

下地コンクリートのひび割れに伴う防水層の水密性 (外防水工法と内防水工法の比較)

日大生産工 〇松 井 勇 日大生産工(院)御子柴 信也
鹿島建設(株) 手 塚 基 広

1. はじめに

平成6年の建築基準法の改正により、住宅目的の地下空間を音楽室、シアタールームなどに使用する例が多くなっている。しかし、地下室の漏水事故は、あとをたたず、地下室を利用するには、これまで以上の高い水密性が求められている。さらに、地下部分は、地下水位の影響で、一般外壁に比較し、高い水圧が作用しているので、防水上不利な条件となっている。

地下コンクリート構造物の防水工法には、外防水工法と内防水工法とがある。外防水工法は、地下構造物の外壁を下地として防水層を施工する工法である。内防水工法は、地下室内壁を下地として防水層を施工する工法で、工事は容易であるが、地下水が地下構造部に直接作用するので、いわゆる防水層に対して背面水圧が作用するため、防水上は不利となるため、できるだけ外防水工法の方が望ましい。しかし、竣工後に漏水が生じた場合は、室内側から防水層を施工せざるを得ないことになり、内防水層の水密性を評価することも必要である。

本報告は、後やり外防水工法と内防水工法で施工した防水層の下地コンクリートにひび割れが生じた場合を想定した実験を行い、両工法の水密性について比較検討したものである。

2. 防水層のひび割れ追従性

防水材料に要求される性能の一つとして、下地コンクリートにひび割れが発生したときに、防水層が破断しないこと、すなわち、ひび割れ追従性があげられる。そこで、下地コンクリートのひび割れ幅を徐々に拡大したときの各種防水層の下地コンクリートのひび割れ追従性について実験した。

2.1 実験方法

(1) 使用した防水材料の種類および施工方法

使用した防水材料の種類および施工方法を表1に示す。塗膜防水材料として、ゴムアスファルト系、ポリマーセメント系、アクリルゴム系の3種、特殊な防水シートとして、湿式アンカーシートの厚さの異なる2種類、計5種類とした。

(2) コンクリート試験体

使用したコンクリートは、水セメント比65%、スランプ18cmとし、図1に示すように223×300×200mmの立方体の中央部に、ひび割れを発生させる油圧シリンダーを挿入する目的と、水圧を作用させる目的で、直径165mmの貫通孔を設けたものである。また、ひび割れ幅を制御するため、図1に示すように、ひび割れ発生部には直径4.2mmの棒ねじ2本を配筋している。なお、試験面中央にひび割れを発生しやすくするために、ノッチを設けた。

コンクリートは型枠に打設後、材齢1日で脱型し、14日間20℃水中養生を行った後、20℃空気中で7日間保管したのち、試験体の両側面に防水層を施工した。その後、7日間20℃空気中で保管し、ひび割れ追従性試験を行った。

コンクリート試験体への防水層の施工方法は、コ

表1 使用した防水材料の種類および施工法

防水材料の種類	塗膜厚 (mm)*	施工法 (プライマー塗布後)
ゴムアスファルト系	1.7	ゴムヘラ塗り
ポリマーセメント系(Bタイプ)	1.0	コテ塗り
アクリルゴム系	2.0	コテ塗り
湿式アンカーシート	100μm	ポリマーセメント塗り後、シート
湿式アンカーシート	150μm	張付け

*湿式アンカーシートはシートの厚さを示す。

Waterproofing performance of membrane due to cracking of under concrete
(Comparison of outside waterproofing with inside waterproofing)

Isamu MATSUI, Shinya MIKOSHIBA, Motohiro TEZUKA

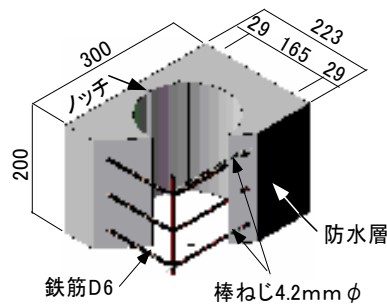


図1 試験体形状寸法（単位：mm）

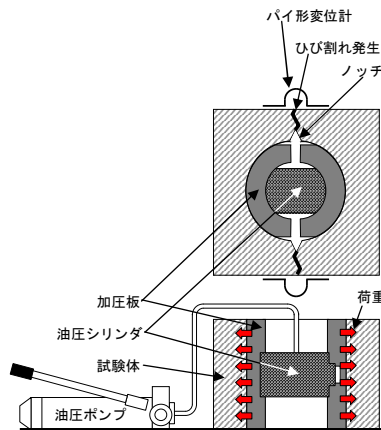


図2 ひび割れ発生装置

ンクリート表面にプライマーを塗布したのち、表1のとおり施工した。防水材施工後、防水層の破断を確認しやすいように、防水層表面を白色塗料で塗装した。

(3) ひび割れ追従性試験方法

ひび割れ追従性試験は、図2に示すひび割れ発生試験装置により、試験体中央の貫通孔に挿入した油圧シリンダーによって徐々に加圧し、このときのコンクリートのひび割れ幅は、試験体に貼りつけたパイ型変位計を用いて計測した。試験は、ひび割れ幅が1.5mmまで行った。この間で防水層が破断した場合は、その時点で試験を終了した。また、1.5mmで破断しないものについては、2.0mmまで試験した。

2.2 結果および考察

油圧シリンダーの荷重と下地コンクリートのひび割れ幅との関係を図3に示す。荷重が13~17MPaでコンクリートにひび割れが発生し、ひび割れ幅は、その後、荷重の増加に伴って急激に拡大している。

各防水層のひび割れ追従性試験結果を表2に示す。ゴムアスファルト系はひび割れ幅2.0mmでも破断していない。ポリマーセメント系は0.33mmで破断している。アクリルゴム系は1.5mmで破断している。湿

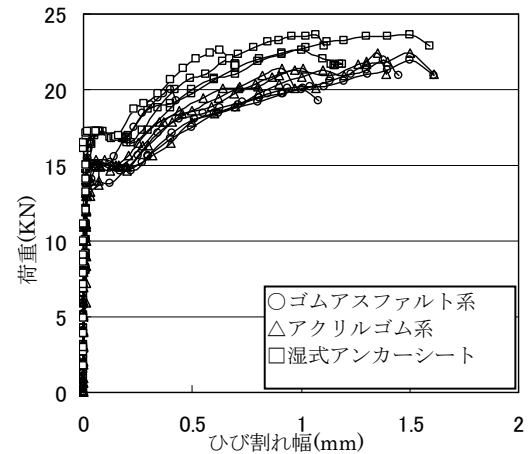


図3 油圧シリンダーの荷重とコンクリートのひび割れ幅との関係

表2 各種防水層のひび割れ追従性
(○印は防水層破断せず)

防水材の種類	塗膜厚 (mm)	下地コンクリートのひび割れ幅 (mm)			
		0.33	1.0	1.5	2.0
ゴムアスファルト系	1.7	○	○	○	○
ポリマーセメント系	1.0	破断	—	—	—
アクリルゴム系	2.0	○	○	破断	—
湿式アンカーシート	100*	○	○	○	○
湿式アンカーシート	150*	○	○	○	○

*湿式アンカーシートの厚さ(μm)を示す。

式アンカーシートはいずれの厚さも2.0mmで破断していない。

湿式アンカーシートは、薄いシート表面に不織布が付いており、これがコンクリートと絡み合っており、変形に対して動くことができるため、いわゆるゼロスパンテンションとはならないので、破断しないと考えられる。これに対して、下地コンクリートに直接塗りつける工法による防水層は、ゼロスパンテンションとなり、ひび割れ部分の防水層の伸び率が無限大となるため、弾力性のある材料でも破断する場合がある。

3. 内防水工法による防水層の水密性

3.1 実験方法

(1) 使用した防水材および施工方法

使用した防水材の種類および施工方法は前項2.1(1)表1と同じである。

(2) コンクリート試験体

表3 内防水工法による水密性試験結果
(下地コンクリートのひび割れ幅 0.1mm の場合)

水圧 (MPa)	ゴム アスファルト系	ポリマー セメント系	アクリルゴム系	湿式アンカーシート 100 μ m	湿式アンカーシート 150 μ m
0.02	破断せず	破断・漏水	破断せず	シート裏面に浸水	破断せず
0.04	53分後破断漏水 ふくれ 25mm	—	破断せず	裏面浸水拡大	シート裏面に浸水
0.06	—	—	破断せず	ふくれ発生 (直径 50mm)	裏面浸水拡大
0.08	—	—	破断せず	—	裏面浸水拡大
0.10	—	—	破断せず	—	裏面浸水拡大
0.12	—	—	破断せず	—	ふくれ発生
0.14	—	—	20分後漏水 (直径 5mm)	—	ふくれ拡大 (直径 180mm)

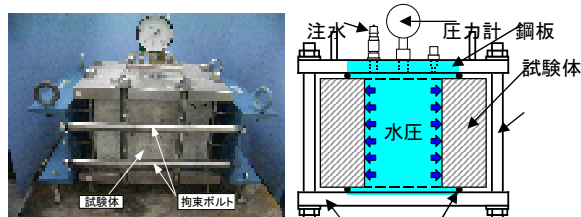


図4 水密性試験装置

コンクリート試験体の形状寸法は前項 2.1 (2) に順ずる。防水層は、図1に示すように、試験体外周のひび割れ発生面の2面に施工した。

(3) コンクリート試験体のひび割れ発生方法

試験体のひび割れ発生方法は、前項 2.1 (3) に準じた。ひび割れ幅は、0.1mm とした。これは、内防水であるため、背面水圧が作用し、これが防水上の欠点となることを考慮して、最も小さい幅としたものである。このひび割れ幅はコンクリートの耐久性の観点から、補修の必要がないとされるひび割れ幅である。

(4) 水密性試験方法

水密性試験は、試験体を図4に示す装置に設置し、水圧によりひび割れ幅が広がることを防ぐために、ボルトで試験体を拘束した。試験体中央部の貫通孔に水を注ぎ、水圧は、0.02MPa づつ段階的に加圧し、最大 0.2 MPa で試験を終了した。所定の水圧の持続時間は30分間とした。注入する水は、試験体中の水道を観察するため、ウラン溶液を用いた。

3.2 結果および考察

内防水工法による防水層の水密性試験結果を表3に示す。ゴムアスファルト系は、水圧 0.02 MPa では、防水層の破断は認められなかった。水圧 0.04 MPa で防水層にふくれが発生し、その後、加圧時間の経過

に伴ってふくれが拡大したため、30分を超えて加圧していると、53分後にふくれ部が破断して漏水した。

ポリマーセメント系は、水圧 0.02 MPa で防水層の1箇所に小さな穴があいて、ここから漏水した。

アクリルゴム系は、水圧 0.12 MPa までは、防水層の破損は見られなかったが、水圧 0.14MPa でふくれが発生し、20分後にふくれ部が破断し、漏水した。

湿式アンカーシート（厚さ 100 μ m）は、0.02 MPa で、シート裏面に水が浸透し始めている。0.04 MPa で裏面への浸水面積が拡大し、0.06 MPa でふくれが発生している。

湿式アンカーシート（厚さ 150 μ m）は、0.04 MPa で裏面に水が浸透し始め、その後水圧が 0.1 MPa まで浸水面積が拡大し、0.12 MPa でふくれが発生、0.14 MPa でさらにふくれ面積が拡大している。アンカーシートは、破断することはなかったが、シートの裏面に水が溜まっており、実際の壁に使用した場合、この溜まった水の処理が問題となる。

4 外防水工法による防水層の水密性

4.1 実験方法

(1) 使用した防水材および防水方法

使用した防水材は表1のうち、ゴムアスファルト系、アクリルゴム系および湿式アンカーシート（100 μ m）の3種類とした。

(2) コンクリート試験体

コンクリート試験体は、前項 2.1 (2) に準じた。試験体への防水材の施工は、外防水ということから図5に示すように、試験体中央部の貫通孔の内側に50mmの幅で施工した。これ以外の部分はエポキシ樹脂を塗布した。

(3) 水密性試験体のひび割れ発生方法

前項 2.1 (3) に準じて、ひび割れ幅 1.0mm および

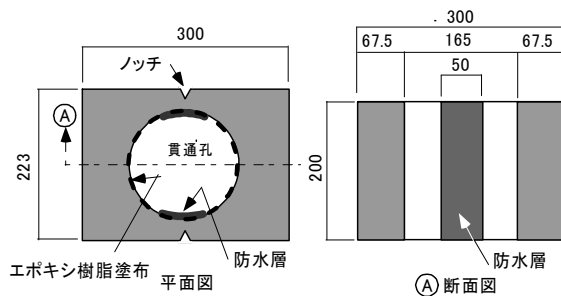


図5 外防水層施工位置(単位：mm)

1.5mm の2水準とした。試験体にひび割れを発生させたのち、除圧すると、ひび割れ幅が狭くなる。ひび割れ幅 1.0mm の場合、除圧後、ひび割れ幅は 0.4mm に、同様にひび割れ幅 1.5mm の場合、除圧後、ひび割れ幅は約 0.8mm になった。水密性試験に供した試験体のひび割れ幅は、除圧後のひび割れ幅として示している。

(4) 水密性試験方法

水密性試験は、前項 2.1(4)に準じた。ただし水圧は、0.05MPa づつ段階的に加圧して、最大 0.2MPa で試験を終了した。所定の水圧の持続時間は 30 分間とした。

4.2 結果及び考察

水密性試験結果を表 4 に示す。ゴムアスファルト系防水層は、ひび割れ幅 0.4mm では 0.15MPa で水が浸透し始め、0.2 MPa で水滴となって漏水している。ひび割れ幅 0.78mm の場合、0.1MPa で水が浸透し始め、0.15 MPa で流れるように漏水している。

アクリルゴム系防水層は、ひび割れ幅 0.4mm では 0.15 MPa で浸透し始め、0.2 MPa で流れるように漏水している。ひび割れ幅 0.8mm では、下地コンクリートに幅 1.5mm のひび割れを発生させた時点で、防水層が破断したため、注水と同時に漏水している。

湿式アンカーシート(100 μ m)は、ひび割れ幅 0.4mm では、0.05 MPa で流れるように漏水している。ひび割れ幅 0.8mm では、0.1 MPa で流れるように漏水している。このシートの漏水は、シート防水の幅が 50mm と狭いため、水がシートの端から入り込み、シート裏面を通して漏水したものである。

これらの試験体を試験後に割れつして、漏水経路を確認したが、いずれもひび割れ部に漏水の痕跡を確認できた。

5. まとめ

内防水工法による防水層は、防水層の背面から水

表 4 外防水工法による水密性試験結果

(○印は漏水せず)

水圧 (MPa)	ゴムアスファ ルト系		アクリルゴム系		湿式アンカー シート(100 μm)	
	下地コンクリートのひび割れ幅(mm)*1					
	0.4	0.78	0.4	0.8	0.4	0.8
0.00	○	○	○	漏水 ^{*2}	○	○
0.05	○	○	○	—	漏水 ^{*3}	○
0.10	○	浸透	○	—	—	漏水 ^{*3}
0.15	浸透	漏水	浸透	—	—	—
0.20	水滴	—	漏水	—	—	—

*1 試験前に荷重を加えて下地コンクリートにひび割れを発生させたのち、除圧したときに戻ったひび割れ幅を示す。

*2 下地コンクリートに幅 1.5mm のひび割れを発生させた時点で破断したもの。

*3 シートの破断で漏水したのではなく、シート防水の幅 50mm と狭いため、水がシートの端から入り込み、シート裏面を通して漏水したものである。

圧が作用するため、ひび割れ幅が小さくても、水圧によりふくれが発生し、これが破断して漏水する可能性がある。

後やり外防水工法による防水層は、防水層面から水圧が作用するため、漏水しにくい、ひび割れ幅が大きいかつ、水圧が高くなると、漏水する。

参考文献

- 1) 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、第 13 巻、第 26 号、pp. 411-414、2007 年 12 月
- 2) 石川廣三、モルタル・コンクリート外壁の微細ひび割れからの漏水性状、日本建築学会構造系論文集、第 610 号、pp. 21-27、2006 年 12 月
- 3) 広永通彦、名倉健二、戸栗智仁、遠藤孝夫、非貫通ひび割れを有するコンクリート構造物の水密性評価手法の高度化、コンクリート工学年次論文報告集、[23-2]、pp. 847-852、2001 年 8 月
- 4) 田中二、申英珠、打込み注に生じたモルタルの打足し接合部の透過性と細孔構造、日本建築学会構造系論文集、第 529 号、pp. 7-12、2000 年 3 月
- 5) 高幣善文、鈴木計夫、両角昌公、逆打継ぎ部の水密性に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、[11-1]、pp. 705-710、1989 年 8 月