

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-281174

(P2010-281174A)

(43) 公開日 平成22年12月16日(2010.12.16)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
E 2 1 D 9/00 (2006.01)	E 2 1 D 9/00	Z
	E 2 1 D 9/00	C

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2009-137327 (P2009-137327)	(71) 出願人	000002299
(22) 出願日	平成21年6月8日 (2009.6.8)		清水建設株式会社
			東京都港区芝浦一丁目2番3号
		(74) 代理人	100064908
			弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578
			弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100089037
			弁理士 渡邊 隆
		(74) 代理人	100146835
			弁理士 佐伯 義文
		(72) 発明者	楠本 太
			東京都港区芝浦一丁目2番3号 清水建設株式会社内

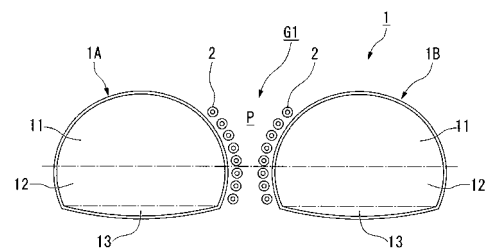
(54) 【発明の名称】 近接双設トンネルの掘削方法

(57) 【要約】

【課題】 隣り合うトンネルどうし間のピラー部の地山に対して地表からの注入改良を行わずに自立安定させることができ、工期と工事費の低減を図ることができる。

【解決手段】 隣り合うトンネル1 A、1 Bの切羽位置の差をトンネル軸方向において4m以内に収めるようにした近接双設トンネル1において、トンネル掘削に際し、隣り合うトンネル1 A、1 Bどうしのピラー部Pの地山に予め短尺中空ボルト2を打設して先受け注入改良を施工する方法と、ピラー部Pに接する所定範囲での発破をスムーズプラスティング工法による発破で行う方法とをピラー部Pの地山の状態に応じて選択して掘削するようにした。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

隣り合うトンネルの切羽位置の差をトンネル軸方向において 4 m 以内に収めるようにした近接双設トンネルの掘削方法であって、

トンネル掘削に際し、隣り合う前記トンネルどうしのピラー部の地山に予め短尺の打込み型中空ボルトを打設して先受け注入改良を施工する方法と、

前記ピラー部に接する所定範囲での発破をスムーズブラスティング工法による発破で行う方法と、

を前記ピラー部の地山の状態に応じて選択して掘削することを特徴とする近接双設トンネルの掘削方法。

10

【請求項 2】

前記先受け注入改良を行う工程は、各トンネルで進行した切羽毎に行われることを特徴とする請求項 1 に記載の近接双設トンネルの掘削方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、近接双設トンネルの掘削方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、地質不良部の地山における山岳トンネルの掘削方法として、補助ベンチ付き全断面工法が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。このような補助ベンチ付き全断面工法に早期閉合を併用すると、上半断面部の切羽からインバートによる断面閉合までの距離が例えば 6～7 m 程度であり、全断面掘削した切羽直近で早期にトンネル断面を閉合させることで、トンネル支保構造の力学的安定性を確保することができるトンネル掘削方法である。

20

【0003】

ところで、山岳トンネルは、周辺地山の自立がトンネルの安定性を確保するための基本であり、掘削面から約 0.3 D（D：掘削幅）の範囲内の地山補強でトンネル支保構造体の力学安定を確保している。離隔が約 6 m 以下の二車線道路などの近接双設トンネルにあっては、双設による影響がトンネル支保構造体に現れることから、双方のトンネル間に位置するピラー部の地山に対して事前に注入改良を行ったり、先行トンネルの支保構造を高耐力化させることが行われている。

30

【0004】

上述したピラー部の地山における事前の注入改良は、ピラー部の地山には上下から作用する土圧がピラー部の地山の強度を超える場合において、ピラー部の地山に対して事前に地表から注入する改良が一般的であり、近接双設トンネルの支保構造体の力学的安定を確保する方法となっている。

また、先行トンネルの支保構造の高耐力化を行う場合には、先行トンネルには後行トンネルの掘削影響が及ぶことから、先行トンネルの支保構造体は後行のものより高耐力仕様のもので採用することで力学的安定を確保している。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2007-321490 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、従来の近接双設トンネルにおける双設の影響への対応では、以下のような問題があった。

すなわち、トンネル間のピラー部の地山に対して事前に注入する改良を行う場合には、

50

地表からの注入作業が大掛かりとなるうえ、この改良によりトンネルの掘削が制限されることから、工期と工事費が増大するという問題があった。

また、先行トンネルの支保構造の高耐力化を行う場合には、高耐力化に伴う部材のコストが大きくなる。また、この方法では、後行トンネルの掘削時に、施工トンネル側部受働土圧が除荷されるので、先行トンネルの施工時に除荷と載荷の繰り返し土圧を受けるので、地質不良部では、地山強度は低下し、塑性化するので、長期安定確保の観点から好ましくない。また、上り線と下り線トンネルの支保剛性が異なるので、地震力などの外力に対して不利になるという問題があった。

このように、上記2方法ともに、工期短縮、工事費の低減とともに、近接双設トンネルの長期安定性を確保することができる合理的な工法が求められておりその点で改良の余地があった。

10

【0007】

本発明は、上述する問題点に鑑みてなされたもので、隣り合うトンネルどうし間のピラー部の地山に対して地表からの注入改良を行わずに自立安定させることができ、工期と工事費の低減を図ることができる近接双設トンネルの掘削方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するため、本発明に係る近接双設トンネルの掘削方法では、隣り合うトンネルの切羽位置の差をトンネル軸方向において4m以内に収めるようにした近接双設トンネルの掘削方法であって、トンネル掘削に際し、隣り合うトンネルどうしのピラー部の地山に予め短尺の打込み型中空ボルトを打設して先受け注入改良を施工する方法と、ピラー部に接する所定範囲での発破をスムーズブラスティング工法による発破で行う方法とをピラー部の地山の状態に応じて選択して掘削することの特徴としている。

20

【0009】

本発明では、隣り合うトンネルどうしの間のピラー部が地質不良部である場合には、そのピラー部に対して短尺の打込み型中空ボルトを打設して岩盤固結剤を注入することにより地山を補強して掘削し、また、ピラー部が堅岩部の場合には、ピラー部に接する所定範囲での発破をスムーズブラスティング工法による発破にて掘削することができる。これにより、ピラー部の地山の健全性、自立性を確保しながら近接双設トンネルを掘削することができる。

30

【0010】

しかも、近接双設トンネルを構成する各トンネルの掘削に早期閉合が可能な補助ベンチ付き全断面掘削工法を採用することで、隣り合うトンネルの切羽位置の差を3m以内に収めながら同時進行することができる。そのため、両トンネルの支保構造体は切羽周辺の三次元応力場の中で、力学安定上有利な対称構造物を早期に形成することができ、さらにピラー部側部の地山は、両側のトンネル支保構造体で拘束され、三軸応力場を保持しながら、一度の応力再配分で、両トンネルを包含するグランドアーチの中で、新たな安定場を形成することができる。したがって、一方の先行トンネルが他方の後行トンネルの掘削時に先行トンネルの側部受働圧が除荷され、地山強度が低下し、塑性化するといった影響をなくすることができる。

40

【0011】

また、本発明に係る近接双設トンネルの掘削方法では、先受け注入改良を行う工程は、各トンネルで進行した切羽毎に行われることが好ましい。

【0012】

本発明では、先受け注入改良に用いる打込み型中空ボルトが短尺であるため、トンネルの切羽毎に打込み型中空ボルトを打設することで、次に掘削されるトンネル領域に隣接するピラー部の地山を確実に補強することができる。

【発明の効果】

【0013】

50

本発明の近接双設トンネルの掘削方法によれば、ピラー部の地山の状態に応じて、短尺の打込み型中空ボルトをピラー部の地山に打設する先受け工を施す掘削方法と、ピラー部に接する所定範囲での発破にスームブラスティング工法を用いた掘削方法とのいずれかにより掘削することで、トンネル全線にわたってピラー部の地山の健全性、自立安定を確保することができる。したがって、ピラー部の地山に対して従来のように地表からの注入改良が不要となるうえ、双方のトンネルの支保構造体を同一の仕様にすることが可能となることから、工期と工事費の低減を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の実施の形態による近接双設トンネルの構成を示す断面図である。

10

【図2】短尺中空ボルトをピラー部の地山に打設した状態を示す断面図である。

【図3】短尺中空ボルトをピラー部の地山に打設した状態を示す部分平面図である。

【図4】スームブラスティング工法を行う工程を示す断面図である。

【図5】(a)、(b)は補助ベンチ付き全断面掘削工法の施工順序を示す図である。

【図6】(a)～(d) 地質不良部における掘削方法の施工順序を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態による近接双設トンネルの掘削方法について、図1乃至図6に基づいて説明する。

図1に示すように、本実施の形態による近接双設トンネル1は、第1トンネル1Aと第2トンネル1Bとが幅方向にほぼ一定の間隔をあけて並列に掘削される山岳トンネルであり、例えば双設二車線道路トンネル等に適用されるトンネルである。

20

【0016】

図1に示す近接双設トンネル1は、第1トンネル1Aおよび第2トンネル1Bが同じ断面で同一の支保構造をなし、互いの左右方向の離隔dが例えば4m程度となっている。ここで、第1トンネル1Aおよび第2トンネル1Bは、上半断面部11と、下半断面部12と、インバート部13とからなる。

【0017】

そして、第1トンネル1Aと第2トンネル1Bの間の離隔dの狭い領域であって、第1トンネル1Aと第2トンネル1Bのそれぞれの天端1cから互いに対向する側へ向けて45～60度(図1に示す符号 θ)で傾けた位置(斜め上方の肩部)から各トンネルの底盤部にかけての領域を以下、「ピラー部P」という。このピラー部Pの地山には、上下から土圧F1が作用するとともに、各トンネル1A、1Bの側壁部を押圧する方向への土圧F2が作用した状態となっている。そして、このピラー部は、後述する先受け注入改良による補強範囲であって、スームブラスティング工法による発破の保護範囲である。

30

【0018】

本近接双設トンネル1の掘削方法は、隣り合う第1トンネル1Aと第2トンネル1Bの切羽位置1a、1b(図3および図6(a)参照)の差をトンネル軸方向(延長方向)において4m以内に収めるようにし、それぞれのトンネル1A、1Bにおける切羽から7～8m以内で断面閉合する補助ベンチ付き全断面掘削の早期閉合により掘削される(詳しくは後述する)。

40

【0019】

さらに、トンネル掘削に際し、図2および図3に示すように、隣り合うトンネル1A、1Bどうしの間のピラー部Pの地山に予め短尺の打込み型中空ボルト(以下、短尺中空ボルト2という)を打設して先受け注入改良を施工する方法と、図4に示すようにピラー部Pに接する所定範囲での発破をスームブラスティング工法による発破で行う方法とを地山の状態に応じて選択して掘削するものである。すなわち、本近接双設トンネル1では、地山の性状に応じて上記先受け注入改良による掘削とするか、スームブラスティング工法による掘削とするかのいずれかを実施することで、ピラー部Pの地山の安定確保を図りながら掘削されている。

50

【0020】

すなわち、ピラー部 P が地質不良部 G 1 である場合においては、図 2 および図 3 に示すように、先受け注入改良による掘削を行う。具体的には、必要に応じて補強範囲となるピラー部 P に岩盤固結剤を注入する注入式フォアポーリングなどの短尺中空ボルト 2 を打設することによる先受け注入改良工を併用しつつ掘削を行うことで、支保施工までの間のピラー部 P の地山の自立安定を確保する。

【0021】

先受け注入改良工は、約 1 m の 1 掘削の終了時、つまり切羽毎に掘削したトンネル側壁部付近の切羽から前方外側に向けて所定の打設角度をもって短尺中空ボルト 2、2、…を補強範囲（上半と下半のピラー部 P）に複数打設する。そして、短尺中空ボルト 2、2、…はトンネルの周方向に沿って所定の間隔で配置されている。本先受け注入改良工では、次に掘削するトンネル領域に接するピラー P の地山が補強されるので、掘削時におけるピラー P の地山の崩壊、損傷を抑えることができる。

【0022】

例えば、打設角度が約 15 度、 $L = 3 \sim 4$ m の短尺中空ボルト 2 を各トンネル 1 A、1 B の図 3 に示す 1 掘進長 D_1 、 D_2 （約 1 m）毎に打設し、注入改良することで、ピラー部 P に接する掘削面の自立を確保する。これにより、両トンネル 1 A、1 B 間の離隔が 2 m 以下となる場合においても、一方のトンネルから打設された短尺中空ボルト 2 が他方のトンネル断面に達することなく施工することができる。すなわち、例えばピラー部 P に打設角度約 9 度、長さ $L = 12.5$ m の注入式長尺鋼管フォアパイリングは、施工により反対側のトンネル断面に達してしまうことから本近接双設トンネル 1 には不適である。

【0023】

また、図 4 に示すように、ピラー部 P の地山が堅岩部 G 2 である場合においては、爆破方式により掘削するが、ピラー部 P の保護範囲に接する切羽にスムーズブラスティング工法を採用し、その他の切羽部分は通常の発破方式を採用することでピラー部 P の地山の爆破損傷を抑え、平滑に爆破掘削する。図 4 に示す符号 3、3、…は、本スムーズブラスティング工法による爆薬の装填位置を示している。

【0024】

ここで、補助ベンチ付き全断面掘削工法による各トンネル 1 A、1 B の施工方法について、図 5 に基づいて説明する。

図 5 (a) に示すように、トンネル 1 の断面を上半断面部 1 1 と下半断面部 1 2 とインバート部 1 3 とに三分割して段階的に掘削し、下半断面部 1 2 の切羽 1 2 a を上半断面部 1 1 の切羽 1 1 a より 3 ~ 4 m 程度（これを補助ベンチ長 L_1 とする）後方に離れた位置として掘削するものである。本工法では、下半断面部 1 2 の切羽 1 2 a より、さらに 3 ~ 4 m 後方位置にインバート部 1 3 の先端 1 3 a が位置する。ここで、図 5 (a) に示す符号 L_2 は下半断面部 1 2 の切羽 1 2 a からインバート部 1 3 の先端 1 3 a までの距離であって上記のように 3 ~ 4 m 程度であり、符号 L_3 は上半断面部 1 1 の切羽 1 1 a からインバート部 1 3 の先端 1 3 a までの距離であって 7 ~ 8 m 程度である。

【0025】

そして、補助ベンチ長 L_1 を上下半断面部 1 1、1 2 の 1 進行分の領域（図 5 に示す斜線部 1 1 A、1 2 A、例えば 1 掘進長 D_1 、 D_2 （図 3 参照）を 1 m とし、上下半断面部 1 1、1 2 のそれぞれを掘削し、地山の状態に応じた適宜な支保パターンによりトンネル周方向に吹付けコンクリート（図示省略）や符号 1 4 に示す鋼製支保工などの支保を設置する。具体的には、上半断面部 1 1 A を掘削した直後に下半断面部 1 2 A を掘削する。

【0026】

上下半断面部 1 1、1 2 を掘削し、支保を施した後、図 5 (b) に示すように、インバート部 1 3 を下半断面部 1 2 の切羽 1 2 a と略同位置まで掘削する。そして、掘削したインバート部 1 3 に支保（インバートストラット 1 5 や吹付けコンクリート）を設置することにより上半切羽から 8 m 以内でトンネル断面を早期閉合（トンネル 1 の壁面全周にわたっ

10

20

30

40

50

て支保が施された状態) し、最後に掘削土でインバート部 1 3 を仮埋戻しする。

【0027】

なお、本トンネル 1 では、必要に応じて全断面掘削領域の掘削前に、トンネル天端部 (トンネル断面の頂点部から両側の側肩部までのアーチ部) の周壁から前方に向けて注入式長尺鋼管フォアパイリング 1 6 をトンネル外方に放射状に施工し、掘削時の天端部の崩落や緩みを防止する。

【0028】

次に、地質不良部 G 1 における掘削方法について、図 6 などに基づいてさらに詳細に説明する。

図 6 (a) に示すように、地質不良部 G 1 にあっては、先ず一方の第 1 トンネル 1 A を図 5 に示す補助ベンチ付き全断面掘削工法により上半部や下半部を例えば 1 m とする 1 掘進長 (図 6 (a) に示す D 1 は上半部の掘進長を示している) だけ掘削し、支保を設置する。このとき、地山が地質不良部 G 1 であるので、機械掘削工法等により掘削する。また、掘削領域に接するピラー部 P は、短尺中空ボルト 2 によって予め補強されて自立した状態となっているので、掘削によるピラー部 P の緩み等を発生させることなく掘削することができる。

次いで、図 6 (b) に示すように、第 1 トンネル 1 A の側壁部付近の切羽から前方外側に向けて短尺中空ボルト 2 (これを符号 2 A とする) を打設するとともに、そのボルト 2 A を使って岩盤固結剤を地山に注入する (図 2 参照)。これにより、第 1 トンネル 1 A の次に掘削する領域 (二点鎖線の符号 1 A') におけるピラー部 P の地山が補強されて、安定した状態を維持することができ、掘削時においても自立することが可能となる。

【0029】

続いて、図 6 (c) に示すように、第 2 トンネル 1 B を先行して掘進した第 1 トンネル 1 A の切羽とほぼ同位置となるようにして補助ベンチ付き全断面掘削工法により 1 掘進長 (図 6 (c) に示す符号 D 2 は上半部の掘進長を示している) だけ掘削し、支保を設置する (図 5 (a)、(b) 参照)。その後、図 6 (d) に示すように、第 2 トンネル 1 B の側壁部から前方外側に向けて短尺中空ボルト 2 (これを符号 2 B とする) を打設するとともに、そのボルト 2 B を使って岩盤固結剤を地山に注入する。これにより、第 2 トンネル 1 B の次に掘削する領域 (二点鎖線の符号 1 B') におけるピラー部 P の地山が補強されて、安定した状態を維持することができ、掘削時においても自立することが可能となる。

【0030】

このように、本近接双設トンネル 1 では、隣り合うトンネル 1 A、1 B どちらの間のピラー部 P の地山に予め短尺中空ボルト 2 を打設して先受け注入改良を施工しながら掘削する方法と、ピラー部 P に接する所定範囲での発破をスムーズブラスティング工法による発破で行う掘削方法とを地山の状態に応じて選択して掘削することができる。

つまり、ピラー部 P が地質不良部 G 1 である場合には、そのピラー部 P に対して短尺中空ボルト 2 を打設して岩盤固結剤を注入することにより地山を補強して掘削し、また、ピラー部 P が堅岩部 G 2 の場合には、ピラー部 P に接する所定範囲での発破をスムーズブラスティング工法による発破にて掘削することができる。これにより、ピラー部 P の地山の健全性、自立性を確保しながら近接双設トンネル 1 を掘削することができる。

【0031】

しかも、近接双設トンネル 1 を構成する各トンネル 1 A、1 B の掘削に早期閉合が可能な補助ベンチ付き全断面掘削工法を採用することで、隣り合うトンネル 1 A、1 B の切羽位置の差をトンネル軸方向における 4 m 以内に収めながら同時進行することができる。そのため、両トンネル 1 A、2 B の支保構造体は切羽周辺の三次元応力場の中で、力学安定上有利な対称構造物を早期に形成することができ、さらにピラー部側部の地山は、両側のトンネル支保構造体で拘束され、三軸応力場を保持しながら、一度の応力再配分で、両トンネル 1 A、1 B を包含するグラウンドアーチの中で、新たな安定場を形成することができる。したがって、一方の先行トンネルが他方の後行トンネルの掘削時に先行トンネルの側部受働圧が除荷され、地山強度が低下し、塑性化するといった影響をなくすことができる

。

【0032】

また、先受け注入改良を行う工程において、短尺中空ボルト2が短尺であるため、トンネル1A、1Bの切羽毎に短尺中空ボルト2を打設することで、次に掘削されるトンネル領域に隣接するピラー部Pの地山を確実に補強することができる。

【0033】

上述のように本実施の形態による近接双設トンネルの掘削方法では、ピラー部Pの地山の状態に応じて、短尺中空ボルト2をピラー部Pの地山に打設する先受け工を施す掘削方法と、ピラー部Pに接する所定範囲での発破にスムーズプラスティング工法を用いた掘削方法とのいずれかにより掘削することで、トンネル全線にわたってピラー部Pの地山の健全性、自立安定を確保することができる。したがって、ピラー部Pの地山に対して従来のように地表からの注入改良が不要となるうえ、双方の第1トンネル1A、第2トンネル1Bの支保構造体を同一の仕様にすることが可能となることから、工期と工事費の低減を図ることができる。

【0034】

以上、本発明による近接双設トンネルの掘削方法の実施の形態について説明したが、本発明は上記の実施の形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

例えば、本実施の形態では双設する両トンネル1A、1Bの掘削工法として補助ベンチ付き全断面掘削工法を採用しているが、この工法に制限されることはない。要は、隣り合うトンネル1A、1Bの切羽位置の差をトンネル軸方向において4m以内に収めて掘削し得ることが可能であればよいのである。

また、本実施の形態では各トンネル1A、1Bで進行した切羽毎に先受け注入改良を行う方法としているが、切羽毎であることに限定されることなく、短尺中空ボルト2の長さ寸法と掘削進行長に応じた適宜なタイミングで短尺中空ボルト2の打設を行うことが可能である。

さらに、短尺中空ボルト2の打設範囲やスムーズプラスティング工法による発破の施工位置は、ピラー部Pの領域に応じて任意に設定することができる。

【符号の説明】

【0035】

- 1 近接双設トンネル
- 1A 第1トンネル
- 1B 第2トンネル
- 2 短尺中空ボルト（短尺の打込み型中空ボルト）
- 3 スムーズプラスティング工法による爆薬装填位置
- 11 上半断面部
- 11a 切羽
- 12 下半断面部
- 12a 切羽
- 13 インバート部
- P ピラー部
- G1 地質不良部
- G2 堅岩部

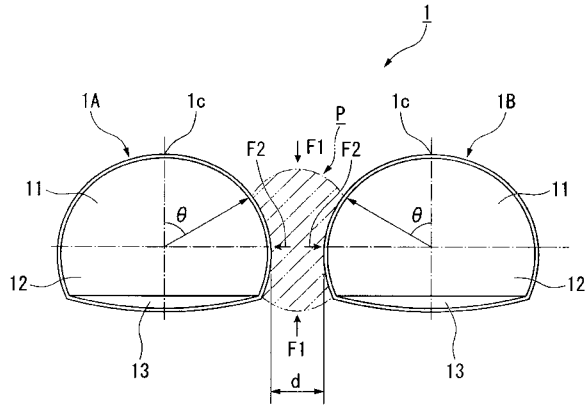
10

20

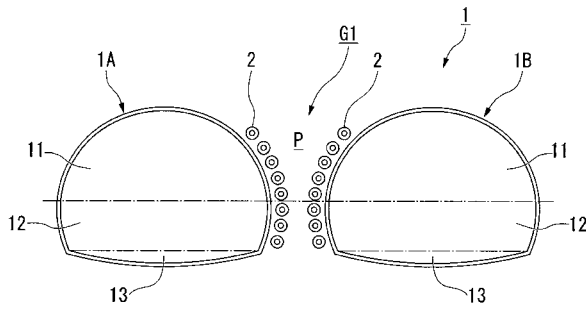
30

40

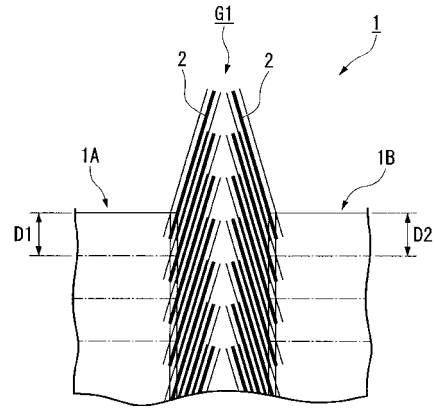
【図 1】



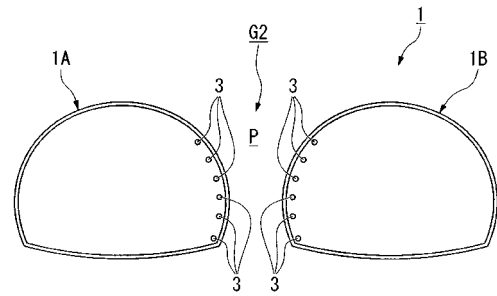
【図 2】



【図 3】

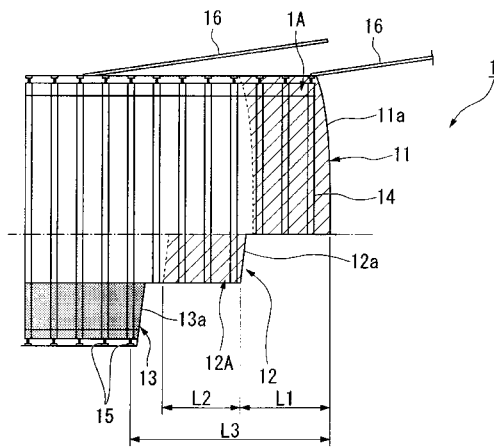


【図 4】

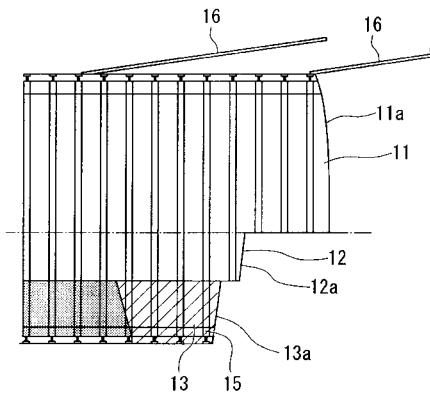


【図 5】

(a)

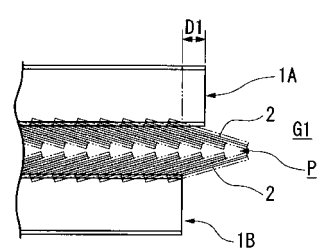


(b)

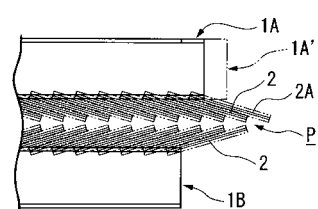


【図 6】

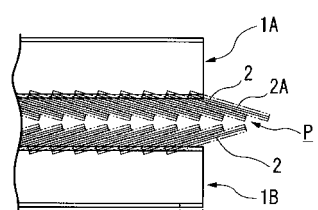
(a)



(b)



(c)



(d)

