリートを打設して試験体を作製することで、防水層近傍の水を通しやすい組織が形成される。硬化養生した後に、防水層側の試験対象箇所において、24 時間以上連続で、適用箇所の地下深さに相当する水圧をかけて、漏水の有無、横走りの有無を観察する。加圧透水試験の試験例として、本研究での防水性評価に使用した装置の概要を図 7.2 に示した。このような考え方

で、防水材、副資材、コンクリートを含めた本工法の基本機能である防水性の評価が可能となると考える。

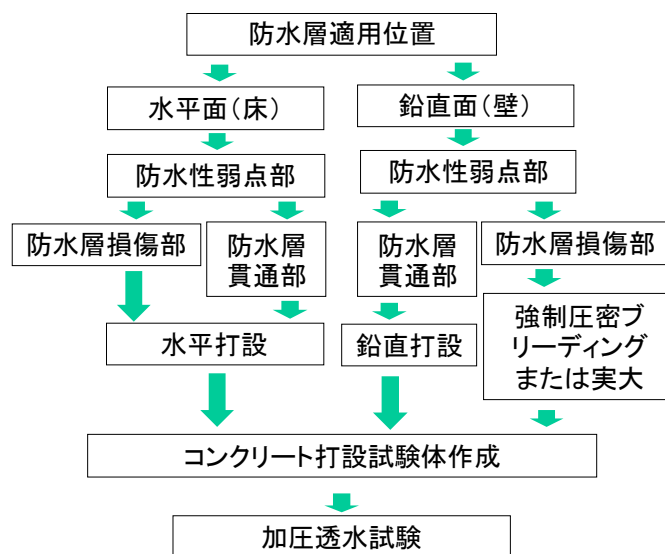


図 7.1 防水性試験フロー

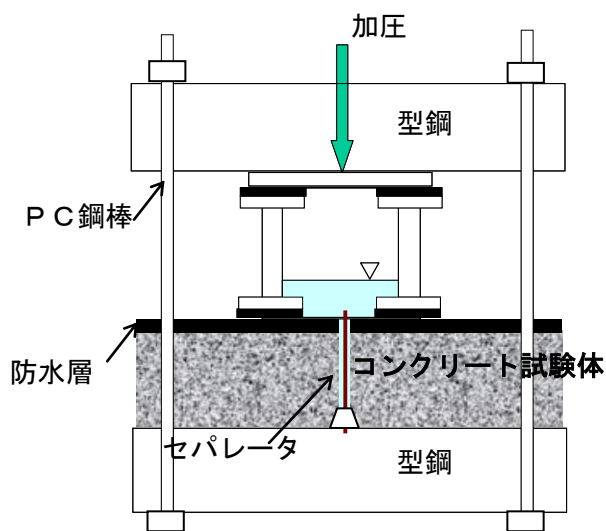


図 7.2 加圧透水試験装置概要 (防水層貫通部)

工法としてのその他の評価試験として、コンクリートや土の挙動に対する追従性、長期荷重によるクリープ等が挙げられる。

7. 4 現状の仕様改善提案

現状で考えられる改善提案は以下のとおりである。

1) 防水層貫通部の処理に関して

現在壁厚中間に設置している水膨張性の止水ゴムリングの直径を大きくして水が回らないようにすること

水膨張性のゴムリングを防水層に密着させること

防水層との取り合い部に用いる不定型シーリング材のモジュラスを上げて、水の圧力により変形を生じないものとする

2) 防水層の損傷に関して

防水層を施工した後に、コンクリートとの密着性がよく、緻密度が高いポリマーセメントモルタルを防水層上から吹き付けて、防水工事以外の工事の衝撃による影響を排除すること

防水層を施工し、コンクリート施工前に防水層面にアルカリと反応してコンクリートの緻密度を上げる成分を塗布しておくこと

防水層が損傷した場合に防水層内部から自己修復する成分で損傷部を閉塞する仕組みを設けること

第 8 章 結論

第 8 章 結論

本研究は、山留め壁に防水層を施工した後にコンクリートを打設して、躯体の外側に防水層を設ける「先やり外防水工法」について、この工法の基本性能である防水性の評価試験方法に関しての研究である。

以下に本研究の総括を述べる。

(1) 不具合事例調査結果

地下躯体の先やり外防水工法の不具合事例をアンケート調査した結果、本工法の防水性を阻害する要因が明確になった。不具合事例は、防水工事前に発見されたものが半数以上あり、その多くが山留め壁に関係するものであった。防水工事中、工事後の不具合は、防水の工事品質、環境外力、人為的損傷、防水工事前の見落とし、に分類できた。不具合の原因は、防水工事自体よりも他の工事に原因がある場合が多く、本工法の確立には地下工事全体としての標準化が必要である。但し、防水材料、工法自体の品質確認方法については、あまり定まっていなかった。一方、工法の位置づけを明確にするために、調査結果をもとにして、評価すべき部位や加わる外力を分類して示した。(第 3 章)

(2) 漏水現象の確認

実際に生じている不具合状況を確認するため、地下躯体の約 1/3 寸法の試験体を用いた加圧透水試験を行って、漏水が発生する状況を確認し、漏水が生じやすい部位、防水層とコンクリート躯体との関係等を明らかにした。ゴムアスファルトエマルジョン系塗膜防水と非加硫ブチルゴム系シート防水の 2 種類の防水材の試験体で試験を行ったが、その結果、防水機能の弱点となりうる部位として、セパレータ等の防水層貫通部、防水層損傷部が重要であることを示した。(第 4 章)

(3) 防水層貫通部と防水層損傷部の防水性

実現象の確認試験で抽出された防水機能の弱点となりうる部位である、防水層貫通部と防水層損傷部について、その部分を含む試験体を用いて加圧透水試験で詳細評価した。試験体は、コンクリート打設方向の違い、試験対象部高さ、セパレータ種類をパラメータとして作成し、0.3MPa の加圧圧力により漏水状況を観察した。防水層貫通部であるセパレータ部では、コンクリート打設方向により防水性が大きく異なり、鉛直方向打設の場合は、ブリーディングの影響により水みちができ、漏水しやすい状況であることが明確になった。防水層損傷部では、鉛直方向打設の場合に、防水層近傍のコンクリート部分を侵入水が伝わり、コンクリートと防水層が密着状態にあっても、水が横走りし、漏水につながる可能性があることが明らかになった。この、防水層近傍のコンクリートが水を通しやすい状況

は、水銀圧入法を用いた細孔構造の分析結果からも裏付けられた。これらを踏まえ、本工法の評価試験に際して試験体や試験条件で配慮すべき事項を整理した。(第5章)

(4) 試験体の小型化の方法

防水機能の弱点となりうる部位のコンクリートの「防水層貫通部の水みち」と、防水層損傷部から透過した水の横走りに関係する「防水層近傍のコンクリートの透水し易い組織」を形成する小型試験体の構成方法について検討した。コンクリートの打設高さや打設方向を変えた試験体を用いて、加圧透水試験や細孔分布測定で評価したところ、「防水層貫通部の水みち」は試験体寸法に関わらず、鉛直方向に打設した場合に存在し、「防水層近傍のコンクリートの透水し易い組織」は、試験体の上部に存在していた。さらに、「防水層近傍のコンクリートの透水し易い組織」ができるメカニズムは、コンクリートの圧密とブリーディングによるものと考え、取り扱いやすい寸法の試験体で構成する方法として、回転による遠心力を与え、コンクリートの圧密とブリーディングを促進させる試験体を作成する方法を提案した。その結果、回転速度や試験体位置を考慮することにより実大試験体の「防水層近傍のコンクリートの透水し易い組織」に近い状況が再現出来、小型試験体でも防水性評価が可能であることを示した。(第6章)

(5) 評価試験方法の提案

これまでの検討結果をもとに、鉛直部の防水層貫通部の評価では、コンクリートを鉛直方向に打設すること、防水層損傷部の評価では実大寸法でコンクリートを鉛直打設するか、回転による強制圧密ブリーディングを行って、試験体のコンクリートを製作して、加圧透水試験を行うこととする試験方法を提案した。この評価方法により、地下躯体の先やり外防水工法の防水性能の適正評価が可能となった。(第7章)

参考文献

1. 本文中で参照している参考文献

- 1) 財団法人 鉄道総合技術研究所：開削トンネル用先防水シート基準試験方法（暫定案），2007. 9
- 2) 東京地下鉄株式会社 建設部：開削トンネル用防水材検査基準（案），2004. 4
- 3) 矢口直幸，舘山勝，伊勢智一：コンクリート接着性防水シートの開発，鉄道総研報告 Vol. 17, No. 10, pp. 11-16, 2009. 1
- 4) 矢口直幸，間々田祥吾，舘山勝，楠戸一正：コンクリート接着性防水シートの改良，鉄道総研報告 Vol. 23, No. 6, pp. 17-22, 2009. 1
- 5) 上嶋宣裕，一ノ瀬晴幸，大下英吉：コンクリートの打設方向による鉄筋近傍の透水性状に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 23, No. 2, pp. 841-846, 2001. 2
- 6) 申英珠，田中享二，宮内博之：コンクリート壁体のセパレーター部の液体透過性と細孔構造，日本建築学会構造系論文集，第 571 号, pp. 1-6, 2003. 9
- 7) 湯浅昇，笠井芳夫，松井勇：乾燥を受けたコンクリートの表層から内部にわたる含水率，細孔構造の不均質性，日本建築学会構造系論文集，第 509 号, pp. 9-16, 1998. 7
- 8) 太田達見，山崎庸行，柘田佳寛：かぶりコンクリートの性状に及ぼす各種要因に関する実験的研究，日本建築学会構造系論文集，第 572 号, pp. 1-8, 2003. 10
- 9) 平田隆祥，竹田宣典，十河茂幸：石灰石粉を用いたコンクリートのブリージング水の移動機構と強度分布について，コンクリート工学年次論文集，Vol. 15, No. 1, pp. 501-506, 1993. 1
- 10) 坂本英輔，畑中重光，三島直生：フレッシュモルタルおよびフレッシュコンクリートの圧密特性に関する基礎的研究，日本建築学会構造系論文集，第 627 号, pp. 693-700, 2008. 5
- 11) 菅一雅，柘田佳寛：遠心成形高強度コンクリートの力学特性に及ぼす微細空隙の影響に関する研究，日本建築学会構造系論文集，第 610 号, pp. 7-12, 2006. 12

2. その他の参考文献

2.1 書籍類

- 12) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS8 防水工事, 2008
- 13) 日本建築学会材料施工委員会防水工事運営委員会：第1部 地下の防水, 第1回防水シンポジウム資料集, pp. 1-164, 2001. 7
- 14) 日本建築学会材料施工委員会防水工事運営委員会：IV 地下躯体先やり防水, 第4回防水シンポジウム資料集, pp. 162-210, 2007. 12
- 15) 日本建築学会材料施工委員会：地下工事とコンクリート躯体の防水工事を取り巻く現状と課題, 2008年度日本建築学会大会(中国)材料施工部門研究協議会資料, 2008. 9
- 16) 地盤工学会：知っておきたい根切り山留めの基本, 2004
- 17) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS3 土工事および山留め工事, 1997
- 18) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS4 地業および基礎スラブ工事, 1997
- 19) 日本建築学会：山留め設計施工指針, 2002

2.2 海外地下防水関連文献

- 20) W. Mergelsberg, V. Gall & G. Sauer : Achieving dry cut-and-cover stations -A membrane based waterproofing system for underground structures , North American Tunneling' 96, Vol. 1, pp. 353-361, 1996
- 21) Thierry Pernot , Jean-Francois Jaby : Geomembrane Preprufe. Systeme d' etancheite pour les ouvrages enterres. , Revue Generale des Routes, No. 801, pp. 46-47, 2001. 12
- 22) Mansbart G : Effective underground sealing systems. , Tunnels Tunnelling International, Vol. 30, No. 3, pp. 55-56, 1998. 3

2.3 国内地下防水関連文献

- 23) 佐藤紀男：地下防水の考え方, 建築技術, No. 659, pp. 52~55, 2004. 12
- 24) 堀長生：地下防水ー地下外壁の防水(特集 漏らさない漏れさせない建築防水)ー(建築用途・部位に適した防水の設計監理術, 建築技術, No. 685, 137~141, 2007. 2
- 25) 坪内信朗, 鈴木勝利：定荷重を受ける防水層の圧密特性に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集A(関東), pp. 603-604, 1993. 9
- 26) 岩崎和義, 坪内信朗, ベントナイト防水の施工方法に関する検討ージョイントの施工方法による止水性能への影響ー, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1(近畿), pp. 945-946, 1996. 9
- 27) 手塚基広, 松井勇, 湯浅昇, 守屋哲夫, 鈴木康仁：ひび割れからの背面水圧による防水層の耐水圧性について, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1(関東), pp. 879-880, 2006. 9

- 28) 細谷忠則, 小池迪夫: ポリマーセメントペーストによるEVA防水シート下地への接着強度及びEVAシートへのポリマーセメントモルタルの付着強度 (地下メンブレン内防水工法の研究), 日本建築学会大会学術講演梗概集A (中国), pp. 49-50, 1999. 9
- 29) 宮地秀樹: コンクリート構造物へのしゃ水シートの固定及び止水構造の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集A-1 (北陸), pp. 289-290, 2002. 8
- 30) 財団法人土木研究センター: 建設技術審査証明報告書 土木系材料・製品・技術 (建技審証 第0422号) 超速硬化ポリウレタン樹脂吹付塗膜防水材「SQS防水材」, 2005. 2
- 31) 日本道路公団試験研究所規格: 防水性試験方法 JHERI410-10-2001, 防水システム設計・施工マニュアル (案), 2001

2.4 コンクリート関連文献

- 32) 青木秀行, 村上佑貴, 大下英吉: 水セメント比の違いによる鉄筋近傍の透水性状に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 24, No. 1, pp. 519-524, 2002
- 33) 早川 健司, 加藤 佳孝: 振動締固めによるかぶりコンクリートの充填挙動と品質変動に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 32, No. 1, pp. 1325-1330, 2010
- 34) 沼尾 達弥, 福沢 公夫: 硬化モルタルの細孔径分布と水の浸透特性の関係, コンクリート工学年次論文集, Vol. 14, No. 1, pp. 637-642, 1992
- 35) 笠井 芳夫, 長野 基司, 佐藤 孝一, 菅 一雅: 透水型枠及び合板型枠を用いたコンクリートの品質判定に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 10, No. 2, pp. 441-446, 1988
- 36) 平井 和喜, 三橋 博三, 成田 健, 鄭 載東: 有孔型枠を用いたコンクリート表層部の性質変化と耐中性化特性, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 10, No. 2, pp. 437-440, 1988
- 37) 中瀬博一, 柿崎正義, 枝広英俊, 藤井和俊: 高流動コンクリートの細孔構造が透気・透水性に与える影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 26, No. 1, pp. 201-206, 1994
- 38) 浜田 要, 川東 龍夫, 服部 篤史, 宮川 豊章, 藤井 学: コンクリートの細孔構造と物質透過性, 土木学会年次学術講演会 V-4, No. 50, pp. 8-9, 1995. 9
- 39) 橋田 浩: 細孔空隙構造からのコンクリートの各種特性の形成機構に関する検討, 清水建設研究報告, No. 83, pp. 1-9, 1996. 4
- 40) 吉野 利幸, 鎌田 英治, 田畑 雅幸, 柳 敏幸: 空隙構造依存性に基づくコンクリート強度推定法に関する研究: 第1報圧縮強度と空隙構造の関係, 日本建築学会論文報告集 No. 312, pp. 9-17, 1982. 2
- 41) 吉田 行, 名和 豊春, 田口 史雄, 渡辺 宏: 高炉スラグ微粉末を用いたビーライトセメントコンクリートの中性化に及ぼす細孔組織の影響, 土木学会論文集 E, Vol. 64, No. 1, pp. 1-15, 2008. 1

- 42) 梶尾 聡, 岡本 享久, 岡本 享久, 富田 六郎, 田中 敏嗣: 防水材を施したセメント硬化体の透水性状と接合面の付着強度, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 15, No. 1, pp. 513-518, 1993
- 43) 月永 洋一, 庄谷 征美, 笠井 芳夫, 土門 勝司: 簡易試験による表層部コンクリートの透過性評価に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, No. 506, pp. 7-14, 1998. 4
- 44) 手塚 基広, 松井 勇, 逸見 義男, 守屋 哲夫: 高水圧下におけるコンクリートの打継ぎ部およびひび割れ部の水密性試験の提案, 日本建築学会技術報告集, Vol. 13, No. 26, pp. 411-414, 2007. 12
- 45) 河野 俊一, 氏家 勲: セメント硬化体の細孔径の透気性による評価に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 15, No. 1, pp. 3-11, 2008. 9
- 46) 菅 一雅, 梶田 佳寛, 石川 一真: 遠心成形高強度コンクリートの微細空隙構造に及ぼす遠心成形条件の影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 (九州), pp. 343-344, 2007. 8
- 47) 石川 一真, 梶田 佳寛, 菅 一雅: 遠心成形高強度コンクリートの含水率に及ぼす内部微細空隙の影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 (九州), pp. 345-346, 2007. 8
- 48) 安達 晋悟, 柿崎 正義, 枝広 英俊, 藤井 和俊, 井上 敏克, 宇仁菅 康行, 山本 祐基子, 竹内 昌彦: 高流動・高強度・軽量コンクリートの開発研究: その4. 透気・透水性と微細構造, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 (関東), pp. 345-346, 1997. 9
- 49) 浦 憲親: モルタルコンクリートの品質に及ぼす局部養生の影響: 第2報 細孔径分布, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 (北海道), pp. 7-12, 2004. 8
- 50) 津崎 淳一, 潮崎 正博, 相馬 達夫: 早期脱型されるコンクリート鉛直壁に対する養生方法の影響: 細孔径分布・曲げ強度, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 (九州), pp. 1071-1072, 1998. 9
- 51) 渡辺 正典: コンクリートの圧密力とその圧縮強度および細孔量, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A (関東), pp. 223-224, 1988. 10

発表論文

<発表論文>

1. 審査付論文

- 1) 岡本肇, 田中享二, 小林茂, 山中勇人, 内海正泰: 地下外壁外防水先やり工法の不具合事例調査, 日本建築学会技術報告集第 16 巻 33 号, pp. 435-440, 2010. 6
- 2) 岡本肇, 田中享二, 清水市郎, 久下高豊: 地下躯体の外防水先やり工法の評価試験方法に関する研究, 日本建築学会構造系論文集第 76 巻第 661 号, pp. 455-464, 2011. 3
- 3) 岡本肇, 田中享二: 地下躯体の先やり外防水工法の防水性の評価試験方法の提案, 日本建築学会構造系論文集 (投稿中)

2. 国際会議

- 1) Hajime Okamoto, Kyoji Tanaka :Study on failures of waterproofing membranes for underground structures applied on earth retaining walls prior to wall concreting, Second International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering, Taiwan Tech, Taipei Taiwan, 2010.10

3. 口頭発表

- 1) 小林茂, 岡本肇, 岩井孝次, 田中享二: 地下躯体の先やり外防水工法に関する調査研究 その 1 不具合事例調査の概要 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp. 925-926, 2007. 8
- 2) 山中勇人, 岡本肇, 岩井孝次, 田中享二: 地下躯体の先やり外防水工法に関する調査研究 その 2 防水施工前工程の不具合事例, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp. 927-928, 2007. 8
- 3) 内海孝泰, 田中享二, 岩井孝次, 岡本肇: 地下躯体の先やり外防水工法に関する調査研究 その 3 防水施工中および後工程の不具合事例, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp. 929-930, 2007. 8
- 4) 岡本肇, 清水市郎, 田中享二, 久下高豊: 地下躯体の先やり外防水工法に関する調査研究 その 4 性能評価項目と準実大注水加圧試験 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp. 35-36, 2009. 8
- 5) 岡本肇, 田中享二, 清水市郎, 久下高豊: 地下躯体の先やり外防水工法の評価方法に関する研究, 日本建築学会 2009 年度関東支部研究発表会研究報告集, pp. 109-112, 2010. 3
- 6) 久下高豊, 岡本肇, 田中享二, 清水市郎: 地下躯体の先やり外防水工法に関する調査研究 その 5 準実大試験体による漏水現象の再現試験 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp. 527-528, 2010. 9
- 7) 岡本肇, 田中享二, 清水市郎, 久下高豊: 地下躯体の先やり外防水工法に関する調査研究 その 6 セパレータ周辺の水密性評価試験 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp. 529-530, 2010. 9

4. その他

- 1) 日本建築学会材料施工委員会防水工事運営委員会：地下躯体先やり防水，第4回防水シンポジウム資料集，pp.162-210，2007.12
- 2) 日本建築学会材料施工委員会：地下工事とコンクリート躯体の防水工事を取り巻く現状と課題，2008年度日本建築学会大会（中国）材料施工部門研究協議会資料，2008.9
- 3) 岡本肇，田中享二：地下外壁外防水先やり工法の不具合事例調査，第1回日中韓防水シンポジウム論文集 pp.55-62，2009.11
- 4) 岡本肇，田中享二：地下躯体の外防水先やり工法の評価試験方法に関する研究，第2回韓中日防水シンポジウム論文集 pp.59-66，2010.10

添付資料

地下防水の不具合事例アンケート調査結果

資料No.	04-1-4	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:)②なし	②
不具合内容	不具合名(タイトル)	防水端部の納まり	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	①④
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他()	①③
	不具合の詳細	先やり防水の防水層端部がGL-1,000と設計図書で指定されており、GLより上まで防水をするべきと提案していたが、本現場では受け入れられなかった。(アスファルト防水をGL-1mまで下げて先やり防水とジョイントさせると建設会社から言われていたが、行なわなかった様子)結果として、B1F壁面から漏水が発生した。大雨の後すぐに漏水が始まり、水が引くと漏水が止まる状況。	
現場でとった処置	内部は化粧打放しコンクリート仕上げになっており、内部から止水をした。外部側は外構工事が始まってから掘削して、先やり防水とアスファルト防水が取合うようにした。		
再発防止策提案(恒久対策)	雨が降れば地下水位はGL付近まで上昇しているはずであり、地下外壁防水は必ずGLより上に上げるべきである。本現場は一期工事で、二期工事と同じ納まりになっていたが、二期工事ではGLまで防水層を上げた為か、今のところ漏水は発生していない。		

<図・写真等>

本現場での設計図書では、地下外壁先やり防水の天端はGL-1,000と指定されていた。

本来は左図のように、防水層天端部はGLより上部にするべきである。


資料No.	04-1-21	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:)②なし	②
不具合内容	不具合名(タイトル)	山留め計画に無理	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	①②
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他()	①④⑦
	不具合の詳細	構内水位が高いので、SMWやシートパイルで本来施工しなくてはいけないのに、予算の関係といってH鋼横矢板で山留めを施工してしまった。当然ながら、山留めから水が噴出し水と一緒に土中の砂まで引っ張って周辺地盤の道路にひびが入ったり、隣地の民家が傾いたことがあった。	
現場でとった処置	横矢板部分に鉄板を溶接してなるべく水を押えたり、ディープウェルで構内水位を下げたりした。		
再発防止策提案(恒久対策)	最近の建設会社はコンクリート打設・鉄骨建方・鉄筋工事を優先し少々無理な工程を作成しているようにみうけられる。本来は、安全が全てに対して優先されるべきなのに、工程優先のものの考え方や適正価格に配慮してほしい。		

<図・写真等>


<図・写真等>

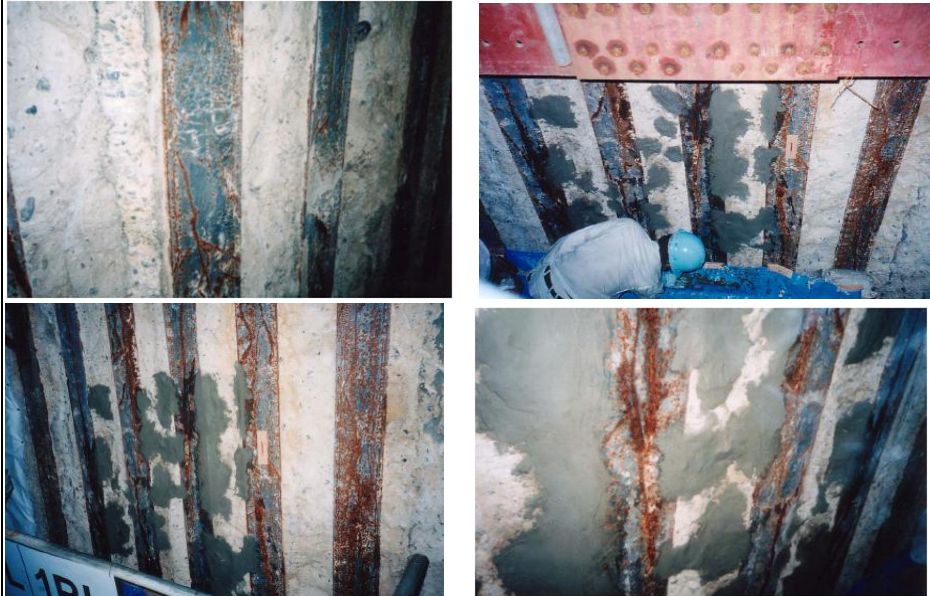
資料No.	04-1-1	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:)②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	山留芯材が構造躯体に入っている	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	②
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(SMW下地) ③現場の管理 ④工程・連絡 ⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他(地中障害)	②⑦
	不具合の詳細	地下根切り終了後、均しコン打設 翌日スミ出しをしたところ、一部SMWの芯材が地中障害により、構造躯体の中に入り込んでいたことが判明した。	
現場でとった措置	構造躯体に入り込んでいた芯材を切断後、その補強でCチャンを溶接した。そのときに芯材の廻りからも漏水したので、止水ならびにディーブへ導水した。		
再発防止策提案(恒久対策)	これからスクラップアンドビルドが多くなるはずで、こうした地中障害が避けて通れない問題であろう。解体業者・建設業者・山留業者と綿密な連絡が必要となるだろう。		
<図・写真等>			
<p>本来垂直であるべきH鋼が、地中障害により、一部、躯体側に食い込んでしまっていた。</p> <p>躯体に入り込んだ部分を切断し、平滑にした。</p> <p>山留面の強度確保の為に、切断したH鋼同士をCチャンで繋ぎ、補強した。</p> <p>結果、山留面にCチャンの形の凹凸が出来てしまい、防水下地としては不適切な面となってしまった。</p>			

資料No.	04-1-2	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:)②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	既存解体物からの漏水	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	②
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(SMW) ③現場の管理 ④工程・連絡 ⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他(既存解体物)	②⑦
	不具合の詳細	新築現場予定地には、昭和9年竣工の建物があり、解体時に松杭やアングル鉄筋等を除いたつもりであったが、山留壁造成中にその中に入り込み、根切り終了後防水施工前の山留壁の確認に行ったところ、その突起物を伝わって漏水していた。	
現場でとった措置	アングルや鉄筋は根元で切断し、漏水していた松杭は止水工事で処理した。		
再発防止策提案(恒久対策)	下地処理と建設業者との山留め下地に対する打合せ		
<図・写真等>			
<p>山留壁から突出した突起物 = 旧躯体のものと同察される</p>			

資料No.	04-5-13	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:非加硫ゴムシート防水工法	
	底版の防水	①有り(工法名:非加硫ゴムシート防水工法)②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	山留め躯体の入り隅の線が通らず平場立ち面とのシート接続ができない	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(SMW) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	1 SMWの線通りが悪く底盤部のシートと外壁面のシートとの接合が不確実	
現場でとった処置	1 SMWの外壁部分の底部近くの極端な凹凸はモルタルやペントナイトで下地補修を行いシートが接合できるようならかにする。		
再発防止策提案(恒久対策)	1 山留め施工時にH鋼が踊らないよう線通りよく施工する		
<図・写真等>			
			

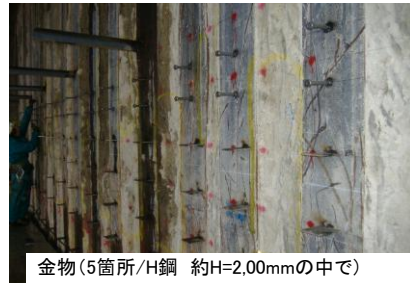
資料No.	04-7-④	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂シート防水	
	底版の防水	①有り(工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂シート防水)②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	H鋼の鉛直精度のばらつきによる不揃い	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他(地質)	
	不具合の詳細	H鋼が長い為、底部で不揃いとなりやすく、3メートルの間隔で約500mmの不陸が発生したヶ所もあった。	
現場でとった処置	不陸が大きい部分は、ボードで調整。		
再発防止策提案(恒久対策)	H鋼建込み時に、鉛直精度を十分確認して行う。		
<図・写真等>			
			

資料No.	04-7-⑤	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水	
	底版の防水	①有り(工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水)②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	H鋼接合部の突起	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	H鋼接合部のボルトが50mm程度突起している。 処理せずにそのまま防水施工した場合は、防水層損傷の原因となる。	
現場でとった処置	モルタルでなだらかに仕上げる。		
再発防止策提案(恒久対策)	H鋼接合部の突起部分をモルタルでなだらかに処理する規定を設ける。		
<図・写真等>			
 <p>H鋼接合部のボルトが50mm程度突起している</p>			

資料No.	05-02-⑤	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①親杭横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	SMW連壁の不陸	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他(掘削工)	②
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(SMW) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	②③ ④
	不具合の詳細	SMW連壁の不陸部、凹部へのモルタル充填	
現場でとった処理	SMW連壁の不陸部、凹部へのモルタル充填		
再発防止策提案(恒久対策)	掘削作業の標準化 現場(設計、元請)との充分な打合せ。		
<図・写真等>			
			

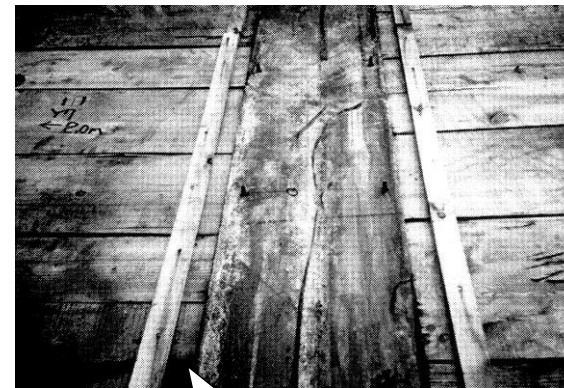
資料No.	05-02-⑨	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①親杭横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	H鋼の横へのズレ(いがみ)により、アングル溶接用金物が発生	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他(貫通パイプ設置工)	②⑧
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(SMW) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	②③ ④
不具合の詳細		H鋼の横へのズレ(いがみ)により、アングル溶接用金物が発生 導水マット貫通により作業性悪化	
現場でとった処理			
再発防止提案(恒久対策)			

<図・写真等>




資料No.	04-1-3	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗巻く防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	H鋼横矢板下地の施工制度	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他(セパ金物)	②⑧
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(H鋼横矢板) ③現場の管理 ④工程・連絡 ⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他()	②③
不具合の詳細		先やり防水施工前に防水下地を確認したところ、矢板のズレ止め防止の半抜き の位置が、H鋼から離れていた。また、セパ金物もH鋼のフランジに引っ掛ける タイプを検討していた。	
現場でとった処置		半抜きをH鋼にぴったりにしてもらい、凹凸を解消してもらった。また、セパ金物 もH鋼から直接取り付けられるタイプにしてもらい、セパ金物廻りの防水効果を 高めてもらった。	
再発防止策提案(恒久対策)		山留壁構築時に建設会社と防水下地やセパ金物等の打合せを行う。	

<図・写真等>



H鋼と横矢板固定の半抜きの間隙があり、
段差があるので防水層下地としては不適切

資料No.	04-1-10	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	設備配管の納まり	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生	⑧
		⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他(設備配管)	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡	④⑥
⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他()			
不具合の詳細	設備配管廻りの処理で、ボイドを入れて配管を通してからモルタルを充填すると、コンクリートとモルタルが後にはだ別れが生じ、そこから水が入り込みやすくなる。		
現場でとった処置	つば付き実管を先やり防水施工前に所定の位置に取り付け、コンクリートとスリーブが一体となり打ち継ぎにならない様にする。また、そのスリーブの廻りに止水板を巻いておいた方がなお良い。		
	防水施工業者は建設会社との打合せばかりとなり、設備業者との打合せがおろそかになりがちであるが、必ず貫通部分は存在するので、十分な打合せが必要		
<図・写真等>			
			

資料No.	04-02-②	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	③
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法) ②なし	①
不具合の内容	不具合名(タイトル)	シートパイルジョイント部の処理	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生	④
		⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(ジョイント処理) ③現場の管理 ④工程・連絡	②③
④材料 ⑤後工程 ⑥その他()			
不具合の詳細	シートパイルのジョイント凹部に何も下地処理しなかったことにより防水層の乾燥・硬化際に乾燥収縮が起こり、幅の大きなジョイント部においては防水層に亀裂が発生した。		
現場でとった処置	ジョイント部分にモルタルを充填した。		
再発防止策提案(恒久対策)	シートパイルのジョイント部分は防水層に極端な厚みの差が生じないようにモルタル充填したり、目止めにテープなどを使用して乾燥収縮による亀裂が発生しないように処理する。		
<図・写真等>			
			

資料No.	04-02-④	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	山留め芯材H鋼が山留め表面より前に出ている	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	①②
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	①
	不具合の詳細	山留め芯材H鋼が山留め表面より前に出ていることで、導水緩衝材を芯材H鋼に沿って貼り付けた。しかし導水緩衝材を完全に芯材H鋼に固定出来ず、出限部においては防水層の均一な塗膜厚の確保が難しく、シートの挙動及び防水塗膜の乾燥収縮により防水層に亀裂が発生した。	
現場でとった処置	弾性のシーリング材で亀裂部分の補修を行い、再度導水緩衝材の増し張りを行い防水材にてタッチアップを行った。		
再発防止策提案(恒久対策)	山留め設計・根切りを行う際に山留め芯材H鋼と山留め表面が平滑になるように山留め設計・根切り工事を行い、導水緩衝材を平滑に貼る。		

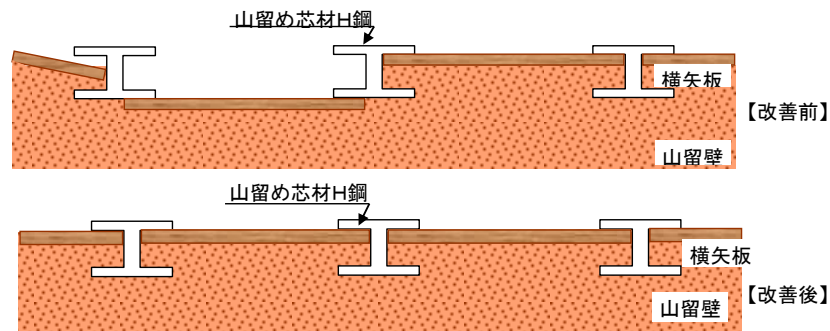
<図・写真等>



【下地】

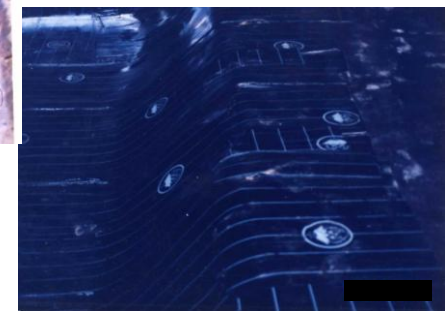


【防水層亀裂】



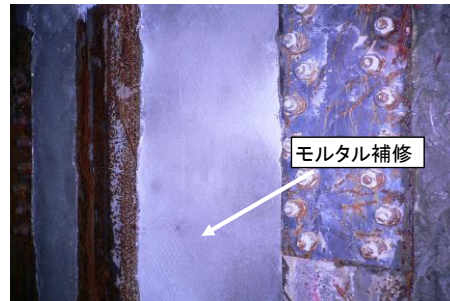
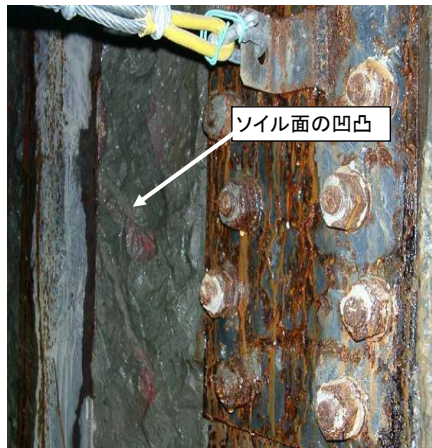
資料No.	04-4-⑧	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:改質アスファルトシート防水トーチ工法) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	釜場の下地がいろいろ加減で	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(釜場まわり) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	① 釜場周囲の下地のおりが悪く、防水シートに浮きが発生しやすい ② 下地補修の程度がわからず、いいかげんになりやすい ③ ④	
現場でとった処置			
再発防止策提案(恒久対策)	一般部および釜場の下地補修の基準を決める		

<図・写真等>



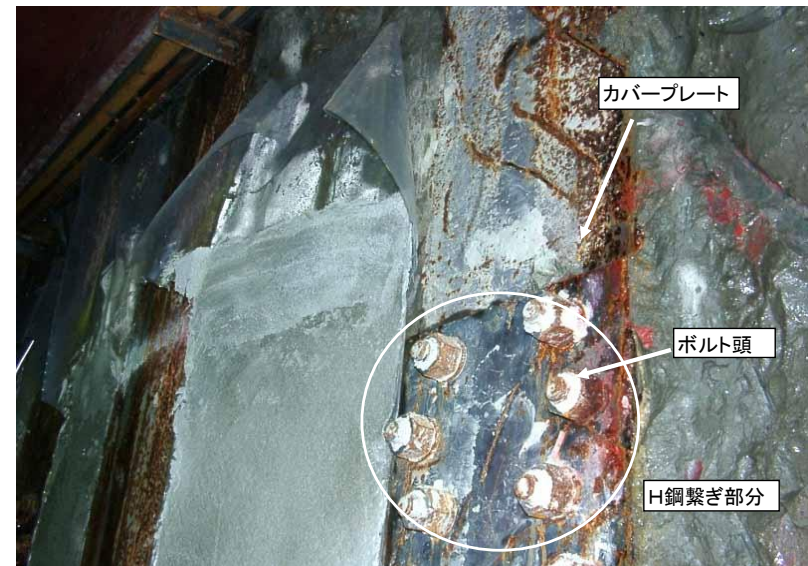
資料No.	04-5-1	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:非加硫ゴム系シート防水工法	
	底版の防水	①(有り)工法名:ゴムアスファルト系シート防水工法 ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	SMWソイル面の凹凸	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(SMW) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	SMWソイル面の凹凸が大きく躯体の打設圧及び地盤の不等沈下により防水層に与える影響が懸念 現在試験方法を模索し定量的に凹凸の限界点を求める研究を実施中です	
現場でとった処置	ソイル面の凹凸部分をモルタルで補修し面を平滑にした		
再発防止策提案(恒久対策)	SMWの外壁面を削る際、油圧式パワーショベルの平歯で削る		

<図・写真等>



資料No.	04-5-2	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:非加硫ゴム系シート防水工法	
	底版の防水	①(有り)工法名:ゴムアスファルト系シート防水 ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	H鋼繋ぎボルトが露出	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(SMW) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	H鋼接合部のカバープレートフランジ面のボルトが露出し施工不可	
現場でとった処置	ボルト部を鉄板でただらかに覆い5ミリ程度のPE発砲緩衝材をとりつけて防水シートを施工した		
再発防止策提案(恒久対策)	カバープレート処理用専用部材の用意		

<図・写真等>



資料No.	04-7-③	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水	
	底版の防水	①有り(工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水)②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	H鋼・パイプ回りの汚れ	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地()③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	防水層を貫通する切梁支柱やパイプ回りにコンクリート・モルタルが付着している。そのまま防水を施せば漏水に至る。	
現場でとった処置	付着物除去は防水施工範囲外だが、防水工により除去する。モルタルの硬化が進んでいるため除去に時間と労力を要す。		
再発防止策提案(恒久対策)	施工計画書に防水層貫通部材の付着物除去の項目を設ける。現場との打合せを行い、材令の若い内に除去する。		

<図・写真等>



付着物で汚れたフランジ付きパイプ



H鋼の付着物除去に時間と労力を要する

資料No.	05-02-⑥	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①親杭横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	SMW連壁の不陸(凹凸)	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他(掘削工)	②⑧
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(SMW) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	②③④
	不具合の詳細	SMW連壁の不陸(重機掘削の際の爪跡凹凸) 掘削作業時に重機の移動少なく斜めから掘削	
現場でとった処理	①重機を正面から掘削 ②平湯の歯を使用し平滑掘削		
再発防止策提案(恒久対策)	掘削作業の標準化 現場(設計、元請)との十分な打合せ。		

<図・写真等>

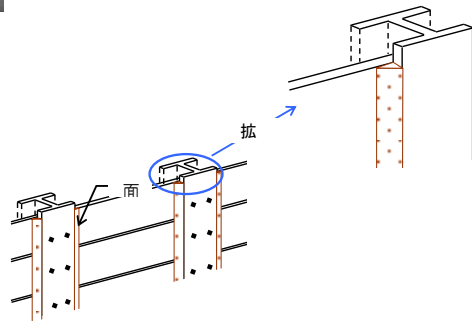


平型の歯で掘削する。



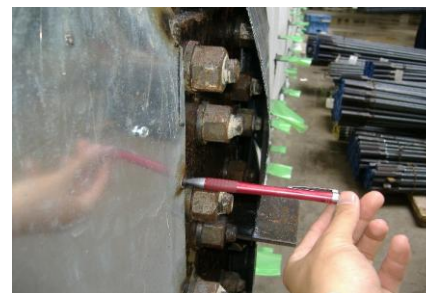
資料No.	05-02-④	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①親杭横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	横矢板壁の親杭とさん木の段差による下地の不陸	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	②
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(横矢板さん木) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	②③ ④
	不具合の詳細	横矢板固定のさん木が親杭から離れて止められたことにより段差が大きく(下地の不陸)防水層が下地になじみにくい。	
現場でとった処理	さん木の取替え		
再発防止提案(恒久対策)	施工計画書に記述する。(下地の条件) 現場(設計、元請)との十分な打合せ。		

<図・写真等>



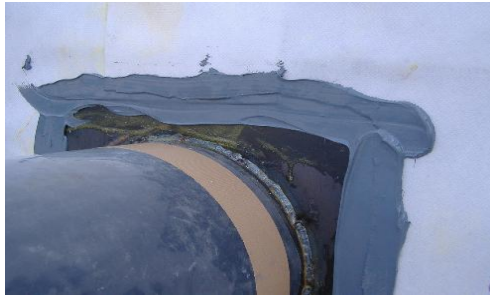
資料No.	05-02-⑨	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①親杭横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	SMW連壁親杭(H鋼)のつなぎボルト頭の処理	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	②
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(SMW) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	②③ ④
	不具合の詳細	SMW連壁親杭(H鋼)のつなぎボルト頭の処理 段差大きく下地処理が必要	
現場でとった処理	つなぎボルト部を鉄板で覆った。		
再発防止提案(恒久対策)	下地処理作業の標準化 現場(設計、元請)との十分な打合せ。		

<図・写真等>



資料No.	05-02-⑧	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①親杭横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	貫通パイプ廻りの処理方法	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他(貫通パイプ設置工)	②⑧
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(SMW) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	②③ ④
	不具合の詳細	貫通パイプ廻りの処理方法を現場で協議 連続したパイプ回りを鉄板で補強し、つば付きパイプを採用。	
現場でとった処理	協議後、上記工法を実施		
再発防止提案(恒久対策)	貫通パイプ処理の標準化 現場(設計、元請)との十分な打合せ。		

<図・写真等>



ツバまで導水緩衝材を張りかけ、端部をシール処理。

資料No.	04-1-17	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横突板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	山留面からの漏水処理	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	②
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(導水処理) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	②
	不具合の詳細	山留面から漏水しているにもかかわらず、導水処理をしなかったため、耐圧コン、B1スラブ打設後に背面被圧水により防水層のラップから口が開きそこから水が出た。	
現場でとった処置	水が出た箇所にホースをセットして水を逃がす処理をした。コンクリート打設完了後、内部仕上げ前に止水処理をした。		
再発防止策提案(恒久対策)	建設会社に導水処理の必要性を訴え、処理方法を構築すること。		

<図・写真等>



防水層から湧き出てきた水が打設したコンクリートに広がっている様子



防水層の脆弱な部分から、背面被圧水が湧き出てきている様子

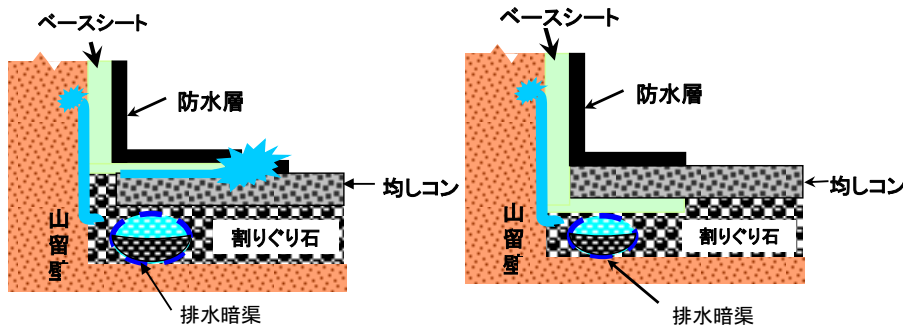
資料No.	04-02-③	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板<②SMW連続壁>③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	底部排水処理の方法	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	②
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(排水方法) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	①② ③
	不具合の詳細	地下導水緩衝材を均しコンクリートの上に垂らしこみ防水材で接着させようとしたが、山留め壁からの湧水が排水されず導水緩衝材と均しコンクリートの間から水が流入し、防水層を破断させ底部に水が溜まった。そのため躯体打設時の打設圧力により流入した水が防水層に沿って浸入し接着不良を起した。	
現場でとった処置	水中ポンプにて水を吸い上げた。		
再発防止策提案(恒久対策)	ベースシートは割りぐり石・排水暗渠に垂らしこみ、均しコンクリートを山留め壁まで打設し導水緩衝材を押さえこむ。		

<図・写真等>

【均しコンクリート上】

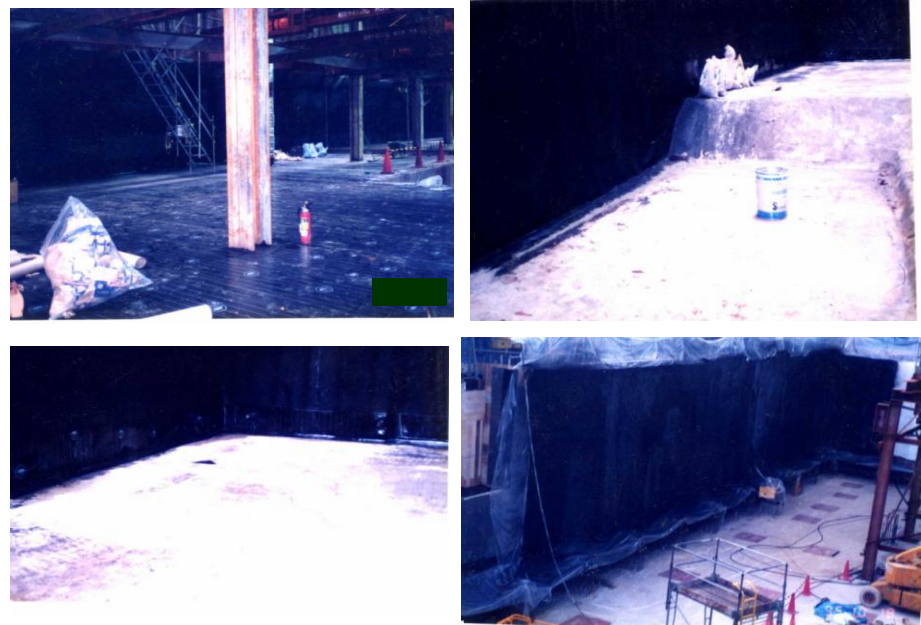


【排水暗渠・割りぐり石上】



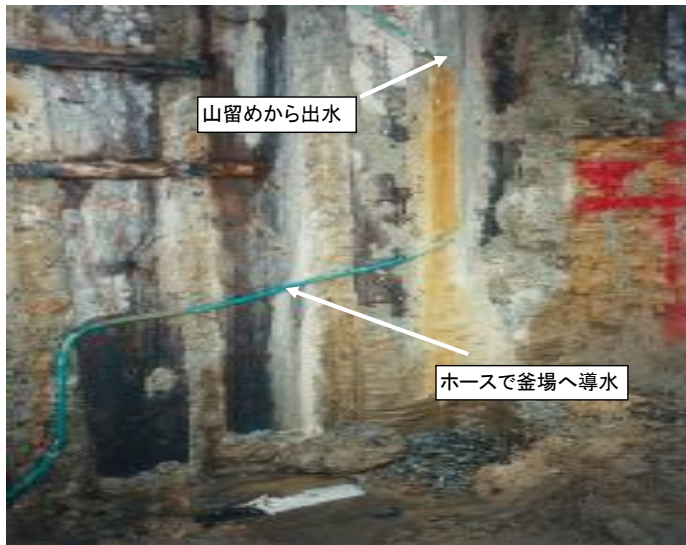
資料No.	04-4-⑨	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板<②SMW連続壁>③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:改質アスファルトシート防水トーチ工法) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	底部下地の乾燥がとれない	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	① 勾配がしっかり取れていないため、雨水が釜場に集まりきらない ② 工期遅れで乾燥養生が取れない ③ ④	
現場でとった処置	水分をふき取り、ガスバーナーで強制乾燥		
再発防止策提案(恒久対策)	捨てコンクリートの勾配の基準を設ける(釜場に向い1/100)		

<図・写真等>



資料No.	04-5-6	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:非加硫ゴム系シート防水工法	
	底版の防水	①有り(工法名:ゴムアスファルトシート防水工法) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	山留めからの出水・漏水	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(SMW) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	SMWの一部から地下水が噴出しているため防水施工不可	
現場でとった処置	ホースを使って集水・導水をした。		
再発防止策提案(恒久対策)	水位の高いところは予め集水・導水・排水計画を立て突発的な出水・漏水に対処できるようにする。		

<図・写真等>



資料No.	04-7-②	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水	
	底版の防水	①有り(工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	排水対策	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	水位が高い現場で、山留め壁では止水が不可能なため、排水材を設置する。	
現場でとった処置	防水層背面となる位置に排水装置を設置する。		
再発防止策提案(恒久対策)	施工計画書に排水計画の項目を設ける。 水圧・出水量に見合った排水システムを設置する。		

<図・写真等>



SMWIに沿って排水材設置

底版部の入隅部に沿って排水材設置

資料No.	05-02-③	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①親杭横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	頂部から山留め背面への雨水流入	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	②
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(横矢板さん木) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	③④
	不具合の詳細	頂部側溝部(防水未施工)に雨水がたまる状況にあり、山留め背面への雨水流入となる。	
現場でとった処理	側溝部の防水処理		
再発防止提案(恒久対策)	施工計画書に記述する。(山留め頂部の処理) 現場(設計、元請)との十分な打合せ。		
<図・写真等>			

資料No.	06-04-④	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①親杭横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:超速硬化ポリウレタン樹脂吹付防水工法	
	底版の防水	①有り(工法名:超速硬化ポリウレタン樹脂吹付防水工法) ②なし	①
不具合の内容	不具合名(タイトル)	止水不足による横矢板からの漏水	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	②
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(横矢板) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	①②③
	不具合の詳細	止水不足によって横矢板から漏水が生じていた事から防水施工できず。	
現場でとった処理	導水層の設置		
再発防止提案(恒久対策)	現場(設計、元請)との十分な打合せ。 施工計画書に注意事項として記載する。 現場管理者の防水に関する知識向上。		
<図・写真等>			

資料No.	04-1-5	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①橋突板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	施工のタイミング	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	④
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他()	③④
	不具合の詳細	B1壁だけの防水でいいと建設会社が思いこみ、地中梁を組んでから先やり防水となった。	
現場でとった処置	既に地中梁を組んでおり、当然ながら壁筋も上がっている状態であったので、出来る範囲での施工となってしまった。 また、足場も悪く、危険な状態での施工となってしまった。		
再発防止策提案(恒久対策)	建設会社と打合せを綿密にとり、施工のタイミングや防水層末端部の納まり等打ちあわせを十分重ねる。		
<図・写真等>			
		<p>本来、B1スラブの打継よりも下まで防水層は伸ばすべきである。</p> <p>しかし本現場では、施工にかかる時には既に地中梁が組まれていて、施工範囲に限界があった。</p>	

資料No.	04-1-6	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①橋突板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	途中から防水希望	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	①
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他()	①④
	不具合の詳細	設計図書には元々防水工事が入っておらず、設計定例打合せの中で地下外壁防水をやる事になったが、B2の床を打設する2~3日前というタイミングだった。	
現場でとった処置	状況からすると先やり防水しか施工の手段がなく、かつ、壁筋・柱筋が上がっている状態だったので、止水板を山留側に設置してもらい、その上部をいったんめくり先やり防水をその中のみ込ませて止水板を元の位置に戻した。		
再発防止策提案(恒久対策)	地下外壁防水は水が出なくても必ず設計図書に盛り込んでおく事を標準とするべき。		
<図・写真等>			
【対策】			
		<p>先やり防水層</p> <p>山留面</p> <p>止水板の上部をめくり、裏側(山留側)に防水層</p> <p>打継ぎ部に止水板</p> <p>▽B2SL</p>	

資料No.	04-1-7	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横突板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	途中から防水希望	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	①
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他()	③④
	不具合の詳細	先やり防水施工に乗り込んだ際には、既に壁筋SL+500、柱筋がSL+1000、まで上がっていて、作業床まで降りて確認したところ、柱筋のフープまで組んであり、どうしてもその裏側(山留側)には施工が出来ない状態だった。	
現場でとった処置	作業中止		
再発防止策提案(恒久対策)	途中から先やり防水を施工するケースでは、元請はもちろん、躯体工事関連業者と綿密に連絡を取り合わなければならない。本件のように作業中止や、せっかく防水工事をしても成果が上がらないケースが多く見受けられる。		
	<図・写真等>		

資料No.	04-1-8	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横突板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	防水足場の変更	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	④
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他()	③④⑥
	不具合の詳細	2回目の施工に入る前日の午後に、立ち馬で手の届く範囲まで施工してくれと連絡があった。本来であれば、2段切梁の下まで先やり防水を施工しておかないと、後施工の鉄筋の溶接位置より下になってしまうが、それをするためには足場の架け出しが必要となり、後工程の鉄骨建方を優先したいがために、今回の処置となった。	
現場でとった処置	耐圧コンクリートに立ち馬を立てて手の届く範囲を施工した。		
再発防止策提案(恒久対策)	1回目と2回目の施工を分けなくて、一度で2段切梁の下まで先やり防水を施工していれば後工程に影響なく作業が出来たと思う。 建設会社と十分な打合せが必要。		
<図・写真等>			
<p>一回目と二回目の施工は、工程都合があり、足場を設置せず、立ち馬での施工となった。 結果、一回の施工範囲が限られるので、左図のように先やり防水施工は4回に分</p>			
<p>適切に足場を設置していれば、切り張り2段であれば、このように施工回数は3回で済むと考えられる。 工程全体で考えたときに、どちらが無駄がないか、事前の打ち合わせが重要となる。</p>			

資料No.	04-1-9	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合内容	不具合名(タイトル)	後施工のアンゲル溶接	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	⑥
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他()	③④ ⑥
	不具合の詳細	先やり防水工終了後に型枠の控えを取るためのセパ金物を溶接しなければいけないのに、横アンゲルを先に山留面に溶接してしまい、先やり防水工が出来ない状態であった。	
現場でとった処置	横に取り付けたアンゲルは撤去してもらい、アンゲルピースだけにしてもらい、先やり防水工終了後にアンゲルを溶接してもらった。もちろん溶接の火花で防水層が燃えないように養生をしてもらった。		
再発防止策提案(恒久対策)	先やり防水工事は、躯体工事と並行して進む為、元請の理解はもちろん、他工種(業者)との工程打合せ、連携が必要不可欠になる。元請指導の下、型枠大工、溶接業者、鉄筋業者等とも密に連絡を取る事以外に、再発を防ぐ方法は無いと思われる。		

<図・写真等>



横アンゲルを通してセパレーターを固定する山留の場合、横アンゲルを通す前の、アンゲルピース(ネコアンゲル)だけの状態で、先やり防水を施工する。



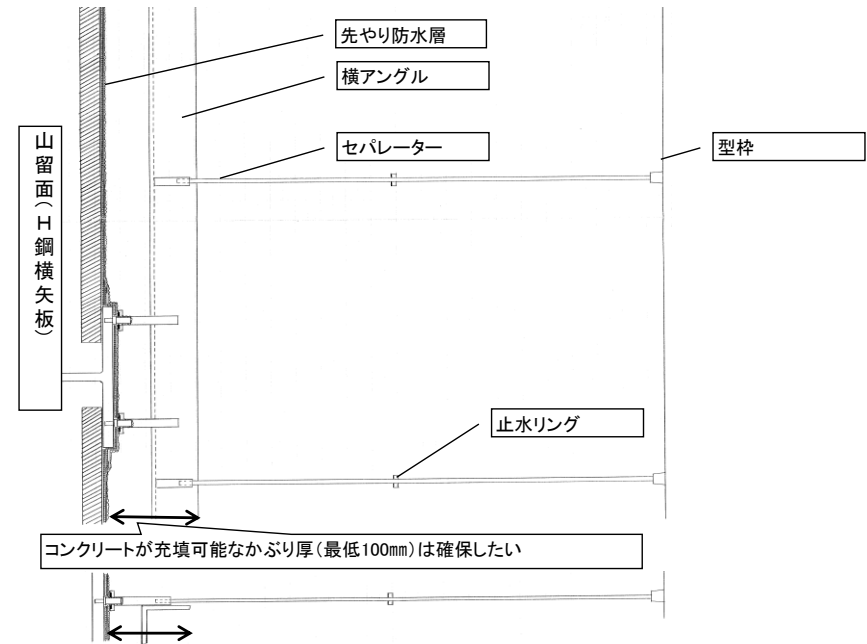
(非常に良くない事例だが)このように横アンゲルを既に通してしまった山留に対し、先やり防水を施工し



横アンゲルと山留の隙間に下地材を潜り込ませるような施工となり、施工効率的にも、品質的にも

資料No.	04-1-11	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合内容	不具合名(タイトル)	山留めのフカシ不足	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	①②
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(H鋼横矢板) ③現場の管理 ④工程・連絡 ⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他()	①②
	不具合の詳細	コンクリート化粧打放し仕上げの場合、セパ金物の通りを出すのにアンゲルを山留面に溶接してから割付用のセパ金物を溶接しているが、通常の施工法はアンゲルをH鋼にぴったり溶接しており、H鋼とアンゲルの隙間にはコンクリートが充分充填されておらず、よくてノロかジャンカになっていると考えられる。フカシの中といえども敢えてジャンカを作るのは好ましくない。	
現場でとった処置	アンゲルの裏にも、コンクリートが充分充填できるかぶり厚を確保してアンゲルを溶接した。		
再発防止策提案(恒久対策)	コンクリート化粧打放し仕上げの場合、山留めのフカシは最低100以上、先やり外断熱を検討するならば断熱材を考慮して検討しなくてはならない。		

<図・写真等>



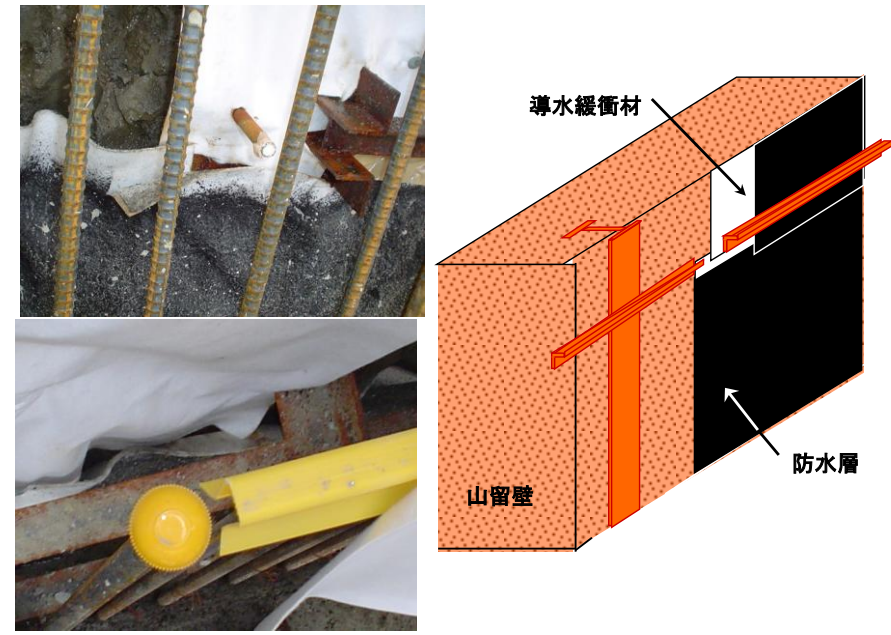
資料No.	04-02-⑤	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他(すべて)	④
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	セパ受け金物の溶接と溶断	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	①⑥
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	①③
	不具合の詳細	セパ受け金物としてL型アンクルを使用する際、山留め芯材H鋼にアンクルピースのみを設置した状態で、導水緩衝材をアンクルピースに合わせてくりぬいた後、セパ受け金物を設置する横張りのアンクルを溶接にて設置した。しかし、その溶接の火が導水緩衝材に引火したため導水緩衝材に欠損が生じ、結果的にセパレータ部分からの漏水の原因となった。	
現場でとった処置	発見した部分をタッチアップにて補修。		
再発防止策提案(恒久対策)	基本的には溶接を伴わないセパ受け金物の設置を行う。どうしても溶接にて設置するセパ受けを使用する場合は必ず引火しないよう養生する必要がある。		

<図・写真等>



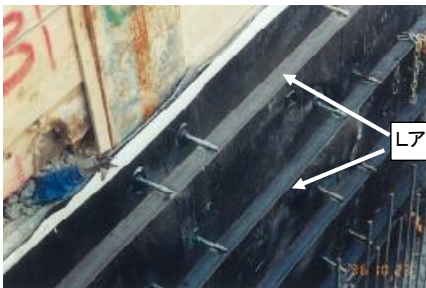
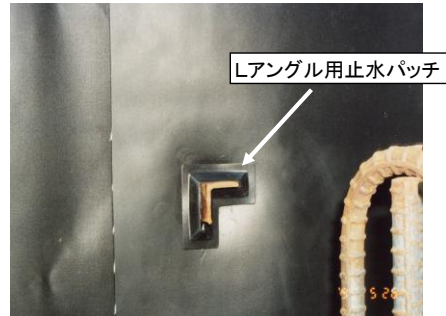
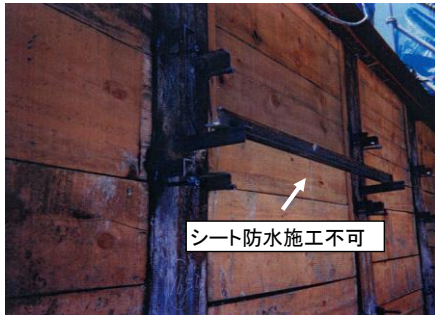
資料No.	04-02-⑥	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	セパ受け金物用アンクル裏でのベースシートジョイント	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	④⑥
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	③④
	不具合の詳細	セパ受けとしてL型アンクルを使用したが、前工程の防水層の端部と横張りのアンクルが重なった状態で設置・溶接されたため導水緩衝材のジョイント処理が行えない状況になり、導水緩衝材のジョイント部分が口開きした状態になる危険性が発生した。	
現場でとった処置	L型アンクルを撤去するよう依頼し、導水緩衝材及び防水層のジョイントを処理する。		
再発防止策提案(恒久対策)	導水緩衝材及び防水層のジョイントとセパ受け等のアンクル・役物等が重ならないように施工計画をたて、守られているか注意深く現場管理を行う必要がある。		

<図・写真等>



資料No.	04-5-3	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:非加硫ゴム系シート防水工法	
	底版の防水	①有り(工法:非加硫ゴム系シート防水工法)	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	H鋼フランジとフランジにLアングルを先に取り付けられ防水施工ができない	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(親杭横矢板) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
不具合の詳細	Lアングルが先につけられると防水シート施工時にシートを大きく切り開かないと施工ができなかったり、Lアングルの下をシートが回らなかったりする為防水性能に大きく影響する		
現場でとった処置	H鋼フランジ面にLアングルを縦に取り付け、この時点で防水施工を行いLアングルの根元を止水パッチで処理する。その後横Lアングルを取り付けセパ受け金物を取りつける。		
	施工打合せの際セパ受け金物の取り付け方法を充分検討する 施工要領書に注意事項として表現する		
再発防止策提案(恒久対策)	施工打合せの際セパ受け金物の取り付け方法を充分検討する 施工要領書に注意事項として表現する		

<図・写真等>

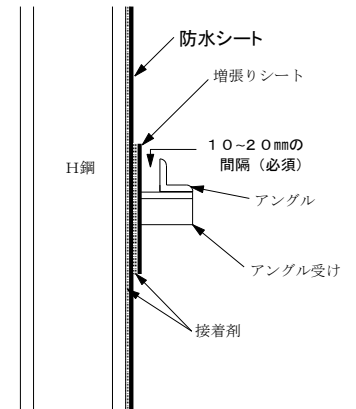


資料No.	04-7-⑦	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水	
	底版の防水	①有り(工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	親杭にアングルをベタ付け溶接	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
不具合の詳細	親杭の間隔が広い為、親杭間にアングルを取り付けてセパ受け金物を溶接する工程で、親杭とアングルの間に防水シートを敷き込む隙間を作らずにベタに溶接する。		
現場でとった処置	アングル付け替え。 工期の関係で付け替えが出来ない部分は、シートをアングル、親杭にエポキシ接着剤で張り付ける。		
	アングル取付方法を標準化する。 設計、現場との打合せを行い、アングル取付標準の遵守を確認する。		
再発防止策提案(恒久対策)	アングル取付方法を標準化する。 設計、現場との打合せを行い、アングル取付標準の遵守を確認する。		

<図・写真等>

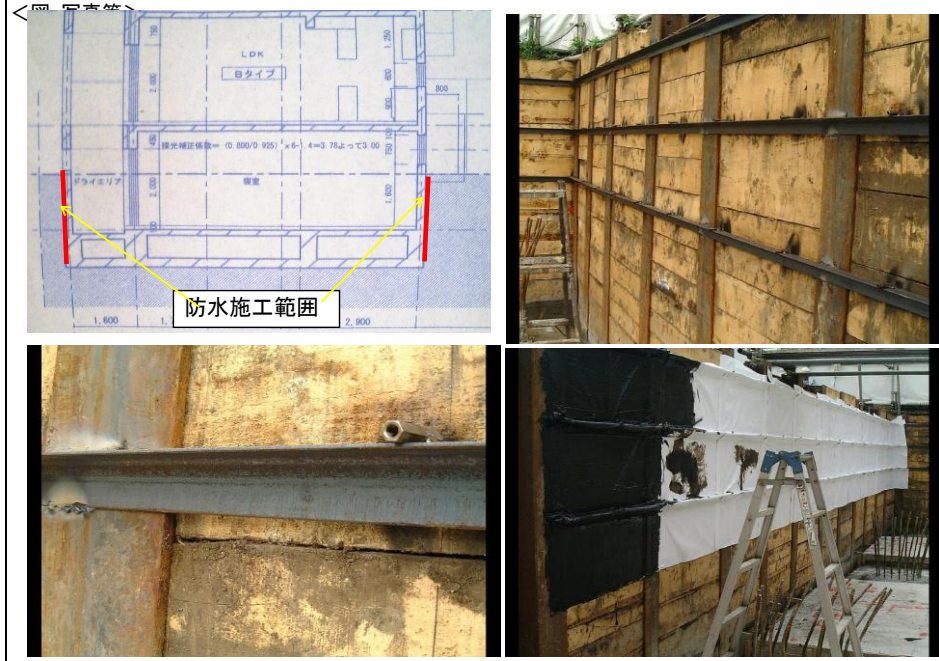


親杭との間に隙間を作らずにベタに溶接されたアングル



横矢板とアングルの間に防水シート

資料No.	05-02-①	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①親杭横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	横引きアングルが山留めに近く施工済みで導水マット施工不可	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他(セパ受け金物設置工事)	⑧
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(横木板さん木) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	③④
不具合の詳細	セパ受け金物の横引きアングルを親杭(H鋼)に直接溶接設置したため、山留め壁との空隙がなく、導水緩衝材の山留め壁への直接設置が困難		
現場でとった処理	止む無く、横引きアングルの上に導水マットを設置した。 アングル段差が大きく当初予定の吹付け施工ができず、手塗し工法にて対応。		
再発防止提案(恒久対策)	施工計画書に記述する。(下地の条件) 現場(設計、元請)との十分な打合せ。		



資料No.	05-02-②	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①親杭横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	Pコン部からの漏水	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	③
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他(セパ回りの防水処理)	④
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(横木板さん木) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	③④
不具合の詳細	セパ受けアングルが親杭H鋼に直接設置された、止む無く、セパ受けアングルの上に、導水緩衝材を設置した。 結果的にセパ回りの防水処理は塗膜防水材をタッチアップするだけとなり、セパ回りの漏水となる。		
現場でとった処理	止水処理		
再発防止提案(恒久対策)	施工計画書に記述する。(下地の条件) 現場(設計、元請)との十分な打合せ。 セパ受け金物(止水ゴムリング併用)の採用		



資料No.	04-1-20	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①②③
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	山留壁と縁切り	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①③
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	④
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	①⑤
	不具合の詳細	特に防水端部で設備配管廻りや外構工事の処理ではH鋼や横矢板を撤去するのに、山留面に防水層が密着していると防水層をいためやすくなるので、山留めと防水層は縁が切れていたほうが横矢板等を取りやすい。	
現場でとった処置	H鋼が切断される箇所に、あらかじめ不燃ボードを張った上で先やり防水を施工した。		
再発防止策提案(恒久対策)	必ずといっていいほど山留端部のH鋼は切断されるので、山留め計画の段階からそれを見こしてH鋼を下げて打たせるか、先やり防水施工前に切断する位置に不燃のボードを先に張って先やり防水を施工させる。		
<図・写真等>			

資料No.	06-04-③	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①親杭横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:超速硬化ポリウレタン樹脂吹付防水工法	
	底版の防水	①有り(工法名:超速硬化ポリウレタン樹脂吹付防水工法) ②なし	①
不具合の内容	不具合名(タイトル)	側部配筋取合い部での施工	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	①
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	⑥
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	③④
	不具合の詳細	側部防水層接合端末よりも上部に配筋が行われている為、防水工事し難い。	
現場でとった処理	配筋間隙より防水施工。		
再発防止策提案(恒久対策)	現場(元請、他工程業者間)との十分な打合せ。 施工計画書に注意事項として記載する。 現場管理者の防水に関する知識向上。		
<図・写真等>			

資料No.	O4-7-⑩		提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()		
	防水工法(壁部)	工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂シート防水		
	底版の防水	①有り(工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂シート防水)②なし		
不具合の内容	不具合名(タイトル)	床下排水ピットがなく、しかも底版の防水層を設けない		
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後		
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()		
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(湧水) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()		
	不具合の詳細	床下排水ピットがなく、しかも底版の防水層を設けない設計。掘削中に湧水が確認された。耐圧版でも面積が大きい場合は、ひび割れの発生がない保証はなく、将来漏水が予想される。		
現場でとった処置	均しコンクリートの上に薄い防湿シートを敷設したのみ。			
再発防止策提案(恒久対策)	地下防水に於ける底版部防水の必要性の啓蒙。			

<図・写真等>



湧水があることを確認



薄い防湿シートの引き込み

資料No.	O4-7-⑪		提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()		
	防水工法(壁部)	工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂シート防水		
	底版の防水	①有り(工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂シート防水)②なし		
不具合の内容	不具合名(タイトル)	コスト低減のための緩衝材除外		
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後		
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()		
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(湧水) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()		
	不具合の詳細	小さい不陸だが、鋭角な不陸があるSMW壁で、設計、現場再度が下地緩衝材を除外してコストダウンを図る。防水層損傷の可能性は否定できず、将来の漏水が予想される。		
現場でとった処置	処置なし			
再発防止策提案(恒久対策)	下地の整地精度に応じた下地緩衝材の適用基準の整備。			

<図・写真等>



小さいが鋭角な不陸があるSMW壁で下地緩衝材を除外

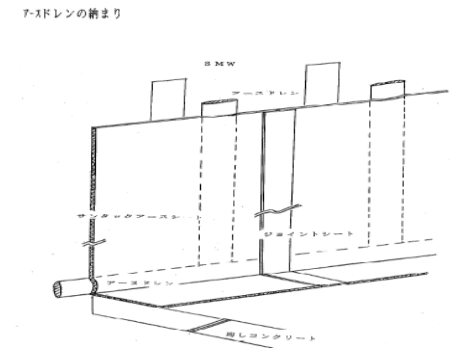
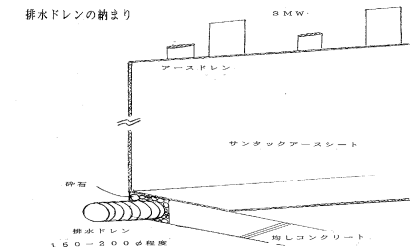
資料No.	04-02-⑦	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法) ②なし	①
不具合の内容	不具合名(タイトル)	底部漏水下地の処理不足による防水層の流出・ふくれ	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	②
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	②③
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(止水・導水) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	②③
不具合の詳細	底部均しコンクリートに発生したひび割れから漏水が起こった状態のまま防水層を塗布したことで、水圧の大きい箇所は防水材が流されてしまい、また漏水量の少ない場所でものちに膨れが発生し防水層が破断した。		
現場でとった処置	応急で漏水量を減らすように止水処理を行い、再度防水材を塗布し処理を行った。		
再発防止策提案(恒久対策)	ひび割れから漏水が認められる箇所は止水処理または導水処理を行ってから防水材を塗布し、防水層が流出したり膨れが発生しないように施工する。		

<図・写真等>




資料No.	04-5-5	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:非加硫ゴム系シート防水工法	
	底版の防水	①有り(工法名:ゴムアスファルトシート防水工法) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	釜場の処理	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(SMW) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
不具合の詳細	俄か作りの釜場のため防水シートでの塞ぎ処理ができない		
現場でとった処置	他の釜場へ導水処理を行いこの部分の釜場はコンクリートで塞ぎ防水シートで覆った		
再発防止策提案(恒久対策)	排水処理計画を綿密にし、釜場の塞ぎ処理がスムーズに行えるよう導水・排水計画の立案を行う		


<図・写真等>



資料No.	04-5-4	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:非加硫ゴム系シート防水工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	先やりシート防水に適する関連部材を使用する	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	セパ受け金物は丸い形状のものがよく、H鋼フランジ面に溶接もしくは打ち込みがよい、H鋼フランジ面に引っ掛けるタイプは不可	
現場でとった処置	丸セパ受け金物を施工した		
再発防止策提案(恒久対策)	あらかじめ施工要領書に先やり防水に適するセパ受け金物を明記する		
<図・写真等>			

資料No.	04-1-14	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	降雨により防水層が流失(水性エマルジョンの材料)	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	②
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	⑤
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他(乾燥前の降雨)	⑤⑦
	不具合の詳細	施工時期が梅雨の晴れ間に施工しており、天気予報では雨が降らない予報であったが、昼過ぎから雲が出始め、防水層が乾燥する前に通り雨に当り防水層が流失した。	
現場でとった処置	雨が当たったところは部分的だったので、下地の乾燥を待つて再度吹付けをした。		
再発防止策提案(恒久対策)	建設会社と工程調整や天気予報も確認して施工に当る。また、養生シートで雨が降って流失しない対策も望まれる。		
<図・写真等>			

資料No.	04-1-15	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:)②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	SMWに直接吹きつけ	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	③
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	④
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(SMWに直接) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	②④
	不具合の詳細	水位が高い所で、SMWがいつも濡れている状態なのに直接吹付け防水を施工した。タ方一層目を吹付けて翌朝見てみると、H鋼部は材料が残っていたが、ソイル部はすっかり流されていた。 また、流されていない箇所でもその後ソイルにひびが入り、当初防水層に影響がなかったが、背面水により防水層が膨れる現象が起きた。	
現場でとった処置	ソイルが濡れている箇所にゴムアス系のシートを張り対処した。 背面水により防水層が膨らんだ箇所は切開して、導水処理をした。		
再発防止策提案(恒久対策)	SMWは必ずしも完全な止水性が期待出来ないので、直接吹付け防水はするべきではない。SMW面に対し、適切な下地材を施した後、防水施工すべき。 また、水位の高い箇所では、SMWだけに頼らず、ディープウェルで揚水したり、導水処理を元請業者と検討すべきである。		
<図・写真等>			
 <div data-bbox="293 1299 622 1358" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> SMW面に直接吹付けた防水層は、全て流失してしまった。 </div>			

資料No.	04-4-③	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:改質アスファルトシート防水トーチ工法) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	腹起こし部の補強が大変	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他(腹起こし)	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	① 腹起こし部の補強のため、改質アスファルト系シートの捨て張りが必要 ② 高所で横方向に、改質アスファルト系シートの捨て張りするのは大変 ③ ④	
現場でとった処置			
再発防止策提案(恒久対策)	腹起こし部の位置を工夫して、吹きつけ範囲より上側に来るようにする		
<図・写真等>			
			

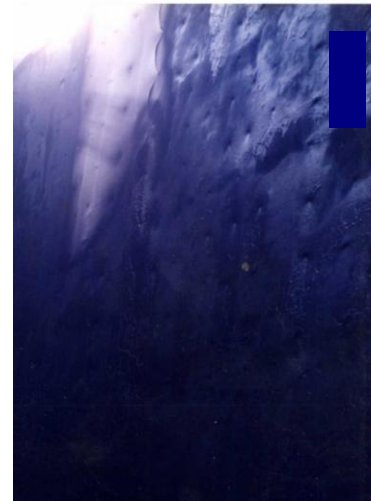
資料No.	04-4-④	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:改質アスファルトシート防水トーチ工法) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	下地材に吹付けたゴムアスファルトの自重で防水層にしわが発生	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	① 下地材への固定ピッチがあらく、しわの発生を助長した ② 吹付けたゴムアスファルトの自重で防水層にしわが発生した ③ ④	
現場でとった処置	発生箇所はそのまま何も処置せず 次の施工箇所から固定ピッチを細かくした		
再発防止策提案(恒久対策)	下地材の固定ピッチの基準を設ける		

<図・写真等>

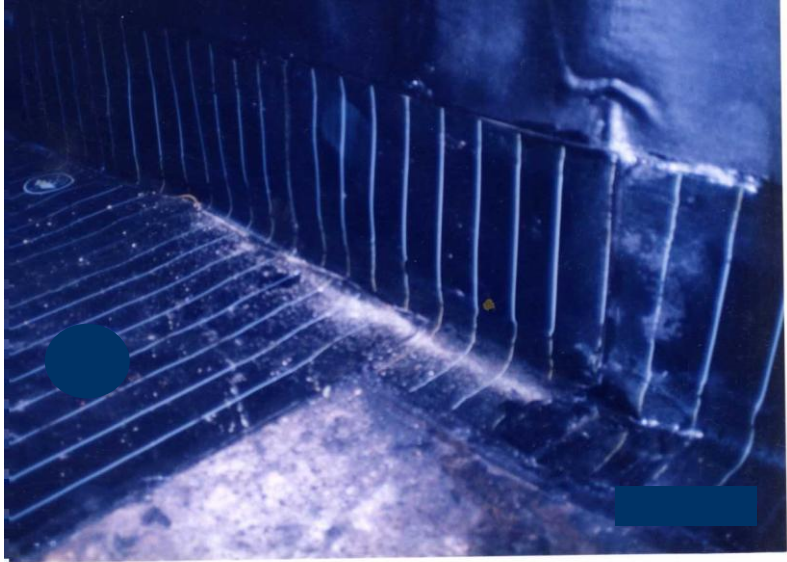


資料No.	04-4-⑤	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:改質アスファルトシート防水トーチ工法) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	塗膜の吹きむら、クギ頭	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	① 工区のジョイントで吹き仕舞いができる ② 塗膜の吹きむらが発生する ③ 下地材の固定クギの頭だけぼむため目立つ ④	
現場でとった処置	切開すると補修できない場合があるので処理せず		
再発防止策提案(恒久対策)	ウェットゲイジや超音波膜厚計のシステム化		


<図・写真等>



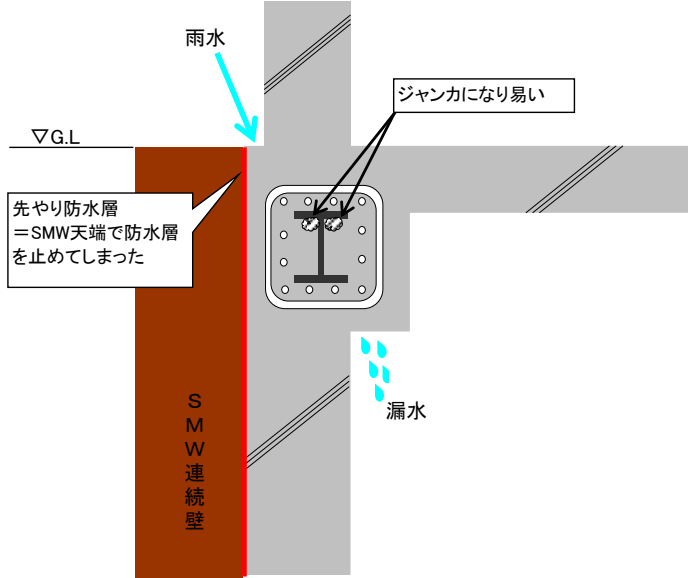
資料No.	04-4-⑥	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:改質アスファルトシート防水トーチ工法) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	下張り材のジョイント口開き	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	① 当時は下張り材のジョイント処理の方法が明確でなかった ② 現状の下張り材ではジョイントでの口あきは避けられない ③ このまま本体を打設してもよいのか ④	
現場でとった処置	目視で確認できた箇所は、吹付け後、バーナーで溶融処理		
再発防止策提案(恒久対策)	下張り材ではジョイントでの接合方法のシステム化		
<図・写真等>			
			

資料No.	04-4-⑩	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:改質アスファルトシート防水トーチ工法) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	底部/側部防水のジョイントで	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	① 後施工の改質アスファルトシートを立上り面のゴムアスファルト系防水層に張りかけるため、火炎が当たる部分の損傷の心配がある ② 取合部の施工方法で増し吹きの基準がない ③ 後施工の改質アスファルトシートを立上り端部の水密性に心配がある	
現場でとった処置	火炎が当たるが特に増し吹きはしていない		
再発防止策提案(恒久対策)	取合部の施工方法で増し吹きの基準がない 火炎が当たる部分の影響を検証する		
<図・写真等>			
			

資料No.	04-4-⑪	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:改質アスファルトシート防水トーチ工法) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	底部H鋼にシートの納まりが悪い	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他(H鋼撤去時の基準)	
	不具合の詳細	① 上部の本体構造ができるまで底面にH鋼が残る ② H鋼撤去時の補修張りの際、下地乾燥が期待できない ③ H鋼撤去時の補修方法の基準がない ④	
現場でとった処置	H鋼ぎりぎりまで改質アスファルトシートを施工		
再発防止策提案(恒久対策)	H鋼撤去時の補修方法の基準をきめる		
<図・写真等>			
			

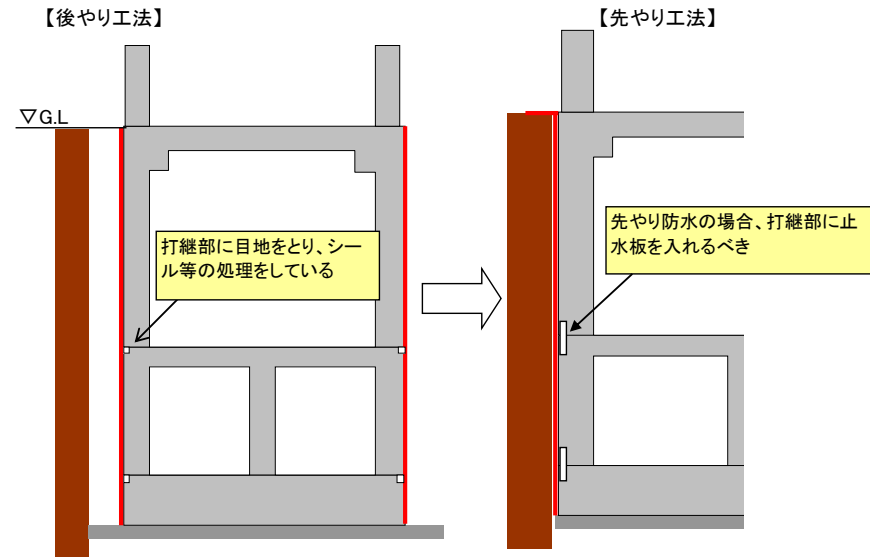
資料No.	04-5-11	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:非加硫ゴム系シート防水工法	
	底版の防水	①有り(工法名:非加硫ゴム系シート防水工法) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	降雨による濡れで防水施工不可	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	1 降雨・及び山留めからの流水で防水シートの表面が濡れ シート同士のジョイントの処理ができない 2 降雨・及び山留めからの流水でシート表面が汚れた ひどい汚れはシートと後打ち躯体との反応接着を阻害する	
現場でとった処置	1 PEフィルムで覆いを作り降雨及び山留めからの流水を防ぎシート表面の濡れ、 汚れを防いだ。流水はシートの裏に流し裏面排水で処理した。 2 汚れたシートは水洗いし反応接着性能を確保する		
再発防止策提案(恒久対策)	1 山留めの出水は極力とめておく。 2 降雨の際直接山留め面に雨がかりがしないようにする。		
<図・写真等>			
<p>受けた水はシート裏面へ</p> 			

資料No.	04-5-12	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:非加硫ゴム系シート防水工法	
	底版の防水	①有り(工法名: ゴムアスファルトシート防水工法)②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	溶接・熔断でシートに損傷	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(SMW) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	1 溶接・熔断の火花・火玉でシートに焦げ穴が開いた	
現場でとった処置	1 穴の開いた箇所は同質のシートを接着剤を用いて上張り補修した		
	2 溶接の際ベニヤ板等で養生し防水シートを保護した		
	3 熔断の際火の粉が飛ぶ範囲にブルーシート養生及び水を撒いた		
再発防止策提案(恒久対策)	溶接・熔断の際は状況に応じた火花・火玉養生を施す		
	防水層に焼き焦げ、穴あき等発生した場合は速やかに管理者に報告する。		
<図・写真等>			
			

資料No.	04-1-16	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:)②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	防水層端部の不具合	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	③
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	④
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他()	①⑥
	不具合の詳細	建物の形状が長方形で(100m×35m)、B1の立ち上がりを4工区に分けてコンクリートを打つ計画であった。構造がSRC造でコン止めでラス型枠を使用していたが、このときの先やり防水層の端部はSMWのカドで止めた。雨が降るとラス型枠から水が浸入し、梁のフランジがジャンカになりやすいのでそこに水が溜まり、晴天になっても水が梁底から漏水していた。	
現場でとった処置	ラス型枠をハツリとって捨てシールを充填して、後施工の防水層と先やり防水をラップさせた。		
再発防止策提案(恒久対策)	早い段階で、防水層端部の納まりを建設会社と協議すること。		
<図・写真等>			
			

資料No.	04-1-19	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①②③
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	止水板がない	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	③
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他(止水板)	⑧
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他()	①
	不具合の詳細	先やり防水をしているからといって、止水板を入れない現場がある。 地下外壁防水の基本は、コンクリートを打設してそのコンクリート下地に防水層を形成して、保護をして埋め戻しをするのが本来の姿である。 打継目地にシールを打って外壁防水を施工しているので、先やり工法になっても当然打継目地に当る止水板はあってしかるべきである。	
現場でとった処置	止水板の必要性を説明して設置してもらった。		
再発防止策提案(恒久対策)	設計図書から先やり防水と止水板をセットで仕様に入れてもらう。		

<図・写真等>



資料No.	04-5-7	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:外防水層なし	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②なし
不具合の内容	不具合名(タイトル)	漏水	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	都市再開発で地下外防水の無い地下駐車場の漏水発生状態 二重壁を越えて漏水した水が床を流れている	
現場でとった処置	床に側溝を回し排水		
再発防止策提案(恒久対策)	地下先やり外防水を設計で計画する		

<図・写真等>

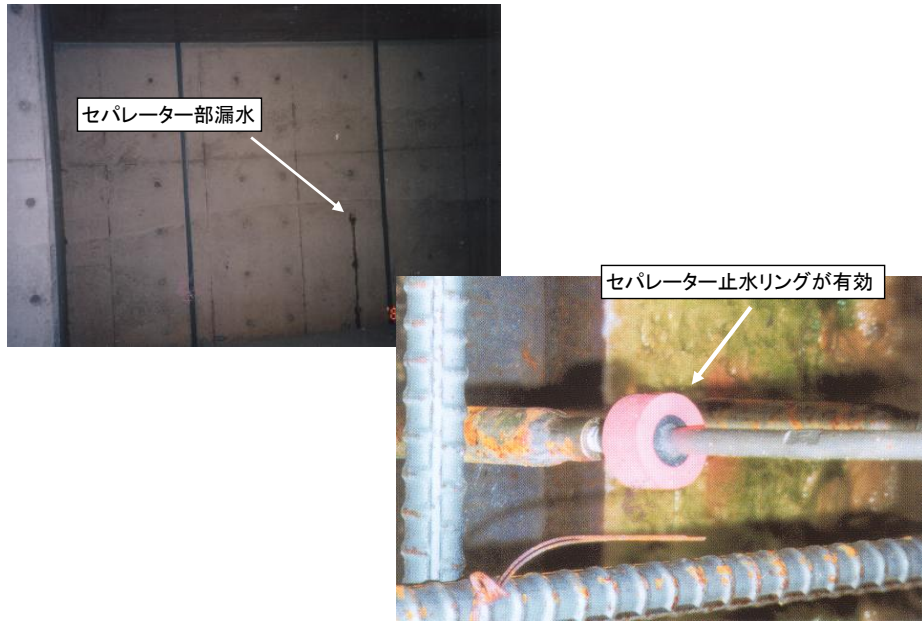


資料No.	04-5-9	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:非加硫ゴムシート防水工法	
	底版の防水	①有り(工法名:非加硫ゴムシート防水工法) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	誘発目地部の漏水	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(SMW) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	誘発目地で漏水発生 1 ゼロスパンテンションで防水シートが破断か 2 鉄筋を走った水が誘発目地から出たか 3 防水施工者に誘発目地設置の情報がなかった。	
現場でとった処置	内部から注入止水処理		
再発防止策提案(恒久対策)	設計段階で対策を決定 止水性誘発目地の使用及び誘発目地にゼロスパン対策を施す (誘発と止水の二律背反した問題をどう解決するかが問題)		
<図・写真等>			

資料No.	06-04-⑤	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①親杭横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:超速硬化ポリウレタン樹脂吹付防水工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	防水未施工による底版部中間杭周辺からの漏水	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	③
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	①
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	①
	不具合の詳細	設計に底版部防水がなかった為、躯体打設後に中間杭周辺より漏水が発生	
現場でとった処理			
再発防止策提案(恒久対策)	設計に底版部防水を入れる。 現場(設計、元請)との十分な打合せ。 設計者の防水に関する知識向上。		
<図・写真等>			

資料No.	04-5-8	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:非加硫ゴムシート防水工法	
	底版の防水	①有り(工法名:ゴムアスファルトシート防水工法)②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	セパレーター部からの漏水	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(SMW) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	セパレーター部の止水処理に問題発生 防水シート背後の湧水で防水シートが孕みセパ受け金物部の止水処理にダメージを受けた セパ受け金物の止水処理を破壊されたまま躯体打設、漏水発生事故が発生した	
現場でとった処置	室内側から注入止水処理 ・次回裏水により破壊されたセパ受け金物の止水処理は確実に補修してから打設するよう徹底した。		
再発防止策提案(恒久対策)	1 裏面排水処理システムを設置し孕み現象を阻止する 2 セパレーターリング用止水材(水膨潤系)を使用する		


<図・写真等>



資料No.	04-7-①	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水	
	底版の防水	①有り(工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水)②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	排水不良	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	水位が高い現場で、数ヶ所の釜場で排水していたが、防水・保護モルタル打設後に底版が水圧により浮き上がる。	
現場でとった処置	底版にディープウエル設置		
再発防止策提案(恒久対策)	施工計画書に排水計画の項目を設ける。 水圧・出水量に見合った排水システムを設置する。		

<図・写真等>

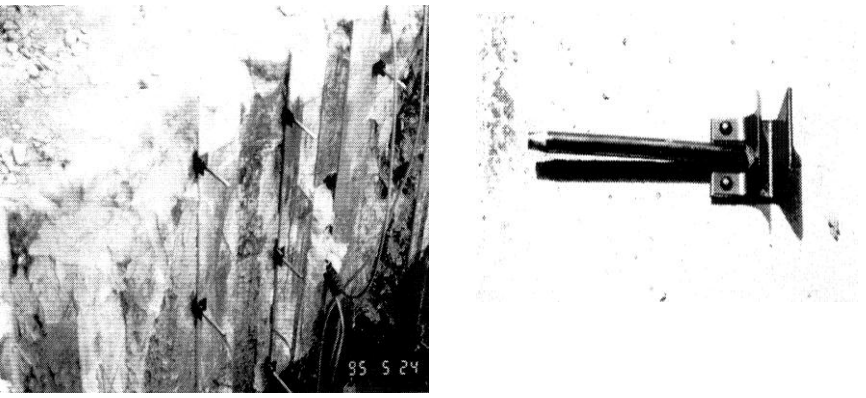



資料No.	04-7-⑧	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水	
	底版の防水	①有り(工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	山留め壁とシート間の湧水溜まり	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(湧水) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	排水処理が不完全で、山留め壁とシート間に湧水溜まり防水層が大きくはらむ。このまま躯体を打設した場合は、断面欠損となる。	
現場でとった処置	シートに穴を開けてはらみの拡大を抑え、躯体打設直前にシートを切り裂いて排水し、切裂き部を補修する。		
再発防止策提案(恒久対策)	現場との打合せを行い、出水量に見合った排水システムを設置する。		
<図・写真等>			
 <p>シートに穴を開けてはらみの拡大を抑える</p>			
 <p>シートを切り裂いた部分を補修する</p>			

資料No.	04-7-⑨	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水	
	底版の防水	①有り(工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	シート接続部の作業空間不足	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地(湧水) ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	シート端部の接合部際に配筋があり躯体打設後のシート接合代及び作業空間が不足する。	
現場でとった処置	躯体打設前にシートを張り増した。		
再発防止策提案(恒久対策)	不揃いの山留め壁の実際長さを見込んでシートを敷設して、接合代を確保する。 シート端部を折り返し接合部の汚れ養生と接合幅を確保する。		
<図・写真等>			
 <p>折り返したシート端部</p>			
 <p>接合代が不足したシート端部</p>			

資料No.	04-1-13	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	H鋼切断で後施工とのラップがとれない	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	③
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	①②⑤
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他()	①③⑥
不具合の詳細	H鋼が外構・設備配管・植栽・各種仕上げ工事に絡み、どうしても切断しなくてはならなくなり、後施工の防水端部の施工を考えなくて防水層ごと切断してしまった。		
現場でとった処置	切断した位置よりもう一枚横矢板を撤去してもらい、先やり防水層を出して後施工の防水とのラップが出来た。		
再発防止策提案(恒久対策)	必ずといっていいほど山留端部のH鋼は切断されるので、山留め計画の段階からそれを見こしてH鋼を下げて打たせるか、先やり防水施工前に切断する位置に不燃のボードを先に張って先やり防水を施工させる。		
<図・写真等>			

資料No.	04-02-①	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	③
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法) ②なし	①
不具合の内容	不具合名(タイトル)	シートパイル・ディープウェル(ウェルポイント)溶断	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	③
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	⑦
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	③④
不具合の詳細	防水吹付け施工後、ウェルポイントと山留め・防水下地となるシートパイルの上端部を躯体打設前に溶断したことで地下水が山留め壁外側からオーバーフローした。そのためコンクリート躯体打設時に防水層と躯体の間に地下水が侵入し、防水層とコンクリート躯体の密着性が失われ水道を形成してしまった。		
現場でとった処置	一部躯体内部から高圧注入止水を行い二重壁を設けた。		
再発防止策提案(恒久対策)	元請現場管理者と施工業者の間で十分な打合せを行う必要がある。シートパイルを少し残し水が流れ込まないようにするか、躯体打設後にウェルポイントを溶断するよう工程管理を組む。		
<図・写真等>			

資料No.	04-1-18	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①②③
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:) ②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	セパ貫通部の処理	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	③
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他(セパ金物)	⑧
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他(セパ金物)	⑦
	不具合の詳細	セパ金物は建設会社が先やり防水を検討しないで、型枠大工さんからいわれるままに取り付けていたのが現状であった。スタッド溶接やかけセパを使用していた時は、根元の廻りを増張りしたりシール処理をしたりと手間をかけた割には、コンクリート打設完了後の自主検査でセパ廻りからの漏水が特に水位の高いところでは確認された。	
現場でとった処置	漏水箇所の水の出方によって止水処理をした。		
再発防止策提案(恒久対策)	セパ金物も貫通部の1つになり、特に金物廻りの下がジャンカになりやすいので、先やり防水となじみやすいセパ金物を提案する。		
<図・写真等>			
 <p>こういったH鋼に引っ掛けるタイプのセパレーター受けは、防水層にとって大きな(処理しにくい)貫通部となってしまう、先やり防水には向いていない。</p>			

資料No.	04-4-②	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:改質アスファルトシート防水トーチ工法) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	腹起こし部でのはらみ・しわ	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	① 腹起こし部で防水層がつぶされている ② 工期やコスト面で防水層がつぶされた箇所をいちいち補修できない ③ 上側の背面水が腹起こし部でせきとめられて、はらみが発生する ④ 下側は下地材のしわや防水層の自重で、しわが発生する	
現場でとった処置	口あきや破断箇所は、手塗り材料で補修		
再発防止策提案(恒久対策)			
<図・写真等>			
			

資料No.	04-1-12	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:)②なし	②
不具合の内容	不具合名(タイトル)	後施工の配筋工事により防水層に傷	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	③
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	⑥
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ⑤材料 ⑥後工程 ⑦その他()	⑥
不具合の詳細	先やり防水施工終了後、数日後に建設会社から連絡があり、防水層がめくれ下地が見えているので、直してほしいとの要請あり。		
	確認に行くと、防水層がめくれている下地のSMWの芯材が見えている状態であった。		
現場でとった処置	めくれている状態を元の位置まで戻し、傘釘で止めゴムアス系のシールでジョイントをシール処理をした。		
再発防止策提案(恒久対策)	先やり防水の最大の欠点の1つは後工程により防水層が傷つく可能性が高い、という事が挙げられる。関係業者とのコミュニケーションを充分にとり、防水層に傷をつけたら速やかに報告してもらう事を徹底する必要がある。		

<図・写真等>



鉄筋により穴が開けられ、防水層

当現場の傷ついた防水層奥にH鋼が覗いている



溶接作業でバーナーにより焼かれ、

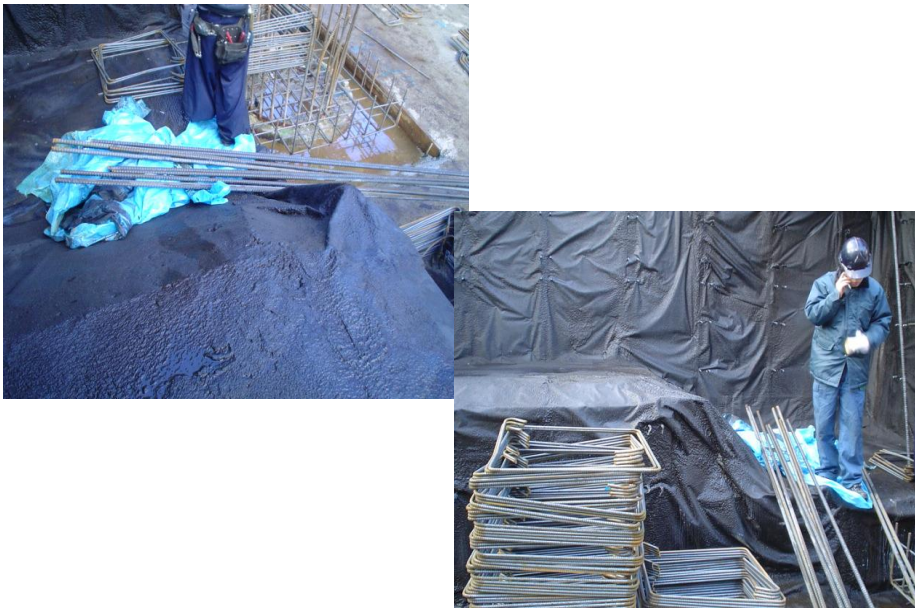
資料No.	04-02-⑧	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他(すべて)	④
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法	
	底版の防水	①有り(工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付け工法) ②なし	①
不具合の内容	不具合名(タイトル)	配筋作業時の鉄筋による防水層の破断	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	③
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ③排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	⑥
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	③④
不具合の詳細	鉄筋業者が配筋作業中に鉄筋を防水層に引っ掛け、下地導水緩衝材ごと破断したことで山留め壁からの湧水が流入し、防水層と躯体コンクリートの接着不良が発生し漏水の原因となった。		
現場でとった処置	発見した部位はすべて導水緩衝材の増し貼りをを行い、さらに防水材を増し塗りすることでタッチアップを行い補修した。		
再発防止策提案(恒久対策)	鉄筋業者に細心の注意を払って作業を行うように要望し、万が一破断させた場合は現場監督に報告し対策を検討するよう現場での連絡・管理体制を整える。		

<図・写真等>



資料No.	04-02-⑨	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	①
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法) ②なし	①
不具合の内容	不具合名(タイトル)	配筋業者の鉄筋の保管方法	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	③
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他(搬入)	⑥
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	③
	不具合の詳細	鉄筋を一時保管する際に鉄筋業者が防水施工後の防水層に鉄筋を立てかけ防水層に過度の負担がかかり防水層に損傷を与えた。また降雨が発生した場合防水層に錆が付着し、防水層と躯体コンクリートとの接着不良が発生する可能性が発生する。	
現場でとった処置	早急に鉄筋を移動し防水層の上に放置しないよう依頼した。		
再発防止策提案(恒久対策)	元請の現場監督の管理のもと責任を持って現場環境の改善を行う。		

<図・写真等>



資料No.	04-4-①	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:改質アスファルトシート防水トーチ工法) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	塗膜防水の損傷	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	① 鉄筋や鉄骨工事は工程がきびしく防水層の養生を行ってこない ② 高所作業でいちいち確認に行けない高所で発見しても、補修が困難 ③ 塗膜防水の損傷を発見できても、下地がやわらかく凹凸があり、補修の信頼性が高い	
現場でとった処置	元請係員に防水層の養生を申し入れ		
再発防止策提案(恒久対策)	防水の職長を防水工事終了後も現場に常駐させて後工程での損傷がないことを確認する仕組みが必要で		

<図・写真等>



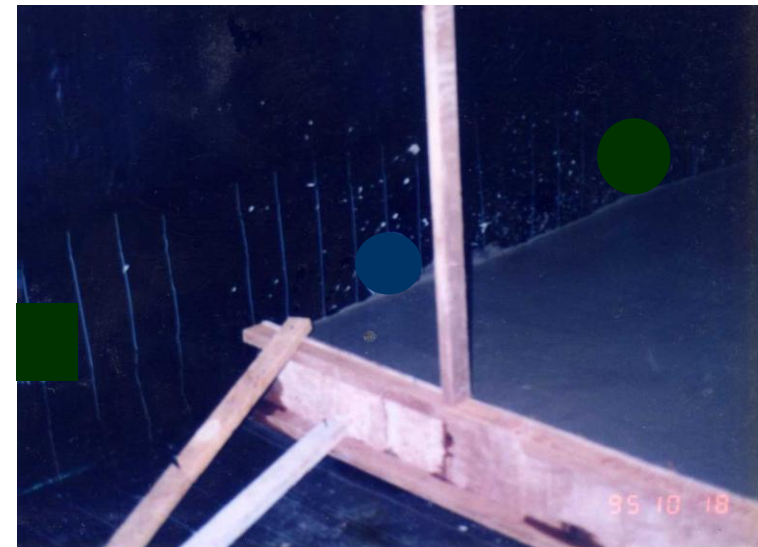
資料No.	04-4-⑦	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:改質アスファルトシート防水トーチ工法) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	後工程で塗膜防水の損傷	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	① 配筋、溶断作業でゴムアスファルト系塗膜防水が損傷しやすい ② 損傷を発見できても鉄金があり手が届かず、補修できない ③ 配筋、溶断作業で防水層の養生をしてくれない ④ 後工程までチェックできない	
現場でとった処置			
再発防止策提案(恒久対策)			

<図・写真等>





資料No.	04-4-⑩	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:ゴムアスファルト系塗膜防水吹付工法	
	底版の防水	①有り(工法名:改質アスファルトシート防水トーチ工法) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	保護コンの型枠(せき板)で傷が	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	① 防水後の保護コンの型枠(せき板)で損傷の可能性 ② 保護コンの型枠(せき板)設置時の損傷防止の基準がない ③ ④	
現場でとった処置			
再発防止策提案(恒久対策)	保護コンの型枠(せき板)設置時の損傷防止の基準をきめる		

<図・写真等>



資料No.	04-7-⑥	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板②SMW連続壁③シートパイル④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂シート防水	
	底版の防水	①有り(工法名:エチレン酢酸ビニル樹脂シート防水)②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	鋼材溶接・溶断時の防水層損傷	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	ブラケット、鉄筋、セバ金、防水層を貫通した鋼材等の溶接・溶断時に防水層を損傷した場合に、損傷部を補修せずに躯体を打設し漏水する。(当事者が損傷を報告しない場合が多く、意識的に隠す場合や生コン打設時に発見して補修が出来ない場合がある)	
現場でとった処置	処置なし		
再発防止策提案(恒久対策)	防水層保護養生を標準化する。防水層損傷の有無を確認する。 損傷した場合は、必ず防水業者が補修する。 緊急時の補修方法を標準化する。		
<図・写真等>			
 <p>セバ金溶接時に損傷した防水層</p>			

資料No.	06-04-①	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①親杭横矢板②SMW連続壁③シートパイル④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名:超速硬化ポリウレタン樹脂吹付防水工法	
	底版の防水	①有り(工法名:超速硬化ポリウレタン樹脂吹付防水工法)②なし	①
不具合の内容	不具合名(タイトル)	底部配筋工程に於ける防水層損傷	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	③
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	⑥
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	③⑤
	不具合の詳細	底部配筋工程(防水工事後)で、配筋の落下、引きずり等によって防水層損傷、および配筋溶接による防水層の溶融損傷。	
現場でとった処理	防水施工後、保護モルタルを全面施工		
再発防止策提案(恒久対策)	現場工程間(他工程業者間)の十分な打合せ。 施工計画書に注意事項として記載する。 現場管理者の防水に関する知識向上。		
<図・写真等>			
			

資料No.	06-04-②	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①親杭横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	②
	防水工法(壁部)	工法名: 超速硬化ポリウレタン樹脂吹付防水工法	
	底版の防水	①有り(工法名: 超速硬化ポリウレタン樹脂吹付防水工法) ②なし	①
不具合の内容	不具合名(タイトル)	側部配筋工程に於ける防水層損傷	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	③
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他()	⑥
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	③⑤
	不具合の詳細	側部配筋工程(防水工事後)で、溶接時の炎等によって防水層を溶融損傷。	
現場でとった処理	溶接時に防災シート養生を徹底		
再発防止提案(恒久対策)	現場工程間(他工程業者間)の十分な打合せ。 施工計画書に注意事項として記載する。 現場管理者の防水に関する知識向上。		
<図・写真等>			
			

資料No.	04-5-10	提出元	担当
現場概要	山留めの種類	①横矢板 ②SMW連続壁 ③シートパイル ④その他()	
	防水工法(壁部)	工法名: 非加硫ゴム系シート防水工法	
	底版の防水	①有り(工法名: 非加硫ゴム系シート防水工法) ②なし	
不具合の内容	不具合名(タイトル)	躯体面漏水事故原因調査	
	不具合発見の工程	①防水工事前 ②防水工事中 ③防水工事後	
	不具合発生の工程	①設計 ②山留め施工 ②排水工事 ④防水工事 ⑤養生 ⑥配筋・型枠 ⑦躯体打設 ⑧その他(不明)	
	不具合の原因(推定、複数可)	①設計 ②下地() ③現場の管理 ④工程・連絡 ④材料 ⑤後工程 ⑥その他()	
	不具合の詳細	躯体打ち継ぎ部、及びセパレーター周りから漏水発生 シート防水層と後打ちした躯体とが水密的に接着しているか、疑問視される コアを抜いて接着を確認 原因はジャンカではないかと思われる。	
現場でとった処置	内部から注入止水処理		
再発防止策提案(恒久対策)	ジャンカのない密実コンクリート躯体の打設		
<図・写真等>			
			

謝 辞

本論文は、筆者が（社）日本建築学会防水工事運営委員会地下防水WGの活動に参画して以来、下記の方々の厚意あるご指導とご協力によって完成できたものであり、謹んで御礼申し上げます。

まず、研究職としての原点に立ち返って改めて研究活動に邁進できるように、社会人博士課程への入学を勧めていただき、本研究の遂行から論文の完成に至るまで終始懇切なるご指導、ご助言を賜りました、学生時代からの恩師、東京工業大学教授工学博士田中享二先生に心から感謝します。

また、大学の研究室ゼミでは、博士（工学）宮内博之助教（現忠南大学校助教授）、先に博士課程を修了された博士（工学）塚越雅幸氏（現首都大学東京助教）、博士（工学）榎本教良氏（サンスター技研㈱）、博士（工学）市川裕一氏（東急建設㈱）、や竹本喜昭氏（清水建設㈱）、博士（工学）劉靈芝氏をはじめとする研究室メンバーから、研究に対する貴重なご意見、アドバイスをいただきました。さらに、修士や学部の学生たちからは、若さのエネルギーをもらい、元気とやる気を出せました。心から感謝します。中でも、同時に博士課程に入学した石原沙織氏には、事務手続き等の研究以外の重要事項を丁寧にご教授頂き、大変お世話になりました。ご自分の論文を仕上げながら、私への励ましも頂き、本当に感謝申し上げます。また、強制圧密ブリーディング試験装置の設計と試作で、石井元氏、河島公夫氏に大変お世話になりました。御礼申し上げます。特に石井元氏には学生時代にもお世話になっており、再び御礼の言葉を贈らせていただきます。

材料生産ゼミでは、東京工業大学准教授工学博士三上貴正先生、同じく東京工業大学准教授工学博士横山裕先生、ものづくり大学教授博士（工学）高橋宏樹先生、東海大学講師博士（工学）横井健先生、清水建設㈱研究所東京工業大学客員教授博士（工学）橋田浩氏をはじめとして、三上研究室、横山研究室の方々より、的確なご助言ならびに励ましをいただきました。感謝申し上げます。

仕事の忙しさを言い訳に、社会人博士課程への入学を躊躇していた私の背中を押し、大学への入学を強く勧めてくださった元上司の村上信直氏（当時㈱竹中工務店技術研究所副所長）、この研究にご理解くださり、自主テーマ起案を許可いただいた現上司の㈱竹中工務店技術研究所建設技術研究部材料部門博士（工学）三井健郎マネージャー、慌しい実験に快くご協力いただいた仕上げ材料グループメンバーの大澤悟氏、高橋昶氏（当時）、長谷川完氏、山本正人氏、井原健史氏、杉田敬太郎氏（当時）、吉田真悟氏、石橋透光氏ならびに、研究補助の松井重雄氏、藤田雄大氏、相川洋氏、伊藤広幸氏、近藤昌美氏には、大いに感謝いたします。

論文審査にあたっては、田中教授、三上准教授、横山准教授の他に、東京工業大学教授工学博士林静雄先生、東京工業大学准教授工学博士篠原保二先生の労を煩わし、的確な助言

を頂きました。重ねて感謝いたします。

なお、本研究は（社）日本建築学会防水工事運営委員会地下防水WGの活動の一環として、参加メーカー各社より研究費の援助やメンバーの実験協力を頂いて実施することができました。WGメンバーの(株)大林組 堀長生氏、鹿島建設(株) 尾形真隆氏、清水建設(株) 久下高豊氏、(財)建材試験センター 清水市郎氏、志村重顕氏、長谷川化学工業(株) 山口忠重氏、前田悟郎氏、早川ゴム(株) 布施久芳氏、新井富男氏、内海孝泰氏、(株)イーテック 小林茂氏、茶谷産業(株) 中島義人氏、山中勇人氏、日本セメント防水剤製造所(株) 坂野幸弘氏、東和工業(株) 星野隆氏、ダイフレックス(株) 堀江一志氏、東克洋氏、(株)ORN 鹿島喜八郎氏、(社)全国防水工事業協会 松田健一氏、IWAI 建築研究所 岩井孝次氏に重ねて御礼申し上げます。

最後に、後顧の憂いなく、仕事と研究に打ち込めるよう環境を整えてくれた妻と、一緒に遅くまで勉強して、励ましあった娘たちに感謝して謝辞といたします。

2011年2月