

鋼製地中連続壁工法Ⅱ

(ソイルセメント鋼製地中連続壁工法)

設計施工指針 (案)

平成 28 年 4 月

鋼製地中連続壁協会

「鋼製地中連続壁工法－Ⅱ」

目 次

第1章	総則		
1.1	適用範囲	-----	1
1.2	用語の定義	-----	2
第2章	設計		
2.1	ソイルセメント鋼製地中連続壁の設計フロー	-----	6
2.2	使用材料	-----	7
2.3	許容応力度	-----	9
2.4	構造形式および荷重	-----	12
2.5	壁体の設計	-----	16
2.5.1	壁体の剛性	-----	16
2.5.2	壁体の応力算定および照査	-----	18
2.5.3	地震時の設計	-----	24
2.5.4	壁体の支持力算定	-----	26
2.5.5	浮上りの検討	-----	28
2.5.6	現場継手の設計	-----	29
2.5.7	本体構造との接合	-----	31
2.5.8	防水工	-----	38
2.5.9	構造細目	-----	40
第3章	施工		
3.1	共通編	-----	43
3.1.1	適用工法	-----	43
3.1.1	施工計画	-----	43
3.1.3	適用範囲	-----	44
3.1.4	現地調査と試験施工	-----	47
3.1.5	施工準備および準備工	-----	48
3.2	TRD工法による造成	-----	51
3.2.1	施工機械	-----	51
3.2.2	掘削液、固化液の製造と配合	-----	53
3.2.3	施工手順	-----	58
3.2.4	カッターポストの自力建込み	-----	59
3.2.5	造成作業	-----	60
3.2.6	カッターポスト引抜き・分割	-----	62
3.2.7	泥土処理	-----	65

3. 3	C S M工法による造成	67
3. 3. 1	施工機械	67
3. 3. 2	掘削固化液の配合と使用量	70
3. 3. 3	施工手順	75
3. 3. 4	エレメントの割付け	77
3. 3. 5	掘削・造成作業	78
3. 3. 6	泥土処理	80
3. 4	NS-BOX 建込み	83
3. 4. 1	事前検討	83
3. 4. 2	建込み準備	85
3. 4. 3	建込み	89
3. 4. 4	NS-BOX 建込み継手の防護（端部処理）	98

付 録

付録1	GHの断面性能表	付 1
付録2	鋼製地中連続壁文献リスト	付 28

参 考

参考 1	地震時の検討	参 1
参考 2	TRD工法の概要	参 8
参考 3	C S M工法の概要	参 16
参考 4	ソイルセメント鋼製地中連続壁工法施工試験	参 24
参考 5	遮水性確認試験（現場）	参 28
参考 6	嵌合継手部止水試験	参 35
参考 7	工法Ⅱ 品質管理方法および検査基準（例）	参 41
参考 8	近接施工	参 42
参考 9	NS-BOX 製作仕様書例	参 44
参考 10	後充填工法について（案）	参 52

第1章

総則

第1章 総則

1.1 適用範囲

本指針は鋼製連壁部材「NS-BOX」を使用して、原位置土混合攪拌工法で施工する、仮設または本体利用の鋼製地中連続壁工法-Ⅱの設計、施工に適用する。

【解説】

本指針は、地下道路、地下駅、立坑などの仮設または本体地中壁に用いる鋼製地中連続壁工法の内、原位置土混合攪拌工法で施工する鋼製地中連続壁の設計、施工に必要な諸規定を示したものである。

なお、本指針の第3章「施工」では、施工実績のある「TRD工法」および「CSM工法」について記載した。他のソイルセメント工法を適用する場合は、十分な検討をした上で本指針に準拠するものとする。

また、荷重および外力の算定方法や土留め解析方法、土留め安定、また補助工法などについては、以下の図書等を参照することとし、本指針には含めない。

1. 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ～Ⅴ(H24.3)
2. 日本道路協会：鋼管矢板基礎設計施工便覧(H9.12)
3. 日本道路協会：共同溝設計指針(S61.3)
4. 日本道路協会：駐車場設計・施工指針 同解説(H4.11)
5. 土木学会：トンネル標準示方書 開削工法・同解説(H18.7)
6. 土木学会：コンクリート標準示方書(H25.3)
7. 日本建築学会：山留め設計施工指針(2002.2)
8. 日本建築学会：建築基礎構造設計指針(2001.10)
9. 日本建築学会：各種合成構造設計指針・同解説(2010.11)
10. 日本材料学会：ソイルミキシングウォール(SMW)設計施工指針(H14.3)
11. 先端建設技術センター：大深度土留め設計・施工指針(案)(H6.10)
12. 首都高速道路株式会社：仮設構造物設計要領(H19.9)
13. 首都高速道路株式会社：トンネル構造物設計要領(開削工法編)(H20.7)
14. 日本鉄道技術協会：深い掘削土留工設計法(H5.9)
15. 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 開削トンネル(H13.3)
16. 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計(H24.9)
17. 日本トンネル技術協会：地中送電用深部立坑、洞道の
調査・設計・施工・計測指針(東京電力委託)(S57.3)
18. 日本トンネル技術協会：H形鋼を芯材とする土留め壁本体利用の設計手引き
(H14.7)
19. TRD工法協会：TRD工法 標準積算資料(鉛直壁用)(H26.7)
20. バウアー工法研究会：CSM工法 標準積算資料(H27)
21. 土木学会：トンネルライブラリー第9号 開削トンネルの耐震設計(H10.10)

1. 2 用語の定義

本指針に用いる用語の定義は次の通りとする。

(1) 鋼製地中連続壁工法－Ⅱ

「原位置土混合攪拌工法で構築されたソイルセメント中に NS-BOX を連続して建込んで築造する仮設または本体利用の地中連続壁」

本指針で鋼製地中連続壁と記述された場合、特に注記がなければ鋼製地中連続壁工法－Ⅱを意味する。

(2) NS-BOX (New Steel BOX structure for diaphragm wall)

「平行フランジ型の鋼製土留め壁材料でフランジの両端に嵌合継手を有する構造部材」

NS-BOX は GH-R および GH-I (または GH-T) の 2 種類を標準部材とする。構築時には、C 継手となる GH-R と、T 継手となる GH-I (または GH-T) とを交互に嵌合させて配置する (図-1.2.1、図-1.2.2 および図-1.2.3 参照)。GH-T はフランジ厚が 28mm 以上の場合や角度を付ける場合に適用する。

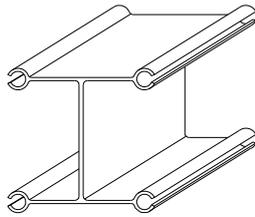


図-1.2.1 GH-R

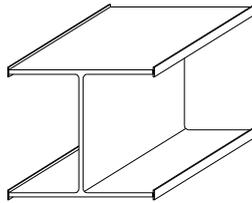


図-1.2.2 GH-I

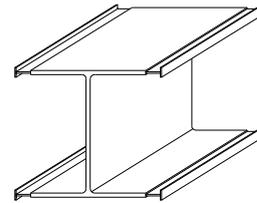


図-1.2.3 GH-T

(3) NS-BOX の各部の名称

「NS-BOX の各部の名称および記号」

NS-BOX の各部の名称および記号は以下の通りとする。

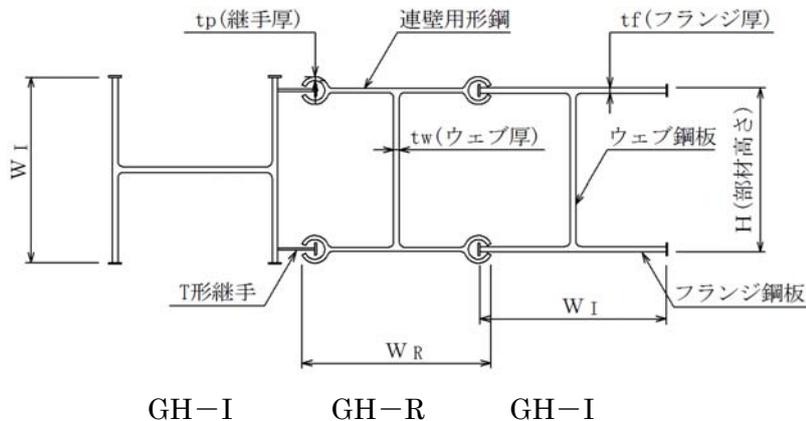


図-1.2.4 GH-R と GH-I を組み合わせたパターン

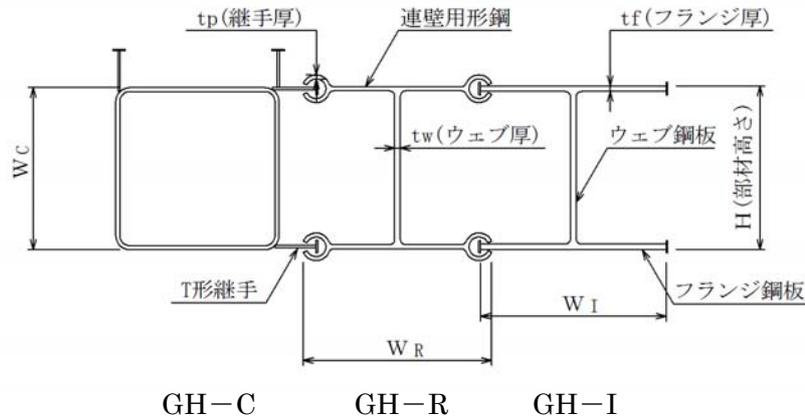


図-1.2.5 GH-R と GH-I と角形鋼管を組み合わせたパターン

(4) 有効幅

「NS-BOX の設計上の部材幅 (荷重分担幅)」

NS-BOX のウェブ中心間距離で表される。標準有効幅は 700mm とする。

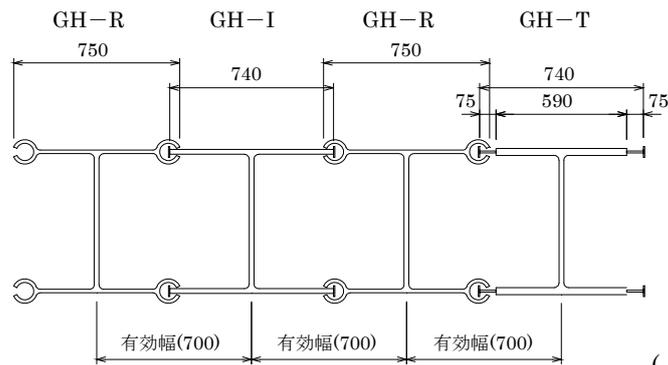


図-1.2.6 有効幅

(5) 嵌合継手

「NS-BOX のフランジ両端に設けられた NS-BOX 同士を連結するための継手」

嵌合継手は、C 継手と T 継手より構成される。なお、嵌合継手は NS-BOX の部材軸方向に連続したものを標準とする。

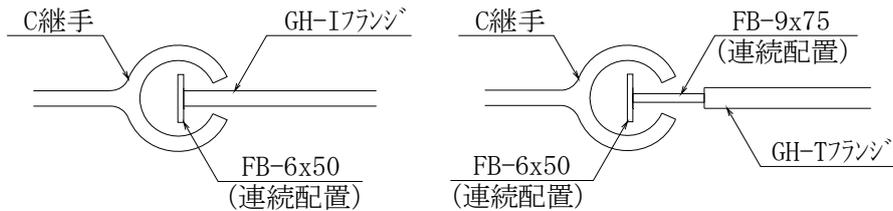


図-1.2.7 嵌合継手

(6) 正曲げおよび負曲げ

「NS-BOXに発生した断面力の内、曲げモーメントの呼称」

一体壁および重ね壁形式において、NS-BOXが圧縮側となる方向の曲げを正曲げ、NS-BOXが引張側となる方向の曲げを負曲げとする。

(7) 単材長

「工場出荷時のNS-BOXの長さ」

一般に13m以下とするが、輸送条件、施工条件により適切な長さを決定する。

(8) 部材全長

「NS-BOXおよびH形鋼等鋼材の深さ方向の長さ」

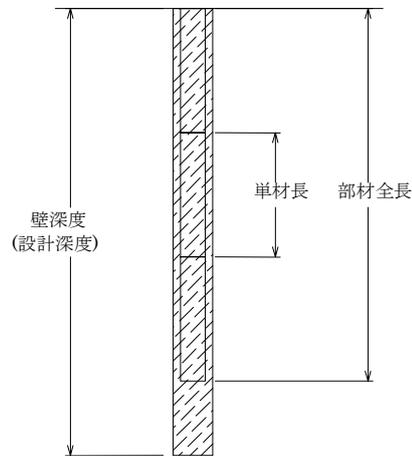


図-1.2.8 深さ方向の名称

(9) 壁深度 (設計深度)

「ソイルセメント連続壁として必要な深さ方向の長さ」

(10) 水平延長

「鋼製地中連続壁を施工するために掘削する平面的な長さ」

(11) 現場継手

「現場で深さ方向にNS-BOXを継ぐための継手」

原則として高力ボルト摩擦接合とする。

(12) 壁厚

「ソイルセメント壁の掘削幅」

深さ方向に等厚であり、NS-BOXの諸元および部材全長から決定される。

(13) かぶり

「壁体縁部と NS-BOX までの壁厚方向のソイルセメントの厚さ」

フランジ部のかぶりを一般部かぶりと称し、嵌合継手部のかぶりを純かぶりと称する。

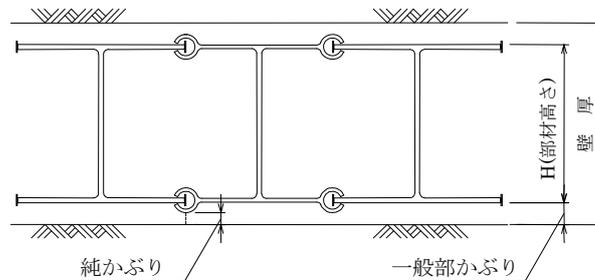


図-1.2.9 一般部かぶりと純かぶり

(14) 開放長

「混合スラリーだけで保持する過渡的な状態の溝長さ」

掘削液を用いて掘削され、まだ固化液が混合されていない時、土圧が開放されても、溝壁が自立している状態における掘削溝の壁延長方向の長さである。

(15) ガイド溝

「発生泥土の一時貯留および定規設置のための溝」

発生泥土の流出の防止および発生泥土、泥水の一時貯留を目的として、事前にバックホウ等により掘削する先行溝のことである。

(16) ガイド定規

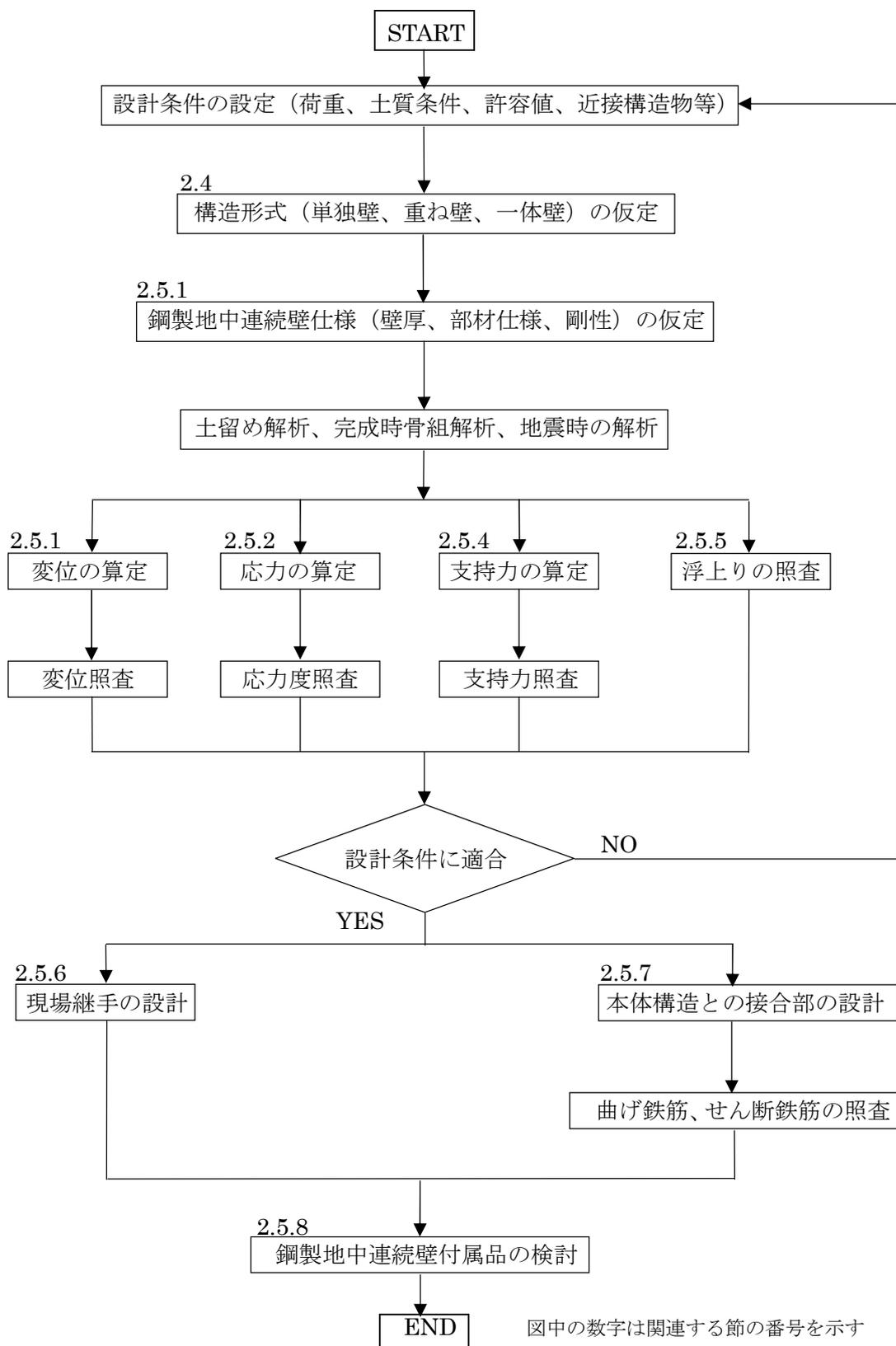
「NS-BOX の建込み位置を示すために、ガイド溝に沿って設置した鋼材」

第2章

設計

第2章 設計

2.1 ソイルセメント鋼製地中連続壁の設計フロー



2. 2 使用材料

- (1) 鋼材は原則として表-2.2.1 に示す規格に適合するものを使用するものとする。ただし、仮設用として使用する場合はこの限りではない。

表-2.2.1 標準とする鋼材

鋼材の種類	規 格	鋼材記号
1. 構造用鋼材	JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材	SS400
	JIS G 3106 溶接構造用圧延鋼材	SM490
2. 棒 鋼	JIS G 3112 鉄筋コンクリート用棒鋼	SD295A, SD295B, SD345

- (2) ソイルセメントに使用する材料は該当する基準書の規定に準拠するものとし、強度、充填性、土層構成、地下水の状態等を考慮して決定する。
- (3) 本体構造の躯体に使用するコンクリートは、該当する基準書等の規定によるものとする。

【解説】

- (1) NS-BOX の主要部材には SM490 を使用する。一般に使用する鋼種 SS400、SM490 の化学成分および機械的性質を表-解 2.2.1、表-解 2.2.2 に示す。なお、SS400 を使用する場合の板厚は 40mm 以下とする。

表-解 2.2.1 化学成分

鋼 種	化 学 成 分 (%)				
	C	Si	Mn	P	S
SS400	—	—	—	0.050 以下	0.050 以下
SM490	0.20 以下	0.55 以下	1.60 以下	0.035 以下	0.035 以下

表-解 2.2.2 機械的性質

鋼 種	引張強さ (N/mm ²)	降伏点 (N/mm ²)		伸び (%) 1A 号試験片	
		鋼板の厚さ (mm)		鋼板の厚さ (mm)	
		16 以下	16 を超え 40 以下	16 以下	16 を超え 50 以下
SS400	400~510	245 以上	235 以上	17 以上	21 以上
SM490	490~610	325 以上	315 以上	17 以上	21 以上

その他の鋼材としては、添接板、高力ボルト、床版接合用鉄筋、スタッド、吊り金具、スペーサー、などがある。溶接カップラーおよび添接板は一般に SN490R 及び SM490、高力ボルトはトルシア型のものを使用するものとする。床版接合用鉄筋など、本体構造として用いる鋼材は原則として JIS 規格品とするが、異形鉄筋スタッドを用いる場合は形状寸法、強度等機械的性質は鉄筋コンクリート用棒鋼 SD345 (JIS G 3112) と同等とし、化学成分は溶接構造用圧延鋼材 SM490 (JIS G 3106) に準拠するものとする。化学成分および機械的性質は表-解 2.2.3~表-解 2.2.5 を標準とする。

なお、仮設用として使用する吊り金具、スペーサーなどは、条件に応じて規格を選定してよい。

表一解 2.2.3 異形鉄筋（スタッド溶接用）の化学成分

化学成分 (%)					
C	Si	Mn	P	S	C+Mn/6
0.20 以下	0.55 以下	0.90 以下	0.035 以下	0.035 以下	0.35 以下

表一解 2.2.4 異形鉄筋（マグ溶接用）の化学成分

化学成分 (%)					
C	Si	Mn	P	S	C+Mn/6
0.27 以下	0.55 以下	1.60 以下	0.040 以下	0.040 以下	0.50 以下

表一解 2.2.5 異形鉄筋スタッドの機械的性質

降伏点または 0.2% 耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)
345~440	490 以上	18 以上(JIS 2号)

- (2) TRDで施工するソイルセメントに使用する材料は『TRD工法 標準積算資料』（TRD工法協会）等の諸基準書の規定に準拠するものとする。
CSMで施工するソイルセメントに使用する材料は『CSM工法 標準積算資料』（バウアー工法研究会）等の諸基準書の規定に準拠するものとする。
- (3) コンクリートの規定については、『道路橋示方書・同解説』（日本道路協会），『コンクリート標準示方書』（土木学会）等の基準書によるものとする。

2. 3 許容応力度

- (1) 鋼材および溶接部の許容応力度は、一般に表-2.3.1および表-2.3.2の値を使用することを原則とする。

表-2.3.1 鋼材の許容応力度 (N/mm²)

応力度の種類	鋼材記号	
	SS400	SM490
許容引張応力度 許容曲げ引張応力度 許容曲げ圧縮応力度	140	185
許容せん断応力度	80	105

表-2.3.2 溶接部の許容応力度 (N/mm²)

区分		応力度の種類	SS400	SM490
工場溶接	全面溶込み グループ溶接	圧縮応力度	140	185
		引張応力度	140	185
		せん断応力度	80	105
	すみ肉溶接 部分溶込み グループ溶接	せん断応力度	80	105
現場溶接		圧縮応力度 引張応力度 せん断応力度	原則として工場溶接と同じ値とする。	

- (2) 摩擦接合用高力ボルトの許容力は、表-2.3.3の値を使用することを原則とする。

表-2.3.3 摩擦接合用高力ボルトの許容力 (kN)

ボルトの等級 ねじの呼び	F8T	F10T	S10T
	M20	31	39
M22	39	48	48
M24	45	56	56
M30	72	89	89

- (3) コンクリートの許容応力度は、表-2.3.4および表-2.3.5の値を使用することを原則とする。この範囲をこえる許容応力度は、材料の力学的性質や強度のばらつき等を踏まえ設定しなければならない。

表-2.3.4 気中コンクリートの許容応力度 (N/mm²)

コンクリートの設計基準強度		21	24	27	30
圧縮応力度	曲げ圧縮応力度	7.0	8.0	9.0	10.0
	軸圧縮応力度	5.5	6.5	7.5	8.5
せん断応力度	コンクリートのみでせん断力を負担する場合 (τ_{a1})	0.22	0.23	0.24	0.25
	斜め引張鉄筋と共同して負担する場合 (τ_{a2})	1.6	1.7	1.8	1.9
付着応力度	異形棒鋼	1.4	1.6	1.7	1.8

- (4) 鉄筋の許容応力度は、径 51mm 以下の鉄筋に対して表-2.3.5 の値を使用することを原則とする。

表-2.3.5 鉄筋の許容応力度 (N/mm²)

鉄筋の種類		SD295A	SD295B	SD345
応力度、部材の種類				
引張応力度	荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含まない場合	1) 一般の部材	180	180
		2) 水中あるいは地下水位以下に設ける部材	160	160
	3) 荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含む場合の許容応力度の基本値		180	200
	4) 鉄筋の重ね継手長あるいは定着長を算出する場合		180	200
圧縮応力度		180	200	

- (5) 異形鉄筋 (SD345) の許容せん断応力度は、表-2.3.6 の値を原則とする。

表-2.3.6 異形鉄筋 (SD345) の許容せん断応力度 (N/mm²)

応力度、部材の種類		許容応力度
荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含まない場合	1) 一般の部材	108
	2) 水中あるいは地下水位以下に設ける部材	96
3) 荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含む場合の許容応力度の基本値		120

* 「(社) 日本道路協会 鋼管矢板基礎設計施工便覧 平成9年12月2.5.2」より

- (6) ガス圧接継手の許容応力度は、十分な管理を行う場合、母材の許容応力度と同等としてよい。
- (7) 機械継手、スリーブ継手などの継手強度は、使用条件を考慮して設定してよい。
- (8) 仮設時の許容応力度は、表-2.3.1~表-2.3.6 の値の 1.5 倍を上限として設定してよい。

【解説】

許容応力度および仮設時の許容応力度の割増しは『道路橋示方書・同解説』（日本道路協会）を参考にして設定したが、これらの値は各官公庁の基準（1. 1 適用範囲参照）によって異なるので、用途に応じて許容応力度を設定する。

(7) の継手強度は『コンクリート標準示方書 設計編』（土木学会）、『道路橋示方書・同解説』（日本道路協会）などによるものとする。

表-2.3.3 の摩擦接合用高力ボルトの許容力は『道路橋示方書・同解説』（日本道路協会）の算定式によった。高力ボルトは一般的に M24 を用いるが、現場継手 1 箇所当りのボルト本数が多い場合は M30 を使用してもよい。ただし、M30 は一般に製造していないので、仕様、納期等を検討する必要がある。

表-2.3.4 の気中コンクリートの τ_{al} の値は『道路橋示方書・同解説』（日本道路協会）の補正方法に準じて使用するものとする。以下に補正方法を示す。

① 有効高さの影響

表一解 2.3.1 に示す部材断面の有効高さ d に関する補正係数 c_e を τ_{a1} に乗じる。

② 引張主鉄筋比の影響

表一解 2.3.2 に示す引張主鉄筋比 p_t に関する補正係数 c_{pt} を τ_{a1} に乗じる。

③ 軸方向圧縮力の影響

軸方向圧縮力が大きな部材の場合、次式により計算される軸方向圧縮力による補正係数 c_N を τ_{a1} に乗じる。

$$c_N = 1 + M_0 / M$$

ただし、 $1 \leq c_N \leq 2$

ここに、 c_N : 軸方向圧縮力による補正係数
 M_0 : 軸方向圧縮力によりコンクリートの応力度が部材引張縁で零となる
 曲げモーメント (kN・m)

$$M_0 = \frac{N}{A_c} \frac{I_c}{y}$$

M : 部材断面に作用する曲げモーメント (kN・m)

N : 部材断面に作用する軸方向圧縮力 (kN)

I_c : 部材断面の図心軸に関する断面 2 次モーメント (m⁴)

A_c : 部材断面積 (m²)

y : 部材断面の図心より部材引張縁までの距離 (m)

表一解 2.3.1 部材断面の有効高さ d に関する補正係数 c_e

有効高さ (m)	0.3 以下	1	3	5	10 以上
c_e	1.4	1.0	0.7	0.6	0.5

表一解 2.3.2 引張主鉄筋比 p_t に関する補正係数 c_{pt}

引張主鉄筋比 (%)	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0 以上
c_{pt}	0.7	0.9	1.0	1.2	1.5

2. 4 構造形式および荷重

- (1) 鋼製地中連続壁を本体利用する場合の構造形式は、施工条件、荷重条件、重要度等を考慮して決定するものとする。
- (2) 設計に用いる荷重は、仮設時および完成時の荷重を考慮するものとする。
- (3) 設計に用いる地盤反力係数は、地盤の変形係数の算定方法、荷重条件、支持条件を考慮して算定するものとする。

【解説】

- (1) 鋼製地中連続壁を本体構造物の一部として利用する場合については、『トンネル標準示方書 開削工法・同解説（土木学会）』の「地下連続壁を本体利用する場合の設計」に準じ、施工中の状態と完成後の状態についてそれぞれ検討するものとする。

この場合、鋼製地中連続壁と本体構造物を結合する時点で鋼製地中連続壁に生じている応力、本体との結合方法、本体と鋼製地中連続壁の剛比、および結合後に作用する荷重等が設計上の重要な条件となるので、十分な検討が必要である。その解析方法は、施工時の設計と本体構造物完成後の設計を分離して考える方法（分離計算法）と、施工時から完成後の状態へと連続して考える方法（一体計算法）とが提案されている。いずれの方法を用いるかは施工条件、荷重条件、重要度等を考慮して決定する必要がある。

鋼製地中連続壁を本体構造物の一部として利用する場合の構造形式としては表一解 2.4.1 に示す形式がある。

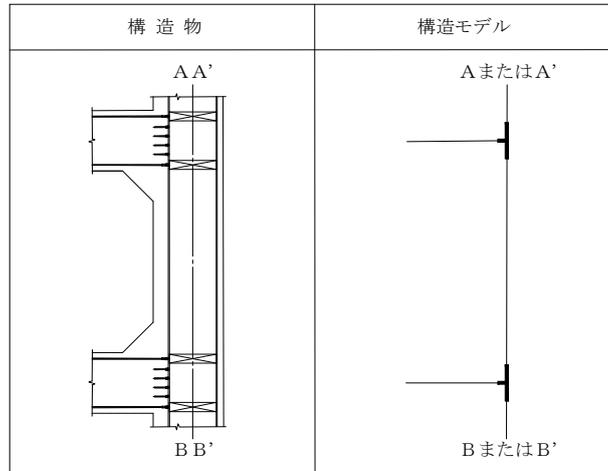
表一解 2.4.1 鋼製地中連続壁を本体利用する場合の構造形式

形 式	特 徴
単独壁形式	内壁を設けずに鋼製地中連続壁のみで荷重に抵抗する構造である。内壁を設けないことから防水には特に配慮する必要がある。 なお、掘削深さが大きく地階数の多い場合は、浅い部分では単独壁形式、深い部分で一体壁形式もしくは重ね壁形式というように併用して用いる場合もある。単独壁では、一般的に掘削側に化粧壁を設置する。
重ね壁形式	鋼製地中連続壁と内壁の間にせん断力の伝達を期待しない構造で、壁の強度は鋼製地中連続壁と内壁の累加強度とする。
一体壁形式	鋼製地中連続壁と内壁とをスタッド等で結合したもので、両方の壁が完全に一体となって外力に抵抗する構造である。他の形式に比べて剛性および耐力の大きい構造となり、必要断面厚が小さくできる。なお、一体壁形式の適用範囲は、内壁の厚さが地下連続壁の2倍程度以下とする。

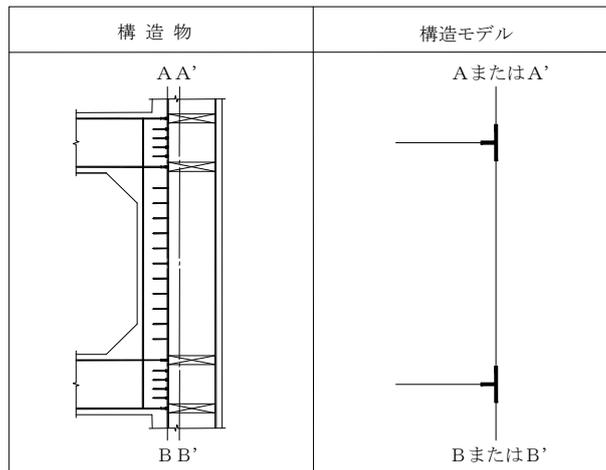
単独壁、重ね壁および一体壁は、骨組構造解析上、一本の線材としてモデル化する。構造モデルの軸線は、一般に鋼製地中連続壁の図心にとるが、重ね壁、一体壁の場合は、合成壁中心あるいは NS-BOX と内壁コンクリートの境界面、または NS-BOX 図心と内壁コンクリート図心の中央にとってもよい。また、重ね壁では図一解 2.4.3 に示すように二重壁骨組モデルとしてもよい。

地震時の骨組構造解析を行う場合のモデル化は、重ね壁を平行する2本の線材としてモデル化してよい（二重壁骨組モデル）。この場合、内壁コンクリートと NS-BOX の間には、仮想のつなぎ梁を密に配置して両者の水平変位が同じになるようにする。この仮想のつなぎ梁は軸引張力に対しては剛性を発揮せず、軸圧縮力を受ける場合にのみに有効な部材とし、両端の接合条件をピン、材長を微小な長さに設定

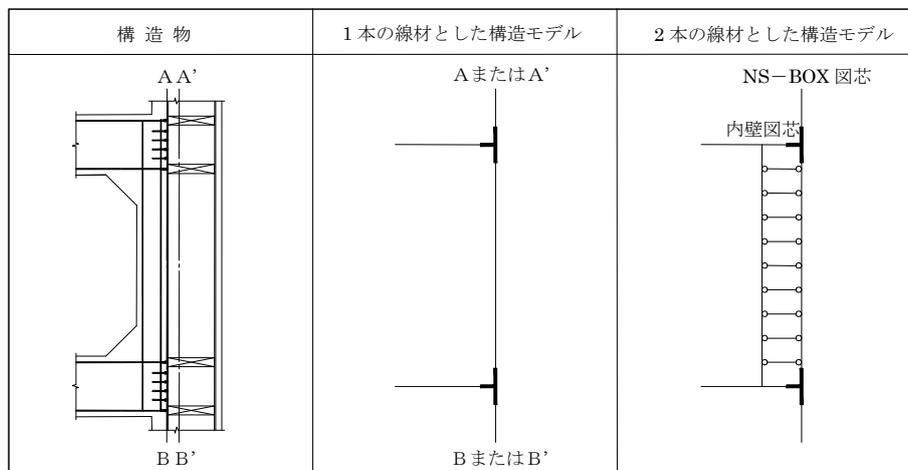
すれば、このモデル化による二次的な部材力の発生を最小に抑えることができる。



図一解 2.4.1 単独壁のモデル化



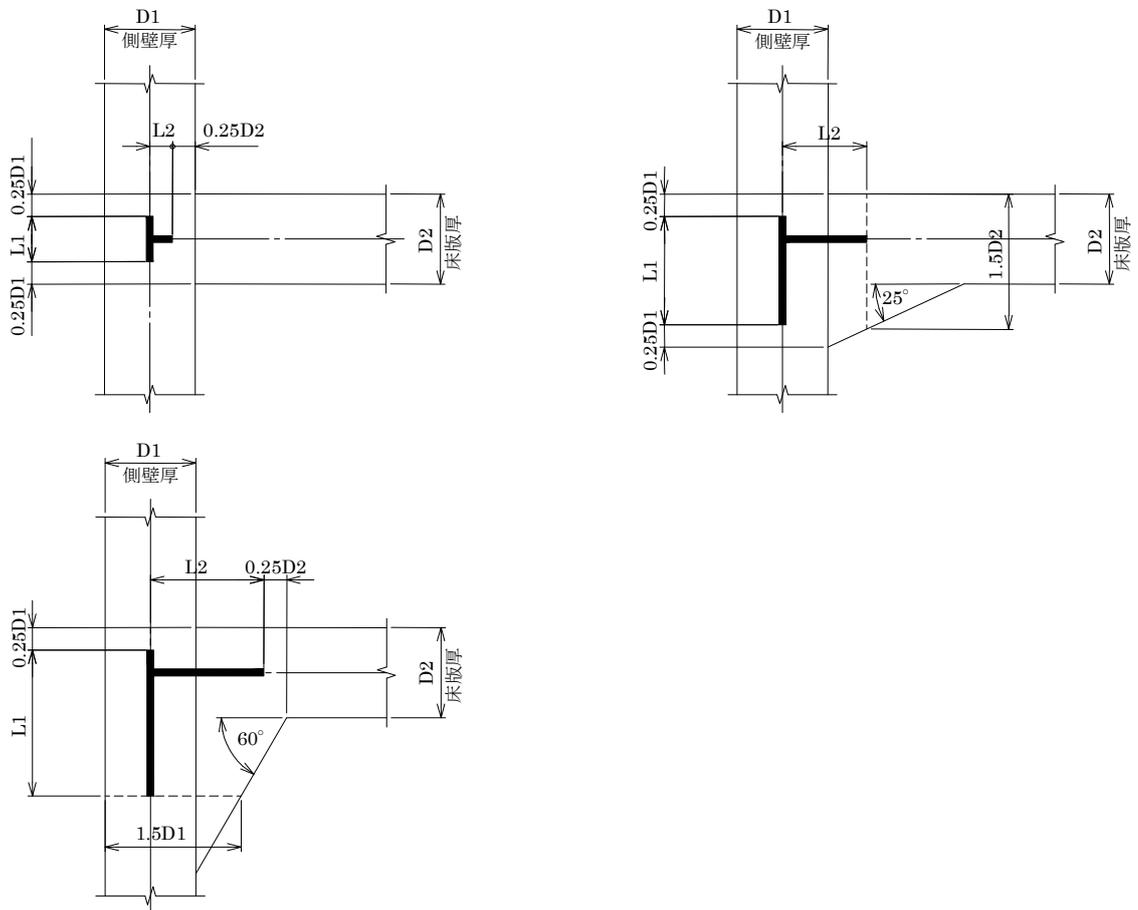
図一解 2.4.2 一体壁のモデル化



図一解 2.4.3 重ね壁のモデル化

骨組構造解析を行う場合、床版と鋼製地中連続壁の接合部は、「2.5.7 本体構造との接合」の接合仕様を満足していれば、剛な接点とみなしてよい。骨組構造解析では、原則として、接点部に剛域を考慮するものとする。この剛域は以下の①～③の方法で定めるものとする。

- ① ハンチがない場合には、部材端から部材高さの1/4 入った断面より内部を剛域とする。
- ② 部材がその軸線に対して 25° 以上の傾斜ハンチをもつ場合には、部材高さが1.5 倍となる断面より内部を剛域とする。ただし、ハンチの傾斜が 60° 以上の場合は、ハンチの起点から部材高さの1/4 入った断面から内部を剛域とする。
- ③ 左右のハンチ差により定めた点が異なる場合は、剛域が大きくなる方の点を選ぶものとする。



図一解 2.4.4 剛域の設定

- (2) 鋼製地中連続壁が適用される構造物は、一般の地上構造物と異なり構造物の周囲は地盤に囲まれている。仮設時および施工終了後の土水圧等の諸荷重は、鋼製地中連続壁の用途に応じて『共同溝設計指針（日本道路協会）』、『トンネル標準示方書 開削工法・同解説（土木学会）』、『鉄道構造物等設計標準・同解説 開削トンネル（鉄

道総合技術研究所)』などの各基準書(1.1適用範囲参照)の「荷重」章によるものとする。

- (3) 『トンネル標準示方書 開削工法・同解説(土木学会)』【資料編 2-2】や『鉄道構造物等設計標準・同解説 開削トンネル(鉄道総合技術研究所)』6.4設計地盤反力係数、などを参考に算定する。

2. 5 壁体の設計

2. 5. 1 壁体の剛性

ソイルセメントを充填した鋼製地中連続壁の曲げ剛性および軸力に対する剛性は検討方向、構造形式により次のとおりとする。

[鉛直方向剛性]

- (1) 単独壁形式の鉛直方向の曲げ剛性および軸力に対する剛性は、NS-BOX のみの剛性を用いるものとする。
- (2) 一体壁形式の鉛直方向の曲げ剛性および軸力に対する剛性は、ソイルセメントの剛性を無視し、完成後の断面において、内壁コンクリートと NS-BOX が一体であるとみなした合成梁の断面の剛性を用いるものとする。
- (3) 重ね壁形式の鉛直方向の曲げ剛性および軸力に対する剛性は、NS-BOX の剛性と内壁コンクリートの剛性を累加したものを用いるものとする。

[水平方向剛性]

- (4) 単独壁形式の水平方向の曲げ剛性および軸力に対する剛性は、原則として無視するものとする。一体壁形式または重ね壁形式の水平方向の曲げ剛性および軸力に対する剛性は、内壁コンクリートの全断面剛性を用いて算定するものとする。

【解説】

- (1) 単独壁形式の鉛直方向の曲げ剛性 $E I$ および軸力に対する剛性 $E A$ は、一般に次の式で算定してよい。

$$E I = E_s I_s$$

$$E A = E_s A_s$$

ここに、 $E I$: 単独壁形式の鉛直方向の曲げ剛性 ($N \cdot mm^2$)

$E A$: 単独壁形式の鉛直方向の軸力に対する剛性 (N)

E_s : NS-BOX の弾性係数 (N/mm^2) (一般に $2.0 \times 10^5 N/mm^2$)

I_s : NS-BOX の断面 2 次モーメント (mm^4)

A_s : NS-BOX の断面積 (mm^2)

- (2) 一体壁形式の鉛直方向の曲げ剛性 $E I$ および軸力に対する剛性 $E A$ の算定は、「H 形鋼を芯材とする土留め壁本体利用の設計手引き」
((社) 日本トンネル技術協会) に準じ、次の式で算定してよい。

$$E I = E_s I_s + E_{c2} I_{c2} + E_{c2} A_{c2} \cdot (d_1 + h_u)^2 / (1 + E_{c2} A_{c2} / E_s A_s)$$

$$E A = E_s A_s + E_{c2} A_{c2}$$

ここに、 $E I$: 一体壁形式の鉛直方向の曲げ剛性 ($N \cdot mm^2$)

$E A$: 一体壁形式の鉛直方向の軸力に対する剛性 (N)

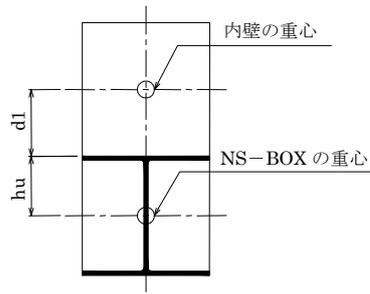
E_{c2} : 内壁コンクリートの弾性係数 (N/mm^2)

I_{c2} : 内壁コンクリート全断面の断面 2 次モーメント (mm^4)

A_{c2} : 内壁コンクリートの断面積 (mm^2)

d_1 : 内壁コンクリートの重心からフランジ外縁までの距離 (mm)

h_u : NS-BOX の重心からフランジ外縁までの距離 (mm)



図一解 2.5.1 鉛直方向の曲げ剛性算定時の断面

- (3) 重ね壁形式の鉛直方向の曲げ剛性 $E I$ は、次の式で算定してよい。

$$E I = E_s I_s + \beta E_{c2} I_{c2}$$

ここに、 $E I$: 重ね壁形式の鉛直方向の曲げ剛性 ($N \cdot mm^2$)

β : 内壁コンクリートの剛性補正率 (一般に $\beta=0.6$ としてよい)

内壁コンクリートの断面 2 次モーメントは、一般に鉄筋の影響を無視してコンクリートの有効断面で計算してよい。但し、変位、変形の算定や地震時の動的応答解析などで、ひび割れによる剛性低下が上記の剛性補正率 β より小さくなると予想される場合には、さらに低減した剛性を用いるものとし、その算定方法は、該当する基準書によるものとする。

重ね壁形式の鉛直方向の軸力に対する剛性 $E A$ は、一体壁形式の場合と同様に算定してよい。

- (4) ソイルセメントの剛性は、 $q_u=0.5N/mm^2$ の場合、弾性係数が $70 \sim 109N/mm^2$ 程度と非常に小さいため、原則としてこれを無視するものとする。従って、水平方向の曲げ剛性および軸力に対する剛性は、内壁コンクリートのみの剛性とする。一体壁形式、重ね壁形式の水平方向の曲げ剛性および軸力に対する剛性は、次の式で算定してよい。

$$E I = \beta E_{c2} I_{c2}$$

$$E A = E_{c2} A_{c2}$$

円形立坑などのようにフープコンプレッションが卓越する単独壁の場合は、鋼製地中連続壁の水平方向の剛性が期待できないので、床版または水平梁等を支点とする鉛直方向フレームとして解析してよい。

2. 5. 2 壁体の応力算定および照査

- (1) 鋼製地中連続壁の鉛直方向の応力算定は鋼構造設計法または鋼コンクリート合成桁などの設計法を、水平方向の応力算定は鋼製地中連続壁の耐力がほとんど見込めないため、内壁コンクリートのみについて鉄筋コンクリート設計法を用いて設計することを原則とする。
- (2) 鋼製地中連続壁は鉛直方向の曲げモーメント、軸力およびせん断力に対して安全でなければならない。
- (3) ソイルセメントは、原則として耐力を考慮しない。

【解説】

(1) 設計法

鋼製地中連続壁の鉛直方向の応力算定は、構造形式（単独壁、一体壁または重ね壁）により鋼構造設計法または鋼コンクリート合成桁などの設計法で設計する事を原則とする。ソイルセメントの剛性および強度は、鋼材および鉄筋コンクリートに比べて非常に小さいので、解析ではこれを無視するものとする。

水平方向の応力算定は鋼製地中連続壁の水平方向の曲げ耐力およびせん断耐力がほとんど見込めないので、鉄筋コンクリート設計法を用いて内壁コンクリートの耐力のみを考慮するものとする。

(2) 鉛直方向の応力照査

① 鉛直方向に曲げモーメントおよび軸力を受ける場合の検討

1) 鉛直方向に曲げモーメントおよび軸力を受ける単独壁の検討

鉛直方向に曲げモーメントおよび軸力を受ける単独壁の検討は、原則としてNS-BOXのみを有効として計算する。

NS-BOXは、弱軸方向の座屈、局部座屈および横倒れ座屈は発生しないとして、下記の式で照査してよい。

$$\sigma_{sb} / \sigma_{sba} + \sigma_{sc} / \sigma_{sca} \leq 1$$

$$\sigma_{sb} = M / Z_s$$

$$\sigma_{sc} = N / A_s$$

ここに、M : 作用曲げモーメント (N・mm)

N : 作用軸力 (N)

Z_s : NS-BOXの断面係数 (mm³)

GH-Rは鋼材全断面を有効とした断面係数を用いる。

GH-IはT継手材を無視した断面係数を用いる。

A_s : NS-BOXの断面積 (mm²)

σ_{sca} : 許容軸方向圧縮応力度 (N/mm²) 表-2.3.1による。

σ_{sba} : NS-BOXの許容曲げ圧縮応力度 (N/mm²) 表-2.3.1による。

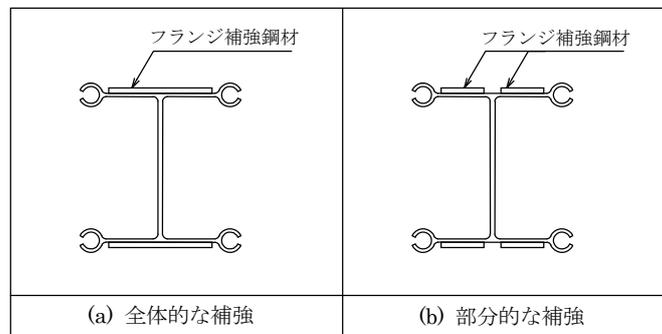
GH-R はフランジ両端に C 継手を有しているため、フランジの局部座屈が起こりにくく、鋼材全断面有効とする曲げ耐力があることを実験により確認している。また、NS-BOX の標準有効幅 700mm での GH-I は、一軸圧縮強度 q_u が 0.5N/mm^2 以上のソイルセメントが充填された状態では、弾性範囲内におけるフランジの局部座屈は生じず、全断面有効であることを実験等により確認している。

これらの拘束効果により、弱軸方向の座屈、局部座屈および横倒れ座屈は発生しないとして算定してよい。

フランジ補強を行う場合は、図一解 2.5.2 のように H 形鋼のフランジ補強と同種の構造となるため、鋼板を重ね合わせたフランジとして『道路橋示方書』（日本道路協会）に準じることとする。この場合、フランジ補強鋼材の板厚はフランジ厚の 1.5 倍以下とする。また、圧縮フランジ補強鋼材の板厚は補強鋼材の幅の $1/24$ 以上、引張フランジ補強鋼材の板厚は補強鋼材の幅の $1/32$ 以上とする。

フランジ補強を設ける範囲は計算上補強が不要となる点から、30cm 以上かつフランジ補強鋼材幅の 1.5 倍以上の余長をつけなければならない。なお、フランジ補強鋼材の最小長さは鋼材断面の高さ 2 倍に 1m を加えた長さとする。ただし、曲げモーメントが 0 になる 2 点間の範囲を超えてフランジ補強を設ける必要はない。フランジ補強はフランジに全周すみ肉溶接で取り付けるものとする。ただし全長は、曲げモーメントが 0 になる 2 点間の距離より大きくとる必要はない。

なお、本体床版との接合付近にフランジ補強を行う場合、ねじ継手（溶接カプラー）と干渉する。基本的には母材板厚の増で対応するが、溶接カプラー部に孔を開けたフランジ補強材を使用し、計算上欠損部を考慮する場合もある。



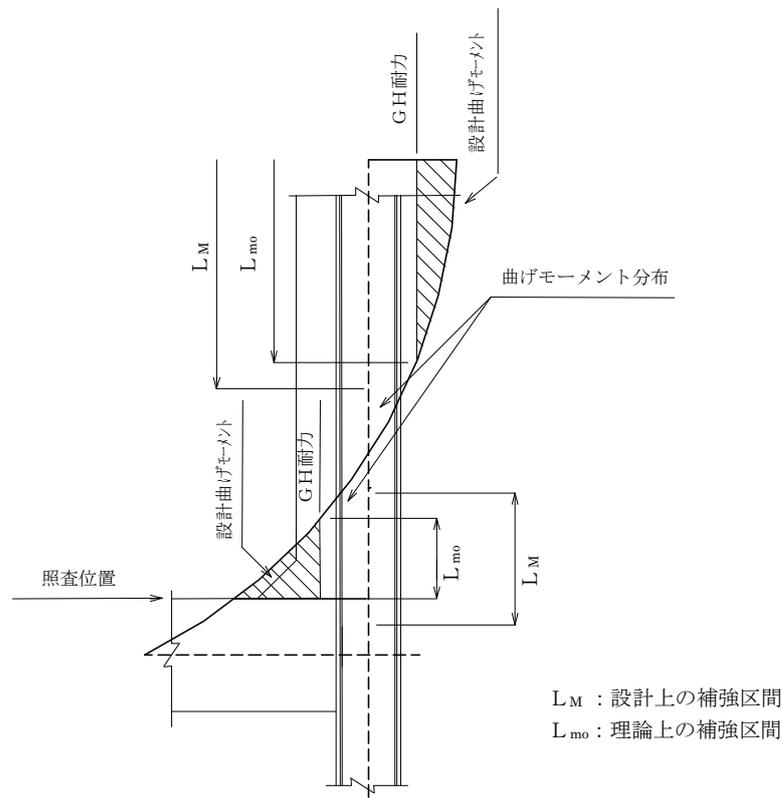
図一解 2.5.2 フランジ補強の例

フランジ補強を設ける範囲を図一解 2.5.3 に示す。

なお、フランジ補強区間 L_M は以下の式による。

$$L_M = \text{MAX} (L_{mo} + 600, L_{mo} + 3w'_f, 2H + 1000)$$

- ただし、 L_{mo} : 理論上の補強区間 (mm)
 w'_f : フランジ補強鋼材の巾 (mm)
 H : GH の高さ (mm)



図一解 2.5.3 フランジ補強の範囲

2) 鉛直方向に曲げモーメントおよび軸力を受ける一体壁の検討

鉛直方向に曲げモーメントおよび軸力を受ける一体壁の検討は、「H形鋼を芯材とする土留め壁本体利用の設計手引き」に準じる。

3) 鉛直方向に曲げモーメントおよび軸力を受ける重ね壁の検討

鉛直方向に曲げモーメントおよび軸力を受ける重ね壁の抵抗曲げモーメントは、鋼製地中連続壁と内壁コンクリートの抵抗曲げモーメントの累加とする。ただし内壁コンクリートの剛性（全断面剛性の 60%）が鋼製地中連続壁の剛性より小さい場合には、重ね壁に作用する部材力を内壁コンクリートと鋼製地中連続壁の剛性の比で分配し、内壁コンクリートと鋼製地中連続壁のそれぞれについて応力度を照査してもよい。

$$M \leq M_r$$

$$M_r = M_{1r} + M_{2r}$$

- ここに、
- M : 重ね壁の作用曲げモーメント (N・mm)
 - M_r : 重ね壁の抵抗曲げモーメント (N・mm)
 - M_{1r} : 軸力 N_1 が作用する時の NS-BOX の抵抗曲げモーメント (N・mm)
 - M_{2r} : 軸力 N_2 が作用する時の内壁コンクリートの抵抗曲げモーメント (N・mm)

NS-BOX および内壁コンクリートの作用軸力は次式で算出してよい。

$$N_1 = N \cdot (E_s \cdot A_s) / (E_s \cdot A_s + E_{c2} \cdot A_{c2})$$

$$N_2 = N \cdot (E_{c2} \cdot A_{c2}) / (E_s \cdot A_s + E_{c2} \cdot A_{c2})$$

- ここに、 N_1 : NS-BOX の作用軸力 (N)
 N_2 : 内壁コンクリートの作用軸力 (N)
 N : 重ね壁の全作用軸力 (N)
 $E_s \cdot A_s$: NS-BOX の軸力に対する剛性 (N)
 $E_{c2} \cdot A_{c2}$: 内壁コンクリートの軸力に対する剛性 (N)

軸力 N_1 が作用する時のNS-BOXの抵抗曲げモーメントは次式で算出してよい。

$$M_{1r} = Z_s (\sigma_{sba} - N_1 / A_s)$$

- ここに、 Z_s : NS-BOX の断面係数 (mm^3)
 σ_{sba} : NS-BOX の許容曲げ圧縮応力度 (N/mm^2)
 A_s : NS-BOX の断面積 (mm^2)

② 鉛直方向にせん断力を受ける場合の検討

1) 鉛直方向にせん断力を受ける単独壁の検討

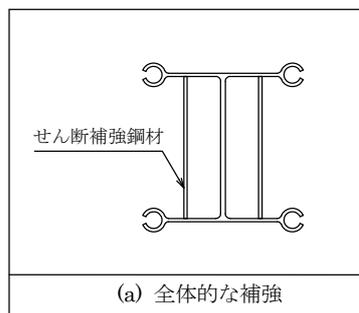
鉛直方向にせん断力を受ける単独壁は、下記の式で照査してよい。

$$\tau_s \leq \tau_{sa}$$

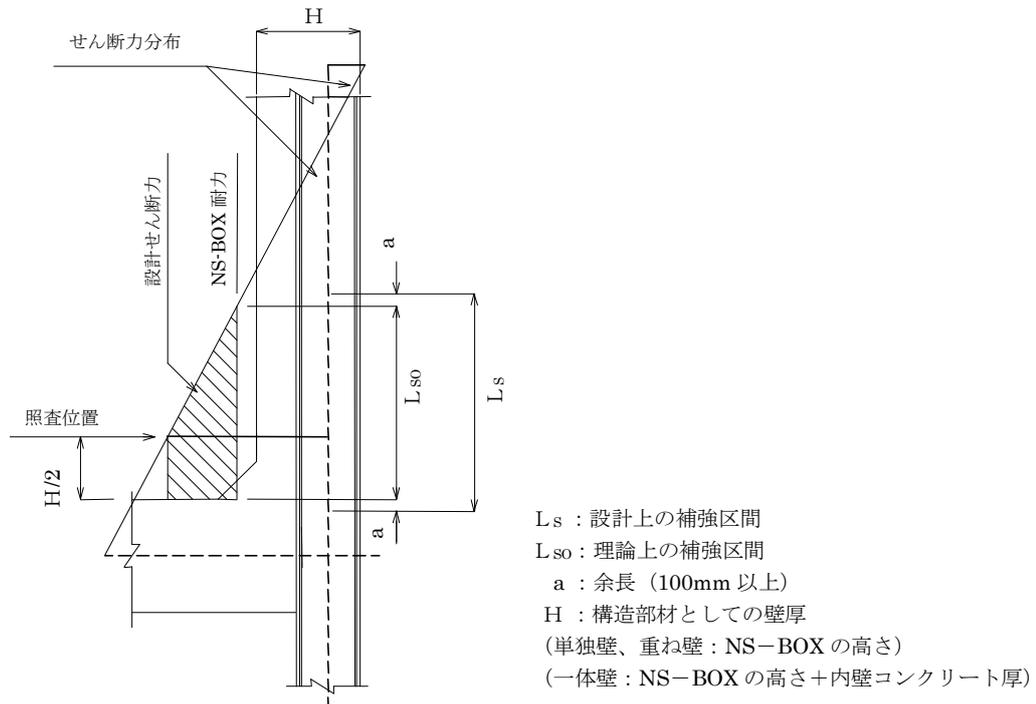
$$\tau_s = V / A_w$$

- ここに、 τ_{sa} : NS-BOX の許容せん断応力度 (N/mm^2)
 V : 作用せん断力 (N)
 A_w : 鋼製地中連続壁部材のウェブの断面積 (mm^2)

NS-BOX のせん断補強をする場合は、一般に図一解 2.5.4 のように補強する。せん断補強材の板厚は 9mm 以上とし、部材軸方向の長さは、図一解 2.5.5 のように補強必要位置から施工誤差分の余長 (100mm 以上) をとった長さにすることが望ましい。



図一解 2.5.4 せん断補強の例



図一解 2.5.5 せん断補強の範囲

2) 鉛直方向にせん断力を受ける一体壁の検討

鉛直方向にせん断力を受ける一体壁の検討は、「H形鋼を芯材とする土留め壁本体利用の設計手引き」に準じる。

3) 鉛直方向にせん断力を受ける重ね壁の検討

せん断力を受ける重ね壁の検討では、重ね壁の抵抗せん断力は鋼製地中連続壁と内壁コンクリートの抵抗せん断力の累加であるとして、次の式で検討してよい。

$$V \leq V_{a1} + V_{a2}$$

$$V_{a1} = \tau_{sa} \cdot A_w$$

a) スターラップでせん断補強をする場合

$$V_{a2} = \tau_{a1} \cdot B \cdot d + A_{st} \cdot \sigma_{sa} \cdot d / (1.15 \times s)$$

b) スターラップでせん断補強をしない場合

$$V_{a2} = \tau_{a1} \cdot B \cdot d$$

ただし、 $V_{a2} \leq \tau_{a2} \cdot B \cdot d$

ここに、 V : 作用せん断力 (N)

V_{a1} : NS-BOX の抵抗せん断力 (N)

V_{a2} : 内壁コンクリートの抵抗せん断力 (N)

τ_{sa} : NS-BOX の許容せん断応力度 (N/mm²) 表-2.3.1 による。

τ_{a1} : コンクリートのみでせん断力を負担する場合の内壁コンクリートの許容せん断応力度 (コンクリートが負担するせん断耐力を算定する際の τ_{a1} は、2.3【解説】により補正した値を用いてよい。) (N/mm²)

- τ_{a2} : 斜め引張鉄筋と共同してせん断力を負担する場合の内壁コンクリートの許容せん断応力度 (N/mm²)
- B : 有効幅 (mm)
- d : 有効高さ (mm)
- σ_{sa} : スターラップの許容引張応力度 (N/mm²)
- A_{st} : 区間 s におけるスターラップの総断面積 (mm²)
- A_w : NS-BOX のウェブの断面積 (mm²)
- s : せん断補強筋の部材軸方向の配置間隔 (mm)

③ 水平方向の応力照査

水平方向の曲げモーメント、せん断力および軸力を受ける鋼製地中連続壁の検討は、水平方向の曲げ耐力およびせん断耐力がほとんど見込めないため、内壁コンクリートの耐力のみを考慮するものとする。

(3) ソイルセメントの設計上の取り扱い

既往の実験や施工実績によるとソイルセメント壁で用いられるソイルセメントの設計基準強度は 0.5N/mm² 以上を設定している事例が多い。本工法においては、弾性範囲内における GH-I の局部座屈の防止を目的にソイルセメントの設計基準強度を 0.5N/mm² 以上とする。

本指針では、ソイルセメントは壁体の遮水効果、NS-BOX の防食効果および局部座屈防止効果を期待するが、その強度は原則として期待しないこととした。

なお、ソイルセメントの耐久性については、文献により、セメントミルク系の地盤改良体と同等の長期耐久性を有することが確認されている。

2. 5. 3 地震時の設計

地震時の設計については、想定される地震動に対して必要な耐震性を確保することを原則とする。

【解説】

耐震設計は、構造物の設計耐用期間中に発生すると想定される地震動に対する構造物の応答値が、構造物の持つ耐震性能を満足することを照査するものである。その詳細については『道路橋示方書・同解説 V耐震設計編』、『鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計編』等の関連する基準書によるものとする。

本指針で想定する設計地震動は、基本的に次の二つの地震動とする。

L 1 地震動：構造物の設計耐用期間内に数回程度発生する確率を有する地震動

L 2 地震動：構造物の設計耐用期間内に発生する確率は低い非常に強い地震動

鋼製地中連続壁を用いて開削トンネルや立坑等を構築する場合の耐震性能は次に示すものとする。

耐震性能Ⅰ：L 1 地震動に対して地震後も補修せずに機能を保持でき、かつ過大な変位を生じない。

耐震性能Ⅱ：L 2 地震動に対して地震後に補修を必要とするが、早期に機能が回復できる。

耐震性能Ⅲ：L 2 地震動によって構造物全体系が崩壊しない。

鋼製地中連続壁を用いた構造物の応答値の算定は、一般に応答震度法または応答変位法によるものとする。

構造物の横断面方向（軸直角方向）において、地震時に水平力もしくは水平変位を受ける鋼製地中連続壁の単独壁形式では、ソイルセメントの剛性および強度を無視し、鋼材の強度のみを考慮して鋼製地中連続壁の耐震性能を算定するものとする。この場合、ソイルセメントの拘束効果により、鋼材に弱軸方向の座屈、横倒れ座屈および局部座屈は発生しないものとして算定してよい。

NS-BOX の単独壁形式の曲げモーメント M と曲率 ϕ の関係は、原則として、図-解 2.5.6 に示すトリリニアモデルとしてよい。

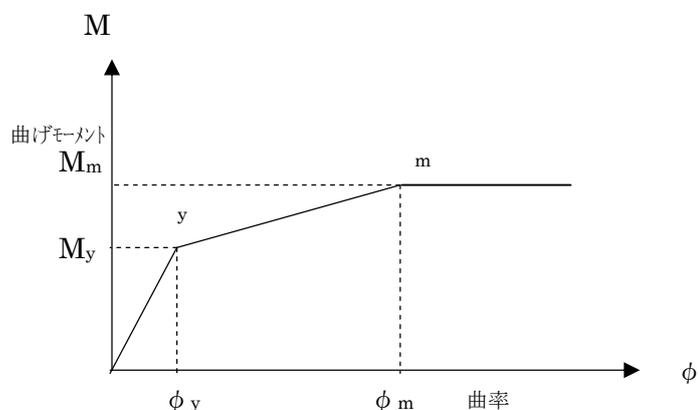


図-解 2.5.6 NS-BOX の曲げモーメントと曲率の関係

① y 点の曲げモーメント M_y および曲率 ϕ_y

y 点は、鋼材の最外縁が降伏した時点とする。この時、降伏曲げモーメント M_y および降伏曲率 ϕ_y は下式により算定してよい。

$$M_y = \sigma_y \cdot Z$$
$$\phi_y = M_y / (E_s I_s)$$

- ここに、 M_y : 降伏曲げモーメント (N・mm)
 ϕ_y : 降伏曲率 (1/mm)
 σ_y : NS-BOX の降伏強度 (N/mm²)
 Z : NS-BOX の断面係数 (mm³)
 E_s : NS-BOX の弾性係数 (N/mm²)
 I_s : NS-BOX の断面 2 次モーメント (mm⁴)

② m 点の曲げモーメント M_m および曲率 ϕ_m

m 点は、鋼材の全断面が塑性化した時点として良い。

この時、終局曲げモーメント M_m 、および終局曲率 ϕ_m は下式により算定してよい。

$$M_m = \sigma_y \cdot S$$
$$\phi_m = \beta \cdot \phi_y$$

- ここに、 M_m : 終局曲げモーメント (全塑性モーメント) (N・mm)
 ϕ_m : 終局曲率 (1/mm)
 S : NS-BOX の塑性断面係数 (mm³)
 β : 終局曲率の降伏曲率に対する比

既往の実験結果によれば、 β は 6 ~ 7 程度の値が得られている。一般に $\beta = 5$ としよ。

構造物の横断面方向 (軸直角方向) において、地震時に水平力もしくは水平変位を受ける鋼製地中連続壁と内壁コンクリートの重ね壁形式では、骨組解析において、線材にモデル化した壁材に発生する地震時部材力に対して、重ね壁は鋼製地中連続壁と内壁コンクリートの累加耐力を持つものとして、耐震性能を検討するものとする。M- ϕ 曲線については、内壁コンクリートは鉄筋コンクリートの M- ϕ 曲線を用い、鋼製地中連続壁は図-解 2.5.6 に示された M- ϕ 曲線を用いて図-解 2.4.3 に示された二重壁フレームモデルとして解析してよい。

構造物の横断面方向 (軸直角方向) において、地震時に水平力もしくは水平変位を受ける鋼製地中連続壁と内壁コンクリートの一体壁形式では、骨組解析において、ソイルセメントの剛性および強度を無視し、NS-BOX 材を鉄筋とみなした鉄筋コンクリートの 1 本の線材にモデル化した壁材に対して、耐震性能を満足するように設計するものとする。

構造物の縦断面方向 (軸方向) の検討を行う場合には、地震時水平力または水平変位に対して剛性、強度共に大きい内壁コンクリートが耐震壁の挙動をする。従って、壁に発生する面内方向の地震時部材力を内壁コンクリートのみで負担するものとして、内壁コンクリートの耐震性能を満足するように設計してよい。また、単独壁形式の場合は、壁に発生する地震時部材力を床版で支えられた弱軸方向の曲げ、せん断耐力で抵抗させるものとする。

地震時の水平変位、部材角、曲率、塑性率等の許容値は該当する各基準書によるものとする。

2. 5. 4 壁体の支持力算定

鋼製地中連続壁の底面に作用する鉛直荷重はその許容支持力を超えてはならない。

【解説】

鋼製地中連続壁は施工時および完成時に作用する荷重に対して安全でなければならない。

完成時に作用する荷重に対しては、一般に底版の支持力および壁面の周面摩擦力により安全性を確保するものとする。ただし鋼製地中連続壁に支持力を期待する場合には、鉛直支持機構には適切なモデルを設定するものとする。

施工時に作用する荷重としては、路面からの荷重、路面覆工や土留め壁の自重、土留めアンカーからの鉛直分力などがある。

鋼製地中連続壁の許容支持力は、その極限支持力を安全率で除した値とする。安全率は、適用する基準書等の規定によるものとする。また、その許容支持力は、壁の許容圧縮力を超えないようにしなければならない。

鋼製地中連続壁の極限支持力度は、該当する基準書によるものとする。一例として、『土木学会トンネル標準示方書 開削工法編 2006年制定』の土留め壁および中間杭の支持力を参考とした支持力算定を次に示す。

$$R \leq R_a$$

$$R_a = 1/n \times (q_d \times A_p + B \cdot \sum L_i \cdot f_i - W_s) + W_s$$

ここに、 R_a : 鋼製地中連続壁底面の許容鉛直支持力 (kN)

R : 作用鉛直荷重 (kN)

n : 安全率 (仮設 $n = 1.5 \sim 2.0$)

q_d : 鋼製地中連続壁の先端における単位面積当りの極限支持力度 (kN/m²)
場所打ち杭の支持力度を参考とする (表-解 2.5.1)。

A_p : 鋼製地中連続壁の先端面積 (m²) で図-解 2.5.7 による。

B : 摩擦面の長さ (m)

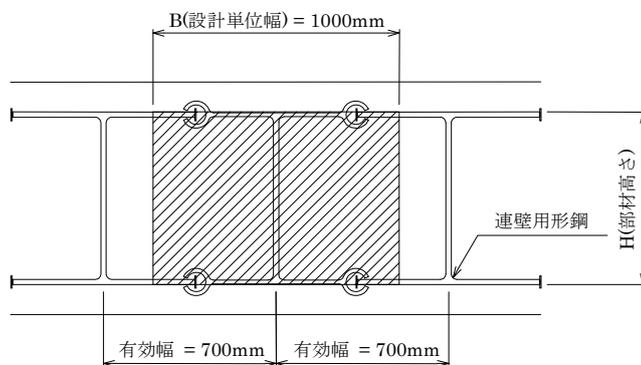
L_i : 周面摩擦力を考慮する層の層厚 (m)

f_i : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度 (kN/m²) 場所打ち杭の摩擦力度を参考とする (表-解 2.5.1)。

W_s : 鋼製地中連続壁に置換えられる部分の土の有効重量 (kN)

表一解 2.5.1 支持力度および摩擦力度の算定

<p>a) 先端地盤の極限支持力度</p> <p>$q_d = 100N_s$ (砂質土)</p> <p>$q_d = 3q_u$ (粘性土)</p> <p>ここに、q_d : 先端地盤の極限支持力度 (kN/m²)</p> <p>N_s : 砂質土の先端地盤の N 値 ($N \leq 30$)</p> <p>固結した良質な砂層等に根入れする場合や地層年代が古くセメンテーションを有する砂質土の場合には、検討のうえ、N 値を 50 まで採用してよい。</p>
<p>b) 周面摩擦力度</p> <p>$f_i = 5N_s$ (≤ 200) (砂質土)</p> <p>$f_i = 10N_c$ または $f_i = c$ (≤ 150) (粘性土)</p> <p>ここに、f_i : 最大周面摩擦力度 (kN/m²)</p> <p>N_s : 砂質土の N 値</p> <p>N_c : 粘性土の N 値</p> <p>c : 粘着力 (kN/m²)</p>



図一解 2.5.7 先端面積

2. 5. 5 浮上りの検討

鋼製地中連続壁は、地下水により生ずる浮力に対して、安全でなければならない。

【解説】

浮上りに対する検討は、下記の式で行ってよい。

$$\{(P_u/n) + W\} / 1.1 \geq P_f$$

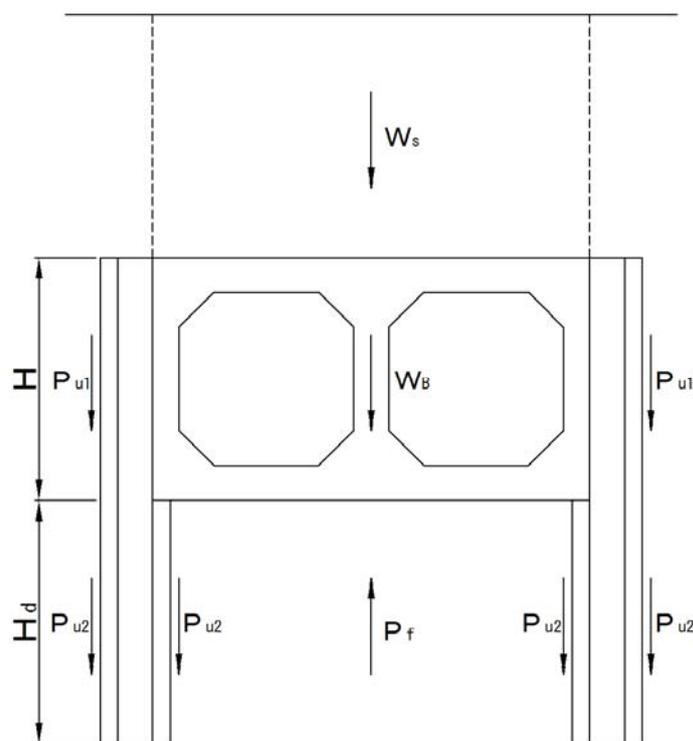
$$P_u = B \cdot \sum L_i \cdot f_i$$

$$W = W_s + W_B$$

- ここに、
 P_u : 地盤から決まる鋼製地中連続壁の極限引抜力 (kN)
 P_f : 浮力 (kN)
 n : 安全率 (一般に常時では、 $n=6$)
 W_s : 鉛直荷重 (kN)
 W_B : 躯体自重 (kN)
 B : 摩擦面の長さ (m)
 L_i : 周面摩擦力を考慮する層の層厚 (m)
 f_i : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度 (kN/m²)

最大周面摩擦力度 f_i は表一解 2.5.1 の算定式によってよい。鋼製地中連続壁においては、開削トンネル側面と根入れ部の摩擦抵抗力を考慮する。

安全率 n は、該当する基準書によるものとする。



図一解 2.5.8 開削トンネルに作用する力

2. 5. 6 現場継手の設計

- (1) 現場継手の設計は、作用部材力に対して行うことを原則とする。
ただし、曲げに対しては NS-BOX の抵抗曲げモーメントの 75%以上の強度をもつように設計しなければならない。
- (2) 隣接する現場継手の位置は鉛直方向に原則として 500mm 以上相互にずらした千鳥配置とすることが望ましい。
- (3) 現場継手は原則として摩擦接合用高力ボルト継手によるものとする。

【解説】

- (1) 現場継手は全強継手にすると、不経済になることが多いため、作用部材力を用いて設計することを原則とした。作用部材力は、当該継手の中心位置の部材力を採用してよい。ただし、曲げモーメントに対しては、継手部分の断面不均一による応力集中や、あるいは地盤条件、設計用荷重等の不確実性を考慮し、たとえ作用部材力が小さい場合でも、鋼材の許容応力度を用いて算出した母材の抵抗曲げモーメントの 75%以上の継手強度を確保するものとする。また、継手の上下で断面が異なる場合は、小さい方の断面の抵抗曲げモーメントの 75%以上の継手強度を確保するものとする。

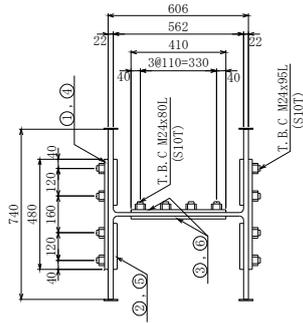
せん断力に対しては、全強と比較して一般に作用せん断力が小さく、全強継手とすると不経済となるので、所要強度に下限値を設けず、作用部材力に対して継手の設計を行うものとする。

- (2) 現場継手の位置は同一レベルにならないよう、設定する必要がある。ただし、構造寸法や施工制約上、部分的に 500mm 以上を確保できない場合にはこの限りではない。

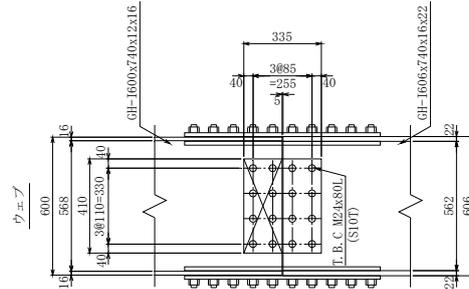
- (3) 本指針(案)で取り扱っている NS-BOX は大深度対応の鋼製連壁部材であり高い鉛直精度を必要としている。従って、鉛直精度を管理しやすく施工性の優れた摩擦接合用高力ボルトを原則とした。高力ボルト継手の設計法は『道路橋示方書・同解説、Ⅱ鋼橋編 6. 3 高力ボルト継手』（日本道路協会）によるものとする。摩擦接合用高力ボルトの中では、トルシア型高力ボルトが施工上望ましい。現場継手に使用する高力ボルトは原則として M24 とし、その孔径は 26.5 mm を標準とする。

現場継手の上下でフランジ厚が異なる場合は、NS-BOX の断面の高さを調節することにより、上下の嵌合継手のスリット中心を合わせることを原則とする。NS-BOX の鉛直方向全長にわたり、基準中心線からのスリット芯の設計上の“ずれ”は ±4 mm 以内であることが望ましい。

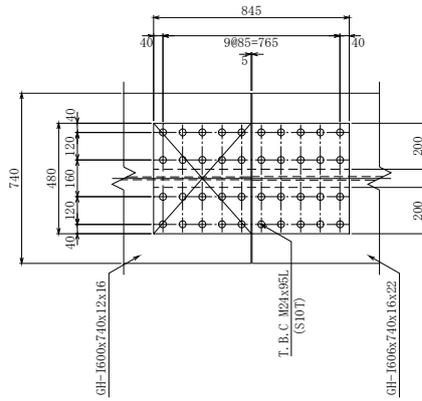
GH-Iタイプ



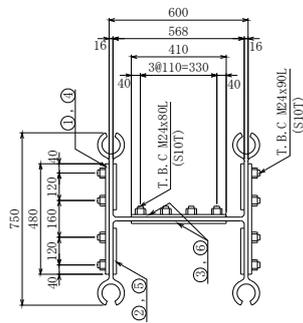
- ① S. PL-16x480x845 (SM490)
- ② S. PL-16x200x845 (SM490)
- ③ S. PL-12x410x335 (SM490)
- ④ FILL. PL-3, 2x480x420 (SS400)
- ⑤ FILL. PL-3, 2x200x420 (SS400)
- ⑥ FILL. PL-2, 3x410x165 (SS400)



フランジ

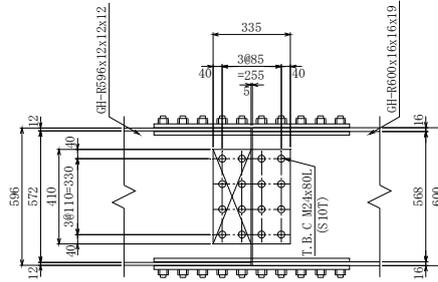


GH-Rタイプ

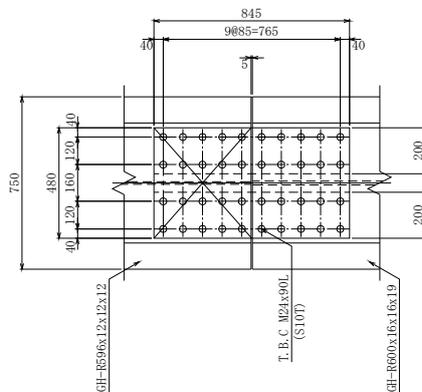


- ① S. PL-16x480x845 (SM490)
- ② S. PL-16x200x845 (SM490)
- ③ S. PL-12x410x335 (SM490)
- ④ FILL. PL-2, 3x480x420 (SS400)
- ⑤ FILL. PL-2, 3x200x420 (SS400)
- ⑥ FILL. PL-2, 3x410x165 (SS400)

ウエブ



フランジ



図一解 2.5.9 現場継手の一例

2. 5. 7 本体構造との接合

- (1) NS-BOX と床版との接合は、接合部に作用する曲げモーメント、せん断力、軸力を円滑に、かつ安全に伝える構造としなければならない。
- (2) 内壁コンクリートを設ける壁形式の場合は、NS-BOX と内壁コンクリートとの接合部に作用するせん断力を円滑に、かつ安全に伝える構造としなければならない。

【解説】

- (1) NS-BOX と床版との接合部には、曲げモーメントを伝達させる曲げ鉄筋、せん断力を伝達させるせん断鉄筋を取り付け、鉄筋コンクリート床版と結合する。曲げ鉄筋およびせん断鉄筋の接合方式には次の方法がある。

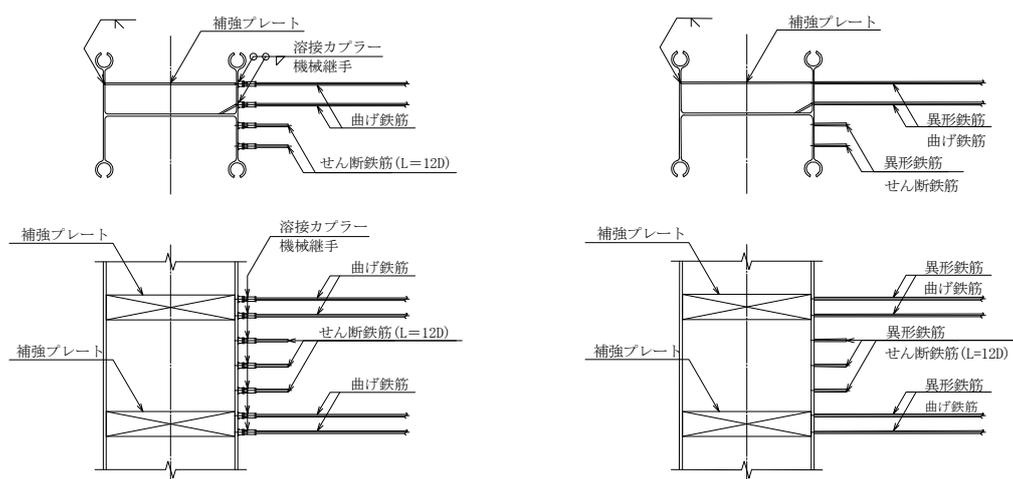
1) ねじ継手溶接カプラー方式

NS-BOX のフランジに、あらかじめねじ継手（溶接カプラー）を溶接し、床版施工時に後施工カプラー付き鉄筋または、ねじ切り鉄筋と接合する方式

2) 異形鉄筋溶接方式

床版施工時に NS-BOX のフランジに異形鉄筋を溶接する方式で、スタッド溶接（D19～D22）およびマグ溶接（D25～D51）があり、鉄筋径によって必要なフランジ厚が異なるため、芯材仕様を考慮した検討を行う。

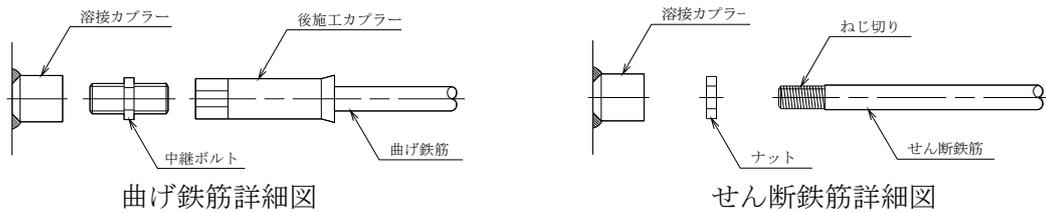
1)、2) いずれの場合も、曲げ鉄筋については、NS-BOX の床版鉄筋接合部に補強が必要である。図一解 2.5.10 に床版接合方式ごとの断面図、図一解 2.5.11 にねじ継手溶接カプラー方式の曲げ鉄筋およびせん断鉄筋の詳細図を示す。なお、単独壁におけるハンチ筋は NS-BOX に溶接するものとする。



ねじ継手溶接カプラー方式

異形鉄筋溶接方式

図一解 2.5.10 床版接合方式



図一解 2.5.11 床版鉄筋詳細図

① 照査方法

NS-BOX と床版の接合部に発生する曲げモーメントおよび軸力に対する検討は鉄筋コンクリートの設計法によるものとする。図一解 2.5.12 に断面照査用の設計断面力算定位置を示す。

1) 単独壁および一体壁の場合

NS-BOX に定着可能な鉄筋本数のみで床版接合部の設計を行う。

(例) @700mm、GH-R に 4 本、GH-I に 4 本の場合

$$n = (4+4) / 2 / 0.70\text{m} = 5.714 \text{ 本/m}$$

2) 重ね壁および一体壁(内壁コンクリートへの鉄筋の定着が可能)の場合

NS-BOX および内壁コンクリートに定着する鉄筋本数で床版接合部の設計を行う。

(例) @700mm、GH-R に 4 本、GH-I に 4 本、部材間に 1 本の場合

$$n = \{ (4+4) / 2 + 1 \} / 0.70\text{m} = 7.142 \text{ 本/m}$$

NS-BOX と床版の接合部に発生するせん断力に対する検討は、以下のいずれかの式によるものとする。せん断鉄筋はねじ切り鉄筋を使用するが、鉄筋の全断面積を有効とする事とした。

$$S / (n_s \cdot q_s) \leq 1.0$$

ここに、 S : NS-BOX 1 本当りに作用するせん断力 (N)

n_s : せん断鉄筋の本数 (本)

q_s : せん断鉄筋 1 本当りの許容せん断力 (N)

$$q_s = \alpha \{ 0.5 \cdot A_s \sqrt{f'_{ck} \cdot E_c} \}$$

ここに、 A_s : せん断鉄筋の断面積 (mm^2)

f'_{ck} : コンクリートの設計基準強度 (N/mm^2)

E_c : コンクリートのヤング係数 (N/mm^2)

ただし、 $\sqrt{f'_{ck} \cdot E_c} \geq 900$ の場合、 $\sqrt{f'_{ck} \cdot E_c} = 900 \text{ N}/\text{mm}^2$ とする。

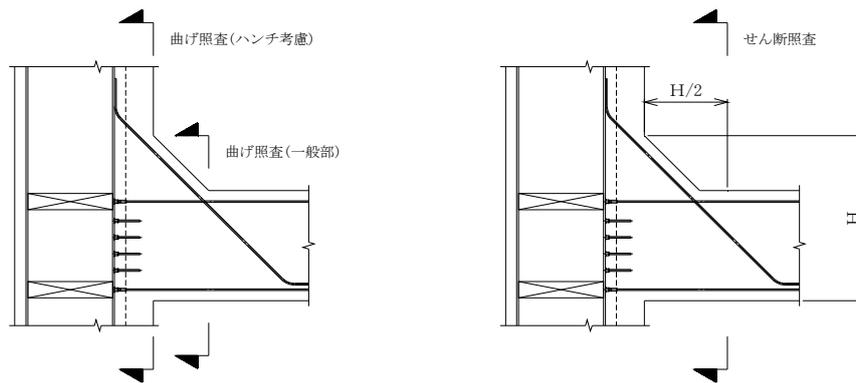
α : 低減係数で長期荷重に対し $\alpha = 0.4$ 、短期荷重に対し $\alpha = 0.6$

NS-BOX は原則として上記式を用いるが、疲労安全性が問題となる場合は以下の式によるものとする。

$$\tau = S / (n_s \cdot A_s) \leq \tau_{sa}$$

ここに、 τ : 作用せん断応力度 (N/mm^2)

τ_{sa} : 許容せん断応力度 (N/mm^2) ($= 0.6 \times \sigma_a$)



図一解 2.5.12 設計断面力の算定位置

② 定着長さ

曲げ鉄筋の定着長さは、次式を満足するものとする。

$$L = \sigma_a \cdot D / (4 \tau_{oa})$$

ここに、 L : 曲げ鉄筋の定着長さ (mm)

D : 曲げ鉄筋の径 (mm)

τ_{oa} : コンクリートと鉄筋の許容付着応力度 (N/mm²)

σ_a : 曲げ鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²) 表-2.3.5を参照

せん断鉄筋の定着長さは、次式を満足するものとする。

$$L = 1.2 D$$

ここに、 L : せん断鉄筋の定着長さ (mm) (後施工カプラー部を除く長さ。)

D : せん断鉄筋の径 (mm) (一般部の鉄筋径)

③ 定着方法

1) 単独壁形式

全ての床版鉄筋を NS-BOX に定着させる。

2) 重ね壁形式

床版の引張鉄筋は鋼製地中連続壁と内壁コンクリートとの耐力比で分担、各々に定着させるものとし、NS-BOX に定着させる最小鉄筋量は仮設時に必要な鉄筋量以上とする。

圧縮鉄筋については、1/3 以上を NS-BOX に、残りを内壁コンクリートに定着させる。

3) 一体壁形式

上床版および下床版の引張鉄筋は、NS-BOX に定着させる。圧縮鉄筋で内壁コンクリートに定着がとれる場合については、圧縮鉄筋の 1/3 以上を NS-BOX に、残りを内壁コンクリートに定着させる。また、中床版で内壁コンクリートに定着がとれる場合は床版鉄筋を内壁コンクリートのみに定着させてもよい。

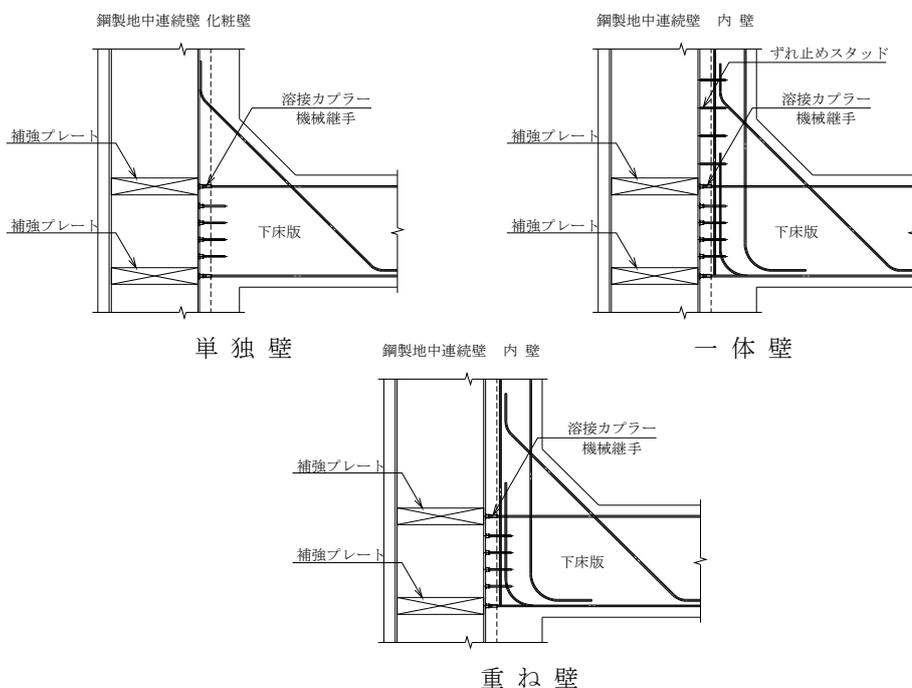
圧縮側ハンチ筋は床版圧縮側主筋の 1/3 以上を原則とする。図一解 2.5.13 に NS-BOX 床版との接合部の配筋例を示す。

ねじ継手溶接カプラーは表一解 2.5.2 および図一解 2.5.14 に示すものを標準とする。ただし、せん断鉄筋については、ねじ切り径が小さくなるために溶接カプラーは 1 サ

イズ小さなものを用いる。

(例：せん断鉄筋D32の場合⇒D29の溶接カプラー)

曲げ鉄筋の補強プレート仕様を表一解 2.5.3 に示す。

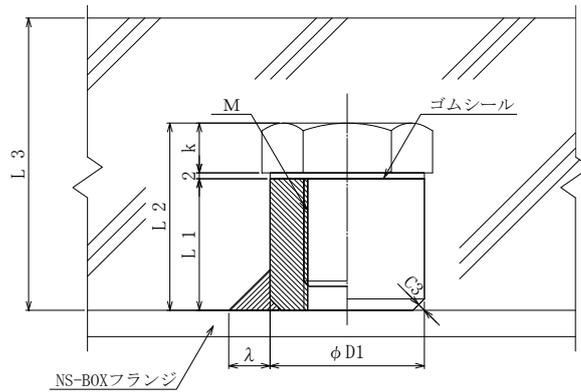


図一解 2.5.13 NS-BOX と床版との接合部の配筋例

表一解 2.5.2 ねじ継手溶接カプラーの寸法

鉄筋・ボルト 呼び名 D-M	外径 $\phi D1$ (mm)	カプラー高 さ L1 (mm)	脚長 λ (mm)	かぶり L3 (mm)	キャップボルト 頭部高さ k (mm)	全高さ L2 (mm)	最小間隔 (mm)
D13-14	25	21	5	100 以上	7	30	60
D16-18	30	25	6		9	36	70
D19-20	32	27	8		10	39	70
D22-24	38	32	9		12	46	80
D25-27	44	37	10		14	53	90
D29-30	48	41	12		15	58	100
D32-33	52	45	14		17	64	100
D35-36	56	50	15		18	70	110
D38-39	64	53	16		20	75	120
D41-42	70	58	17		21	81	130
D51-52	85	70	20		31	103	150

※ 最小間隔 = $\phi D1 + 2 \times \lambda + 20\text{mm}$ (空き)



図一解 2.5.14 ねじ継手溶接カプラー

表一解 2.5.3 曲げ鉄筋の補強プレート
ウェブと平行なプレート

鉄筋径	D13～ D22	D25	D29	D32	D35	D38	D41	D51
補強プレート (鉄筋許容応力度 180N/mm ² 用) (mm)	9×75	9×75	9×100	9×125	9×150	12×150	12×150	16×180
補強プレート (鉄筋許容応力度 200N/mm ² 用) (mm)	9×75	9×100	9×125	9×150	12×125	12×150	12×180	16×200

ウェブに 30° で接合される補強プレート

鉄筋径	D13～ D22	D25	D29	D32	D35	D38	D41	D51
補強プレート (鉄筋許容応力度 180N/mm ² 用) (mm)	9×75	9×100	9×125	9×150	12×125	12×150	12×180	16×200
補強プレート (鉄筋許容応力度 200N/mm ² 用) (mm)	9×75	9×100	9×125	9×150	12×150	12×180	12×200	19×200

(2) 内壁コンクリートを設ける壁形式の場合は、躯体コンクリートの上下動によるNS-BOXと躯体コンクリート間のずれせん断力に対して十分なせん断鉄筋を配置しなければならない。また、内壁コンクリートとの一体化を図る場合には、側壁に曲げが作用する事により発生するNS-BOXと内壁コンクリート間のずれせん断力に対しても十分なせん断鉄筋を配置しなければならない。

① 鉛直荷重によるずれせん断力

重ね壁形式および一体壁形式において、浮力などの鉛直方向の荷重が躯体コンクリートに作用する事により、NS-BOXと躯体コンクリートとの接合面に

ずれせん断力が作用する。せん断鉄筋の照査は(1)に準拠する。

② 側壁の曲げによるずれせん断力

一体壁形式において、側壁に曲げが作用するとNS-BOXと内壁コンクリートとの接合面にずれせん断力が作用する。せん断鉄筋の照査は以下の式によるものとする。ただし、不完全合成梁とする場合は他の基準に準じてよい。

1) ずれせん断力の算出

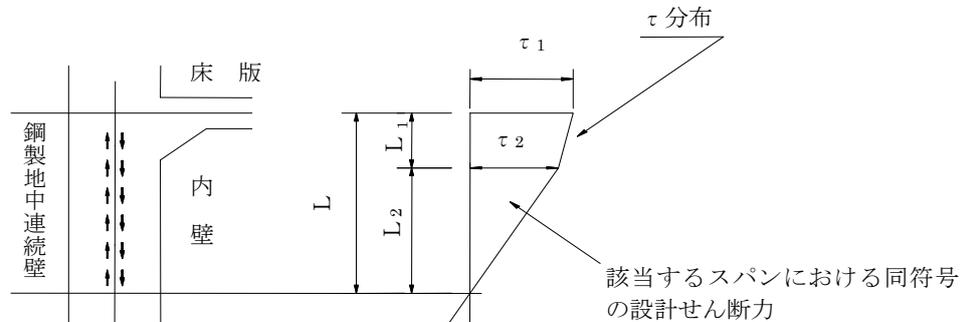
NS-BOXと内壁コンクリートとの接合面に生じるずれせん断力は、側壁のずれせん断応力度より求める。ずれせん断力の算出にあたって、骨組構造解析で得られるせん断力S(断面力)を用いて、「道路橋示方書 II 鋼橋編 合成桁-12.5.6ずれせん断力」の算定式に準拠してよい。

$$\tau_i = d_{vc} \cdot (A_c / n) \cdot S / I_v$$

- ここに、 τ_i : 接合面に生じるずれせん断応力度 (N/mm²)
 d_{vc} : 合成後の断面図心から内壁コンクリートの図心までの距離 (mm)
 A_c : 内壁コンクリートの断面積 (mm²)
 n : ヤング係数比 ($n = 7$ とする)
 I_v : 合成後の換算断面二次モーメント (mm⁴)

$$H_v = \frac{1}{2} (\tau_1 + \tau_2) \cdot L_1 \cdot b + \frac{1}{2} \tau_2 \cdot L_2 \cdot b$$

- ここに、 H_v : 接合面に生じる1区間のずれせん断力 (N)
 τ_1, τ_2 : 各変化点におけるずれせん断応力度 (N/mm²)
 L_1, L_2 : 各変化点の距離 (mm)
 b : 有効幅 (mm)



図一解 2.5.15 該当するスパンにおける同符号の設計せん断力

2) せん断鉄筋の設計

鋼製地中連続壁と内壁コンクリートの接合面に配置するせん断鉄筋は、以下の式により検討する。

$$F_s \leq \frac{S_u}{H_v}, \quad S_u = S_{ug} + S_{ul}$$

$$S_{ug} = n \cdot Q_{vg}$$

$$S_{ul} = \mu \cdot \sigma_N \cdot A_c$$

- ここに、 F_s : 安全率 (一般に $F_s = 2.0$)

- H_v : 接合面 L に作用する全設計せん断応力 (N)
 S_u : 接合面 L における全せん断耐力 (N)
 S_{ug} : せん断鉄筋によるせん断耐力 (N)
 S_{ul} : 接合面 L における鋼製地中連続壁と内壁コンクリートの摩擦によるせん断耐力 (N)
 n : せん断鉄筋の本数 (本)
 Q_{vg} : せん断鉄筋 1 本あたりのせん断耐力 (N)
 μ : 鋼とコンクリートの摩擦係数 (一般に $\mu = 0.7$)
 σ_N : 接合面に作用する鉛直圧力度 (N/mm^2) (鋼製地中連続壁に作用する土圧等の外力)
 A_c : 接合面 L の面積 (鋼製地中連続壁の接合面処理を行う部分) (mm^2)

3) 構造細目

- a) スラブの引張鉄筋以外の鉄筋で鋼製地中連続壁に十分定着されている鉄筋は、そのせん断耐力を累加して計算してよい。
- b) せん断鉄筋は異形鉄筋を用いるものとし、その径は25mm以下とするのがよい。
- c) せん断鉄筋の最大間隔は鋼製地中連続壁の有効厚または、内壁設計厚のいずれか小さい値以下とする。

頭付きスタッドを配置する場合は、『H形鋼を芯材とする土留め壁の設計手引き』(日本トンネル技術協会) に準じて設計してよい。

2. 5. 8 防水工

止水性能の要求に応じて鋼製地中連続壁およびコンクリート頂版、底版などの防水を行うものとする。

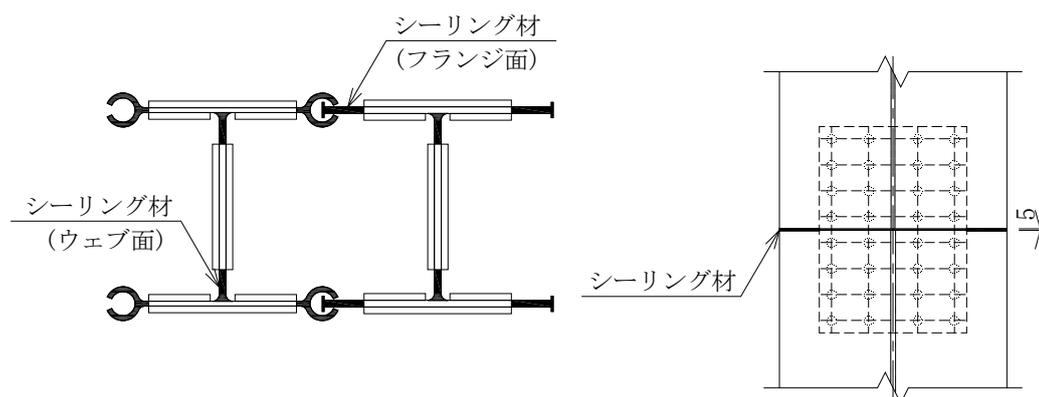
【解説】

防水工は主に鋼製地中連続壁の防水工、本体コンクリート構造物の底版、頂版の防水工に分けられる。

(1) 鋼製地中連続壁の防水工

鋼製地中連続壁は NS-BOX 内にソイルセメントが充填されているため、高い止水性能があることが確認されている〔(財)国土技術研究センター 建設技術審査証明事業(一般土木工法) 報告書「鋼製地中連続壁工法」P130 鋼製地中連続壁工法-II(ソイルセメント) 止水性確認試験結果:C 駅〕。

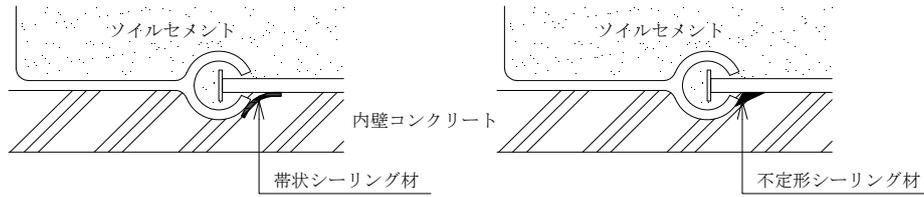
さらに止水性が要求される場合は NS-BOX の現場継手部の防水対策と嵌合継手部の防水対策により高い止水性を確保することができる。現場継手部の防水方法例を図一解 2.5.16 に示す。現場継手の上下 NS-BOX は約 5mm 程度の隙間があり、その隙間にシーリング材などを取付ける。



図一解 2.5.16 現場継手部の防水例

嵌合継手部は何も処理をしない場合、鋼製地中連続壁協会の止水試験報告書(平成 18 年 4 月:「参考 7」参照)では約 0.3Mpa の水圧時に $5.9 \sim 6.1 \times 10^{-7}$ の透水係数(1つの嵌合継手)があるとされている。

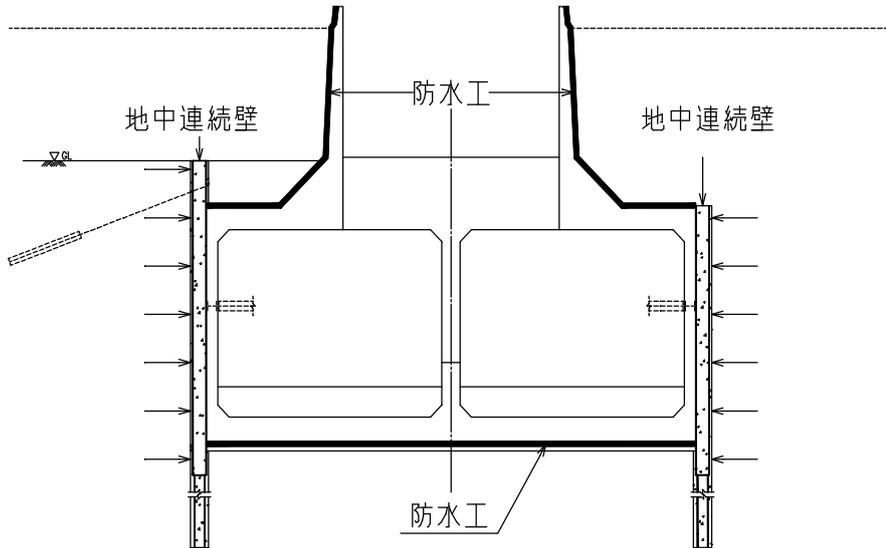
図一解 2.5.17 は嵌合継手に内部掘削後、シーリング材を取付けて内壁コンクリートで抑えた例である。室内試験ではこれらの仕様で、約 0.5Mpa の水圧時でも漏水がないことを確認している。このことから嵌合継手部にシーリング材を付けることで高い止水性が得られる。



図一解 2.5.17 嵌合継手部の防水例

(2) 底版、頂版の防水工

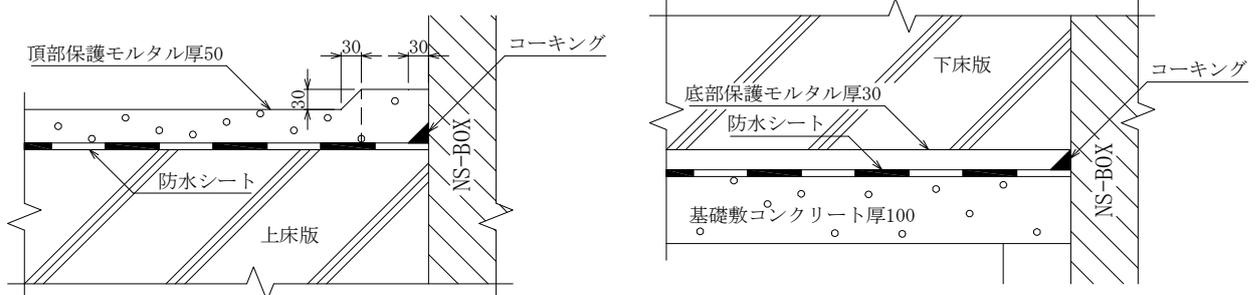
コンクリート構造物の底版、頂版は一般の防水方法と同じであるが、鋼製地中連続壁とコンクリートの接合部は入念な防水処理が必要である。防水工の例を図一解 2.5.18 および図一解 2.5.19 に示す。図一解 2.5.19 の上床または下床コンクリート部に水膨潤材を付けることも行われている。



図一解 2.5.18 防水工の全体配置

(上床版)

(下床版)



図一解 2.5.19 防水工の例

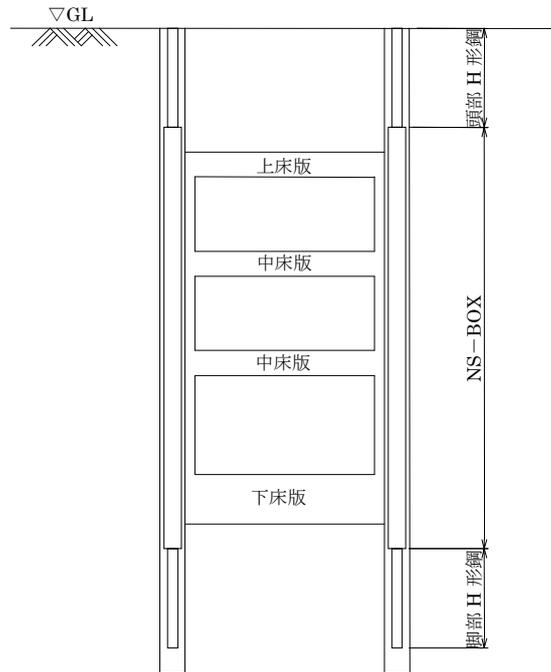
2. 5. 9 構造細目

- (1) NS-BOX の断面の高さは 400mm 以上を原則とする。
- (2) NS-BOX の部材間隔は 700mm を標準とする。
- (3) 一般部かぶりおよび純かぶりは、ソイルセメント溝幅、地盤条件等を考慮して設定しなければならない。
- (4) NS-BOX を本体利用する場合には嵌合継手を連続させることを原則とする。ただし、仮設のみに使用する場合はこの限りではない。
- (5) NS-BOX は、腐食の影響を考慮して設計するものとする。
- (6) NS-BOX の頭部および脚部の本体利用しない部分には、必要に応じて H 形鋼を使用してよい。
- (7) 内壁コンクリートの構造目地は止水板を配置する構造とする。
- (8) 内壁コンクリートは、十分なせん断耐力と靱性を確保するために、必要な量の中間帯鉄筋を配置するものとする。

【解説】

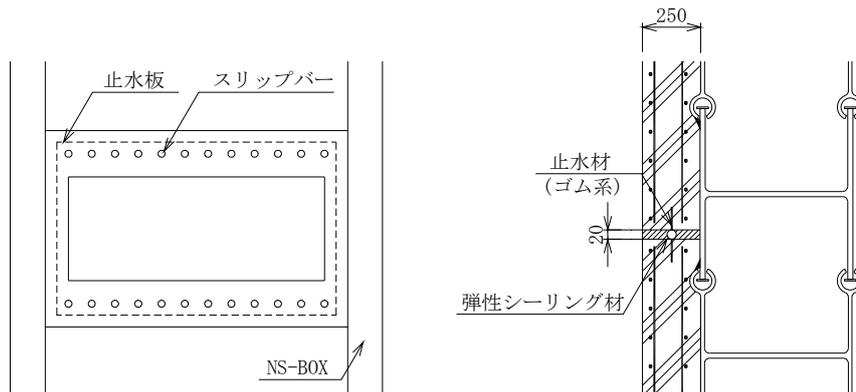
- (1) NS-BOX の断面の最小高さは製造上の理由から 400mm とした。最大寸法は TRD 工法の場合 700mm、CSM 工法の場合 1000mm であり、他にも安定液掘削によるソイルセメント系の工法があるため、特に最大寸法は定めないこととした。
- (2) NS-BOX の部材間隔(ウェブ中心間隔)は、NS-BOX の局部座屈強度から 700mm を標準とした。但し、実験または解析等でフランジに局部座屈が発生しないことが確認された場合には、GH-I のフランジ幅を大きくすることができる。
- (3) 一般部かぶりは、100mm を標準とする。
- (4) 本体利用の場合は、止水性を確保するため、原則として嵌合継手は連続したものを設けるが仮設部分では SMW 等の H 形鋼と同様であり、嵌合継手は必ずしも必要としない。なお、内部掘削後、嵌合継手部に止水処理を行う場合、GH-I の T 継手は部材先端のみでよい。ただし、嵌合一般部は C 継手内に GH-I のフランジの一部が連続して入っているものとする。
- (5) NS-BOX はソイルセメントで囲まれているために、ほとんど鋼材に腐食を生じていない。文献によれば、とくに腐食性の強い環境に建設する場合を除き、腐食しうるとして両フランジの外側で 1mm 程度をとっておけば十分と考えられる。
- (6) H 形鋼を頭部に使用すると、鋼材重量を軽減することが可能となり、かつ本体構造物構築後に撤去する場合、施工が容易になる。ただし、NS-BOX のエレメント端部処理部分では、頭部は NS-BOX またはそれに準じた嵌合継手を配置しておく必要がある。また、NS-BOX の底版以深の根入れ部も同様に H 形鋼を使用することができる。H 形鋼を使用する部分は仮設構造の範囲とする。その使用例を図-解 2.5.20 に示す。根入れ部に H 形鋼を用いる場合、NS-BOX の長さは継手板の大きさを考慮するものとする。

H 形鋼を頭部に使用する場合、別途、建込み用ガイドなどを検討する必要があるので注意する。



図一解 2.5.20 H形鋼の使用例

- (7) 一般に本体コンクリートの構造目地は止水板、スリッパなど構成されている。鋼製地中連続壁の場合、水平方向には嵌合継手があり、上下方向には NS-BOX で固定されているため、NS-BOX がスリッパの役割を果たしているため、内壁コンクリートには止水板のみを配置する構造とする。構造目地の例を図一解 2.5.21 に示す。



本体部 (止水板、スリッパ)

NS-BOX 部 (内壁コンクリートの止水板)

図一解 2.5.21 本体および NS-BOX 部の構造目地

- (8) 一体壁形式及び重ね壁形式において、地下構造物のせん断耐力を確保するために作用せん断力に対して、内壁コンクリートに十分な量の間帯鉄筋（せん断補強筋）を設けるものとする。十分な量の間帯鉄筋があれば、負曲げに対しても脆性破壊を避けられ、変形性能が向上することが知られている。間帯鉄筋は「道路橋示方書IV下部構造編 14.9.4 および 11.9.3」に基づき、次のように配置するものとする。
- 1) 水平鉄筋と同じ材質で D16 以上。
 - 2) 水平方向及び鉛直方向間隔は内壁コンクリート厚以下。但し、内壁コンクリート厚が 1 m 以上の場合は、間隔は 1 m 以下とする。

第3章

施 工

第3章 施工

3.1 共通編

3.1.1 適用工法

本指針では、TRD工法およびCSM工法を対象とする。

【解説】

本指針では、施工実績のある「TRD工法」、「CSM工法」について記載する。

各工法で共通する施工計画上の基本事項や仮設備等については3.1章、工法の詳細については3.2章及び3.3章に記載する。また、各工法の特徴や施工事例等は巻末の参考に掲載する。

3.1.2 施工計画

ソイルセメント鋼製地中連続壁工法の施工計画の策定にあたっては、NS-BOXの設計及び施工上の特性を十分に考慮して計画しなければならない。

【解説】

ソイルセメント鋼製地中連続壁工法の施工法は、通常のソイルセメント地中連続壁工法とほぼ同様である。ソイルセメント鋼製地中連続壁工法では、H形鋼等の芯材の代わりにNS-BOXを設置することに特徴があり、それに付随して施工機械の選定、継手方式などの面において、ソイルセメント地中連続壁工法と相違がある。施工計画の策定にあたってはそれらの特性を十分に考慮する必要がある。標準的な施工フローおよび施工手順は、工法ごとに3.2章、3.3章に記載する。

なお、本章に記述されていない事項については、第1章 総則 1.1 適用範囲【解説】に挙げた関連図書等によるものとする。

3. 1. 3 適用範囲

(1) TRD工法およびCSM工法の標準的な適用範囲を表-3.1.1~3.1.2に示す。

表-3.1.1 TRD工法機種選定表

機種	最大壁深度 (m)	壁厚 (mm)	NS-BOX 部材高 (mm)
TRD-II	35.0	600~700	400~500
TRD-III	60.0	600~900	400~700

注1) NS-BOXの諸元により必要壁厚を表-解3.1.1より決定する。

表-3.1.2 CSM工法機種選定表

機種	最大壁深度 (m)	壁厚 (mm)	NS-BOX 部材高 (mm)
ケリーバータイプ	25.0	600~900	400~700
クアトロタイプ	65.0	600~1200	400~1000

注1) NS-BOXの諸元により必要壁厚を表-解3.1.2より決定する。

(2) 壁厚は、NS-BOX仕様(種類、長さ)から決定する。

【解説】

(1) TRD工法の適用土質は、N値100以下の粘性土・砂質土及び軟岩I(一軸圧縮強度 $q_u \leq 5,000 \text{ kN/m}^2$)を標準とする。砂礫の最大粒径は100mm以下とする。適用壁厚は600mm~850mmを標準とするが、礫を含まない土質条件の場合のみ900mmまで適用できる。適用深度は、TRD-II型で35m、TRD-III型で60mである。

適用土質以外の施工実績として、最大礫径800mmの玉石を混入する砂礫地盤の掘削や岩盤等級CMクラス地盤への壁下端の根入れ等の実績があるが、このような土質条件の場合には、施工速度が極端に遅くなりカッタービットの損耗が著しくなるので、施工に先立ち試験施工を実施し、施工速度やビット損耗率などを確認する必要がある。

CSM工法の適用土質は、N値200以下の粘性土・砂質土・礫質土および軟岩I(一軸圧縮強度 $q_u \leq 5,000 \text{ kN/m}^2$ 以下)を標準とする。砂礫の最大粒径は100mm以下とする。適用壁厚は600mm~1200mmを標準とする。適用深度は、ケリーバータイプ25m(掘削姿勢制御装置をオプション装備した場合は35mまで)、クアトロタイプ65m(サイドカッター仕様は60m)である。

機種は、壁厚、壁深度、施工条件等を考慮し選定する。

(2) 標準的な適用壁厚選定表を表-解3.1.1および表-解3.1.2に示す。選定表は芯材全長がNS-BOXの場合を示しており、芯材下部にH形鋼が取り付けられる場合には別途検討が必要である。また、壁が曲線形状でコーナー部の鋼製芯材の建込みを考慮する必要がある場合にも別途検討が必要である。

表一解 3.1.1 TRD工法 壁厚選定表

鋼製芯材長 (m)	鋼製芯材の種類						
	GH-400	GH-450	GH-500	GH-550	GH-600	GH-650	GH-700
10.0	600	650	700	750	800	850	900
11.0	600	650	700	750	800	850	900
12.0	600	650	700	750	800	850	900
13.0	600	650	700	750	800	850	900
14.0	600	650	700	750	800	850	900
15.0	600	650	700	750	800	850	900
16.0	600	650	700	750	800	850	900
17.0	600	650	700	750	800	850	900
18.0	600	650	700	750	800	850	900
19.0	600	650	700	750	800	850	900
20.0	600	650	700	750	800	850	900
21.0	600	650	700	750	800	850	900
22.0	600	650	700	750	800	850	900
23.0	600	650	700	750	800	850	900
24.0	600	650	700	750	800	850	900
25.0	600	650	700	750	800	850	900
26.0	600	650	700	750	800	850	900
27.0	600	650	700	750	800	850	900
28.0	600	650	700	750	800	850	900
29.0	600	650	700	750	800	850	900
30.0	600	650	700	750	800	850	900
31.0	650	700	750	800	850	900	
32.0	650	700	750	800	850	900	
33.0	650	700	750	800	850	900	
34.0	650	700	750	800	850	900	
35.0	650	700	750	800	850	900	
36.0	650	700	750	800	850	900	
37.0	650	700	750	800	850	900	
38.0	650	700	750	800	850	900	
39.0	650	700	750	800	850	900	
40.0	650	700	750	800	850	900	
41.0							
42.0							
43.0							
44.0							
45.0							

注) 空欄箇所は別途検討する。

表一解 3.1.2 CSM工法 壁厚選定表

鋼製芯材長 (m)	鋼製芯材の種類									
	GH-400	GH-450	GH-500	GH-550	GH-600	GH-650	GH-700	GH-800	GH-900	GH-1000
10.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
11.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
12.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
13.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
14.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
15.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
16.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
17.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
18.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
19.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
20.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
21.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
22.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
23.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
24.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
25.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
26.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
27.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
28.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
29.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
30.0	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200
31.0	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200	
32.0	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200	
33.0	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200	
34.0	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200	
35.0	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200	
36.0	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200	
37.0	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200	
38.0	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200	
39.0	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200	
40.0	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1200	
41.0										
42.0										
43.0										
44.0										
45.0										

注)空欄箇所は別途検討する。

3. 1. 4 現地調査と試験施工

- (1) 現地調査は、施工において必要となる現地条件などの情報を入手するために実施する。特に地盤条件は、鋼製地中連続壁の品質に影響するため、地層構成、土質、地下水等について調査しなければならない。
- (2) 施工が困難と予想される場合は、試験施工の実施が望ましい。

【解説】

- (1) 現地調査では、プラントヤード、資機材搬入路などを含めた周辺作業環境の確認を行う。地中埋設物などの障害物が予想される場合には、事前に関係各所と連携をとり、必要に応じて試掘等を実施する。表一解 3. 1. 3 に現地調査項目の例を示す。TRD工法は、連続横行施工のため、地中障害物が存在すると横行不能になるので、事前に障害物を確認し、除去しておくことが望ましい。

表一解 3. 1. 3 現地調査項目一覧表

大項目	小項目	調査内容
周辺状況	通行経路 搬出入口 近隣協定 敷地 井戸	<ul style="list-style-type: none"> ● 幅員、通行規制、高さ制限 ● 幅、高さ、勾配、旋回の可否 ● 作業可能日、作業可能時間帯 ● 敷地境界、隣地構造物、作業場所からの距離 ● 利用状況、水質
敷地状況	敷地 作業地盤 地中障害物及び埋設物 地上障害物	<ul style="list-style-type: none"> ● 施工範囲、機械の組立解体場所、プラント設置場所 材料置き場、材料搬入路、泥土の一時貯蔵場所 ● 地盤支持力、水平度、降雨時の状況、補強・養生の要否 ● 地下障害(埋設)物の位置・規格・構造、旧構造物の残片等の有無、地下空洞の有無(旧井戸、防空壕等) ● 架空線の有無
地盤状況	調査位置 土質 地下水	<ul style="list-style-type: none"> ● 地盤調査位置と施工範囲の関係、標準貫入試験結果等 ● 粒度分布、含水比(量)、透水係数、一軸圧縮強度 有機質土等の特殊な土の有無 ● 水位の変化、被圧水の有無・程度、地下水流の有無
近接構造物	地上構造物 地下構造物 施設の種類	<ul style="list-style-type: none"> ● 施工位置との距離 ● 構造物の位置・深さ・基礎形状、施工位置との距離 ● 振動・騒音の規制状況
電力・用水	工事用水 工事用電力	<ul style="list-style-type: none"> ● 用水供給源の有無、供給能力(吐出口径、水圧) ● 動力用電源の有無・能力

- (2) 試験施工は施工速度、施工能率、土質などの確認のために実施する。試験施工の結果は、必要に応じて設計及び施工計画に反映する。試験施工に際しては、現地条件、地盤条件を考慮した中で試験目的を明確にし、全体工程、経済性を踏まえて実施する必要がある。

3. 1. 5 施工準備および準備工

ソイルセメント鋼製地中連続壁工法の施工準備および準備工に関しては、その施工上の特性に留意し、設計図書および施工計画書に基づいて実施する。

【解説】

ソイルセメント鋼製地中連続壁工法の施工については、鋼製連壁部材である NS-BOX の仮置きスペースが必要である。また、NS-BOX の建込み、設置に際しては、重機の選定、適切な吊り金具や建込み治具などに留意する。

①作業用地の整備

作業用地、仮設道路は大型重機の安全な移動と仮設備の設置に配慮する。

②作業床の築造

作業床は、施工機械の走行や稼働時の作用荷重に耐えうる構造とする。

③埋設物および障害物の処理

事前調査により判明した地中埋設物や地中障害物は、溝壁掘削工事の支障にならないように移設・撤去などの措置を行う。撤去後、溝壁の安定を確保するため、埋戻し土のセメント処理などにより確実に復旧する必要がある。

④作業足場および開放長の検討

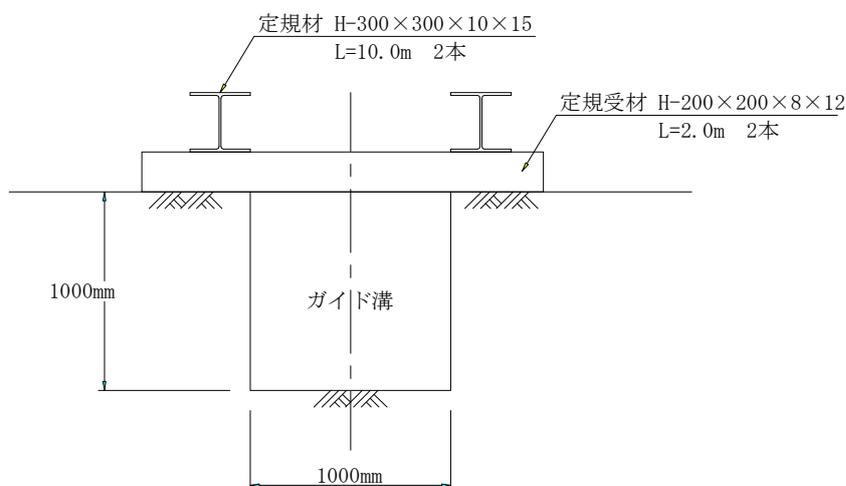
施工機械の安定や近接構造物への影響など、施工条件によっては掘削時の溝壁開放による地盤変位が問題となる場合がある。必要に応じて溝壁の安定検討を実施する。(検討例を「参考3 TRD工法の概要」に示す)。

⑤NS-BOX 仮置場所

受入れ、移動、鋼材寸法、建込み数量などを考慮して NS-BOX 仮置場のスペースを確保するとともに、台木、シートなどで養生を行う。

⑥ガイド溝・ガイド定規設置

発生する泥土の一時貯留のため、ガイド溝掘削を行う。また、NS-BOX の建込み治具を固定するため、ガイド定規を設置する。H形鋼を使用したガイド定規の標準形状を図一解 3. 1. 1 に示す。



図一解 3. 1. 1 ガイド定規設置例

⑦工事用水設備

掘削液、固化液の製造および機械器具の洗浄のために、施工機械1台当り300ℓ/分以上の供給能力のあるφ40mm以上の上水道給水栓を準備する。通常は更に鋼製水槽を設置して、給水栓から鋼製水槽にボールタップなどを介して夜間を含む作業休止中も貯留できるようにする。

⑧電気設備

工事における使用電力は、表一解3.1.4を標準とする。

電気設備は発動発電機を用いることを標準とするが、電力会社から受電する場合は配電盤（一次線側）を30～50m毎に設置する。

表一解 3.1.4 機械別使用電力量

機械名称	使用電力量(kW)
全自動プラント	42～
セメントサイロ	15～
その他（高圧洗浄機、水中ポンプ等）	23～
合計	80～

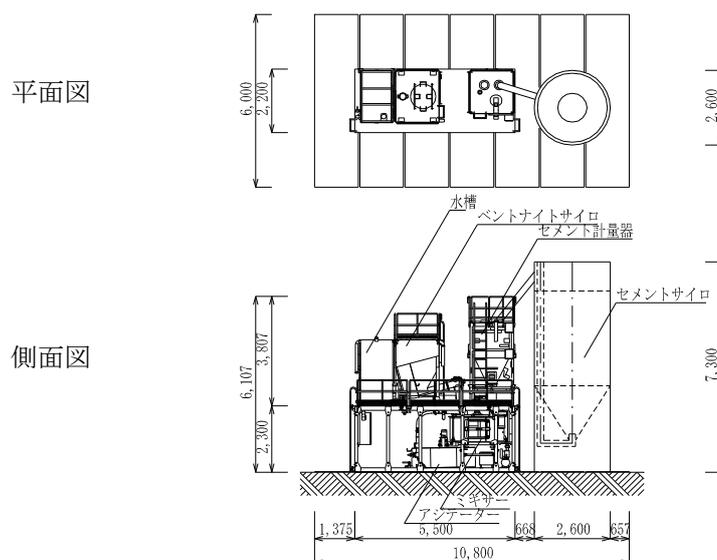
注1) 各プラント1セット当たりの電力量

注2) その他の使用電力量は、TRD工法の場合は43kW～となる。

⑨プラント設備

図一解3.1.2にプラントの例を示す。掘削液材料、固化液材料の貯蔵サイロやタンク、計量器類、ミキサー、アジテーターおよびポンプは想定される最大必要量に対して十分に余裕のある容量や能力を持ったものとする。

掘削液および固化液の品質を確保するため、プラントは材料の計量、注入量の計測ができ、造成容積に応じて注入量の調整が可能な装置とする。



図一解 3.1.2 全自動プラント(例)

⑩環境対策

施工場所や施工時間帯などを考慮して、固化材の飛散防止、周辺道路の汚染防止、振動・騒音などの対策を行う。

⑪産業廃棄物の処理

掘削残土、廃棄汚水等は、通常、産業廃棄物として処理する。なお、これらの処理にあたっては処分地および運搬方法の確認を行うとともに、関係する法令、条例等を調査した上で行うものとする。

3. 2 TRD工法による造成

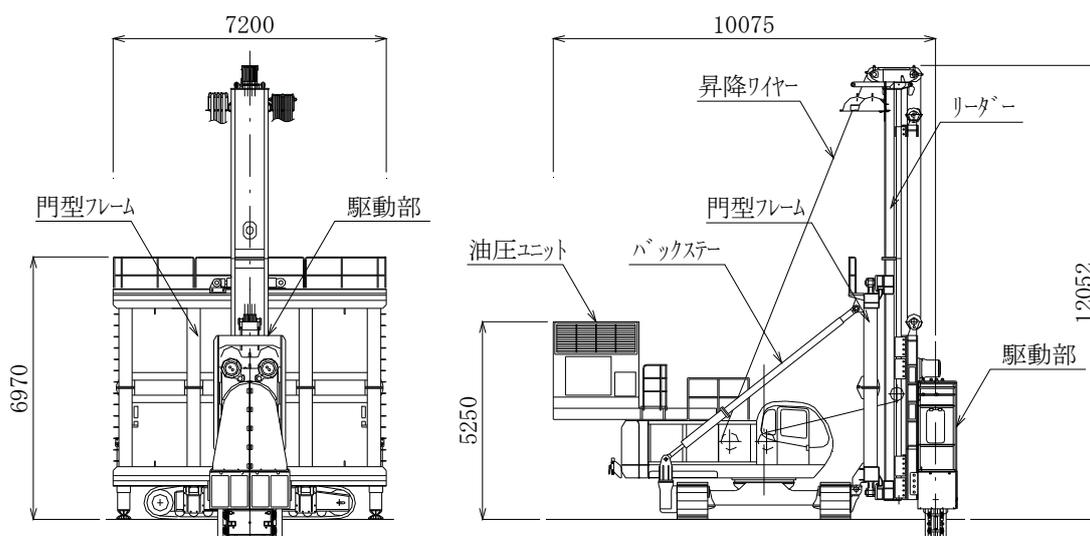
3. 2. 1 施工機械

施工機械は、地盤条件・施工条件に適合したものを選定する。

【解説】

施工機械の選定は、3. 1. 3による。

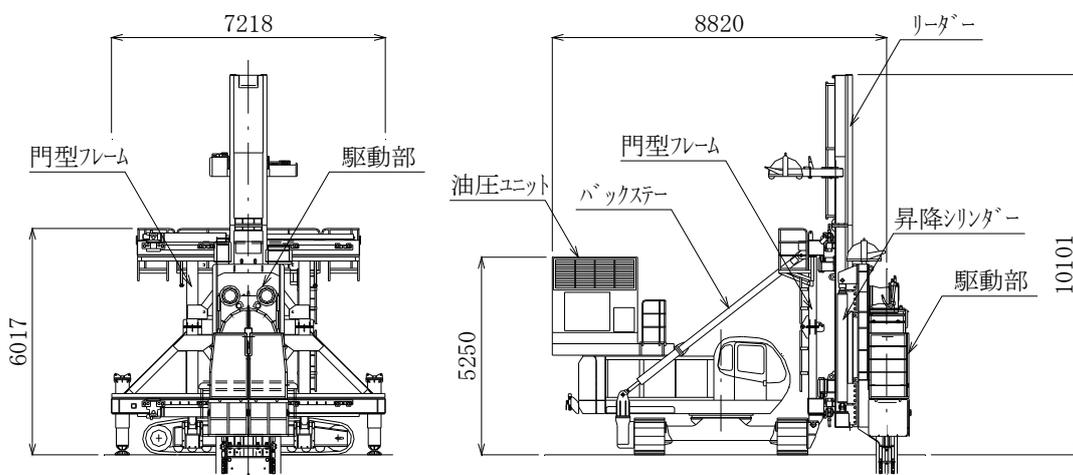
TRD工法機種別の正面図、側面図を図一解 3.2.1～3.2.2 に、TRD工法の標準機械編成例を図一解 3.2.3 および表一解 3.2.1 に示す。



正面図

側面図

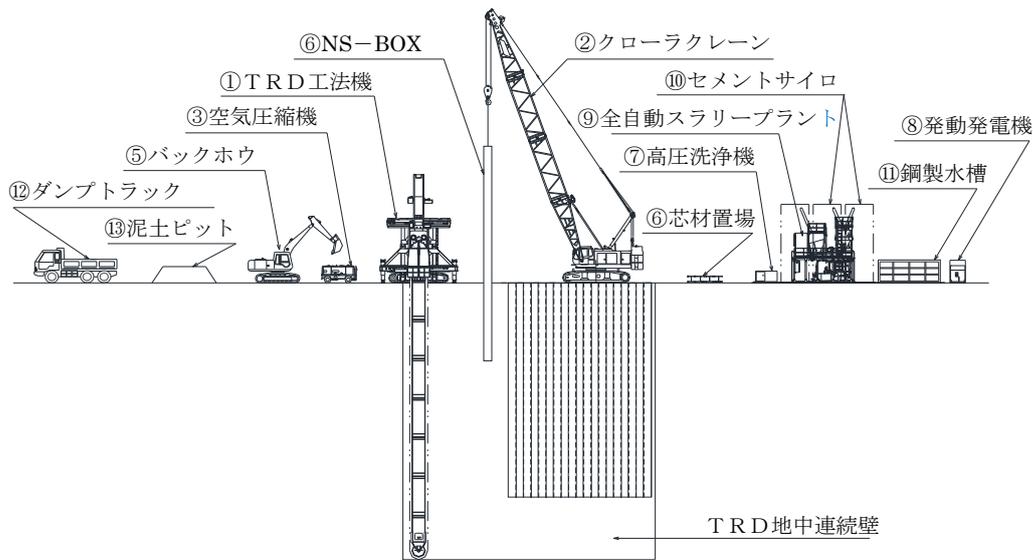
図一解 3.2.1 TRD-II型 (標準型) 姿図



正面図

側面図

図一解 3.2.2 TRD-III型 (標準型) 姿図



図一解 3.2.3 TRD工法標準機械編成例

表一解 3.2.1 施工機械編成表例 (TRD工法機 1 台当り)

No.	名称	規格	数量	摘要
①	TRD工法機	TRD-II型またはIII型	1台	
②	クローラクレーン	60~100ton 吊り	1台	注1) 参照
③	空気圧縮機	5m ³ /min、	1台	
④	敷鉄板	25mm×1,524mm ×6,096mm	30枚	
⑤	バックホウ	山積 0.5m ³ (平積 0.4m ³)	1台	ガイド溝掘削、泥土処理用
⑥	NS-BOX		1式	ストックヤード
⑦	高圧洗浄機	30.8ℓ/min	3台	
⑧	発動発電機	100~200kVA	1台	注2) プラント、セメントサイロ、その他の動力用
⑨	全自動スラリープラント	24m ³ /h または 40m ³ /h	1台	注3) 参照
⑩	セメントサイロ	30t	1台	
⑪	鋼製水槽	20m ³ または30m ³	1台	現場条件により容量決定
⑫	ダンプトラック	10t	必要数	1日の造成交量により選択
⑬	泥土ピット		1基	〃

注1) TRD-II、III型用クレーン (油圧駆動式ウィンチ・ラチスジブ型) の機種選定は、カッターボスト全長の引抜き荷重を考慮して壁深度が 25.0m 以下の場合は 60~65 t 吊り、壁深度が 25.0m 超かつ 45.0m 以下の場合は 80 t 吊り、壁深度が 45.0m 超の場合は 100 t 吊りを標準とする。なお、建込み時の芯材長さや作業半径等の現場条件に応じて機種を調整する。

また、専用のミニクレーンで全自動プラントにベントナイトフレコンの吊り上げ作業が必要な場合は別途配置する。

注2) プラント 1 基の場合は 100KVA、プラント 2 基の場合は 200KVA とする。

注3) プラントの機種および台数は、壁厚 700mm 以下かつ壁深度 35.0m 以下の場合は 24m³/h を、それ以外の場合は 24m³/h × 2 台 (または 40m³/h × 1 台) を標準とする。

3. 2. 2 掘削液、固化液の製造と配合

掘削液、固化液の製造および圧送は、所定の配合のものを均一な品質に製造し、掘削速度の変化に応じて必要な注入量を圧送できる装置を準備する。各液の吐出口は混合効率の良い位置に設ける。

【解説】

材料の貯蔵設備は、想定される最大必要量に対して、十分に余裕のある貯蔵能力と供給速度を有する設備を用意する。

掘削液、固化液（セメント系懸濁液）を供給するプラント装置は、品質確保のために材料の計量、注入量の計測ができ、注入量は造成する壁容積に対応できるものとする。

① 掘削液

掘削液は土砂を流動化するために、掘削時に注入する水、ベントナイト、各種混和剤を添加した懸濁液である。混合スラリーは土砂と掘削液が混じった泥土であり、所定の時間、カッターポストの移動性を損なわない程度に硬めのコンシステンシーと比重を有し、溝壁の安定を保つ。

表一解 3.2.2 は 5 種類の土質に分類し、掘削液の配合方針を示したものである。スラリーの流動性と懸垂力のバランス確保には、混合スラリー中の微粒子の濃度が一定以上必要なため、掘削液に粒度調整材を混ぜること、また、脱水やゲル化を抑制する各種添加剤を混入する。ベントナイト溶液を混ぜたスラリーは固化材のカルシウムイオンにより早期に凝集（ゲル化）するので、使用に当っては注意を要する。

表一解 3.2.2 土質区分と調泥方針

土質区分	粒度特性	混合スラリーの性質と調泥方針
粘性土	粘土+シルト 40%以上	液性限界以上に含水比を高めれば流動化する。粘土中の溶存金属イオンが原因と考えられている造成時のゲル化を緩和する添加剤を必要とする場合がある。
一般土 (粘性土)	粘土+シルト 30~40%以上	加水すると流動化する。粘土が少ない場合、静置すると固液分離し、流動性を失う。固液分離抑制剤とゲル化を緩和する添加剤を必要とする場合がある。
一般土 (砂質土)	粘土+シルト 20~30%以上	加水と攪拌で流動化するが、静置すると固液分離し、流動性を失う。脱水減少剤、粒度調整材、ゲル化を緩和する添加剤を必要とする場合がある。
砂	粘土+シルト 20%以下 D50 ≤ 2.0mm	加水と攪拌で流動化するが、静置すると瞬時に固液分離、砂が沈降し、流動性を失う。砂を懸垂するための粒度調整材の補填と脱水減少剤が必要。
礫質土	粘土+シルト 20%以下 2.0mm ≤ D50 < 50mm	加水と攪拌だけでは流動し難い。径の大きな礫の沈降を抑えるには20%以上の粘土分が必要である。粒度調整材、増粘・脱水減少剤が必要。
礫質土	粘土+シルト D50 ≥ 50mm 20%以下	加水と攪拌では流動化しない。巨礫を砕くため、細粒分が増えることがある。粒度組成の良い粒度調整材と脱水減少剤が必要。流動化材を必要とする場合がある。

注) 土質を分類するための粒度組成データがない場合、地盤柱状図を参考にする。特に、溶存金属イオンの影響が大きいので、粘土層の起源に関する記述に留意する。

表一解 3.2.3 に掘削液の土質別配合例を示す。

表一解 3.2.3 掘削液の配合例 (対象土 1 m³ 当り)

土質 \ 材料名	ベントナイト 添加量 (kg)	TRD-A 剤 添加量 (kg)	ロス率 (%)
粘性土	0~5 (-)	-	10
一般土 (粘性土系)	5~15 (-)	-	
一般土 (砂質土系)	15~25 (20)	0 ~ 1.0	
砂・砂礫	25~50 (30)	0 ~ 2.5	
玉石・岩砕	50~75 (40)	0 ~ 5.0	

注 1) ベントナイトの種類としては 250 メッシュ以上を標準とする。

注 2) ベントナイト欄()内数字は、添加剤 (TRD-A 剤) 使用時を示す。

注 3) 配合数値は例であり、必要に応じて室内配合試験を実施して配合を決定する。

注 4) 地盤に溶存金属イオンが多い場合や粘土分が非常に少ない砂や砂礫層は、ベントナイトに代えて粒度調整材を使用する場合もある。

② 固化液

鋼製地中連続壁の止水性と一軸圧縮強度を確保するには、ソイルセメントに攪拌不良の土塊が混入しないことが必要である。土の攪拌性を左右する含水比、微粒子、砂分含有率など地層の土質特性を考慮した配合計画が要求される。

一軸圧縮強度には掘削液の配合、掘削土砂の粒度特性、セメント添加量、混合スラリーのコンシステンシー、深さ、周辺地盤の土質など多くの因子が影響する。

表一解 3.2.4 に、土質別の固化液配合例を示す。なお、流動性を必要とする場合には流動化剤である TRD-B 剤を、遅延性を必要とする場合は TRD-C 剤を添加する。

表一解 3.2.4 固化液配合例 (対象土 1 m³当り)

土質 \ 材料名	固化材種類	添加量 (kg)	W/C (%)	TRD-B 剤 添加量 (kg)	TRD-C 剤 添加量 (kg)	ロス率 (%)
粘性土	高炉セメント B種	220~250	80	0 ~ 10.0	0~4.4	9 +0.24 L
一般土 (粘性土系)		180~250		0 ~ 2.5	0~2.7	
一般土 (砂質土系)		150~250	~	—	0~2.0	
砂・砂礫		150~250	200	—	0~1.5	
玉石・岩砕		150~250	—	—	0~1.5	

注 1) 上記の配合は、一般的な一軸圧縮強度 $qu \approx 5,000 \text{ kN/m}^2$ 程度を想定している。

注 2) 上表の数値は例であり、必要に応じて室内配合試験により決定する。

注 3) 環境庁告示 46 号溶出試験にしたがい、六価クロム溶出試験を実施する。

注 4) 固化材として、普通セメント、特殊固化材を使用する場合もある。

注 5) ロス率は基準ロス率 9% に壁深度 $L \times 0.24$ を乗じたものを加える。

③ 粒度調整材

粘土分が少ない礫質土には、微粒子の濃度が必要であり、掘削液に粒度調整材を混入する場合がある。表一解 3.2.5 は砂質土に用いる粒度調整材と粒径を示したものである。粒度調整用の粘土はカルシウムイオン (Ca^{2+}) に対し不活性なカオリン系の乾燥粘土、碎石場の副産物である岩石の微粉が適している。また、表一解 3.2.6 に掘削液に粒度調整材を用いる場合の配合例を示す。

表一解 3.2.5 粒度調整材の土粒子径

	粘土	シルト	微細砂
土粒子径	~5 μm	5~75 μm	75 μm ~ 0.45mm

注) 乾燥粘土はローリー車で運搬、サイロに貯留し、全自動プラントで作泥する。

表一解 3.2.6 掘削液における粒度調整材の配合例

	粒度調整材 (kg)	ロス率 (%)
砂・砂礫	(0)~250	
玉石・岩砕	(0)~300	

④ 添加剤

添加剤としては、表一解 3.2.7 に示す TRD-A 剤、TRD-B 剤、TRD-C 剤の 3 種類があり、必要に応じて使用する。

混合スラリーの保水性が低いと、溝壁に脱水ケーキが発達する。その発達度は混合スラリーの脱水性と透水層の深さに比例する。したがって、砂地盤での大深度施工では脱水減少剤が必要となる。市販の脱水減少剤の中には、地下水の水質や粘土に溶存した金属イオンの影響を受け、効果が出ないこともあるので、最適な材料を選定する。

粒度調整材は固液分離しやすいので、混練時に TRD-A 剤を添加する。

表一解 3.2.7 添加剤の種類と用法

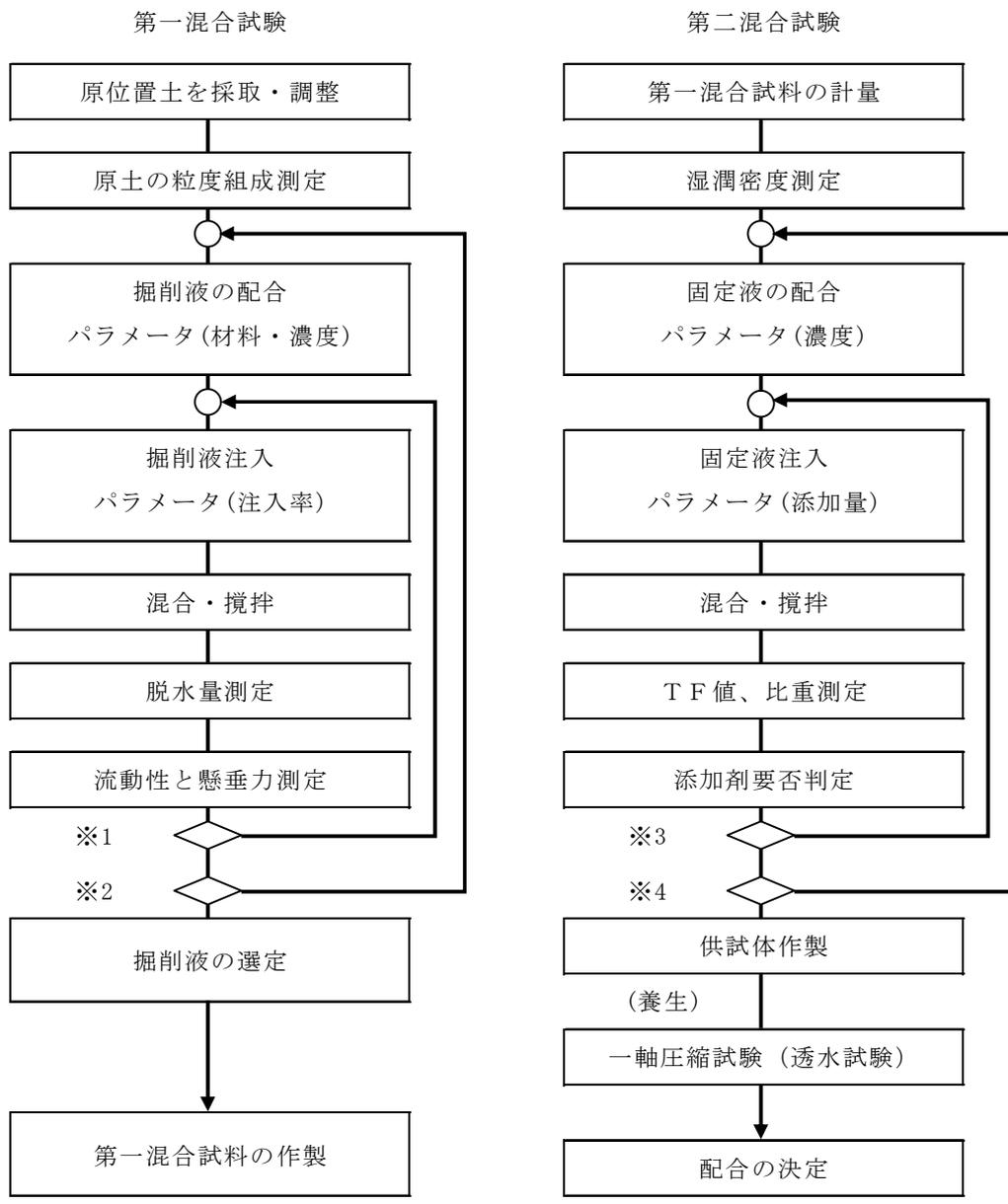
	粘 土	用 途	使用対象
TRD-A剤	増粘 固液分離低減 脱水減少	砂・砂礫地盤 粒度調整材（微細粒子）の助剤	掘削液
TRD-B剤	流動化 ゲル化現象の緩和	粘性土地盤 固化液混合スラリーの流動性向上	固化液
TRD-C剤	硬化遅延 ゲル強度の低下	固化液混合スラリーの凝集凝結遅延 泥土発生率の削減	固化液

⑤ 室内配合試験

3パス施工を前提とする場合は、図一解 3.2.4 に示すとおり、掘削液と固化液の配合と注入率を2段階で試験する。

第一混合試験では、原土を表一解 3.2.2 に示す5種類の土質区分により分類し、それぞれの土質に合った調泥方針により、掘削液の濃度と注入率をパラメータにして、混合スラリーの脱水量、流動性、懸垂力（砂の沈降度合）を調べる。現場で発生する脱水による密度変化、実地盤の層厚変化やTRD工法機による岩石破碎と微細粒子の生成など、室内試験で条件を設定することが困難な因子があるので、パラメータの範囲を広く設定する。

第二混合試験では、混合スラリーと固化液を非排水条件下で混合攪拌して固化液混合スラリーを作り、供試体となるモールドコアを標準養生する。原位置と室内配合試験では脱水環境や拘束圧が異なり、密度（含水率）に差が生じることがあるので、まだ固まらないソイルセメントスラリーの固化材量と密度をパラメータにした数種類の配合で流動性とその持続性などを調べ、固化液の強度と、必要に応じて透水性を調べる。



◇ ※1~4はパラメータ毎の計画試験回数

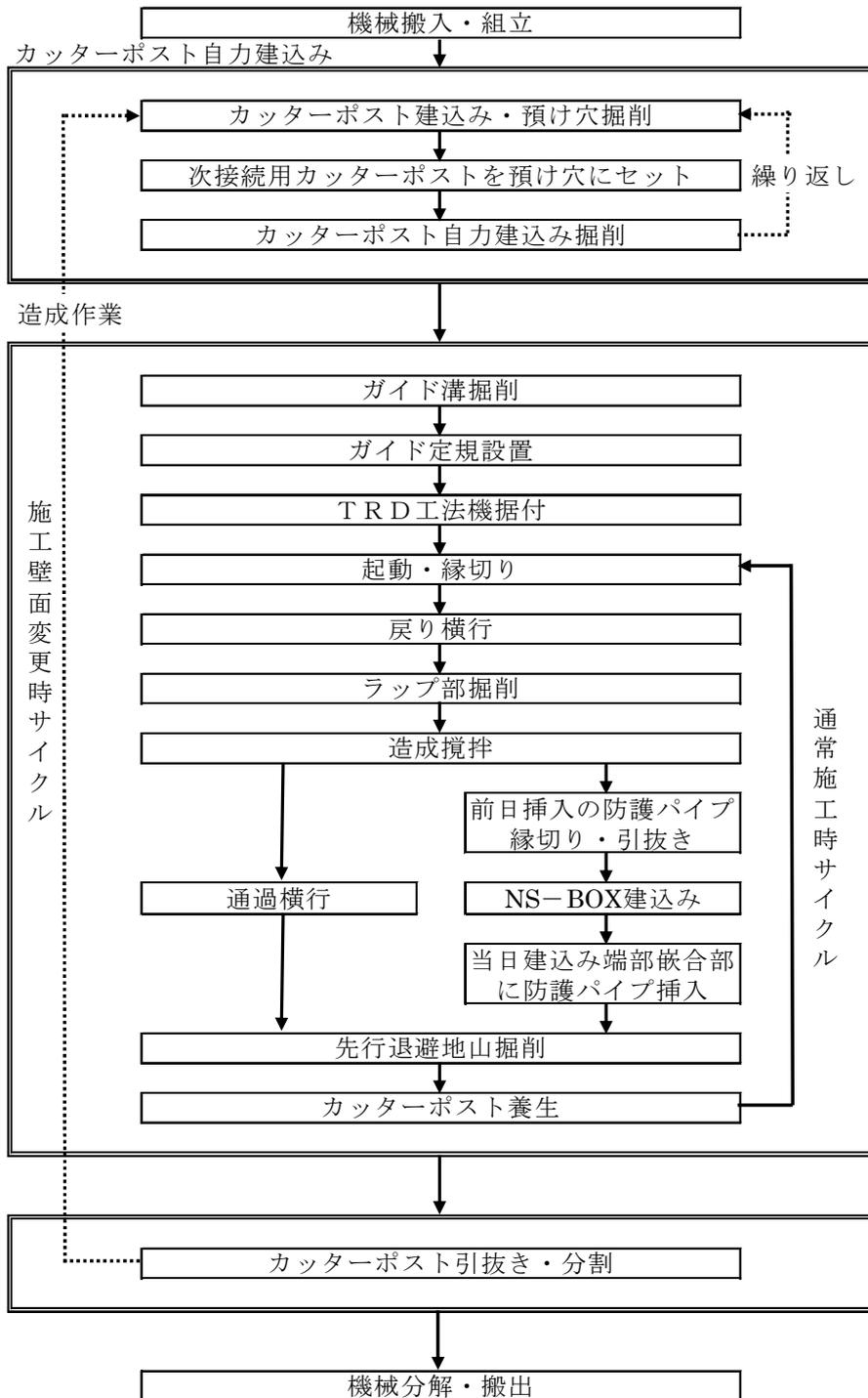
図一解 3.2.4 室内配合試験フロー図

3. 2. 3 施工手順

施工手順は、施工条件、現場条件などを十分に把握して計画する。

【解説】

標準的な施工フローを図一解 3.2.5 に示す。



図一解 3.2.5 施工フロー図

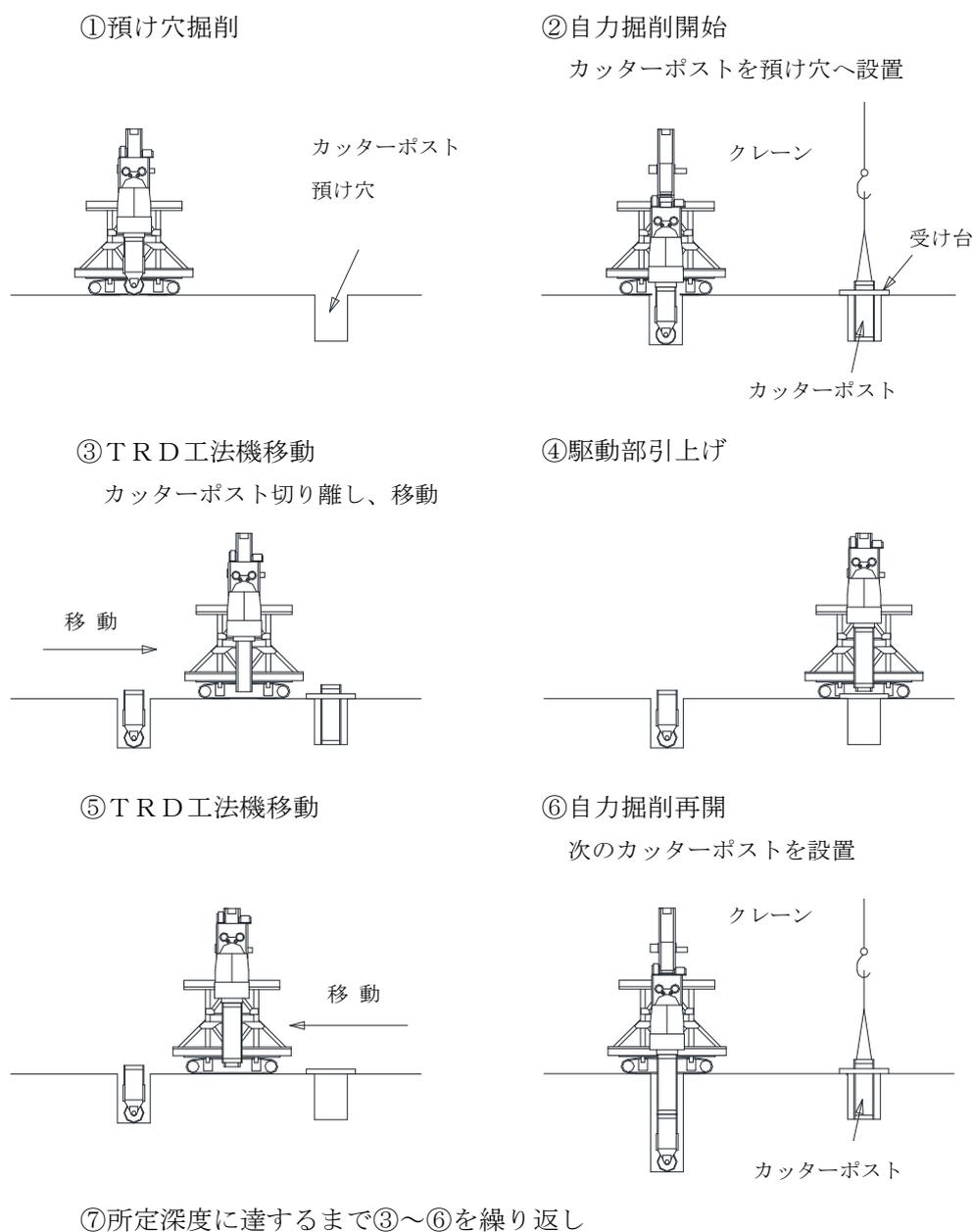
3. 2. 4 カッターポスト自力建込み

カッターポストの建込みは、自立建込みを標準とする。

【解説】

カッターポスト自力建込みとは、図一解 3.2.6 のようにTRD工法機単独でカッターポストを順次継ぎ足しながら、所定の深度まで鉛直に掘削して建て込む方法である。

カッターポスト自力建込み時には、鉛直精度の確保と掘削液の注入を最小限に抑え、濃く粘性の高い混合スラリーにしておくことで急激な地層の変化に備えることが重要である。



図一解 3.2.6 カッターポスト自力建込み手順

3. 2. 5 造成作業

- (1) 掘削機械は、施工条件・工事規模を考慮し、適切な機種を選定する。
- (2) 溝壁に影響を与える諸条件を十分に考慮し、溝壁の安定を確保する。
- (3) 造成作業手順は、掘削機械・掘削順序・溝壁の安定と、NS-BOXの種類・設置手順・嵌合継手などの条件を考慮して決定する。
- (4) 施工深度、土質条件に応じた掘削速度およびそれに基づく注入量を設定・管理し、所定の掘削精度を確保する。

【解説】

造成作業のサイクルを以下に示す。

① 起動・縁切り

前日の作業終了時、カッターポストは先行退避地山掘削された位置で養生している。当日の作業は、カッターポストの起動、縁切りから開始する。造成深度が大深度の場合や砂礫地盤では、起動、縁切りが円滑に進まないことがあり、その時は、掘削液の配合を再検討する。掘削液の配合を変更せずに作業を継続すると、カッターポストの「抱かれ」が生じてカッターポストが引き抜けなくなる場合がある。

② 戻り横行

カッターポストの起動、縁切り完了後、前日造成した位置までカッターポストを戻り横行させる。この時、掘削液の吐出は泥土発生量に影響することから、可能な範囲で吐出量を抑制する。

③ ラップ部掘削

前日、造成したNS-BOX端部から水平延長で30cm程度長く混合攪拌しておき、当日この部分について再掘削を行う。この時、カッターポストの傾斜を挿入した傾斜計と運転席のモニターで確認し、NS-BOX嵌合部を損傷させないように管理する。

④ 造成攪拌

所定の掘削長の範囲を計画した量の固化液を吐出しながら、カッターチェーンを高速で周回し、カッターポストを横行しながら混合・攪拌する。

⑤ NS-BOX 建込み

前日建て込んだ嵌合部端部に挿入されている防護パイプを引き抜く。NS-BOX建て込みに支障のない位置までカッターポストを横行した後、建込み治具をガイド定規に固定しNS-BOXを建て込む。当日最終建込みするNS-BOX端部の嵌合部に防護パイプを挿入しておく。なお、NS-BOXの建込みはトランシットを用い、面内、面外の2方向から鉛直精度を確認する。

⑥ 通過横行

当日の予定位置まで造成攪拌後、前日掘削した範囲を横行する。戻り横行と同様に、可能な範囲で掘削液の吐出量を抑制する。

⑦ 先行退避地山掘削

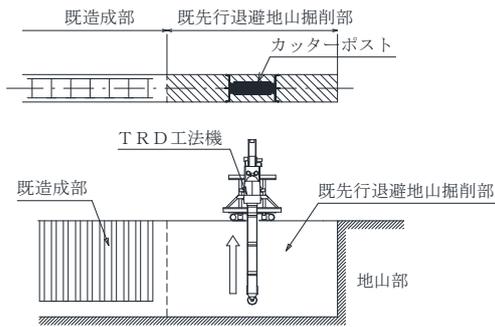
地山位置まで到達後、前述の掘削液配合管理を行って地山を掘削し、緩めた状態にする。また、運転席モニターを監視しながら、決められた鉛直精度を確保する。

⑧ カッターポスト養生

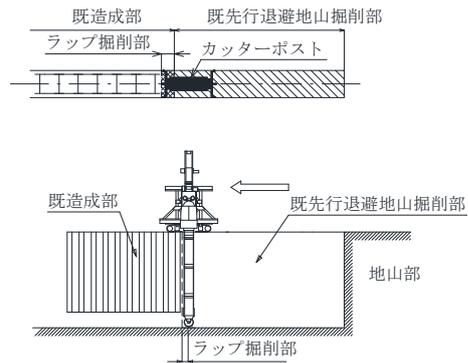
作業休止中にカッターポストの「抱かれ」が生じないように、当日の作業終了後の養生は、前後に緩めた土砂を含む混合スラリー中で行う。

標準造成サイクル（3パス施工）を図一解 3.2.7 に示す。

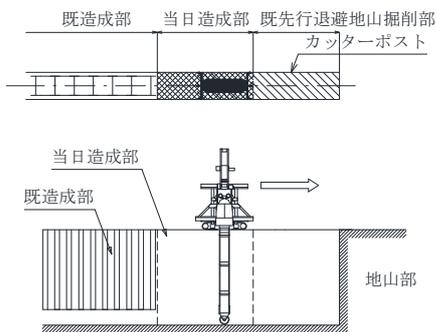
①起動・縁切り



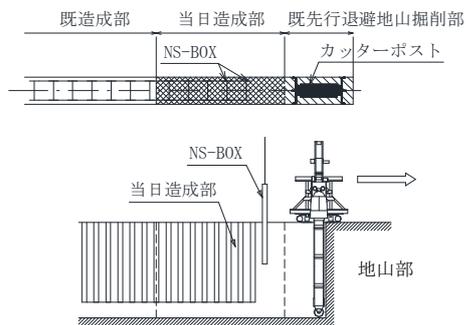
②戻り横行 ③ラップ部掘削



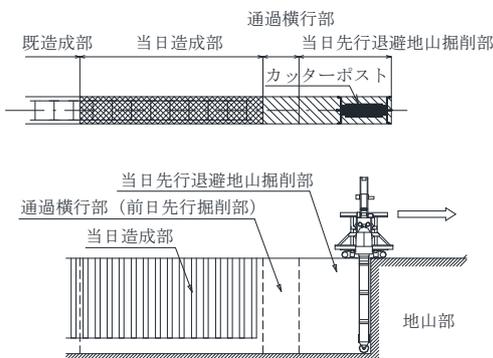
④造成攪拌



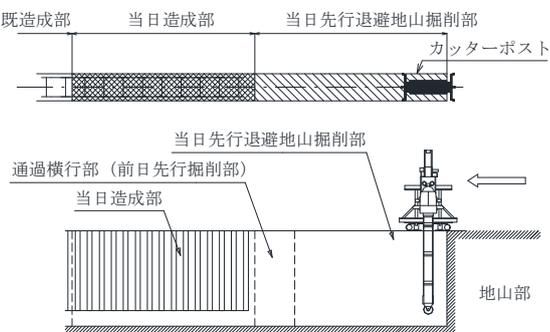
⑤NS-BOX 建込み



⑥通過横行 ⑦先行退避地山掘削



⑧カッターポスト養生



図一解 3.2.7 標準造成サイクル

3. 2. 6 カッターポスト引抜き・分割

カッターポストの引抜き位置は、施工計画作成時に円滑な作業が可能な位置に決定する。

【解説】

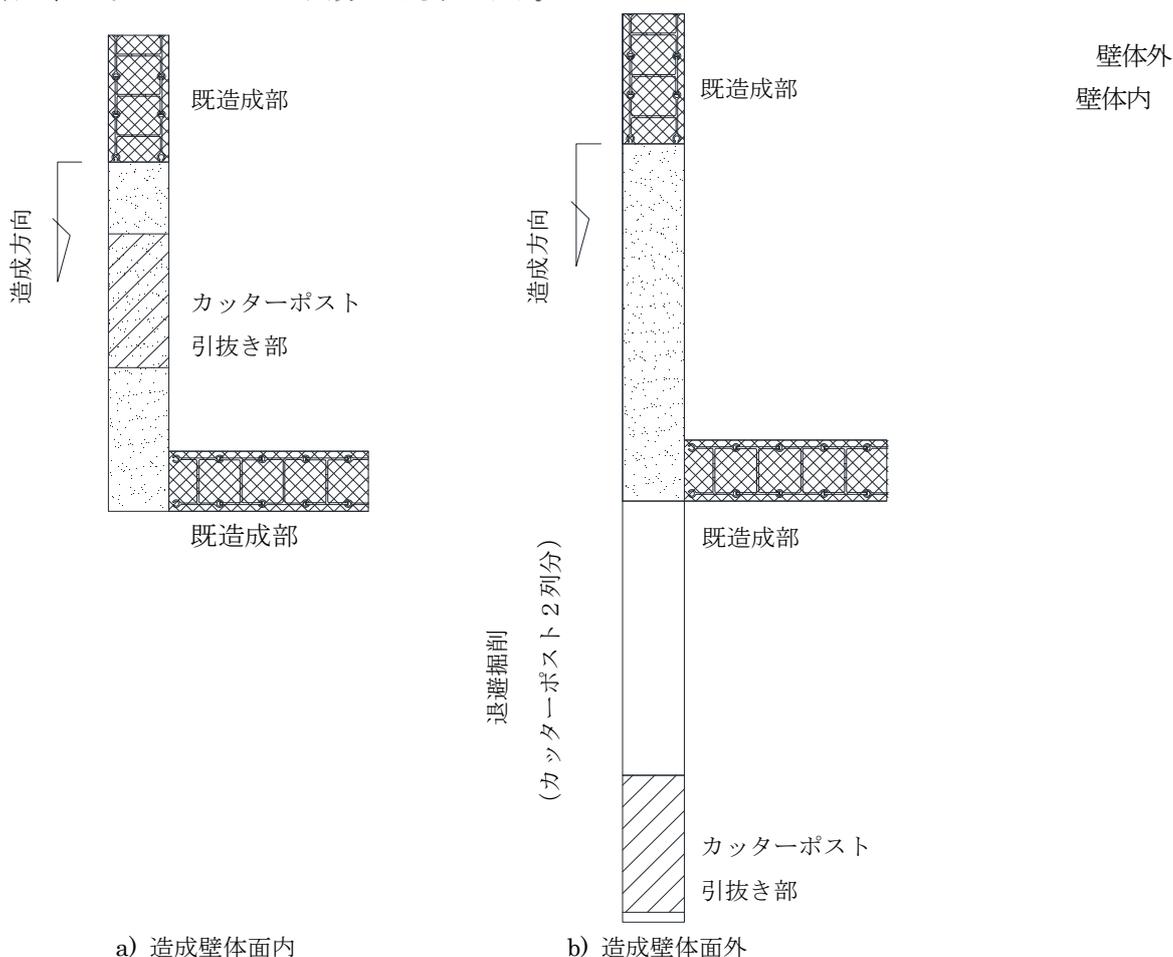
施工壁面または施工ヤードの高さ変更時にカッターポストをクローラークレーンにより引き抜く。このとき、地上に倒す際のカッターポストの剛性を考慮して、中間ポスト4ブロック単位の長さ以下で分割しながら引き抜く。

次施工のカッターポスト自力建込みに備え、引抜き後のカッターポストは地上で更に1ブロック単位に分割し、必要に応じて消耗箇所を整備する。

① カッターポスト引抜き位置

通常、カッターポスト引抜き位置は各施工面の壁造成最終位置となるが、コーナー部に重ならないよう、壁造成後に造成壁体内でカッターポストを引き抜く。

しかし、カッターポスト引抜き完了後は、その位置にNS-BOXの建込みを行うため、敷地条件によっては煩雑な作業となる（左図）。敷地・作業スペースに余裕がある場合は、カッターポスト引抜き位置を造成壁体外（右図）とすることができる。その場合に退避掘削幅は、カッターポスト2列分が必要である。



図一解 3.2.8 カッターポスト引抜き位置

② カッターポスト引抜き

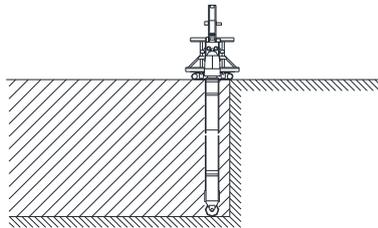
造成作業完了後、図一解 3.2.9 のように本体とカッターポストを直ちに切り離し、所定のクレーンでカッターポストを引き抜く。

カッターポストの長さ、クレーンの吊り能力と作業半径（作業スペース）により、カッターポストを最大 4 ブロック（14.62m）ずつ分割して仮受けし、引き抜くことを標準とする。

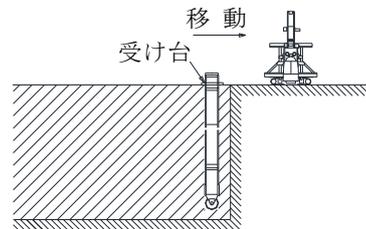
カッターポストの引抜きにより固化液混合スラリーの液面低下が起こらないよう、注入液は注入速度と引抜き速度を調整しながら充填する。

引抜き速度が速いと、固化液混合スラリーの液面が大きく低下して、溝壁上部では崩壊による施工機械の沈下で施工不能になることがある。また、カッターポスト先端下部で真空状態が発生し、溝壁崩壊や水分引き込み現象により品質不良の原因となる。

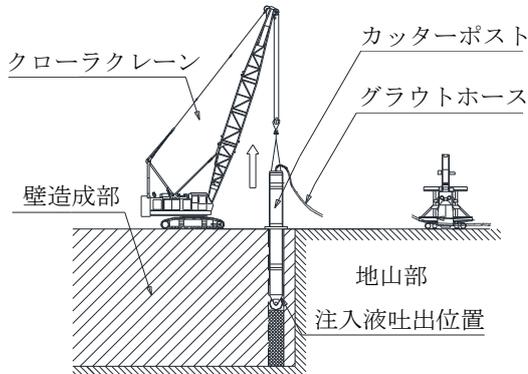
1)壁造成終了



2)駆動部とカッターポスト切離し

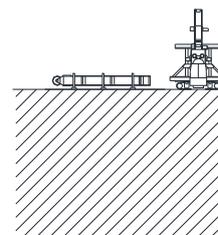


3)カッターポスト引抜き



4)カッターポスト分割

T R D 工法機次施工造成面へ移動



図一解 3.2.9 カッターポスト引抜き手順説明図

③ カッターポスト引抜き時の注入液

造成壁体内でカッターポスト引抜きを行う場合の注入液は、造成時に用いた固化液と同等、もしくは若干水セメント比を下げた配合とする。一般的には、 $W/C=80\sim 100\%$ の固化液が用いられる。注入液の体積は、下式により算出する。

$$\text{注入液}(V)=\text{カッターポスト断面積}(A_p)\times\text{掘削深度}(L_s)\times\text{注入率}(100\%)$$

また、以下に示すような場合において、固化を遅らせる必要があるときには、硬化遅延

のための添加剤（TRD-C剤）を使用することがある。

- ・カッターポスト引抜作業時のスペースが狭く円滑な作業ができない場合
- ・時間制限などにより作業が中断される場合
- ・大深度・特殊地盤などの場合

造成壁体面外でカッターポスト引抜きを行う場合の注入液（材）は、セメントベントナイト液や発生泥土等を併用し、現地盤と同等もしくは同等以上の強度を確保する。

3. 2. 7 泥土処理

施工方法や泥土の貯留状況に応じて泥土発生量を算出し、必要な処理を行うものとする。

【解説】

ガイド溝で一次貯留している泥土はバックホウで泥土ピットに移す。泥土ピットで貯留した泥土は1～2日後に固化するので、固化した泥土をダンプトラックに積み込み、産業廃棄物として運搬処分する。なお、現場内で中間処理を行い、自ら利用や有価物として場外搬出する場合もある。泥土処理説明図を図一解 3.2.10 に示す。



図一解 3.2.10 泥土処理説明図

発生泥土量は下記の式によって算出するが、適用外の土質条件等によっては掘削液および固化液の全注入量を発生泥土量とする。

$$V = (A \times t \times q_1 + n \times L \times a \times q_2) \div 100$$

- V : 発生泥土量 (m³)
- A : 掘削壁面積 (m²)
(掘削長×壁深度)
- t : 壁厚 (m)
- q₁ : 泥土発生率 (%)
- n : 建込み箇所数 (箇所)
- L : 建込み掘削深度 (m)
- a : 建込み掘削断面積 (m²)
- q₂ : 建込み掘削泥土発生率 (=100%)

土質別概算泥土発生率を表一解 3.2.8 に示す。

表一解 3.2.8 土質別概算泥土発生率

土 質	泥土発生率 (%)
礫 質 土	60
砂 質 土	70
粘 性 土	90

- 注 1) 泥土発生率は対象壁深度の土質別加重平均として求める。
- 注 2) 上表は場内に 2～3 日仮置きし、水切りを行った状態の数値である。
- 注 3) 壁深度 50.0m 以上の大深度施工、低空頭での施工、狭隘地でのバキューム車処理、ダンプトラック直積みなどの施工条件では、表一解 3.2.8 の泥土発生率が 20% 程度増加する。ただし、大深度施工の場合は芯材の長さによって、増加の有無を考慮する。

泥土発生率は、土質条件、注入量、カッターポストおよびカッターチェーンの洗い水、場内における泥土の水きりにより変化する。

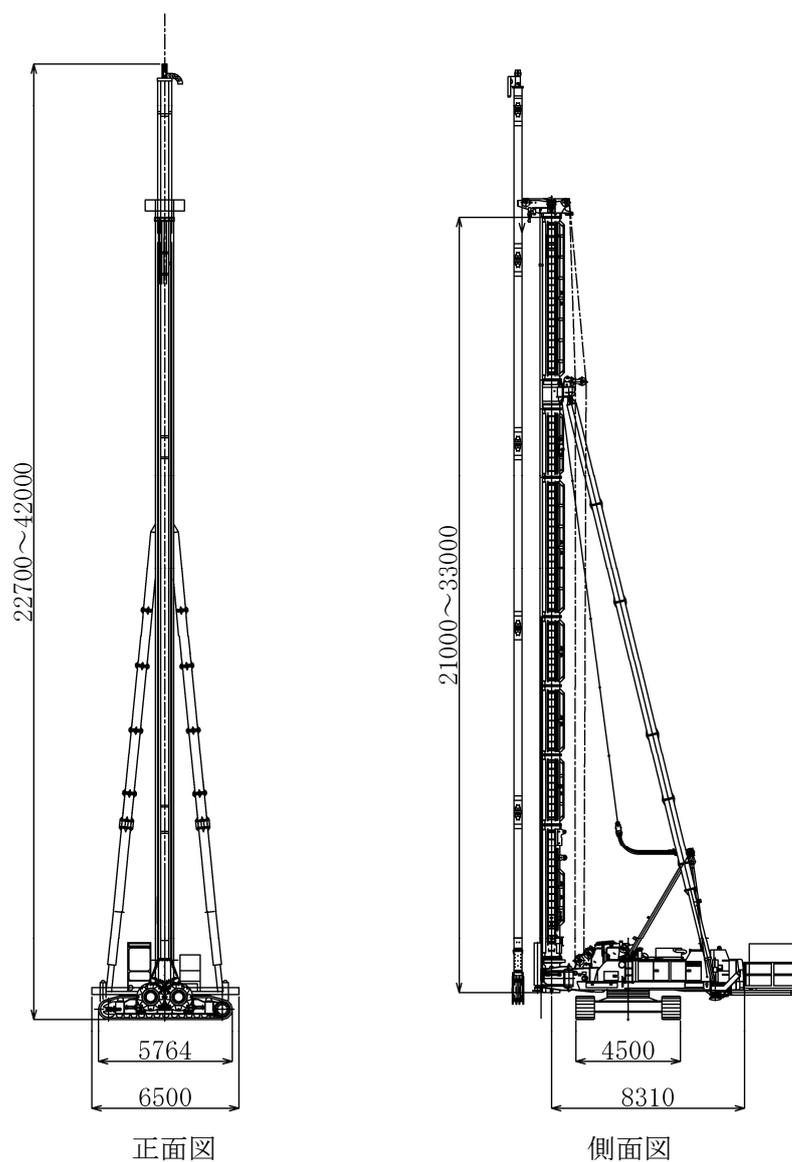
3. 3 CSM工法による造成

3. 3. 1 施工機械

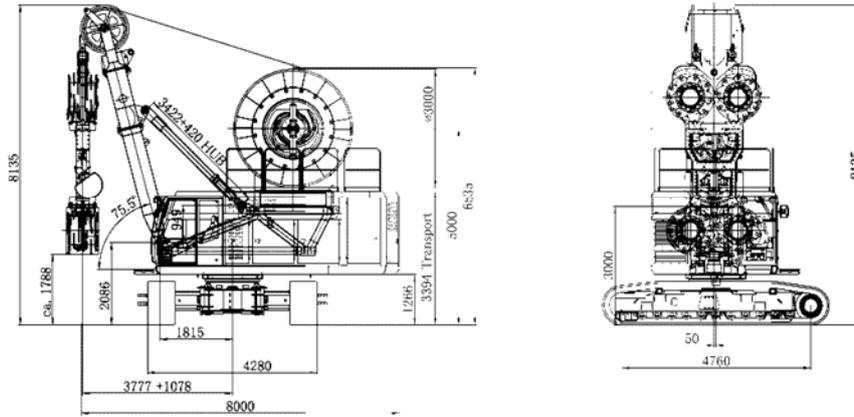
施工機械は、地盤条件・施工条件に適合したものを選定する。

【解説】

CSM工法で使用する施工機械には、ケリーバータイプとクアトロタイプがある。施工機械の選定は、3. 1. 3による。CSM工法機種別の正面図、側面図を図一解 3. 3. 1～3. 3. 4に、CSM工法の標準機械編成例を図一解 3. 3. 5および表一解 3. 3. 1に示す。



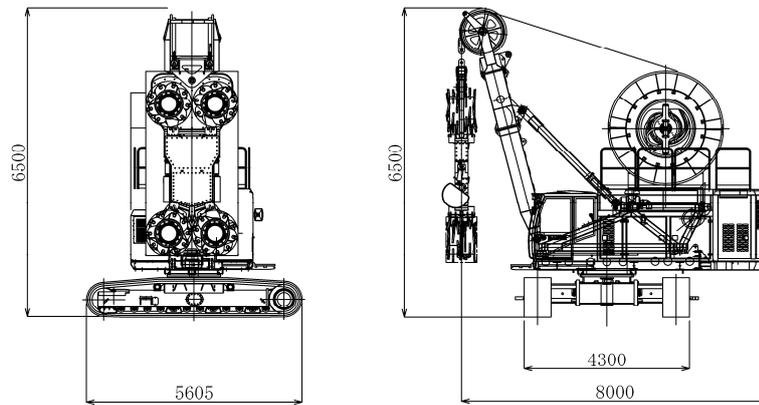
図一解 3. 3. 1 CSM(ケリーバータイプ)工法機 姿図 (施工壁厚 600~900 mm)



正面図

側面図

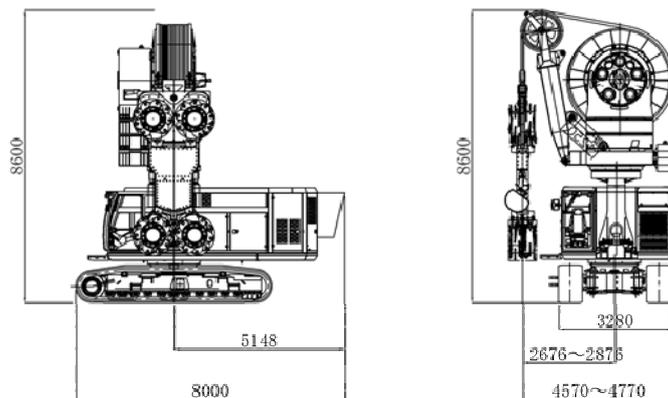
図一解 3.3.2 CSM(クアトロタイプ)標準仕様機 姿図 (施工壁厚 600~1200 mm)



正面図

側面図

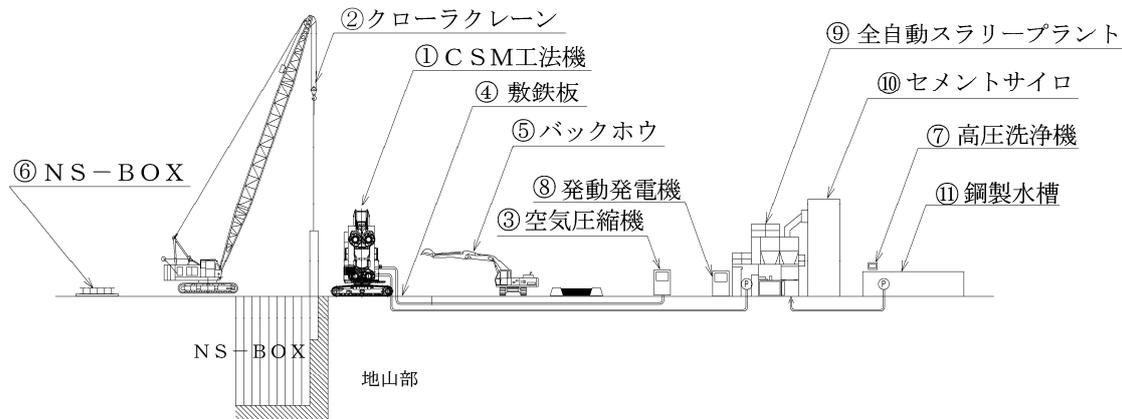
図一解 3.3.3 CSM(クアトロタイプ)低空頭仕様機 姿図 (施工壁厚 600~1200 mm)



正面図

側面図

図一解 3.3.4 CSM(クアトロタイプ)サイドカッター仕様機 姿図 (施工壁厚 600~1200 mm)



図一解 3.3.5 CSM工法標準機械編成例

表一解 3.3.1 施工機械編成表例 (CSM機 1 台当り)

No.	名称	規格	最大壁深度 (m)		摘要	
			25 以下	25 超 65 以下		
①	CSM工法機	ケリーバータイプ	1 台	—	注 1)	
		クアトロタイプ	フロントカッタ (標準)	—		1 台
			フロントカッタ (低空頭) サイドカッター			
②	クローラクレーン	65～150t 吊	1 台		注 2)	
③	空気圧縮機	7.5m ³ /min 0.7MPa	1 台		壁深度 35m 以下	
		15m ³ /min 1.03MPa	1 台		壁深度 35m 超	
④	敷鉄板	22mm×1,524mm×6,096mm	30 枚			
⑤	バックホウ	山積 0.5m ³ (平積 0.4m ³)	1 台		ガイド掘削、泥土処理	
⑥	NS-BOX		1 式		ストックヤード	
⑦	高圧洗浄機	30.8ℓ/min	2 台	3 台	注 3)	
⑧	発動発電機	150kVA	1 台			
⑨	全自動スラリープラント	24m ³ /h	1～2 台		注 4)	
⑩	セメントサイロ	30t	1～2 台			
⑪	鋼製水槽	30 m ³	1～2 台		現場条件により決定	

注 1) 適用壁厚は、ケリーバータイプは 600mm～900mm、クアトロタイプは、600mm～1,200mm である。適用深度は、ケリーバータイプは 25m (掘削姿勢制御装置をオプション装備した場合は 35m まで可)、クアトロタイプは 65m (サイドカッター仕様は 60m) である。機種を選定は、最大壁厚および最大壁深度により行う。

注 2) クローラクレーン (油圧駆動式ウィンチ・ラジック型) の機種は、CSM工法機組立に必要な 65t 吊りを標準とするが、NS-BOX の重量および作業半径等の施工条件を考慮し選定する。

注 3) 高圧洗浄機の数量は、ケリーバータイプで 2 台、クアトロタイプで 3 台 (掘削機洗浄用途で 1 台追加が必要なため) を標準とする。

注 4) 全自動スラリープラントの機種選定は、24m³/h×1 台を標準とするが、軟土質、大壁厚の掘削、造成の際に、単位時間当たりの注入対象土量が大きくなり、作液能力が不足する場合があります、必要に応じ選定機種の再検討を行う。

3. 3. 2 掘削固化液の配合と使用量

- (1) 掘削固化液の配合および使用量については、施工条件・土質条件を十分検討し溝壁の安定を常に確保できるように室内配合試験において決定する。
- (2) 現場試験施工を実施し、本施工での最終的な配合決定を行うことを基本とする。
- (3) 施工中に、掘削液、固化液の性状が著しく室内配合試験と異なることが確認された場合は、再検討を行う。

【解説】

① 固化液材料

固化液に使用する主な材料を以下に示す。

□セメント系硬化材の種類

- ・高炉セメント
- ・普通ポルトランドセメント
- ・特殊セメント系固化材（対象土が特殊な場合に有効）

□添加剤

- ・ベントナイト（250メッシュ以上）
- ・増粘剤、分散剤、減水剤、凝結遅延剤等

② 掘削固化液の材料使用量

標準的な使用量は、使用材料毎に下記の式によって算出する。

$$U = V_o \times A \times (1 + k)$$

ここに、U : 材料使用量 (kg)

A : 材料の対象土 1m³ 当たり標準添加量 (kg/m³)

V_o : 掘削体積 (m³)

$$V_o = W_o \times t \times L_k \times N \times 10^{-3} \quad (\text{m}^3)$$

W_o : 1 エレメント当たり掘削長 (m)

t : 壁厚 (mm)

L_k : 壁深度 (m)

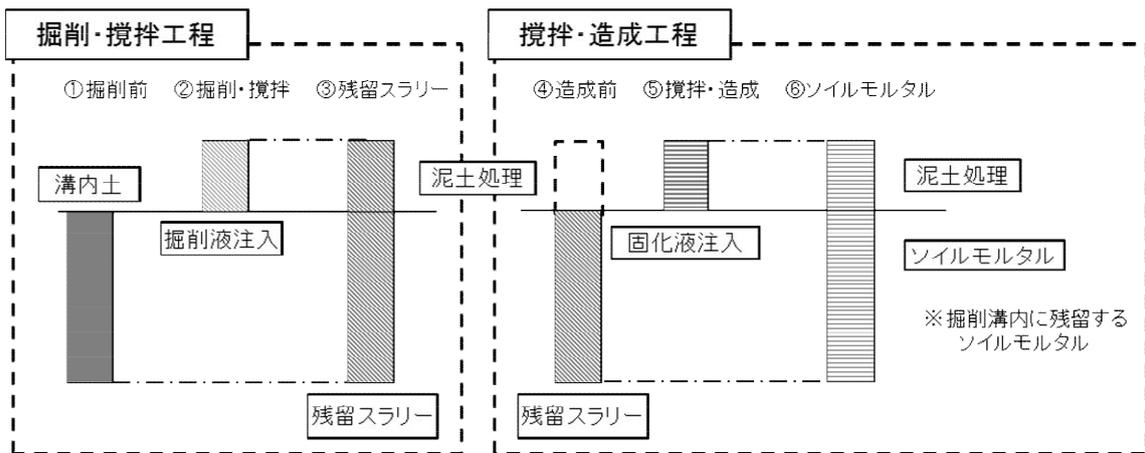
N : エレメント数

k : 材料ロス率 (=0.1)

③掘削固化液の標準配合

基本的な配合計画の考え方を図－解 3.3.6 に示す。2 サイクル施工での配合算定の考え方は、便宜上次のように考える。

「掘削・攪拌工程での掘削液と地山は均一に混練され、掘削過程で排出されるスラリーと最終的に溝内に留まる残留スラリーは同一配合である。更に、攪拌・造成工程において、固化液と残留スラリーは均一に攪拌され、排出されるソイルモルタルと溝内に留まるものとは同一配合となる。」



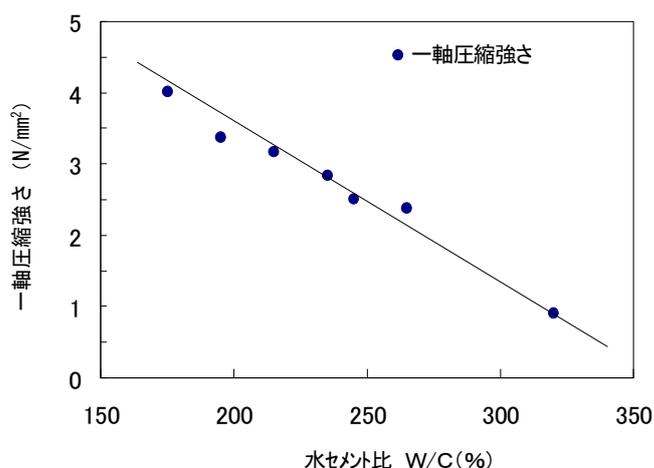
図－解 3.3.6 掘削固化液の配合の考え方

2 サイクル施工の実施工においては、掘削液の注入量が多少変動することがある。これは、硬質地盤等の掘削で掘削精度を確保するために注入速度一定のままターニングを実施し、結果として掘削・攪拌工程での掘削液の注入量が増えてしまうといったケースが生じるからである。

掘削液の単位注入量が増加すると、図－解 3.3.6 に示すように掘削後の残留スラリーの配合が予定した配合と異なってくる（水分量が増加する）。このような場合には、所定のソイル強度を確保するために攪拌・造成工程において使用する固化液の注入量や配合を調整し、造成されるソイルモルタルの性状が適正となるように適宜修正する必要がある。

通常、固化液の配合修正を実施する際は、攪拌・造成工程完了後のソイルモルタルの単位セメント量および水セメント比を管理指標として検討を行う。配合修正を確実にするための目安として、現場毎に必要な単位セメント量および水セメント比と一軸圧縮強度（ σ_{28} または長期強度）の関係を事前に室内試験により明確にしておき、施工毎に図－解 3.3.7 に示すようなグラフを作成しておくことが望ましい。

また、掘削が複数日を要する場合には、スラリーの沈降分離（流動性や凝結時間等に影響する）、土中への脱水等により残留スラリー中の水分が増加しない場合もあるため、必要に応じて配合修正を行う。



図一解 3.3.7 水セメント比とソイルセメント強度の関係 (例)
(事前室内配合試験結果)

また、凝結遅延剤の添加量は、造成開始から NS-BOX の建込みが完了するまでの時間が 4 時間を超え、1 時間毎に 1% の添加を目安とするが、施工中に所要の流動性 (= テーブルフロー値で 150mm 以上を目安とする) が確保されるようにすることが目的であり、施工中は随時確認試験を行い添加量の調節を行う。

以下に、1 サイクル施工の場合の掘削固化液の標準配合および 2 サイクル施工の場合の掘削液および固化液の標準配合を示す。

1) 掘削固化液の標準配合 (1 サイクル施工)

表一解 3.3.2 掘削固化液配合例 (1 サイクル施工) (対象土 1 m³ 当り)

土質	材 料 (標準添加量)			凝結遅延剤 セメント×添加率 (%)	ロス率 (%)
	セメント (kg)	ベントナイト (kg)	水/セメント比 (%)		
砂質土	255	10	200~250	0~8	10
砂礫土	230	15	180~250	0~8	10
粘性土	270	5	200~300	0~8	10

注 1) 上記の配合は、一般的な一軸圧縮強度 $qu \approx 0.5 \text{ N/mm}^2$ 程度を想定している。

注 2) 透水係数は、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ 以下を想定している。

注 3) 標準添加量は各層の加重平均とする。

注 4) 凝結遅延剤としては、ジオリター10 (株) フローリック)、フロー E X (太平洋ソイル(株) 等がある。

注 5) 配合は室内配合試験に基づき決定する。なお、室内配合試験における強度判定基準は、試験結果の平均値が「設計強度×安全率 (= 2.0) 以上」であることを目安とする。

2) 掘削固化液の標準配合（2サイクル施工）

表一解 3.3.3 掘削液の配合例（2サイクル施工）（対象土 1 m³ 当り）

土質	材 料 （標準添加量）			分散剤 セメント×添加率 (%)	ロス率 (%)
	セメント (kg)	ベントナイト (kg)	水 (kg)		
砂質土	30	20	300～600	0	10
砂礫土	30	30	300～600	0	10
粘性土	20	10	300～600	0～3	10

注1) 掘削時排泥のテーブルフロー値 200～250mm を目標としている。

注2) 砂礫土については、スラリー比重を増加する目的で、セメント等を余分に添加する場合がある。

注3) 標準添加量は各層の加重平均とする。

注4) 配合は、室内配合試験に基づき決定する。

注5) 水の添加量は表一解 3.3.4 を標準とし、各層N値より加重平均で求める。

表一解 3.3.4 水の標準添加量（2サイクル施工：掘削液）（対象土 1 m³ 当り）

対象土のN値	水の添加量 (kg)
N < 20	300
20 ≤ N < 40	400
40 ≤ N < 50	500
50 ≤ N < 100	550
100 ≤ N < 150	600
150 ≤ N < 200、軟岩 I	600
玉石・軟岩 II 以上	別途検討

表一解 3.3.5 固化液配合例（2サイクル施工）（対象土 1 m³ 当り）

土質	材 料 （標準添加量）			凝結遅延剤 セメント×添加率 (%)	ロス率 (%)
	セメント (kg)	ベントナイト (kg)	水/セメント比 (%)		
砂質土	225	5	100～150	0～8	10
砂礫土	200	5	100～150	0～8	10
粘性土	250	5	100～150	0～8	10

注1) 上記の配合は、一般的な一軸圧縮強度 $q_u \approx 0.5 \text{ N/mm}^2$ 程度を想定している。

注2) 透水係数は、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ 以下を想定している。

注3) 標準添加量は各層の加重平均とする。

注4) 凝結遅延剤としては、ジオリター10（㈱フローリック）、フローEX（太平洋ソイル㈱）等がある。

注5) 配合は室内配合試験に基づき決定する。なお、室内配合試験における強度判定基準は、試験結果の平均値が「設計強度×安全率（=2.0）以上」であることを目安とする。

注6) 水セメント比は表一解 3.3.6 を標準とし、各層N値より加重平均で求める。

表一解 3.3.6 水セメント比（2サイクル施工：固化液）（対象土 1 m³ 当り）

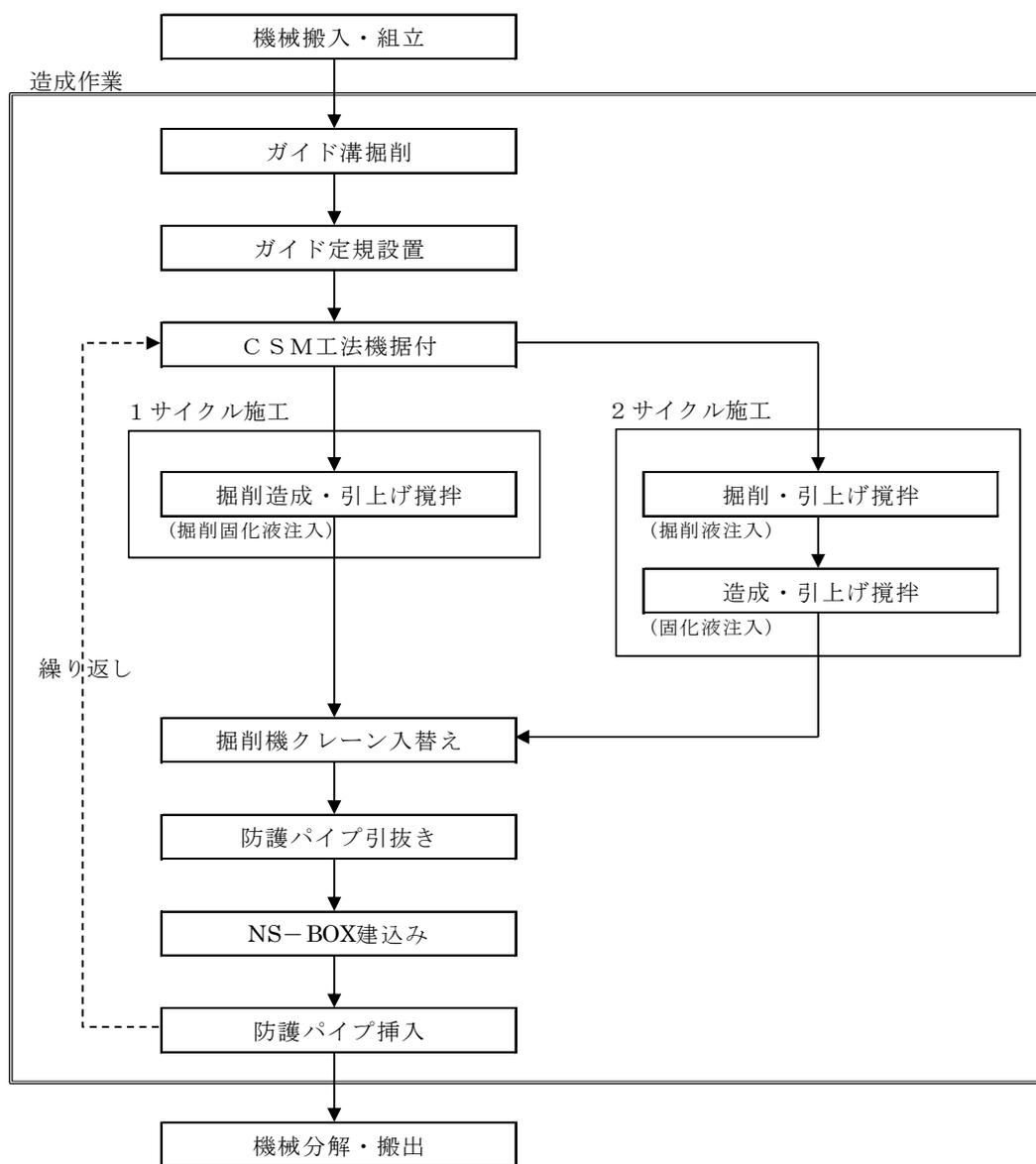
対象土のN値	水セメント比 (%)
$N < 20$	150
$20 \leq N < 40$	125
$40 \leq N < 50$	100
$50 \leq N < 100$	100
$100 \leq N < 150$	100
$150 \leq N < 200$ 、軟岩 I	100
玉石・軟岩 II 以上	別途検討

3. 3. 3 施工手順

C S M工法では、対象土質、施工ヤードの制約等から1サイクル施工、または2サイクル施工を選択する。

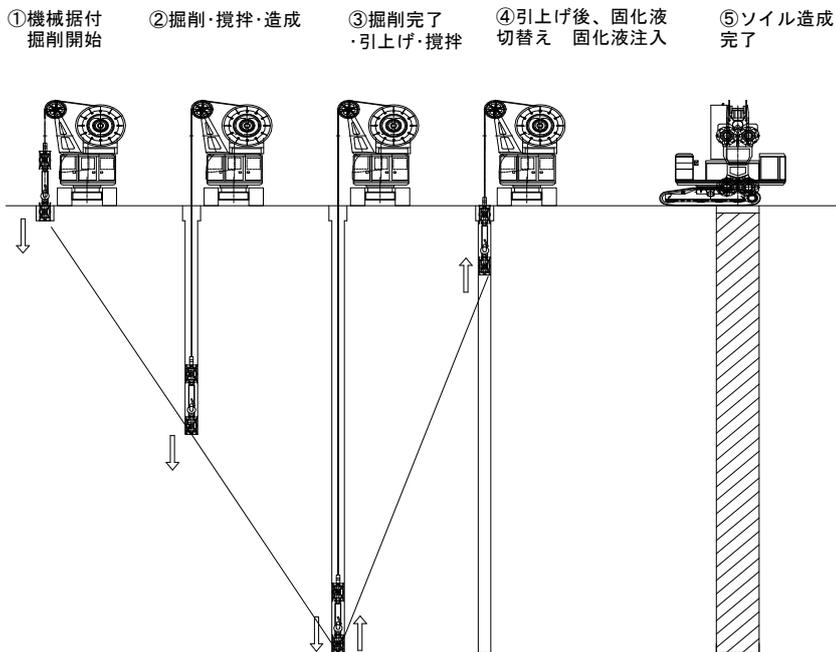
【解説】

C S M工法では、硬質層など、掘削に長時間を要する地盤を対象とするような場合に、2サイクル施工を適用する。標準的な施工フローを図一解 3.3.8 に、施工手順を図一解 3.3.9 に示す。

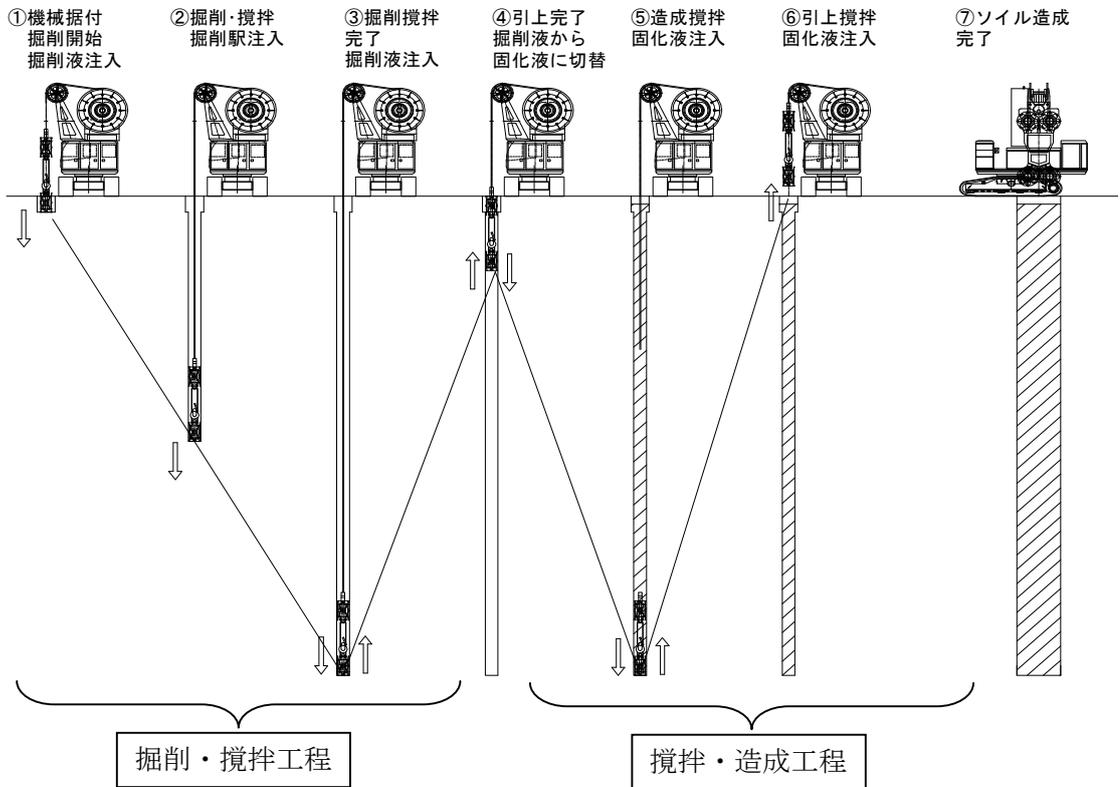


図一解 3.3.8 施工フロー図

1 サイクル施工：掘削・攪拌・造成の工程を1サイクルにて実施する。



2 サイクル施工：掘削・攪拌工程と攪拌・造成工程を分離し2サイクルにて実施する。



※図はクアトロタイプ

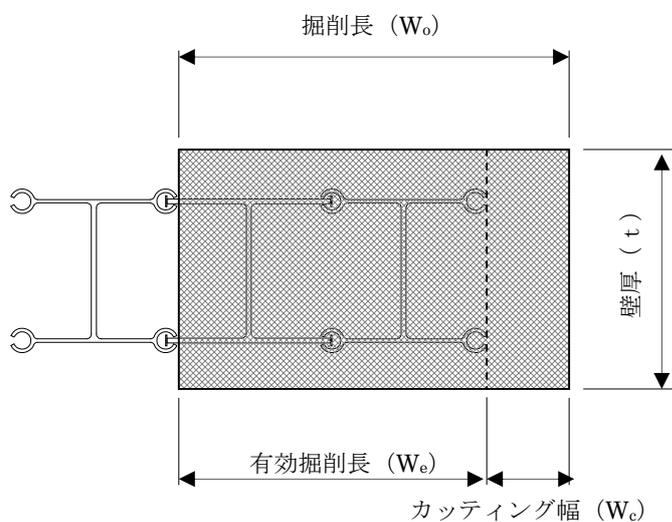
図一解 3.3.9 掘削・造成手順図

3. 3. 4 エレメントの割付け

C S M工法では、構造物の形状寸法および NS-BOX の配置を考慮し、1回（セット）の掘削・攪拌・造成で構築されるエレメントの割付けを行わなければならない。

【解説】

C S M工法では、1回（セット）の造成で造成されるエレメント（以下、単位エレメントとする）をラップ施工することにより連続壁を構築する。エレメントの割付けでは、NS-BOX を建込む有効掘削長とカッティング継手部分を合わせたものを単位エレメントの掘削長さとし、構造物の形状寸法に合わせて割り付ける。図一解 3. 3. 10 に単位エレメントの考え方を示す。



図一解 3. 3. 10 単位エレメントの考え方

3. 3. 5 掘削・造成作業

- (1) 使用する掘削機械は施工条件、工事規模を考慮し適切な機種を選定する。
- (2) 溝壁の安定に影響を与える諸条件を十分に考慮し溝壁の安定を確保する。
- (3) 掘削・造成作業手順は掘削機械、掘削順序、溝壁の安定を考慮すると共に、NS-BOXの種類、設置手順、嵌合継手等の条件を考慮して決定する。
- (4) 施工深度、土質条件に応じた掘削速度およびそれに基づくベントナイト泥水やセメント系懸濁液の注入量を設定・管理し所定の掘削精度を確保する。

【解説】

掘削・造成作業の標準サイクルを以下に示す。

① 掘削機械の据付けおよびゆるめ掘削・攪拌

前日に造成したNS-BOX端部（防護パイプ挿入済み）にカッターの刃先が位置するように掘削機械を据え付ける。据付け時には、掘削機械の日常点検を実施し、必要な消耗部材の交換を行う。

当日の作業は、NS-BOX端部のラップ部の再掘削および隣接する地山の掘削から開始する。2サイクル施工の場合は、掘削液を使用してのゆるめ掘削・攪拌作業（1サイクル目）を行う。

② 攪拌・固化

掘削機械の据付完了後、水平多軸回転カッターを回転させ、固化液を規定量注入しながら所定深度まで掘削・攪拌を行う。引上げ時もカッターを回転させ、攪拌混合を継続する。

2サイクル施工の場合は、掘削液を使用しての掘削作業（1サイクル目）と固化液を使用しての攪拌混合作業（2サイクル目）の2段階に分割した手順となる。

掘削・攪拌・造成作業中は、リアルタイムモニターで掘削精度、注入量等の確認を随時行い、NS-BOX嵌合部および壁体品質を管理する。

③ 掘削機械の退避と防護パイプの引抜き

掘削・造成・攪拌作業終了後、掘削機械をNS-BOX建込みに支障のない位置へ退避し、前日建て込みしたNS-BOX嵌合部端部に挿入されている防護パイプを引き抜く。

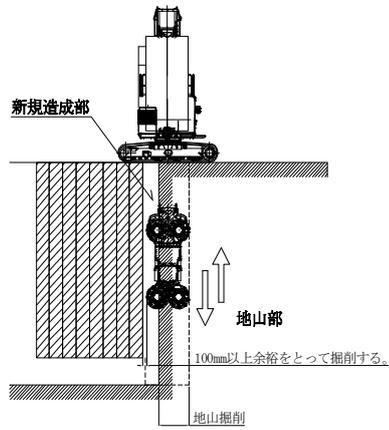
④ NS-BOXの建込み

建込み治具をガイド定規に固定してNS-BOXの建込みを行う。当日の最終建込みとなるNS-BOX端部の嵌合部には防護パイプを挿入しておく。なお、基準となるNS-BOXの建込みはトランシットを用い、面内、面外の2方向から垂直精度を確認しながら行う。

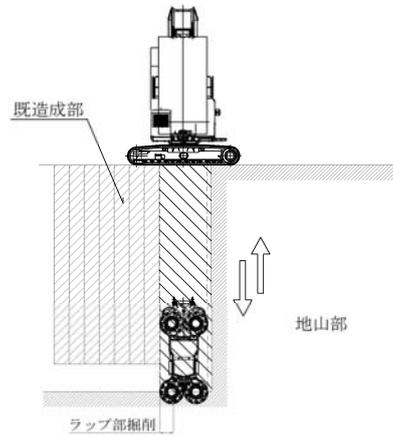
⑤ 次エレメントの機械据付け

①～⑤の作業を繰り返す。作業日の標準造成サイクル（2サイクル施工）を図一解3.3.10に示す。

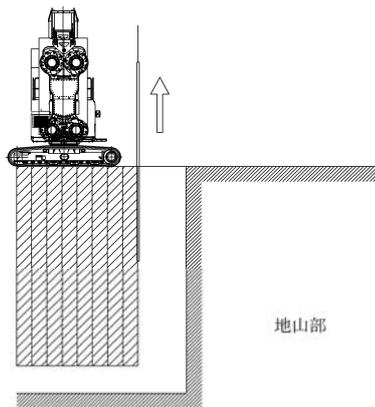
- ① ゆるめ掘削・攪拌
(1サイクル施工の場合省略)



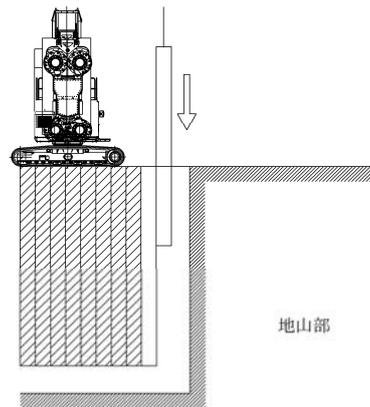
- ② 攪拌・固化



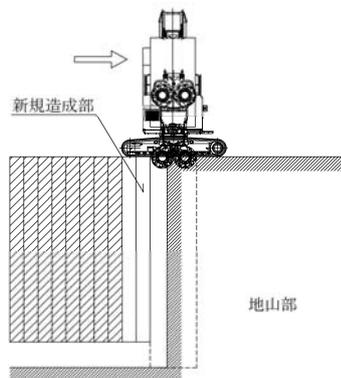
- ③ 機械退避・防護パイプ引抜き
(当日最初のエレメントのみ)



- ④ NS-BOX 建込み



- ⑤ 次エレメント機械据付



- ①～⑤繰り返し

図一解 3.3.11 標準造成サイクル (2サイクル施工)

3. 3. 6 泥土処理

施工方法（1サイクル施工・2サイクル施工）および、泥土の貯留状況に応じて泥土発生量を算出し、必要な処理を行うものとする。

【解説】

C S M工法では、1サイクル施工・2サイクル施工の別、また、含水率を下げるための一時貯留ができるかどうかにより、処理すべき泥土発生量が異なる。以下に、それぞれの場合の泥土発生量の算出方法を示す。

① 泥土発生量（1サイクル施工、一時貯留可能）

1サイクル施工において、一時貯留を行い発生泥土の含水率を下げて処理する場合の発生泥土量は、下式によって算出する。

$$V = W_o \times t \times L_k \times q \times N \times 10^{-2} \text{ (m}^3\text{)}$$

ここに、V : 発生泥土量 (m³)

W_o : 1 エレメント当たり掘削長 (m)

t : 壁厚 (mm)

L_k : 壁深度 (m)

q : 泥土発生率 (表一解 3. 3. 7) (%)

N : エレメント数

表一解 3. 3. 7 C S M工法 概算泥土発生率 (q)

土質	N値	発生泥土率 (%)
砂質土	N < 50	60
礫質土	N < 50	50
粘性土	N < 50	80
砂質土	50 ≤ N < 100	70
礫質土	50 ≤ N < 100	60
粘性土	50 ≤ N < 100	90

注 1) 泥土発生率は土質、地下水位、注入量等の条件により変化することがある。

注 2) 泥土発生率は対象壁深度の土質別加重平均として求める。

注 3) N値 100 以上および軟岩 I の泥土発生率については、注入量の増大と、それに伴う排泥量の増大が予想されるため、2サイクル施工の算定式を参考に別途算定する。

② 泥土発生量（1サイクル施工、一時貯留不可）

現場状況によって、発生泥土の含水率を下げるできない場合の発生泥土量は、下式によって算出する。

$$V = W_o \times t \times L_k \times N \times \{W_1 / \rho_1 + W_2 / \rho_2 + W_1 \times (w / c) / 100\} \times \{1 + (a + b) / 100\} \times 10^{-3}$$

ここに、 V : 発生泥土量 (m³)
 W_o : 1 エレメント当たり掘削長 (m)
 t : 壁厚 (mm)
 L_k : 壁深度 (m)
 N : エレメント数
 W_1 : 対象土 1 m³ 当たりセメント量 (kg)
 W_2 : 対象土 1 m³ 当たりベントナイト量 (kg)
 ρ_1 : セメントの比重 一般に 3.05 (高炉)、3.15 (普通) 前後
 ρ_2 : ベントナイトの比重 一般に 2.60 前後
 w / c : 水セメント比 (%)
 a : 材料ロス率 10%
 b : 用水割増率 10%

③ 泥土発生量（2サイクル施工）

2サイクル施工の場合の泥土発生量は、下式によって算出する。

$$V = V_1 + V_2$$

ここに、 V : 発生泥土量 (m³)
 V_1 : 掘削・攪拌工程時の泥土発生量 (m³)
 V_2 : 攪拌・固化工程時の泥土発生量 (m³)

④ 掘削・攪拌工程（2サイクル施工）の泥土発生量 (V_1)

掘削・攪拌工程における泥土発生量 (V_1) は、下記の式によって算出する。

$$V_1 = W_o \times t \times L_k \times N \times (W_{11} / \rho_1 + W_{12} / \rho_2 + w) \times \{1 + (a + b + c) / 100\} \times 10^{-3}$$

ここに、 V : 発生泥土量 (m³)
 W_o : 1 エレメント当たり掘削長 (m)
 t : 壁厚 (mm)
 L_k : 壁深度 (m)
 N : エレメント数
 W_{11} : 掘削液の対象土 1 m³ 当たりセメント量 (kg)
 W_{12} : 掘削液の対象土 1 m³ 当たりベントナイト量 (kg)
 ρ_1 : セメントの比重 一般に 3.05 (高炉)、3.15 (普通) 前後
 ρ_2 : ベントナイトの比重 一般に 2.60 前後

- w : 掘削液の対象土 1 m³ 当たり水量 (kg)
- a : 材料ロス率 10%
- b : 用水割増率 10%
- c : 一時貯留による低減率 一時貯留不可 : 0%
 - 一時貯留可 : 粘性土主体 -5%
 - 一時貯留可 : 砂質土主体 -15%

⑤ 攪拌・固化工程 (2 サイクル施工) の泥土発生量 (V₂)

攪拌・固化工程における泥土発生量 (V₂) は、下記の式によって算出する。

$$V_2 = W_0 \times t \times L_k \times N \times \{W_{21} / \rho_1 + W_{22} / \rho_2 + W_{21} \times (w / c) / 100\} \times \{1 + (a + b + c) / 100\} \times 10^{-3}$$

- ここに、
- V : 発生泥土量 (m³)
 - W₀ : 1 エレメント当たり掘削長 (m)
 - t : 壁厚 (mm)
 - L_k : 壁深度 (m)
 - N : エレメント数
 - W₂₁ : 固化液の対象土 1 m³ 当たりセメント量 (kg)
 - W₂₂ : 固化液の対象土 1 m³ 当たりベントナイト量 (kg)
 - ρ₁ : セメントの比重 一般に 3.05 (高炉)、3.15 (普通) 前後
 - ρ₂ : ベントナイトの比重 一般に 2.60 前後
 - w / c : 固化液の水セメント比 (%)
 - a : 材料ロス率 10%
 - b : 用水割増率 10%
 - c : 一時貯留による低減率 一時貯留不可 : 0%
 - 一時貯留可 : 粘性土主体 -5%
 - 一時貯留可 : 砂質土主体 -15%

3. 4 NS-BOX 建込み

3. 4. 1 事前検討

- (1) NS-BOX の建込み手順、設置順序は、設置精度、施工能率、工期などに影響するので事前によく検討する。
- (2) クレーンの選定においては諸条件をよく考慮する。
- (3) 安全、確実かつ精度良く NS-BOX を建込むため、吊り金具、吊りワイヤー、仮受け治具、最終吊り金具等の建込み用治具は、適切なものを準備する。
- (4) NS-BOX の建込みに際しては、次工程にも配慮する。

【解説】

- (1) NS-BOX の標準的な建込み手順を図-解 3. 4. 1 に示す。また、NS-BOX の設置においては、嵌合継手形状を考慮し、原則として C 継手を持つものが先行して建込まれるようにその順序を決定する。

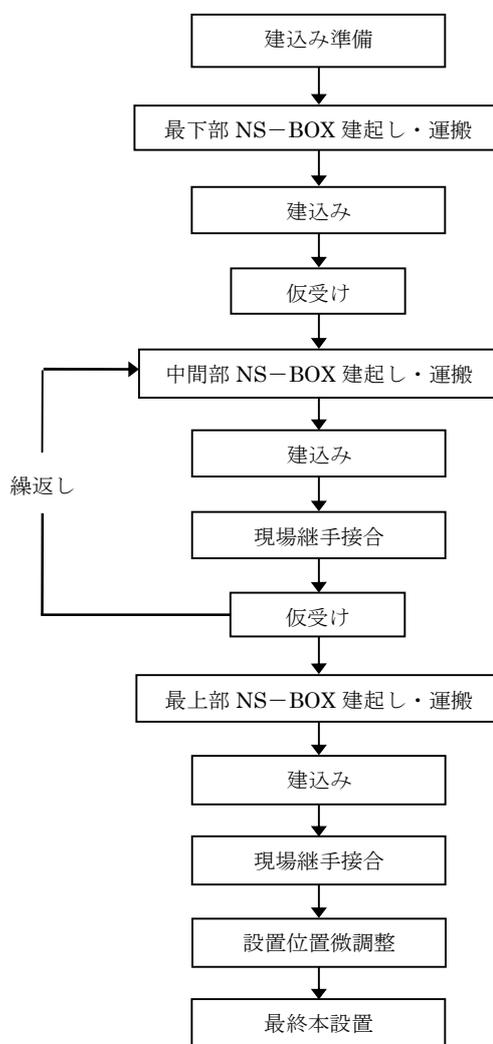


図-解 3. 4. 1 NS-BOX の標準的な建込み手順

仮設時に土留めとしての根入れ長が必要な場合、NS-BOX の下部にH形鋼を使用することがある。この場合は事前にH型鋼をNS-BOXに取り付けてから建込む。

- (2) 建込みに使用するクレーンは、NS-BOX の寸法、重量、吊り治具、現場条件などを考慮するとともに、建起し時および精度改善のための一時引上げなども考慮し、余裕のあるブーム長、吊り能力のあるものを選定する。
- (3) NS-BOX の設置精度確保のため、建込み順序、吊り方法、現場継手方法、仮受け方法などをよく検討し、必要に応じて誤差吸収方法についても検討する。吊上げ時のバランスが問題となるので、重心位置で吊れるように検討する。
- (4) 当日、最終建込みする端部は嵌合部を地上部まで延長しておき、防護パイプを挿入して養生を行う。

3. 4. 2 建込み準備

建込みに先立ち、円滑に作業が進められるように十分に準備を行う。

【解説】

①NS-BOX 受入れ

NS-BOX は工場製品であるため、全体工期、製作工程、着工時期、工事の進捗などを考慮に入れて注文する。また、工場より現場へ完成品を附属部品も含めて受け入れることを基本とする。さらに、嵌合継手は損傷を受けやすいので、その取扱いに注意して適正な保護措置をとる。

1) 出荷

施工の進捗に応じて必要量を工場から出荷する。

2) 運搬車輛への積込み

積込みは、荷降ろし後の建込み順序、仮置場のスペースの状況を考慮して積み込む。また、嵌合継手部の変形を防ぐため、台木養生などの変形防止対策を行う。

3) 運搬

運搬には現場までの道路状況等を考慮してトレーラー、トラックなどの車輛を使用する。宵積み、早朝走行を基本とし、現場作業開始前に搬入する。

4) 受入れ検査

受入れ時に、規格、本数、寸法、変形の有無および添接板やボルトなどの附属部品の確認を行う。

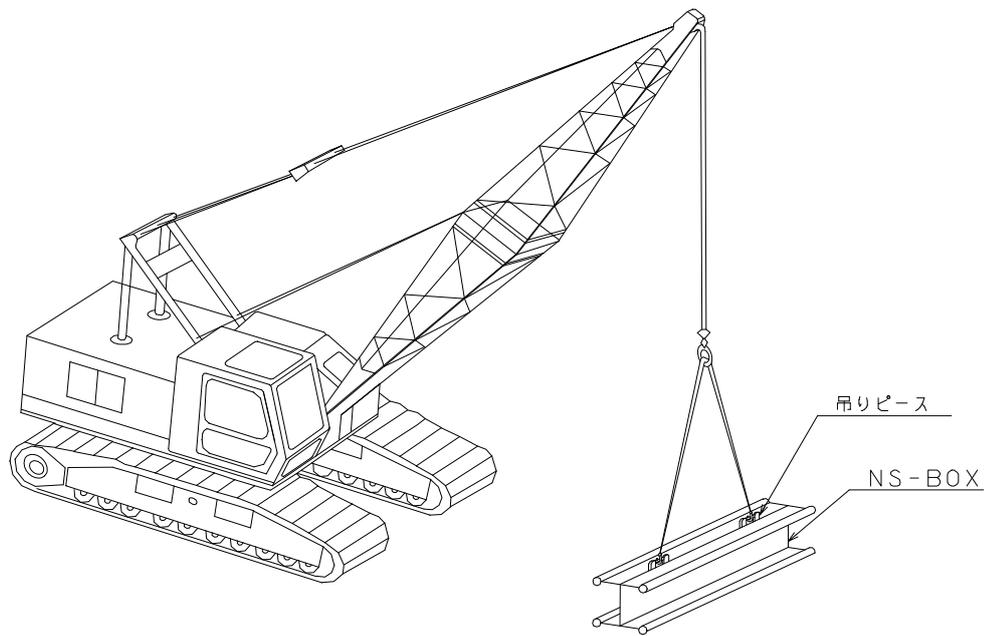
5) 荷降ろし

荷降ろし時は、嵌合継手部に変形を与えないように、吊り方法などに十分注意する（図-解 3.4.2）。

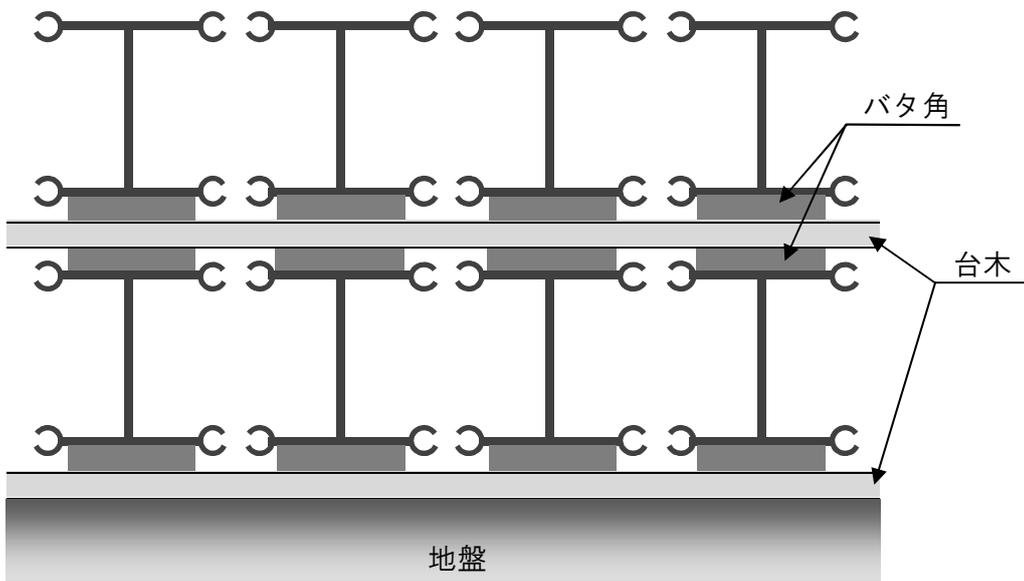
6) 仮置き

仮置きは、現場作業の支障にならないような場所を選び、順序よく取り出せるように置く。現場では一般的に2段積みとする。3段以上積む場合は、荷崩れ防止と変形防止対策を講じて段数を決定する。

台木養生による仮置き例を図-解 3.4.3 に示す。台木は継手部に当たらないようにして3～5m ピッチに配置するとよい。



図一解 3.4.2 荷降ろしの例



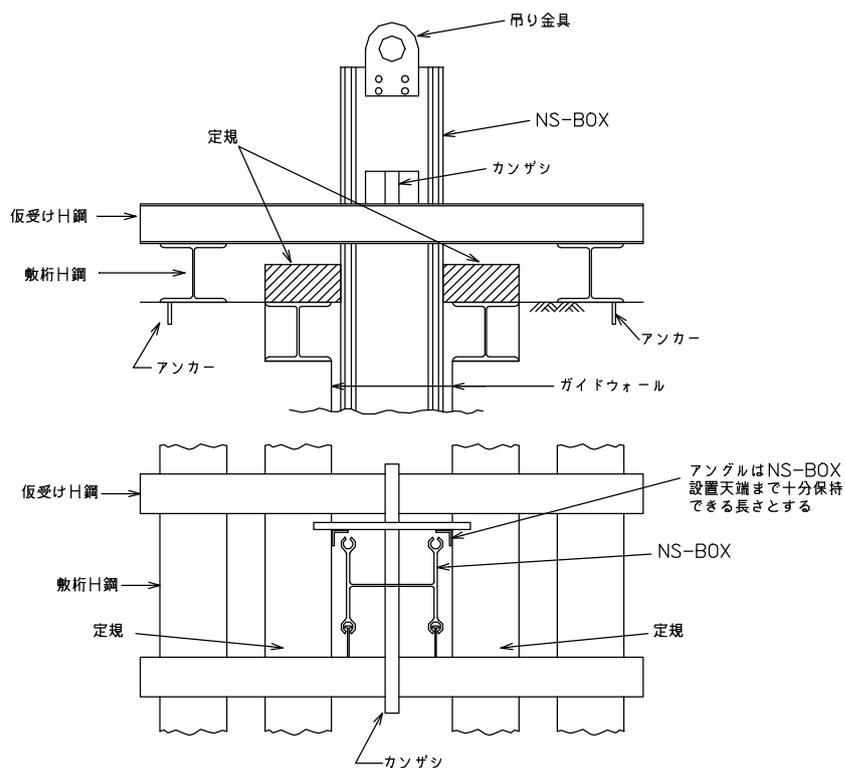
図一解 3.4.3 仮置き方法の例

②防護パイプ引抜き

前日建込みした端部の嵌合部に挿入されている防護パイプを縁切りし引き抜く。

③建込み定規

事前にH型鋼材のガイド定規にNS-BOXの設置位置の墨出しをしておき、建込み治具定規を設置し固定する。図一解 3.4.4 に建込み定規の例を、図一解 3.4.5 に建込み定規の設置状況を示す。建込み定規の設置精度は±5mm以下を目標とする。



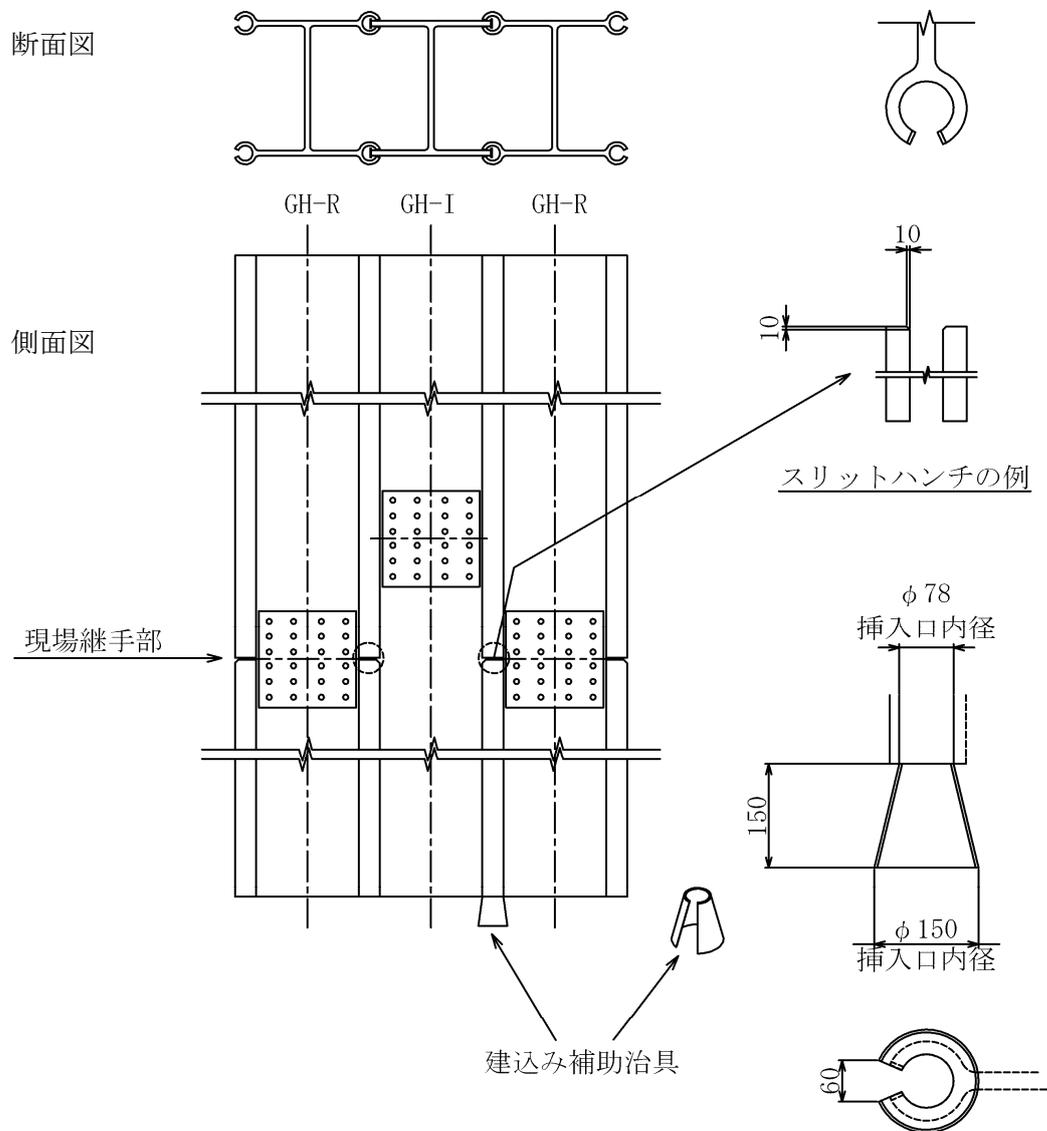
図一解 3.4.4 敷桁および定規の設置例



図一解 3.4.5 建込み定規設置状況

③ 嵌合継手部の加工

建込みに際して図一解 3.4.6 に示すような嵌合継手スリット部にスリットハンチを設けるか、T継手先端を矢状に加工するとよい。



図一解 3.4.6 スリットハンチの加工例 (GH-R タイプ)

3. 4. 3 建込み

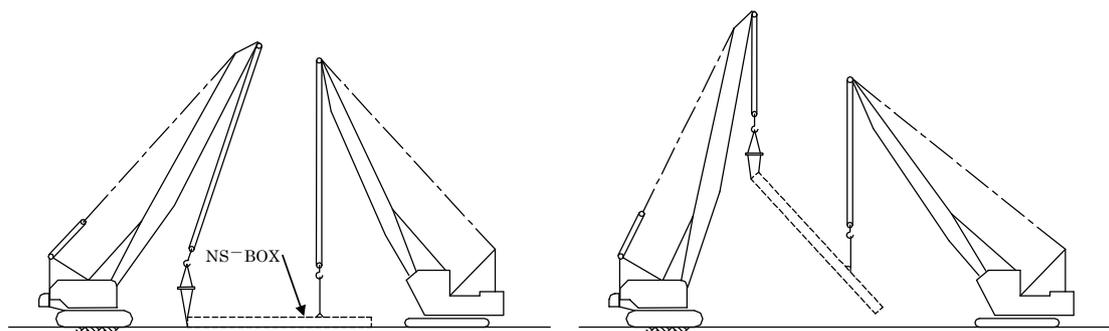
- (1) NS-BOX の運搬、建起しの際は、専用吊り金具などを利用して安全確保に配慮する。
- (2) NS-BOX の建込みは、鉛直精度を確保して施工する。
- (3) NS-BOX の建込み順序は、GH-R を基準とし、原則として片押しとする。
- (4) NS-BOX の建起しの際は、専用吊り金具等を利用して安全確保に配慮する。
- (5) 仮受けは、ウェブまたはフランジ開口部にカンザシを通すか、ブラケットを利用する。
- (6) NS-BOX の上下方向の現場継手接合では、所定の鉛直精度を確保して施工する。
- (7) NS-BOX の最終受けは、基本的にウェブを開けたボルト穴に最終吊り金具を取付け、壁心方向と直角方向に受ける。

【解説】

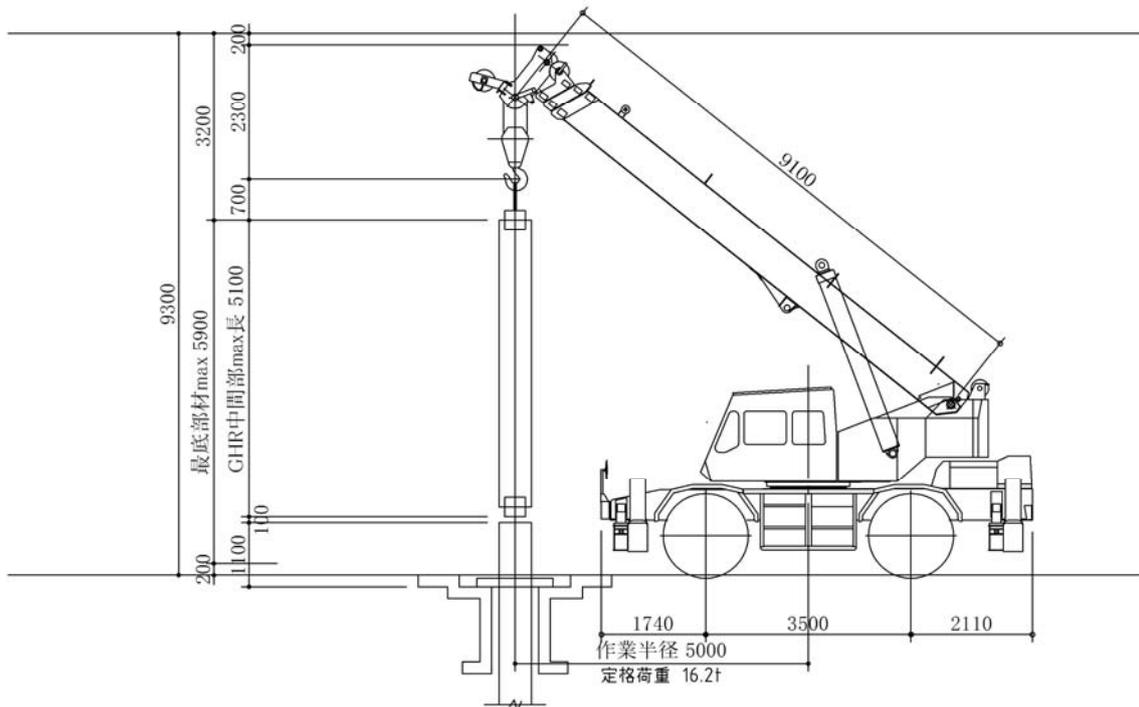
- (1) NS-BOX を吊り上げるときは、NS-BOX 部材頭部の現場接合用ボルト穴を利用して取り付けた吊り金具と下部吊り金具を用いて、クレーン2台相吊りで徐々に建て起こしていき、最終的に鉛直にする。建起し手順を図一解 3.4.7 に示す。建込みは鉛直精度の確保と安全のため、NS-BOX の重心を吊れるよう吊り金具等に配慮する。

最上段 NS-BOX の建起し時には、吊り金具として、本設置用の最終吊り金具をそのまま使用してよい。この場合は、最終吊り金具に十分な強度、剛性を持たせて、吊上げ時の吊り金具の変形を防止することが肝要である。

空頭制限のある場合の建込み例を図一解 3.4.8 に示す。



図一解 3.4.7 建起し手順

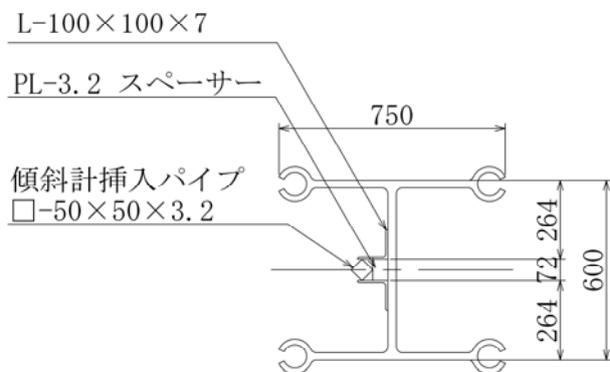


図一解 3. 4. 8 空頭制限のある場合の建込み例

(2) 各辺の基準 NS-BOX (以下、基準杭という) の鉛直精度は、その後に建込む鋼材の鉛直精度に大きく影響する。そこで、基準杭建込み後には鋼材に取り付けておいた測定用パイプ (図一解 3. 4. 9) 内に挿入式傾斜計 (図一解 3. 4. 10) を挿入して面内、面外の 2 方向の傾斜測定を行い、鉛直精度を確認する。

基準杭は、コーナーを有する場合はコーナー部の鋼製連続壁タイプ、直線の場合は最初に建込みする鋼材とする。鋼材の建込み中もトランシットで 2 方向から監視して、曲がりを検知した時は、引き抜いて再建込みを行う。

一般部の NS-BOX 建込み中は、基準杭と同様にトランシットで 2 方向から建込み精度を確認する。面内方向で曲がりを検知した時は、嵌合部内に傾斜修正用のスペーサーを取り付けるなど、変位量が小さいうちに修正する。



図一解 3. 4. 9 傾斜計挿入パイプ設置例



図一解 3. 4. 10 傾斜測定状況

- (3) NS-BOX の建込み順序は、GH-R を基準とし、原則として片押しとする。閉合部は直線部において数本の NS-BOX により位置を調整して行う。
- (4) NS-BOX を吊り上げるときは、NS-BOX 部材頭部の現場接合用ボルト穴を利用して取り付けられた吊り金具 (図一解 3. 4. 11 参照) とフランジに取り付けられている 2 箇所吊りピースの合計 3 点吊りにより徐々に建て起こしていき、最終的に鉛直にする。(図一解 3. 4. 12 ~3. 4. 14 参照)



図一解 3. 4. 11 頭部吊り金具



図一解 3. 4. 12 建起し用玉掛け

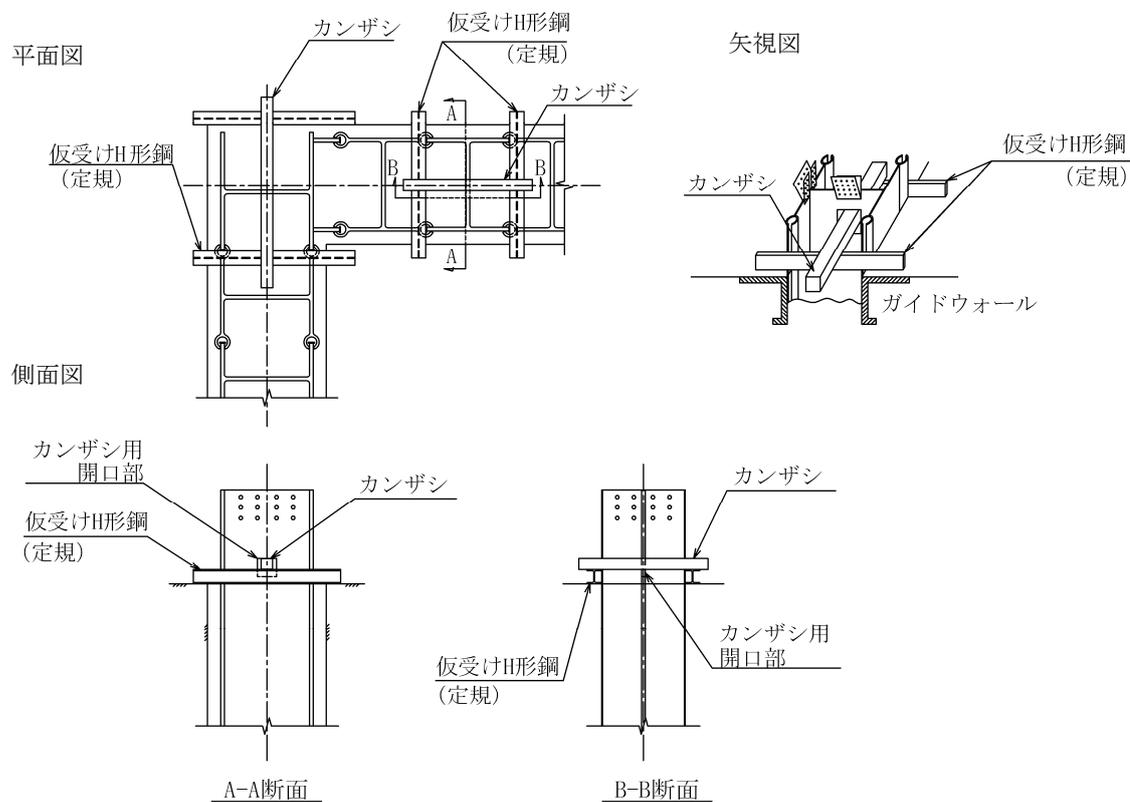


図一解 3. 4. 13 建起し開始状況



図一解 3. 4. 14 建起し完了状況

- (5) 図一解 3.4.15 に NS-BOX の仮受け状況の例を示す。既に建込んだ GH-R 部材の仮受け用治具があるため、その仮受け用治具の位置に留意する。また、コーナー部材は両方向に GH-R 部材の仮受けがある状態での建込みとなるため、十分な注意が必要である。



図一解 3.4.15 NS-BOX の仮受け状況

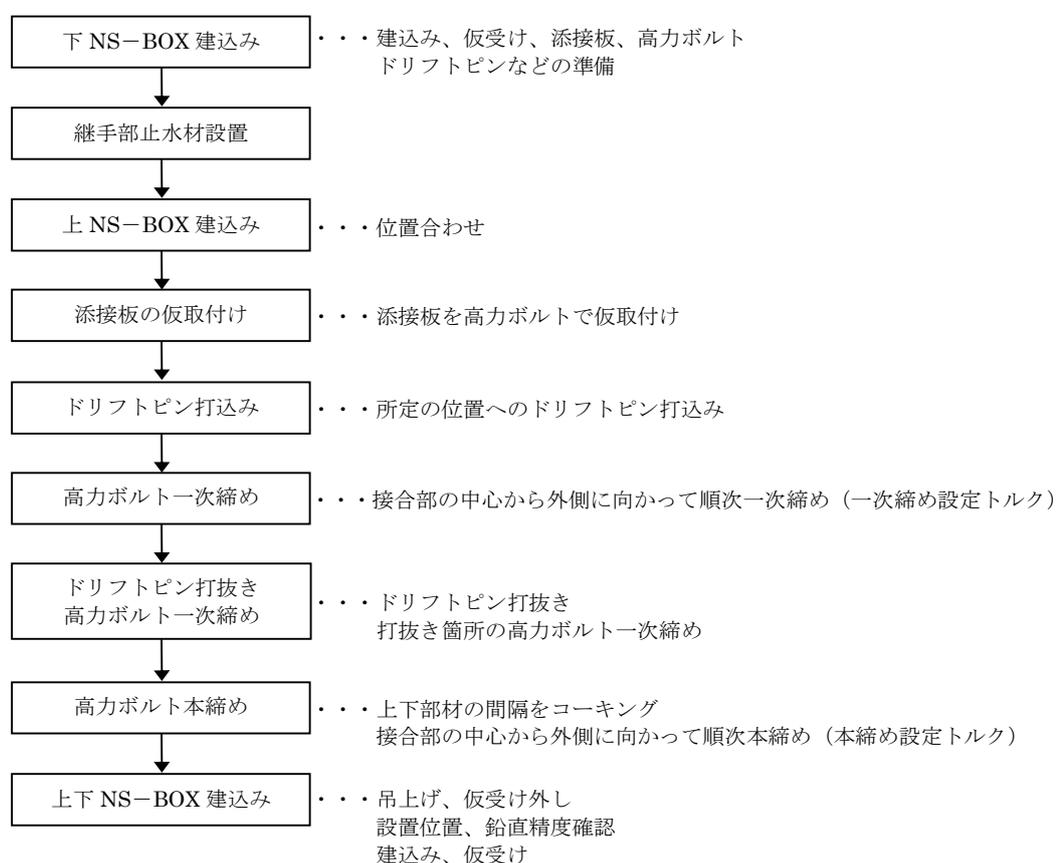


図一解 3.4.16 下部 NS-BOX の仮受け状況

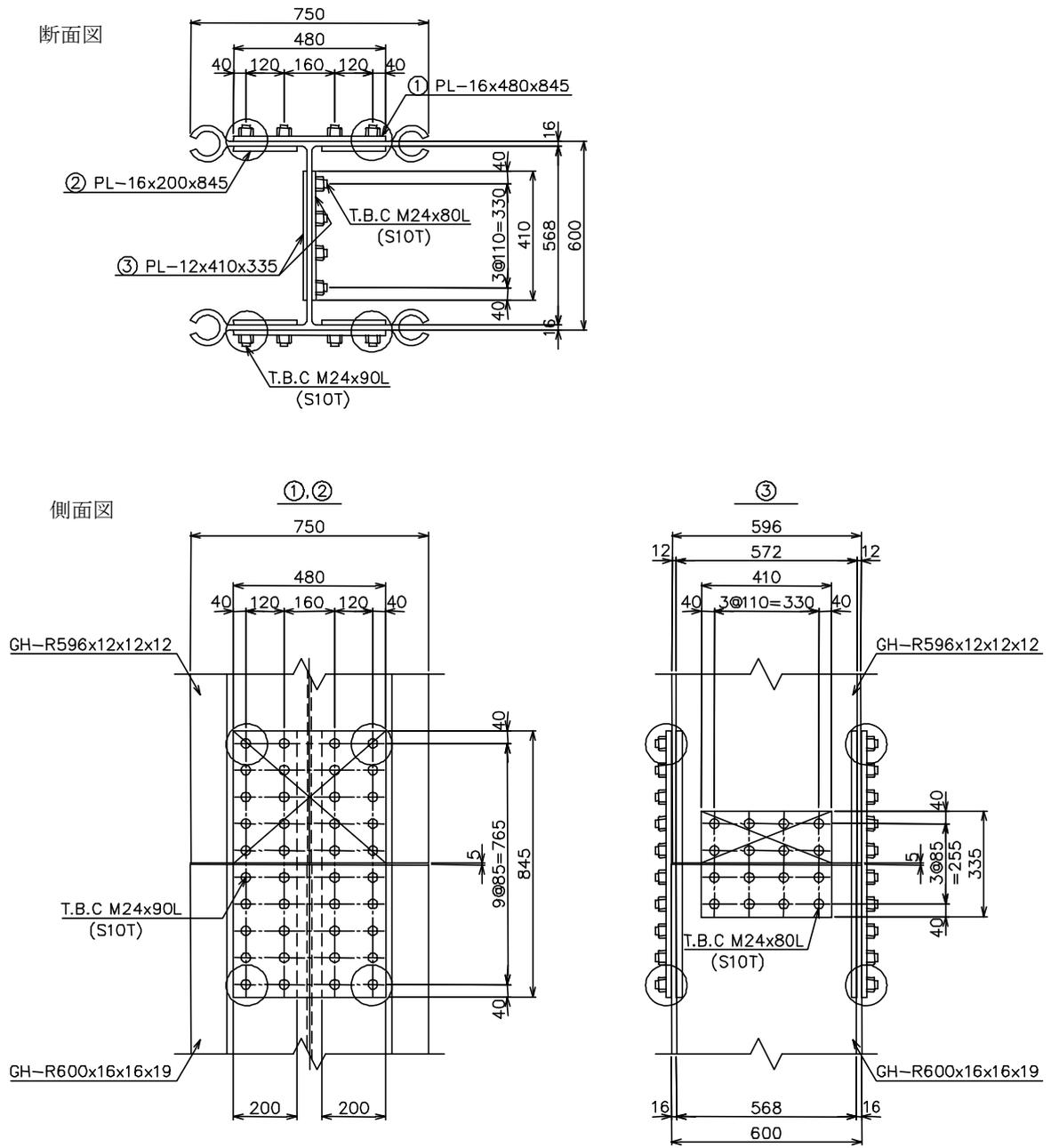
(6) NS-BOX の施工では現場継手位置での鉛直精度の確保が重要である。鉛直精度を確保する方法としては、ボルト孔に現場でドリフトピンを打ち込み、高い精度を出す方法と現場で2 m程度の直線定規をNS-BOXに当てる簡易的な方法があるが、一般的には前者の方法を採用している。

図一解 3. 4. 17 に現場継手の詳細手順を、図一解 3. 4. 18～3. 4. 20 にボルト接合の場合のドリフトピン打込み位置および高力ボルト締付け位置の例を示す。ボルトは片側から締付けができ、トルク管理の容易なトルシア型高力ボルトを使用するとよい。ボルト締めは、各ボルトに均等なボルト軸力を伝達するため、一次締め、本締めの2段階とし、接合の中心から外側へ順次締め付けるようにする。

なお、現場継手の隙間は止水材（コーキング材）などを充填して、止水性を確保する。



図一解 3. 4. 17 現場継手の詳細手順



図一解 3. 4. 18 ドリフトピン打込み位置 (GH-R)



図一解 3.4.19 ドリフトピン打込み状況

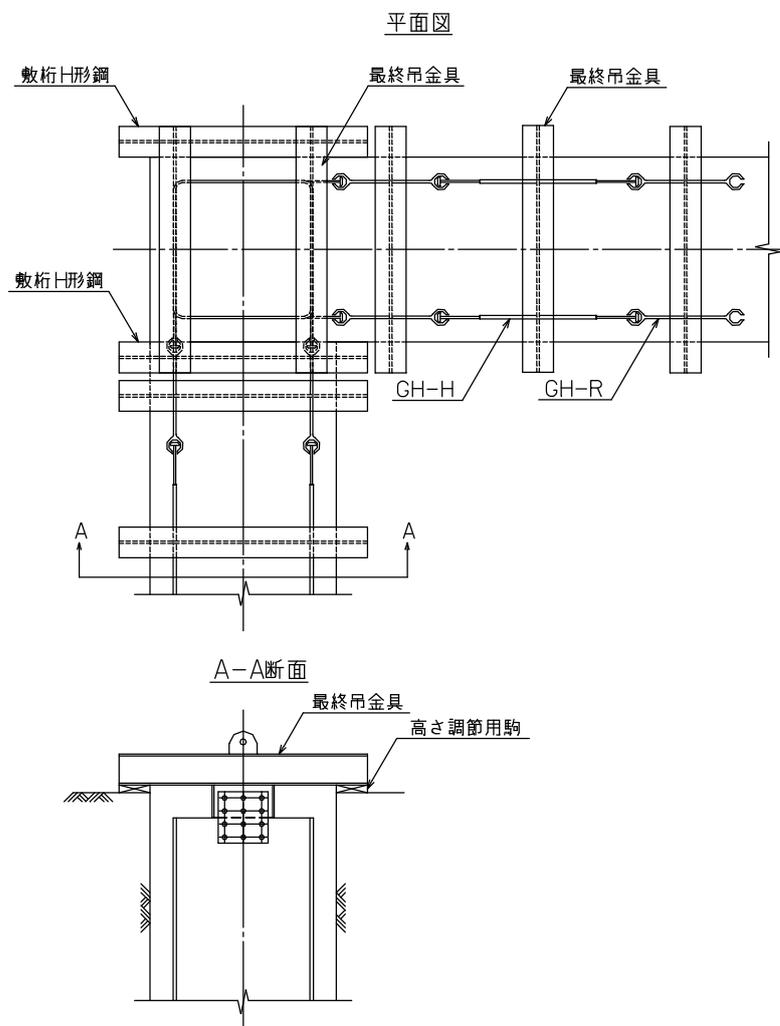


図一解 3.4.20 現場継手完了状況

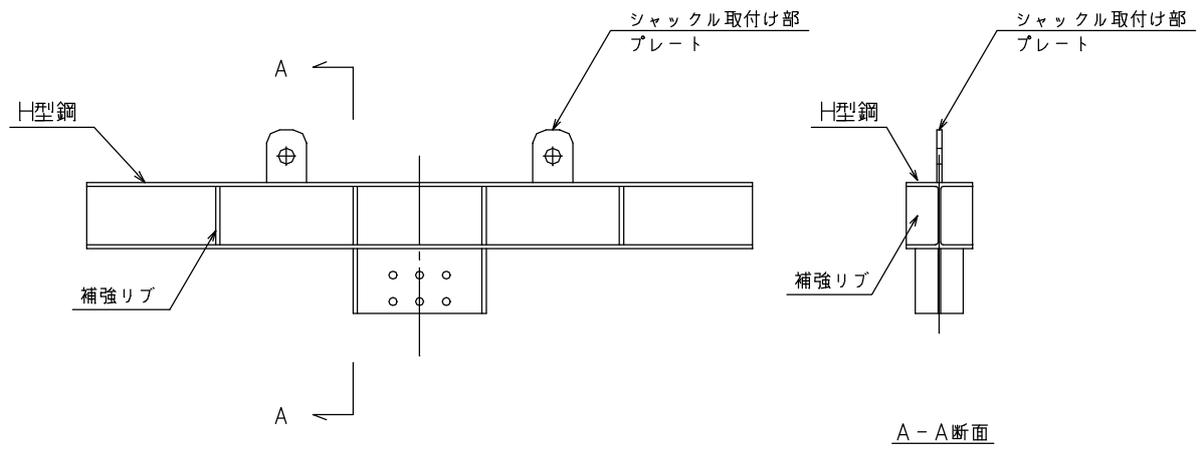
(7) NS-BOX の墨出しを基準として、変位が生じないように溶接などにより最終吊り金具と敷桁を固定する。特にコンクリート打込み方式の場合、打設中のコンクリート圧力により先行エレメント端部の NS-BOX が変位することがあるので、NS-BOX 頭部を十分固定しておくことが望ましい。

高い精度が求められる基準部材の NS-BOX および端部の NS-BOX については、建込み完了直前、完了後に、超音波測定器を用いて精度確認を行い、NS-BOX の絶対的な変位および隣接する NS-BOX との相対的な位置関係を把握する。なお、建込み後の精度確認で矯正が必要と判断される際には、NS-BOX を引上げ、クレーンにより矯正方向に若干偏心させて再度建込むなどの方法をとる。

各 NS-BOX の最終吊り金具設置例を図一解 3.4.21 に、最終吊り金具の形状例を図一解 3.4.22 に示す。最終吊り金具の位置は、部材重心とすることが望ましい。



図一解 3.4.21 最終吊り金具設置例



図一解 3.4.22 最終吊り金具形状例

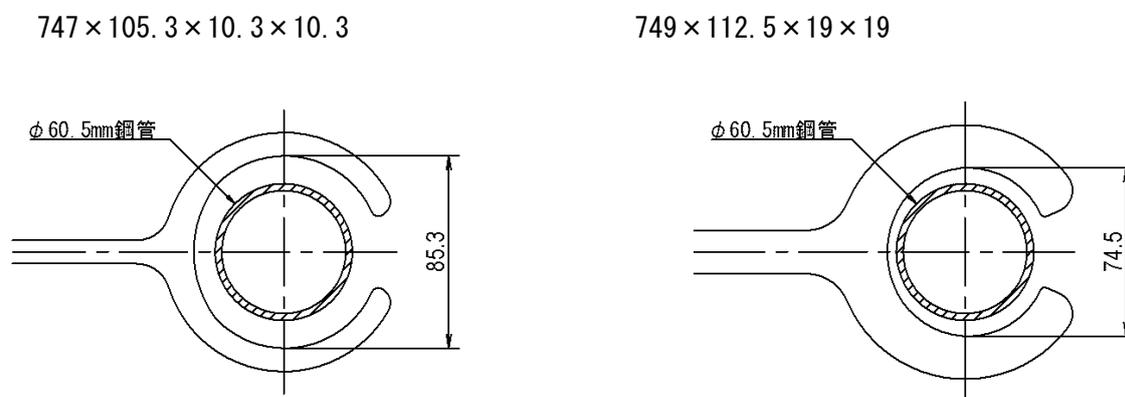
3. 4. 4 NS-BOX 継手の防護（端部処理）

当日の最終建込みはGH-Rタイプとし、その嵌合部を防護して隣接のNS-BOX建込みに支障の無いようにする。

【解説】

GH-Rタイプの嵌合部の防護方法として、図一解3.4.23に示すφ60.5mm鋼製パイプを挿入しておく。パイプはソイルセメント中で固着しないように縁切りしておく必要があり、翌日、クレーンで引き抜く。

当日の最終建込みがGH-Iタイプとならざるをえない場合について、T継手の防護が開発されている。T継手の防護は、鋼製パイプの防護より表面積が大きいいため、ソイルセメント中で固着しないように十分に縁切りを行う必要がある。



図一解 3. 4. 23 嵌合部φ60.5mm防護パイプ



図一解 3. 4. 24 防護パイプ事前挿入状況

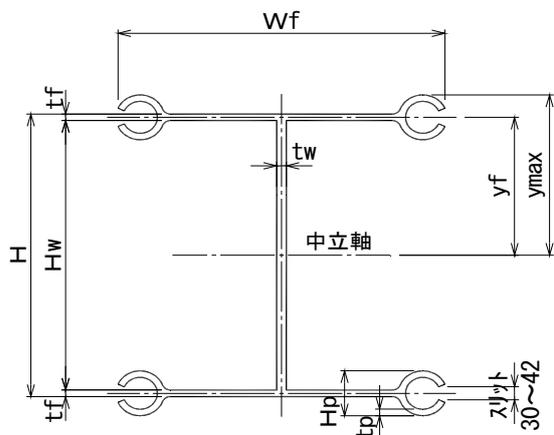
付録

付録1 GHの断面性能表

GH-RとGH-Iの等価フランジ断面对比表

GH-R (フランジ幅×継手高 ×フランジ厚×継手厚)	断面積(mm ²)		GH-I (フランジ幅 ×フランジ厚)	断面積(mm ²)	
	1枚当り	1m当り (@700mm)		1枚当り	1m当り (@700mm)
747×105.3×10×10	11570	16530	740×12	8880	12690
			740×16	11840	16910
749×107.0×12×12	13110	18730	740×19	14060	20090
			740×22	16280	23260
749×109.0×14×14	15500	22140	740×25	18500	26430
			740×28	20720	29600
749×111.0×16×16	17200	24570			
749×112.5×19×16	18980	27110			
749×112.5×19×19	20210	28870			

1) GH-Rの断面性能表



- H : 部材高さ
- WF : フランジ幅
- tf : フランジ厚
- tw : ウェブ厚
- tp : 継手厚
- Hp : 継手高さ

断面諸元計算式

- 中立軸より連壁用形鋼
 - 断面の重心位置までの距離 : $yf = (H - tf) / 2$
- 最大縁端距離 : $y_{max} = yf + Hp / 2$
- ウェブの高さ : $Hw = H - 2 \cdot tf$
- ウェブの断面二次モーメント : $Iw = tw \cdot Hw^3 / 12$
- 1本当たりの断面性能
 - 断面積 フランジ : $Af = 2 \cdot Af'$
 - ウェブ : $Aw = tw \cdot Hw$
 - 全体 : $\Sigma A = Af + Aw$
 - 重量 : $W = 0.00785 \cdot \Sigma A$
 - 断面二次モーメント : $I = 2 \cdot If + 2 \cdot Af' \cdot yf^2 + Iw$
 - 断面係数 : $Z = I / y_{max}$
- 壁長 1メートル当り (標準有効幅 $b = 0.70m$)
 - 断面積 フランジ : $Afo = Af / b$
 - ウェブ : $Awo = Aw / b$
 - 全体 : $\Sigma Ao = \Sigma A / b$
 - 重量 : $Wo = W / b$
 - 断面二次モーメント : $Io = I / b$
 - 断面係数 : $Zo = Z / b$

連壁用形鋼断面諸元

全幅 (呼称) x 高さ x フランジ厚 x 継手厚 (Wf x Hp x tf x tp)	(Wf) 全幅 ±4 (mm)	(Hp) 継手高 (mm)	(Af') 断面積 (mm ²)	(W) 重量 (kg/m)	(If) 断面二次モーメント x10 ⁶ (mm ⁴)
747 x 105.3 x 10 x 10	747	105.3	11570	90	7.52
749 x 107.0 x 12 x 12	749	107.0	13110	103	7.95
749 x 109.0 x 14 x 14	749	109.0	15500	121	9.27
749 x 111.0 x 16 x 16	749	111.0	17200	135	9.92
749 x 112.5 x 19 x 16	749	112.5	18980	149	10.84
749 x 112.5 x 19 x 19	749	112.5	20210	159	11.81

GH-R (部材高さH=400)

部材 高 H (mm)	ウェブ 厚 tw (mm)	フランジ 厚 tf (mm)	継手 厚 tp (mm)	一本当たり							壁長 1m 当たり (@700)						
				断面積			重量 (kg/m)	断面2次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面 係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)	断面積			重量 (kg/m)	断面2次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面 係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)
				フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)					フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)				
400	9	10	10	11570	3415	26555	208	9.35	3.78	4.83	16529	4878	37935	298	13.36	5.40	6.90
400	12	10	10	11570	4553	27693	217	9.48	3.83	4.94	16529	6504	39561	310	13.54	5.47	7.06
400	14	10	10	11570	5312	28452	223	9.57	3.87	5.01	16529	7588	40645	319	13.67	5.53	7.16
400	16	10	10	11570	6070	29210	229	9.66	3.90	5.08	16529	8672	41729	328	13.80	5.57	7.26
400	19	10	10	11570	7209	30349	238	9.80	3.96	5.19	16529	10298	43355	340	14.00	5.66	7.41
400	22	10	10	11570	8347	31487	247	9.94	4.01	5.30	16529	11924	44981	353	14.20	5.73	7.57
400	25	10	10	11570	9485	32625	256	10.07	4.07	5.41	16529	13550	46607	366	14.39	5.81	7.73
400	28	10	10	11570	10623	33763	265	10.21	4.13	5.52	16529	15176	48233	379	14.59	5.90	7.89
400	9	12	12	13110	3384	29604	232	10.43	4.21	5.40	18729	4834	42291	332	14.90	6.01	7.71
400	12	12	12	13110	4512	30732	241	10.56	4.27	5.51	18729	6446	43903	345	15.09	6.10	7.87
400	14	12	12	13110	5264	31484	247	10.65	4.30	5.58	18729	7520	44977	353	15.21	6.14	7.97
400	16	12	12	13110	6016	32236	253	10.74	4.34	5.65	18729	8594	46051	362	15.34	6.20	8.07
400	19	12	12	13110	7144	33364	262	10.87	4.39	5.76	18729	10206	47663	374	15.53	6.27	8.23
400	22	12	12	13110	8272	34492	271	11.00	4.45	5.86	18729	11817	49274	387	15.71	6.36	8.37
400	25	12	12	13110	9400	35620	280	11.13	4.50	5.97	18729	13429	50886	399	15.90	6.43	8.53
400	28	12	12	13110	10528	36748	288	11.27	4.55	6.08	18729	15040	52497	412	16.10	6.50	8.69
400	9	14	14	15500	3348	34348	270	12.12	4.90	6.29	22143	4783	49069	385	17.31	7.00	8.99
400	12	14	14	15500	4464	35464	278	12.25	4.95	6.40	22143	6377	50663	398	17.50	7.07	9.14
400	14	14	14	15500	5208	36208	284	12.33	4.98	6.47	22143	7440	51726	406	17.61	7.11	9.24
400	16	14	14	15500	5952	36952	290	12.42	5.02	6.54	22143	8503	52789	414	17.74	7.17	9.34
400	19	14	14	15500	7068	38068	299	12.55	5.07	6.64	22143	10097	54383	427	17.93	7.24	9.49
400	22	14	14	15500	8184	39184	308	12.68	5.12	6.74	22143	11691	55977	439	18.11	7.31	9.63
400	25	14	14	15500	9300	40300	316	12.81	5.17	6.85	22143	13286	57571	452	18.30	7.39	9.79
400	28	14	14	15500	10416	41416	325	12.93	5.23	6.95	22143	14880	59166	464	18.47	7.47	9.93
400	9	16	16	17200	3312	37712	296	13.25	5.35	6.91	24571	4731	53874	423	18.93	7.64	9.87
400	12	16	16	17200	4416	38816	305	13.38	5.41	7.01	24571	6309	55451	435	19.11	7.73	10.01
400	14	16	16	17200	5152	39552	310	13.46	5.44	7.08	24571	7360	56503	444	19.23	7.77	10.11
400	16	16	16	17200	5888	40288	316	13.54	5.47	7.15	24571	8411	57554	452	19.34	7.81	10.21
400	19	16	16	17200	6992	41392	325	13.67	5.52	7.25	24571	9989	59131	464	19.53	7.89	10.36
400	22	16	16	17200	8096	42496	334	13.79	5.57	7.35	24571	11566	60709	476	19.70	7.96	10.50
400	25	16	16	17200	9200	43600	342	13.92	5.62	7.45	24571	13143	62286	489	19.89	8.03	10.64
400	28	16	16	17200	10304	44704	351	14.04	5.67	7.55	24571	14720	63863	501	20.06	8.10	10.79
400	9	19	16	18980	3258	41218	324	14.35	5.81	7.53	27114	4654	58883	462	20.50	8.30	10.76
400	12	19	16	18980	4344	42304	332	14.47	5.86	7.62	27114	6206	60434	474	20.67	8.37	10.89
400	14	19	16	18980	5068	43028	338	14.55	5.90	7.69	27114	7240	61469	482	20.79	8.43	10.99
400	16	19	16	18980	5792	43752	343	14.63	5.93	7.76	27114	8274	62503	491	20.90	8.47	11.09
400	19	19	16	18980	6878	44838	352	14.74	5.98	7.85	27114	9826	64054	503	21.06	8.54	11.21
400	22	19	16	18980	7964	45924	360	14.86	6.02	7.95	27114	11377	65606	515	21.23	8.60	11.36
400	25	19	16	18980	9050	47010	369	14.98	6.07	8.05	27114	12929	67157	527	21.40	8.67	11.50
400	28	19	16	18980	10136	48096	378	15.10	6.12	8.15	27114	14480	68709	539	21.57	8.74	11.64
400	9	19	19	20210	3258	43678	343	15.26	6.18	7.99	28871	4654	62397	490	21.80	8.83	11.41
400	12	19	19	20210	4344	44764	351	15.38	6.23	8.09	28871	6206	63949	502	21.97	8.90	11.56
400	14	19	19	20210	5068	45488	357	15.46	6.26	8.16	28871	7240	64983	510	22.09	8.94	11.66
400	16	19	19	20210	5792	46212	363	15.54	6.30	8.22	28871	8274	66017	518	22.20	9.00	11.74
400	19	19	19	20210	6878	47298	371	15.66	6.34	8.32	28871	9826	67569	530	22.37	9.06	11.89
400	22	19	19	20210	7964	48384	380	15.77	6.39	8.42	28871	11377	69120	542	22.53	9.13	12.03
400	25	19	19	20210	9050	49470	388	15.89	6.44	8.52	28871	12929	70671	555	22.70	9.20	12.17
400	28	19	19	20210	10136	50556	397	16.01	6.49	8.62	28871	14480	72223	567	22.87	9.27	12.31

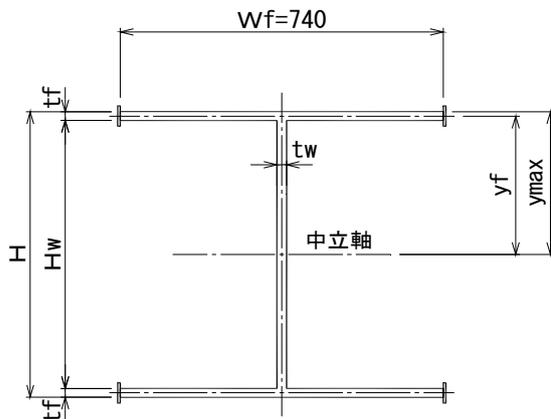
GH-R (部材高さH=500)

部材 高 H (mm)	ウェブ 厚 tw (mm)	フランジ 厚 tf (mm)	継手 厚 tp (mm)	一本当たり							壁長 1m 当たり (@700)						
				断面積			重量 (kg/m)	断面二次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)	断面積			重量 (kg/m)	断面二次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)
				フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)					フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)				
500	9	10	10	11570	4315	27455	216	14.85	4.99	6.18	16529	6164	39221	308	21.21	7.13	8.83
500	12	10	10	11570	5753	28893	227	15.12	5.08	6.36	16529	8218	41275	324	21.60	7.26	9.09
500	14	10	10	11570	6712	29852	234	15.31	5.15	6.47	16529	9588	42645	335	21.87	7.36	9.24
500	16	10	10	11570	7670	30810	242	15.49	5.21	6.59	16529	10958	44015	346	22.13	7.44	9.41
500	19	10	10	11570	9109	32249	253	15.77	5.30	6.76	16529	13012	46069	362	22.53	7.57	9.66
500	22	10	10	11570	10547	33687	264	16.04	5.39	6.93	16529	15067	48124	378	22.91	7.70	9.90
500	25	10	10	11570	11985	35125	276	16.32	5.49	7.10	16529	17121	50179	394	23.31	7.84	10.14
500	28	10	10	11570	13423	36563	287	16.59	5.58	7.27	16529	19176	52233	410	23.70	7.97	10.39
500	9	12	12	13110	4284	30504	239	16.58	5.57	6.91	18729	6120	43577	342	23.69	7.96	9.87
500	12	12	12	13110	5712	31932	251	16.85	5.66	7.08	18729	8160	45617	358	24.07	8.09	10.11
500	14	12	12	13110	6664	32884	258	17.03	5.72	7.19	18729	9520	46977	369	24.33	8.17	10.27
500	16	12	12	13110	7616	33836	266	17.21	5.78	7.30	18729	10880	48337	379	24.59	8.26	10.43
500	19	12	12	13110	9044	35264	277	17.48	5.87	7.47	18729	12920	50377	395	24.97	8.39	10.67
500	22	12	12	13110	10472	36692	288	17.75	5.97	7.64	18729	14960	52417	411	25.36	8.53	10.91
500	25	12	12	13110	11900	38120	299	18.02	6.06	7.81	18729	17000	54457	427	25.74	8.66	11.16
500	28	12	12	13110	13328	39548	310	18.29	6.15	7.98	18729	19040	56497	444	26.13	8.79	11.40
500	9	14	14	15500	4248	35248	277	19.28	6.48	8.03	22143	6069	50354	395	27.54	9.26	11.47
500	12	14	14	15500	5664	36664	288	19.54	6.57	8.20	22143	8091	52377	411	27.91	9.39	11.71
500	14	14	14	15500	6608	37608	295	19.72	6.63	8.31	22143	9440	53726	422	28.17	9.47	11.87
500	16	14	14	15500	7552	38552	303	19.89	6.69	8.42	22143	10789	55074	432	28.41	9.56	12.03
500	19	14	14	15500	8968	39968	314	20.16	6.77	8.59	22143	12811	57097	448	28.80	9.67	12.27
500	22	14	14	15500	10384	41384	325	20.42	6.86	8.76	22143	14834	59120	464	29.17	9.80	12.51
500	25	14	14	15500	11800	42800	336	20.68	6.95	8.93	22143	16857	61143	480	29.54	9.93	12.76
500	28	14	14	15500	13216	44216	347	20.94	7.04	9.09	22143	18880	63166	496	29.91	10.06	12.99
500	9	16	16	17200	4212	38612	303	21.11	7.10	8.82	24571	6017	55160	433	30.16	10.14	12.60
500	12	16	16	17200	5616	40016	314	21.37	7.18	8.98	24571	8023	57166	449	30.53	10.26	12.83
500	14	16	16	17200	6552	40952	321	21.54	7.24	9.09	24571	9360	58503	459	30.77	10.34	12.99
500	16	16	16	17200	7488	41888	329	21.71	7.30	9.20	24571	10697	59840	470	31.01	10.43	13.14
500	19	16	16	17200	8892	43292	340	21.97	7.38	9.37	24571	12703	61846	485	31.39	10.54	13.39
500	22	16	16	17200	10296	44696	351	22.22	7.47	9.53	24571	14709	63851	501	31.74	10.67	13.61
500	25	16	16	17200	11700	46100	362	22.48	7.56	9.69	24571	16714	65857	517	32.11	10.80	13.84
500	28	16	16	17200	13104	47504	373	22.74	7.64	9.86	24571	18720	67863	533	32.49	10.91	14.09
500	9	19	16	18980	4158	42118	331	22.91	7.72	9.61	27114	5940	60169	472	32.73	11.03	13.73
500	12	19	16	18980	5544	43504	342	23.16	7.80	9.77	27114	7920	62149	488	33.09	11.14	13.96
500	14	19	16	18980	6468	44428	349	23.32	7.86	9.88	27114	9240	63469	498	33.31	11.23	14.11
500	16	19	16	18980	7392	45352	356	23.49	7.92	9.98	27114	10560	64789	508	33.56	11.31	14.26
500	19	19	16	18980	8778	46738	367	23.73	8.00	10.14	27114	12540	66769	524	33.90	11.43	14.49
500	22	19	16	18980	10164	48124	378	23.98	8.08	10.30	27114	14520	68749	540	34.26	11.54	14.71
500	25	19	16	18980	11550	49510	389	24.23	8.16	10.46	27114	16500	70729	555	34.61	11.66	14.94
500	28	19	16	18980	12936	50896	400	24.47	8.25	10.62	27114	18480	72709	571	34.96	11.79	15.17
500	9	19	19	20210	4158	44578	350	24.35	8.21	10.20	28871	5940	63683	500	34.79	11.73	14.57
500	12	19	19	20210	5544	45964	361	24.60	8.29	10.36	28871	7920	65663	515	35.14	11.84	14.80
500	14	19	19	20210	6468	46888	368	24.77	8.35	10.47	28871	9240	66983	526	35.39	11.93	14.96
500	16	19	19	20210	7392	47812	375	24.93	8.40	10.57	28871	10560	68303	536	35.61	12.00	15.10
500	19	19	19	20210	8778	49198	386	25.18	8.48	10.73	28871	12540	70283	552	35.97	12.11	15.33
500	22	19	19	20210	10164	50584	397	25.42	8.57	10.89	28871	14520	72263	567	36.31	12.24	15.56
500	25	19	19	20210	11550	51970	408	25.67	8.65	11.06	28871	16500	74243	583	36.67	12.36	15.80
500	28	19	19	20210	12936	53356	419	25.92	8.73	11.22	28871	18480	76223	598	37.03	12.47	16.03

GH-R (部材高さH=900)

部材 高 H (mm)	ウェブ 厚 tw (mm)	フランジ 厚 tf (mm)	継手 厚 tp (mm)	一本当たり							壁長 1m 当たり (@700)						
				断面積			重量 (kg/m)	断面二次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)	断面積			重量 (kg/m)	断面二次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)
				フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)					フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)				
900	9	10	10	11570	7915	31055	244	51.04	10.26	12.03	16529	11307	44364	348	72.91	14.66	17.19
900	12	10	10	11570	10553	33693	264	52.74	10.60	12.61	16529	15075	48133	378	75.34	15.14	18.01
900	14	10	10	11570	12312	35452	278	53.88	10.83	13.00	16529	17588	50645	398	76.97	15.47	18.57
900	16	10	10	11570	14070	37210	292	55.01	11.06	13.39	16529	20101	53158	417	78.59	15.80	19.13
900	19	10	10	11570	16709	39849	313	56.71	11.40	13.97	16529	23869	56927	447	81.01	16.29	19.96
900	22	10	10	11570	19347	42487	334	58.41	11.74	14.55	16529	27638	60695	476	83.44	16.77	20.79
900	25	10	10	11570	21985	45125	354	60.11	12.08	15.13	16529	31407	64464	506	85.87	17.26	21.61
900	28	10	10	11570	24623	47763	375	61.81	12.42	15.71	16529	35176	68233	536	88.30	17.74	22.44
900	9	12	12	13110	7884	34104	268	56.89	11.44	13.37	18729	11263	48720	382	81.27	16.34	19.10
900	12	12	12	13110	10512	36732	288	58.57	11.77	13.94	18729	15017	52474	412	83.67	16.81	19.91
900	14	12	12	13110	12264	38484	302	59.69	12.00	14.33	18729	17520	54977	432	85.27	17.14	20.47
900	16	12	12	13110	14016	40236	316	60.81	12.22	14.71	18729	20023	57480	451	86.87	17.46	21.01
900	19	12	12	13110	16644	42864	336	62.49	12.56	15.29	18729	23777	61234	481	89.27	17.94	21.84
900	22	12	12	13110	19272	45492	357	64.17	12.90	15.86	18729	27531	64989	510	91.67	18.43	22.66
900	25	12	12	13110	21900	48120	378	65.85	13.24	16.44	18729	31286	68743	540	94.07	18.91	23.49
900	28	12	12	13110	24528	50748	398	67.53	13.57	17.01	18729	35040	72497	569	96.47	19.39	24.30
900	9	14	14	15500	7848	38848	305	66.00	13.27	15.44	22143	11211	55497	436	94.29	18.96	22.06
900	12	14	14	15500	10464	41464	325	67.65	13.60	16.01	22143	14949	59234	465	96.64	19.43	22.87
900	14	14	14	15500	12208	43208	339	68.76	13.82	16.39	22143	17440	61726	484	98.23	19.74	23.41
900	16	14	14	15500	13952	44952	353	69.86	14.04	16.77	22143	19931	64217	504	99.80	20.06	23.96
900	19	14	14	15500	16568	47568	373	71.52	14.38	17.34	22143	23669	67954	533	102.17	20.54	24.77
900	22	14	14	15500	19184	50184	394	73.18	14.71	17.92	22143	27406	71691	563	104.54	21.01	25.60
900	25	14	14	15500	21800	52800	414	74.84	15.04	18.49	22143	31143	75429	592	106.91	21.49	26.41
900	28	14	14	15500	24416	55416	435	76.49	15.38	19.06	22143	34880	79166	621	109.27	21.97	27.23
900	9	16	16	17200	7812	42212	331	72.31	14.53	16.90	24571	11160	60303	473	103.30	20.76	24.14
900	12	16	16	17200	10416	44816	352	73.94	14.86	17.47	24571	14880	64023	502	105.63	21.23	24.96
900	14	16	16	17200	12152	46552	365	75.03	15.08	17.84	24571	17360	66503	522	107.19	21.54	25.49
900	16	16	16	17200	13888	48288	379	76.12	15.30	18.22	24571	19840	68983	542	108.74	21.86	26.03
900	19	16	16	17200	16492	50892	400	77.76	15.63	18.78	24571	23560	72703	571	111.09	22.33	26.83
900	22	16	16	17200	19096	53496	420	79.39	15.96	19.35	24571	27280	76423	600	113.41	22.80	27.64
900	25	16	16	17200	21700	56100	440	81.03	16.29	19.91	24571	31000	80143	629	115.76	23.27	28.44
900	28	16	16	17200	24304	58704	461	82.66	16.62	20.48	24571	34720	83863	658	118.09	23.74	29.26
900	9	19	16	18980	7758	45718	359	78.68	15.84	18.39	27114	11083	65311	513	112.40	22.63	26.27
900	12	19	16	18980	10344	48304	379	80.28	16.16	18.95	27114	14777	69006	542	114.69	23.09	27.07
900	14	19	16	18980	12068	50028	393	81.35	16.38	19.32	27114	17240	71469	561	116.21	23.40	27.60
900	16	19	16	18980	13792	51752	406	82.41	16.59	19.69	27114	19703	73931	580	117.73	23.70	28.13
900	19	19	16	18980	16378	54338	426	84.02	16.91	20.25	27114	23397	77626	609	120.03	24.16	28.93
900	22	19	16	18980	18964	56924	447	85.62	17.24	20.81	27114	27091	81320	638	122.31	24.63	29.73
900	25	19	16	18980	21550	59510	467	87.22	17.56	21.37	27114	30786	85014	667	124.60	25.09	30.53
900	28	19	16	18980	24136	62096	487	88.82	17.88	21.92	27114	34480	88709	696	126.89	25.54	31.31
900	9	19	19	20210	7758	48178	378	83.47	16.80	19.48	28871	11083	68826	540	119.24	24.00	27.83
900	12	19	19	20210	10344	50764	398	85.07	17.13	20.03	28871	14777	72520	569	121.53	24.47	28.61
900	14	19	19	20210	12068	52488	412	86.14	17.34	20.41	28871	17240	74983	589	123.06	24.77	29.16
900	16	19	19	20210	13792	54212	426	87.21	17.56	20.78	28871	19703	77446	608	124.59	25.09	29.69
900	19	19	19	20210	16378	56798	446	88.81	17.88	21.33	28871	23397	81140	637	126.87	25.54	30.47
900	22	19	19	20210	18964	59384	466	90.41	18.20	21.89	28871	27091	84834	666	129.16	26.00	31.27
900	25	19	19	20210	21550	61970	486	92.01	18.52	22.45	28871	30786	88529	695	131.44	26.46	32.07
900	28	19	19	20210	24136	64556	507	93.61	18.84	23.01	28871	34480	92223	724	133.73	26.91	32.87

2) GH-Iの断面性能表



H : 部材高さ
 WF : フランジ幅
 tf : フランジ厚
 tw : ウェブ厚

断面諸元計算式

- 中立軸より連壁用形鋼
 断面の重心位置までの距離 : $yf = (H - tf) / 2$
- 最大縁端距離 : $y_{max} = yf + tf / 2$
- ウェブの高さ : $H_w = H - 2 \cdot tf$
- ウェブの断面二次モーメント : $I_w = tw \cdot H_w^3 / 12$
- フランジの断面積 : $A_f' = 740 \cdot tf$
- フランジの断面二次モーメント : $I_f = 740 \cdot tf^3 / 12$
- 1本当たりの断面性能
 - 断面積 フランジ : $A_f = 2 \cdot A_f'$
 - ウェブ : $A_w = tw \cdot H_w$
 - 全体 : $\Sigma A = A_f + A_w$
 - 重量 : $W = 0.00785 \cdot \Sigma A$
 - 断面二次モーメント : $I = 2 \cdot I_f + 2 \cdot A_f' \cdot yf^2 + I_w$
 - 断面係数 : $Z = I / y_{max}$
- 壁長1メートル当り(有効幅 $b = 0.70m$)
 - 断面積 フランジ : $A_{fo} = A_f / b$
 - ウェブ : $A_{wo} = A_w / b$
 - 全体 : $\Sigma A_o = \Sigma A / b$
 - 重量 : $W_o = W / b$
 - 断面二次モーメント : $I_o = I / b$
 - 断面係数 : $Z_o = Z / b$

GH-I (部材高さH=400)

部材 高 H (mm)	フランジ 幅 W (mm)	ウェブ 厚 tw (mm)	フランジ 厚 tf (mm)	一本当たり							壁長 1m 当たり (@700)						
				断面積			重量 (kg/m)	断面2次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面 係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)	断面積			重量 (kg/m)	断面2次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面 係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)
				フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)					フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)				
400	740	9	12	8880	3384	21144	166	7.08	3.54	3.76	12686	4834	30206	237	10.11	5.06	5.37
400	740	12	12	8880	4512	22272	175	7.22	3.61	3.87	12686	6446	31817	250	10.31	5.16	5.53
400	740	14	12	8880	5264	23024	181	7.31	3.65	3.94	12686	7520	32891	258	10.44	5.21	5.63
400	740	16	12	8880	6016	23776	187	7.40	3.70	4.01	12686	8594	33966	267	10.57	5.29	5.73
400	740	19	12	8880	7144	24904	195	7.53	3.76	4.12	12686	10206	35577	279	10.76	5.37	5.89
400	740	22	12	8880	8272	26032	204	7.66	3.83	4.22	12686	11817	37189	292	10.94	5.47	6.03
400	740	25	12	8880	9400	27160	213	7.79	3.90	4.33	12686	13429	38800	304	11.13	5.57	6.19
400	740	28	12	8880	10528	28288	222	7.93	3.96	4.44	12686	15040	40411	317	11.33	5.66	6.34
400	740	9	16	11840	3312	26992	212	9.11	4.55	4.85	16914	4731	38560	303	13.01	6.50	6.93
400	740	12	16	11840	4416	28096	220	9.23	4.62	4.95	16914	6309	40137	315	13.19	6.60	7.07
400	740	14	16	11840	5152	28832	226	9.32	4.66	5.02	16914	7360	41189	323	13.31	6.66	7.17
400	740	16	16	11840	5888	29568	232	9.40	4.70	5.09	16914	8411	42240	332	13.43	6.71	7.27
400	740	19	16	11840	6992	30672	241	9.52	4.76	5.19	16914	9989	43817	344	13.60	6.80	7.41
400	740	22	16	11840	8096	31776	249	9.65	4.82	5.29	16914	11566	45394	356	13.79	6.89	7.56
400	740	25	16	11840	9200	32880	258	9.77	4.89	5.39	16914	13143	46971	369	13.96	6.99	7.70
400	740	28	16	11840	10304	33984	267	9.90	4.95	5.49	16914	14720	48549	381	14.14	7.07	7.84
400	740	9	19	14060	3258	31378	246	10.57	5.28	5.65	20086	4654	44826	352	15.10	7.54	8.07
400	740	12	19	14060	4344	32464	255	10.69	5.34	5.75	20086	6206	46377	364	15.27	7.63	8.21
400	740	14	19	14060	5068	33188	260	10.77	5.38	5.82	20086	7240	47411	372	15.39	7.69	8.31
400	740	16	19	14060	5792	33912	266	10.85	5.42	5.88	20086	8274	48446	380	15.50	7.74	8.40
400	740	19	19	14060	6878	34998	275	10.96	5.48	5.98	20086	9826	49997	392	15.66	7.83	8.54
400	740	22	19	14060	7964	36084	283	11.08	5.54	6.08	20086	11377	51549	405	15.83	7.91	8.69
400	740	25	19	14060	9050	37170	292	11.20	5.60	6.18	20086	12929	53100	417	16.00	8.00	8.83
400	740	28	19	14060	10136	38256	300	11.32	5.66	6.27	20086	14480	54651	429	16.17	8.09	8.96
400	740	9	22	16280	3204	35764	281	11.98	5.99	6.44	23257	4577	51091	401	17.11	8.56	9.20
400	740	12	22	16280	4272	36832	289	12.10	6.05	6.53	23257	6103	52617	413	17.29	8.64	9.33
400	740	14	22	16280	4984	37544	295	12.17	6.09	6.60	23257	7120	53634	421	17.39	8.70	9.43
400	740	16	22	16280	5696	38256	300	12.25	6.12	6.66	23257	8137	54651	429	17.50	8.74	9.51
400	740	19	22	16280	6764	39324	309	12.36	6.18	6.76	23257	9663	56177	441	17.66	8.83	9.66
400	740	22	22	16280	7832	40392	317	12.47	6.24	6.85	23257	11189	57703	453	17.81	8.91	9.79
400	740	25	22	16280	8900	41460	325	12.58	6.29	6.95	23257	12714	59229	465	17.97	8.99	9.93
400	740	28	22	16280	9968	42528	334	12.70	6.35	7.04	23257	14240	60754	477	18.14	9.07	10.06
400	740	9	25	18500	3150	40150	315	13.35	6.67	7.21	26429	4500	57357	450	19.07	9.53	10.30
400	740	12	25	18500	4200	41200	323	13.46	6.73	7.31	26429	6000	58857	462	19.23	9.61	10.44
400	740	14	25	18500	4900	41900	329	13.53	6.76	7.37	26429	7000	59857	470	19.33	9.66	10.53
400	740	16	25	18500	5600	42600	334	13.60	6.80	7.43	26429	8000	60857	478	19.43	9.71	10.61
400	740	19	25	18500	6650	43650	343	13.71	6.85	7.52	26429	9500	62357	490	19.59	9.79	10.74
400	740	22	25	18500	7700	44700	351	13.81	6.91	7.61	26429	11000	63857	501	19.73	9.87	10.87
400	740	25	25	18500	8750	45750	359	13.92	6.96	7.70	26429	12500	65357	513	19.89	9.94	11.00
400	740	28	25	18500	9800	46800	367	14.03	7.01	7.80	26429	14000	66857	525	20.04	10.01	11.14
400	740	9	28	20720	3096	44536	350	14.67	7.33	7.97	29600	4423	63623	499	20.96	10.47	11.39
400	740	12	28	20720	4128	45568	358	14.77	7.39	8.06	29600	5897	65097	511	21.10	10.56	11.51
400	740	14	28	20720	4816	46256	363	14.84	7.42	8.12	29600	6880	66080	519	21.20	10.60	11.60
400	740	16	28	20720	5504	46944	368	14.91	7.45	8.18	29600	7863	67063	526	21.30	10.64	11.69
400	740	19	28	20720	6536	47976	377	15.01	7.50	8.27	29600	9337	68537	538	21.44	10.71	11.81
400	740	22	28	20720	7568	49008	385	15.11	7.55	8.36	29600	10811	70011	550	21.59	10.79	11.94
400	740	25	28	20720	8600	50040	393	15.21	7.61	8.45	29600	12286	71486	561	21.73	10.87	12.07
400	740	28	28	20720	9632	51072	401	15.31	7.66	8.54	29600	13760	72960	573	21.87	10.94	12.20

GH-I (部材高さH=500)

部材 高 H (mm)	フランジ 幅 W (mm)	ウェブ 厚 tw (mm)	フランジ 厚 tf (mm)	一本当たり							壁長 1m 当たり (@700)						
				断面積			重量 (kg/m)	断面2次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面 係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)	断面積			重量 (kg/m)	断面2次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面 係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)
				フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)					フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)				
500	740	9	12	8880	4284	22044	173	11.38	4.55	4.84	12686	6120	31491	247	16.26	6.50	6.91
500	740	12	12	8880	5712	23472	184	11.65	4.66	5.01	12686	8160	33531	263	16.64	6.66	7.16
500	740	14	12	8880	6664	24424	192	11.83	4.73	5.13	12686	9520	34891	274	16.90	6.76	7.33
500	740	16	12	8880	7616	25376	199	12.01	4.81	5.24	12686	10880	36251	284	17.16	6.87	7.49
500	740	19	12	8880	9044	26804	210	12.28	4.91	5.41	12686	12920	38291	300	17.54	7.01	7.73
500	740	22	12	8880	10472	28232	222	12.55	5.02	5.58	12686	14960	40331	317	17.93	7.17	7.97
500	740	25	12	8880	11900	29660	233	12.82	5.13	5.75	12686	17000	42371	333	18.31	7.33	8.21
500	740	28	12	8880	13328	31088	244	13.09	5.24	5.92	12686	19040	44411	349	18.70	7.49	8.46
500	740	9	16	11840	2412	26092	219	14.58	5.83	6.22	16914	3446	37274	313	20.83	8.33	8.89
500	740	12	16	11840	3216	26896	230	14.82	5.93	6.39	16914	4594	38423	328	21.17	8.47	9.13
500	740	14	16	11840	3752	27432	237	14.98	5.99	6.50	16914	5360	39189	339	21.40	8.56	9.29
500	740	16	16	11840	4288	27968	245	15.13	6.05	6.61	16914	6126	39954	350	21.61	8.64	9.44
500	740	19	16	11840	5092	28772	256	15.37	6.15	6.77	16914	7274	41103	365	21.96	8.79	9.67
500	740	22	16	11840	5896	29576	267	15.61	6.24	6.94	16914	8423	42251	381	22.30	8.91	9.91
500	740	25	16	11840	6700	30380	278	15.84	6.34	7.10	16914	9571	43400	397	22.63	9.06	10.14
500	740	28	16	11840	7504	31184	289	16.08	6.43	7.26	16914	10720	44549	412	22.97	9.19	10.37
500	740	9	19	14060	2358	30478	253	16.95	6.78	7.24	20086	3369	43540	362	24.21	9.69	10.34
500	740	12	19	14060	3144	31264	264	17.18	6.87	7.40	20086	4491	44663	378	24.54	9.81	10.57
500	740	14	19	14060	3668	31788	272	17.33	6.93	7.51	20086	5240	45411	388	24.76	9.90	10.73
500	740	16	19	14060	4192	32312	279	17.48	6.99	7.62	20086	5989	46160	398	24.97	9.99	10.89
500	740	19	19	14060	4978	33098	290	17.71	7.08	7.78	20086	7111	47283	414	25.30	10.11	11.11
500	740	22	19	14060	5764	33884	300	17.93	7.17	7.94	20086	8234	48406	429	25.61	10.24	11.34
500	740	25	19	14060	6550	34670	311	18.16	7.26	8.10	20086	9357	49529	445	25.94	10.37	11.57
500	740	28	19	14060	7336	35456	322	18.39	7.35	8.26	20086	10480	50651	460	26.27	10.50	11.80
500	740	9	22	16280	2304	34864	288	19.26	7.71	8.25	23257	3291	49806	411	27.51	11.01	11.79
500	740	12	22	16280	3072	35632	298	19.48	7.79	8.41	23257	4389	50903	426	27.83	11.13	12.01
500	740	14	22	16280	3584	36144	306	19.62	7.85	8.51	23257	5120	51634	437	28.03	11.21	12.16
500	740	16	22	16280	4096	36656	313	19.77	7.91	8.61	23257	5851	52366	447	28.24	11.30	12.30
500	740	19	22	16280	4864	37424	324	19.99	7.99	8.77	23257	6949	53463	462	28.56	11.41	12.53
500	740	22	22	16280	5632	38192	334	20.20	8.08	8.93	23257	8046	54560	478	28.86	11.54	12.76
500	740	25	22	16280	6400	38960	345	20.42	8.17	9.08	23257	9143	55657	493	29.17	11.67	12.97
500	740	28	22	16280	7168	39728	356	20.64	8.26	9.24	23257	10240	56754	508	29.49	11.80	13.20
500	740	9	25	18500	2250	39250	322	21.51	8.61	9.24	26429	3214	56071	460	30.73	12.30	13.20
500	740	12	25	18500	3000	40000	333	21.72	8.69	9.40	26429	4286	57143	475	31.03	12.41	13.43
500	740	14	25	18500	3500	40500	340	21.86	8.74	9.50	26429	5000	57857	486	31.23	12.49	13.57
500	740	16	25	18500	4000	41000	347	22.00	8.80	9.60	26429	5714	58571	496	31.43	12.57	13.71
500	740	19	25	18500	4750	41750	358	22.21	8.88	9.75	26429	6786	59643	511	31.73	12.69	13.93
500	740	22	25	18500	5500	42500	368	22.41	8.97	9.90	26429	7857	60714	526	32.01	12.81	14.14
500	740	25	25	18500	6250	43250	379	22.62	9.05	10.05	26429	8929	61786	541	32.31	12.93	14.36
500	740	28	25	18500	7000	44000	389	22.83	9.13	10.21	26429	10000	62857	556	32.61	13.04	14.59
500	740	9	28	20720	2196	43636	357	23.70	9.48	10.22	29600	3137	62337	510	33.86	13.54	14.60
500	740	12	28	20720	2928	44368	367	23.90	9.56	10.37	29600	4183	63383	524	34.14	13.66	14.81
500	740	14	28	20720	3416	44856	374	24.04	9.61	10.47	29600	4880	64080	534	34.34	13.73	14.96
500	740	16	28	20720	3904	45344	381	24.17	9.67	10.57	29600	5577	64777	544	34.53	13.81	15.10
500	740	19	28	20720	4636	46076	392	24.37	9.75	10.72	29600	6623	65823	559	34.81	13.93	15.31
500	740	22	28	20720	5368	46808	402	24.57	9.83	10.86	29600	7669	66869	574	35.10	14.04	15.51
500	740	25	28	20720	6100	47540	412	24.76	9.91	11.01	29600	8714	67914	589	35.37	14.16	15.73
500	740	28	28	20720	6832	48272	423	24.96	9.99	11.16	29600	9760	68960	604	35.66	14.27	15.94

GH-I (部材高さH=600)

部材 高 H (mm)	フランジ 幅 W (mm)	ウェブ 厚 tw (mm)	フランジ 厚 tf (mm)	一本当たり							壁長 1m 当たり (@700)						
				断面積			重量 (kg/m)	断面2次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面 係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)	断面積			重量 (kg/m)	断面2次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面 係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)
				フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)					フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)				
600	740	9	12	8880	5184	22944	180	16.79	5.60	5.97	12686	7406	32777	257	23.99	8.00	8.53
600	740	12	12	8880	6912	24672	194	17.26	5.75	6.22	12686	9874	35246	277	24.66	8.21	8.89
600	740	14	12	8880	8064	25824	203	17.58	5.86	6.38	12686	11520	36891	290	25.11	8.37	9.11
600	740	16	12	8880	9216	26976	212	17.90	5.97	6.55	12686	13166	38537	302	25.57	8.53	9.36
600	740	19	12	8880	10944	28704	225	18.38	6.13	6.80	12686	15634	41006	322	26.26	8.76	9.71
600	740	22	12	8880	12672	30432	239	18.86	6.29	7.05	12686	18103	43474	341	26.94	8.99	10.07
600	740	25	12	8880	14400	32160	252	19.33	6.44	7.30	12686	20571	45943	361	27.61	9.20	10.43
600	740	28	12	8880	16128	33888	266	19.81	6.60	7.54	12686	23040	48411	380	28.30	9.43	10.77
600	740	9	16	11840	5112	28792	226	21.57	7.19	7.64	16914	7303	41131	323	30.81	10.27	10.91
600	740	12	16	11840	6816	30496	239	22.03	7.34	7.88	16914	9737	43566	342	31.47	10.49	11.26
600	740	14	16	11840	7952	31632	248	22.33	7.44	8.04	16914	11360	45189	355	31.90	10.63	11.49
600	740	16	16	11840	9088	32768	257	22.64	7.55	8.21	16914	12983	46811	367	32.34	10.79	11.73
600	740	19	16	11840	10792	34472	271	23.10	7.70	8.45	16914	15417	49246	386	33.00	11.00	12.07
600	740	22	16	11840	12496	36176	284	23.56	7.85	8.69	16914	17851	51680	406	33.66	11.21	12.41
600	740	25	16	11840	14200	37880	297	24.01	8.00	8.93	16914	20286	54114	425	34.30	11.43	12.76
600	740	28	16	11840	15904	39584	311	24.47	8.16	9.17	16914	22720	56549	444	34.96	11.66	13.10
600	740	9	19	14060	5058	33178	260	25.07	8.36	8.88	20086	7226	47397	372	35.81	11.94	12.69
600	740	12	19	14060	6744	34864	274	25.51	8.50	9.12	20086	9634	49806	391	36.44	12.14	13.03
600	740	14	19	14060	7868	35988	282	25.81	8.60	9.27	20086	11240	51411	404	36.87	12.29	13.24
600	740	16	19	14060	8992	37112	291	26.11	8.70	9.43	20086	12846	53017	416	37.30	12.43	13.47
600	740	19	19	14060	10678	38798	304	26.55	8.85	9.67	20086	15254	55426	435	37.93	12.64	13.81
600	740	22	19	14060	12364	40484	318	26.99	9.00	9.91	20086	17663	57834	454	38.56	12.86	14.16
600	740	25	19	14060	14050	42170	331	27.44	9.15	10.14	20086	20071	60243	473	39.20	13.07	14.49
600	740	28	19	14060	15736	43856	344	27.88	9.29	10.38	20086	22480	62651	492	39.83	13.27	14.83
600	740	9	22	16280	5004	37564	295	28.50	9.50	10.11	23257	7149	53663	421	40.71	13.57	14.44
600	740	12	22	16280	6672	39232	308	28.93	9.64	10.34	23257	9531	56046	440	41.33	13.77	14.77
600	740	14	22	16280	7784	40344	317	29.21	9.74	10.49	23257	11120	57634	452	41.73	13.91	14.99
600	740	16	22	16280	8896	41456	325	29.50	9.83	10.65	23257	12709	59223	465	42.14	14.04	15.21
600	740	19	22	16280	10564	43124	338	29.93	9.98	10.88	23257	15091	61606	484	42.76	14.26	15.54
600	740	22	22	16280	12232	44792	352	30.36	10.12	11.11	23257	17474	63989	502	43.37	14.46	15.87
600	740	25	22	16280	13900	46460	365	30.79	10.26	11.34	23257	19857	66371	521	43.99	14.66	16.20
600	740	28	22	16280	15568	48128	378	31.22	10.41	11.57	23257	22240	68754	540	44.60	14.87	16.53
600	740	9	25	18500	4950	41950	329	31.85	10.62	11.32	26429	7071	59929	470	45.50	15.17	16.17
600	740	12	25	18500	6600	43600	342	32.27	10.76	11.55	26429	9429	62286	489	46.10	15.37	16.50
600	740	14	25	18500	7700	44700	351	32.54	10.85	11.70	26429	11000	63857	501	46.49	15.50	16.71
600	740	16	25	18500	8800	45800	360	32.82	10.94	11.85	26429	12571	65429	514	46.89	15.63	16.93
600	740	19	25	18500	10450	47450	372	33.24	11.08	12.07	26429	14929	67786	532	47.49	15.83	17.24
600	740	22	25	18500	12100	49100	385	33.65	11.22	12.30	26429	17286	70143	551	48.07	16.03	17.57
600	740	25	25	18500	13750	50750	398	34.07	11.36	12.53	26429	19643	72500	569	48.67	16.23	17.90
600	740	28	25	18500	15400	52400	411	34.48	11.49	12.76	26429	22000	74857	588	49.26	16.41	18.23
600	740	9	28	20720	4896	46336	364	35.13	11.71	12.52	29600	6994	66194	520	50.19	16.73	17.89
600	740	12	28	20720	6528	47968	376	35.53	11.84	12.74	29600	9326	68526	538	50.76	16.91	18.20
600	740	14	28	20720	7616	49056	385	35.80	11.93	12.89	29600	10880	70080	550	51.14	17.04	18.41
600	740	16	28	20720	8704	50144	394	36.07	12.02	13.04	29600	12434	71634	562	51.53	17.17	18.63
600	740	19	28	20720	10336	51776	406	36.47	12.16	13.26	29600	14766	73966	581	52.10	17.37	18.94
600	740	22	28	20720	11968	53408	419	36.87	12.29	13.48	29600	17097	76297	599	52.67	17.56	19.26
600	740	25	28	20720	13600	55040	432	37.28	12.43	13.70	29600	19429	78629	617	53.26	17.76	19.57
600	740	28	28	20720	15232	56672	445	37.68	12.56	13.92	29600	21760	80960	636	53.83	17.94	19.89

GH-I (部材高さH=800)

部材 高 H (mm)	フランジ 幅 W (mm)	ウェブ 厚 tw (mm)	フランジ 厚 tf (mm)	一本当たり							壁長 1m 当たり (@700)						
				断面積			重量 (kg/m)	断面2次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面 係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)	断面積			重量 (kg/m)	断面2次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面 係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)
				フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)					フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)				
800	740	9	12	8880	6984	24744	194	31.08	7.77	8.35	12686	9977	35349	277	44.40	11.10	11.93
800	740	12	12	8880	9312	27072	212	32.24	8.06	8.80	12686	13303	38674	304	46.06	11.51	12.57
800	740	14	12	8880	10864	28624	225	33.02	8.26	9.11	12686	15520	40891	321	47.17	11.80	13.01
800	740	16	12	8880	12416	30176	237	33.80	8.45	9.41	12686	17737	43109	338	48.29	12.07	13.44
800	740	19	12	8880	14744	32504	255	34.97	8.74	9.86	12686	21063	46434	364	49.96	12.49	14.09
800	740	22	12	8880	17072	34832	273	36.14	9.03	10.31	12686	24389	49760	391	51.63	12.90	14.73
800	740	25	12	8880	19400	37160	292	37.31	9.33	10.76	12686	27714	53086	417	53.30	13.33	15.37
800	740	28	12	8880	21728	39488	310	38.48	9.62	11.21	12686	31040	56411	443	54.97	13.74	16.01
800	740	9	16	11840	6912	30592	240	39.79	9.95	10.61	16914	9874	43703	343	56.84	14.21	15.16
800	740	12	16	11840	9216	32896	258	40.92	10.23	11.05	16914	13166	46994	369	58.46	14.61	15.79
800	740	14	16	11840	10752	34432	270	41.68	10.42	11.35	16914	15360	49189	386	59.54	14.89	16.21
800	740	16	16	11840	12288	35968	282	42.43	10.61	11.64	16914	17554	51383	403	60.61	15.16	16.63
800	740	19	16	11840	14592	38272	300	43.56	10.89	12.08	16914	20846	54674	429	62.23	15.56	17.26
800	740	22	16	11840	16896	40576	318	44.70	11.17	12.53	16914	24137	57966	455	63.86	15.96	17.90
800	740	25	16	11840	19200	42880	337	45.83	11.46	12.97	16914	27429	61257	481	65.47	16.37	18.53
800	740	28	16	11840	21504	45184	355	46.96	11.74	13.41	16914	30720	64549	507	67.09	16.77	19.16
800	740	9	19	14060	6858	34978	274	46.21	11.55	12.29	20086	9797	49969	392	66.01	16.50	17.56
800	740	12	19	14060	9144	37264	292	47.31	11.83	12.72	20086	13063	53234	418	67.59	16.90	18.17
800	740	14	19	14060	10668	38788	304	48.05	12.01	13.01	20086	15240	55411	435	68.64	17.16	18.59
800	740	16	19	14060	12192	40312	316	48.79	12.20	13.30	20086	17417	57589	452	69.70	17.43	19.00
800	740	19	19	14060	14478	42598	334	49.89	12.47	13.74	20086	20683	60854	478	71.27	17.81	19.63
800	740	22	19	14060	16764	44884	352	51.00	12.75	14.17	20086	23949	64120	503	72.86	18.21	20.24
800	740	25	19	14060	19050	47170	370	52.11	13.03	14.61	20086	27214	67386	529	74.44	18.61	20.87
800	740	28	19	14060	21336	49456	388	53.21	13.30	15.05	20086	30480	70651	555	76.01	19.00	21.50
800	740	9	22	16280	6804	39364	309	52.52	13.13	13.95	23257	9720	56234	441	75.03	18.76	19.93
800	740	12	22	16280	9072	41632	327	53.60	13.40	14.38	23257	12960	59474	467	76.57	19.14	20.54
800	740	14	22	16280	10584	43144	339	54.32	13.58	14.67	23257	15120	61634	484	77.60	19.40	20.96
800	740	16	22	16280	12096	44656	350	55.04	13.76	14.95	23257	17280	63794	501	78.63	19.66	21.36
800	740	19	22	16280	14364	46924	368	56.12	14.03	15.38	23257	20520	67034	526	80.17	20.04	21.97
800	740	22	22	16280	16632	49192	386	57.20	14.30	15.81	23257	23760	70274	552	81.71	20.43	22.59
800	740	25	22	16280	18900	51460	404	58.28	14.57	16.24	23257	27000	73514	577	83.26	20.81	23.20
800	740	28	22	16280	21168	53728	422	59.37	14.84	16.67	23257	30240	76754	602	84.81	21.20	23.81
800	740	9	25	18500	6750	43750	343	58.74	14.69	15.60	26429	9643	62500	491	83.91	20.99	22.29
800	740	12	25	18500	9000	46000	361	59.80	14.95	16.03	26429	12857	65714	516	85.43	21.36	22.90
800	740	14	25	18500	10500	47500	373	60.50	15.12	16.31	26429	15000	67857	533	86.43	21.60	23.30
800	740	16	25	18500	12000	49000	385	61.20	15.30	16.59	26429	17143	70000	550	87.43	21.86	23.70
800	740	19	25	18500	14250	51250	402	62.26	15.56	17.01	26429	20357	73214	575	88.94	22.23	24.30
800	740	22	25	18500	16500	53500	420	63.31	15.83	17.43	26429	23571	76429	600	90.44	22.61	24.90
800	740	25	25	18500	18750	55750	438	64.37	16.09	17.85	26429	26786	79643	625	91.96	22.99	25.50
800	740	28	25	18500	21000	58000	455	65.42	16.36	18.28	26429	30000	82857	650	93.46	23.37	26.11
800	740	9	28	20720	6696	48136	378	64.86	16.21	17.24	29600	9566	68766	540	92.66	23.16	24.63
800	740	12	28	20720	8928	50368	395	65.89	16.47	17.66	29600	12754	71954	565	94.13	23.53	25.23
800	740	14	28	20720	10416	51856	407	66.58	16.64	17.93	29600	14880	74080	582	95.11	23.77	25.61
800	740	16	28	20720	11904	53344	419	67.26	16.82	18.21	29600	17006	76206	598	96.09	24.03	26.01
800	740	19	28	20720	14136	55576	436	68.29	17.07	18.63	29600	20194	79394	623	97.56	24.39	26.61
800	740	22	28	20720	16368	57808	454	69.32	17.33	19.04	29600	23383	82583	648	99.03	24.76	27.20
800	740	25	28	20720	18600	60040	471	70.35	17.59	19.46	29600	26571	85771	673	100.50	25.13	27.80
800	740	28	28	20720	20832	62272	489	71.38	17.85	19.87	29600	29760	88960	698	101.97	25.50	28.39

GH-I (部材高さH=900)

部材 高 H (mm)	フランジ 幅 W (mm)	ウェブ 厚 tw (mm)	フランジ 厚 tf (mm)	一本当たり							壁長 1m 当たり (@700)						
				断面積			重量 (kg/m)	断面2次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面 係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)	断面積			重量 (kg/m)	断面2次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面 係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)
				フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)					フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)				
900	740	9	12	8880	7884	25644	201	40.06	8.90	9.61	12686	11263	36634	288	57.23	12.71	13.73
900	740	12	12	8880	10512	28272	222	41.74	9.27	10.19	12686	15017	40389	317	59.63	13.24	14.56
900	740	14	12	8880	12264	30024	236	42.86	9.52	10.57	12686	17520	42891	337	61.23	13.60	15.10
900	740	16	12	8880	14016	31776	249	43.98	9.77	10.95	12686	20023	45394	356	62.83	13.96	15.64
900	740	19	12	8880	16644	34404	270	45.66	10.15	11.53	12686	23777	49149	386	65.23	14.50	16.47
900	740	22	12	8880	19272	37032	291	47.34	10.52	12.11	12686	27531	52903	415	67.63	15.03	17.30
900	740	25	12	8880	21900	39660	311	49.02	10.89	12.68	12686	31286	56657	445	70.03	15.56	18.11
900	740	28	12	8880	24528	42288	332	50.70	11.27	13.26	12686	35040	60411	474	72.43	16.10	18.94
900	740	9	16	11840	7812	31492	247	51.17	11.37	12.16	16914	11160	44989	353	73.10	16.24	17.37
900	740	12	16	11840	10416	34096	268	52.81	11.73	12.73	16914	14880	48709	382	75.44	16.76	18.19
900	740	14	16	11840	12152	35832	281	53.90	11.98	13.10	16914	17360	51189	402	77.00	17.11	18.71
900	740	16	16	11840	13888	37568	295	54.99	12.22	13.48	16914	19840	53669	421	78.56	17.46	19.26
900	740	19	16	11840	16492	40172	315	56.62	12.58	14.05	16914	23560	57389	450	80.89	17.97	20.07
900	740	22	16	11840	19096	42776	336	58.26	12.95	14.61	16914	27280	61109	480	83.23	18.50	20.87
900	740	25	16	11840	21700	45380	356	59.89	13.31	15.18	16914	31000	64829	509	85.56	19.01	21.69
900	740	28	16	11840	24304	47984	377	61.53	13.67	15.74	16914	34720	68549	538	87.90	19.53	22.49
900	740	9	19	14060	7758	35878	282	59.38	13.19	14.06	20086	11083	51254	402	84.83	18.84	20.09
900	740	12	19	14060	10344	38464	302	60.98	13.55	14.62	20086	14777	54949	431	87.11	19.36	20.89
900	740	14	19	14060	12068	40188	315	62.05	13.79	14.99	20086	17240	57411	451	88.64	19.70	21.41
900	740	16	19	14060	13792	41912	329	63.11	14.03	15.36	20086	19703	59874	470	90.16	20.04	21.94
900	740	19	19	14060	16378	44498	349	64.71	14.38	15.92	20086	23397	63569	499	92.44	20.54	22.74
900	740	22	19	14060	18964	47084	370	66.32	14.74	16.47	20086	27091	67263	528	94.74	21.06	23.53
900	740	25	19	14060	21550	49670	390	67.92	15.09	17.03	20086	30786	70957	557	97.03	21.56	24.33
900	740	28	19	14060	24136	52256	410	69.52	15.45	17.59	20086	34480	74651	586	99.31	22.07	25.13
900	740	9	22	16280	7704	40264	316	67.47	14.99	15.94	23257	11006	57520	452	96.39	21.41	22.77
900	740	12	22	16280	10272	42832	336	69.04	15.34	16.49	23257	14674	61189	480	98.63	21.91	23.56
900	740	14	22	16280	11984	44544	350	70.08	15.57	16.86	23257	17120	63634	500	100.11	22.24	24.09
900	740	16	22	16280	13696	46256	363	71.13	15.81	17.22	23257	19566	66080	519	101.61	22.59	24.60
900	740	19	22	16280	16264	48824	383	72.69	16.15	17.77	23257	23234	69749	548	103.84	23.07	25.39
900	740	22	22	16280	18832	51392	403	74.26	16.50	18.32	23257	26903	73417	576	106.09	23.57	26.17
900	740	25	22	16280	21400	53960	424	75.83	16.85	18.87	23257	30571	77086	605	108.33	24.07	26.96
900	740	28	22	16280	23968	56528	444	77.40	17.20	19.42	23257	34240	80754	634	110.57	24.57	27.74
900	740	9	25	18500	7650	44650	350	75.45	16.77	17.81	26429	10929	63786	501	107.79	23.96	25.44
900	740	12	25	18500	10200	47200	370	76.98	17.11	18.36	26429	14571	67429	529	109.97	24.44	26.23
900	740	14	25	18500	11900	48900	384	78.00	17.33	18.72	26429	17000	69857	548	111.43	24.76	26.74
900	740	16	25	18500	13600	50600	397	79.03	17.56	19.08	26429	19429	72286	567	112.90	25.09	27.26
900	740	19	25	18500	16150	53150	417	80.56	17.90	19.62	26429	23071	75929	596	115.09	25.57	28.03
900	740	22	25	18500	18700	55700	437	82.10	18.24	20.16	26429	26714	79571	625	117.29	26.06	28.80
900	740	25	25	18500	21250	58250	457	83.63	18.59	20.70	26429	30357	83214	653	119.47	26.56	29.57
900	740	28	25	18500	23800	60800	477	85.17	18.93	21.25	26429	34000	86857	682	121.67	27.04	30.36
900	740	9	28	20720	7596	49036	385	83.31	18.51	19.67	29600	10851	70051	550	119.01	26.44	28.10
900	740	12	28	20720	10128	51568	405	84.81	18.85	20.20	29600	14469	73669	578	121.16	26.93	28.86
900	740	14	28	20720	11816	53256	418	85.82	19.07	20.56	29600	16880	76080	597	122.60	27.24	29.37
900	740	16	28	20720	13504	54944	431	86.82	19.29	20.92	29600	19291	78491	616	124.03	27.56	29.89
900	740	19	28	20720	16036	57476	451	88.32	19.63	21.45	29600	22909	82109	644	126.17	28.04	30.64
900	740	22	28	20720	18568	60008	471	89.83	19.96	21.99	29600	26526	85726	673	128.33	28.51	31.41
900	740	25	28	20720	21100	62540	491	91.33	20.30	22.52	29600	30143	89343	701	130.47	29.00	32.17
900	740	28	28	20720	23632	65072	511	92.83	20.63	23.05	29600	33760	92960	730	132.61	29.47	32.93

GH-I (部材高さH=1000)

部材 高 H (mm)	フランジ 幅 W (mm)	ウェブ 厚 tw (mm)	フランジ 厚 tf (mm)	一本当たり							壁長 1m 当たり (@700)						
				断面積			重量 (kg/m)	断面2次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面 係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)	断面積			重量 (kg/m)	断面2次 モーメント I $\times 10^8$ (mm ⁴)	断面 係数 Z $\times 10^6$ (mm ³)	塑性断面 係数 S $\times 10^6$ (mm ³)
				フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)					フランジ (mm ²)	ウェブ (mm ²)	全体 (mm ²)				
1000	740	12	12	8880	11712	29472	231	52.64	10.53	11.63	12686	16731	42103	330	75.20	15.04	16.61
1000	740	14	12	8880	13664	31424	247	54.19	10.84	12.11	12686	19520	44891	352	77.41	15.49	17.30
1000	740	16	12	8880	15616	33376	262	55.74	11.15	12.58	12686	22309	47680	374	79.63	15.93	17.97
1000	740	19	12	8880	18544	36304	285	58.06	11.61	13.30	12686	26491	51863	407	82.94	16.59	19.00
1000	740	22	12	8880	21472	39232	308	60.39	12.08	14.01	12686	30674	56046	440	86.27	17.26	20.01
1000	740	25	12	8880	24400	42160	331	62.71	12.54	14.73	12686	34857	60229	473	89.59	17.91	21.04
1000	740	28	12	8880	27328	45088	354	65.04	13.01	15.44	12686	39040	64411	506	92.91	18.59	22.06
1000	740	12	16	11840	11616	35296	277	66.40	13.28	14.46	16914	16594	50423	396	94.86	18.97	20.66
1000	740	14	16	11840	13552	37232	292	67.91	13.58	14.93	16914	19360	53189	418	97.01	19.40	21.33
1000	740	16	16	11840	15488	39168	307	69.42	13.88	15.40	16914	22126	55954	439	99.17	19.83	22.00
1000	740	19	16	11840	18392	42072	330	71.69	14.34	16.10	16914	26274	60103	472	102.41	20.49	23.00
1000	740	22	16	11840	21296	44976	353	73.95	14.79	16.80	16914	30423	64251	504	105.64	21.13	24.00
1000	740	25	16	11840	24200	47880	376	76.22	15.24	17.51	16914	34571	68400	537	108.89	21.77	25.01
1000	740	28	16	11840	27104	50784	399	78.49	15.70	18.21	16914	38720	72549	570	112.13	22.43	26.01
1000	740	12	19	14060	11544	39664	311	76.57	15.31	16.57	20086	16491	56663	445	109.39	21.87	23.67
1000	740	14	19	14060	13468	41588	326	78.05	15.61	17.03	20086	19240	59411	466	111.50	22.30	24.33
1000	740	16	19	14060	15392	43512	342	79.53	15.91	17.49	20086	21989	62160	488	113.61	22.73	24.99
1000	740	19	19	14060	18278	46398	364	81.76	16.35	18.19	20086	26111	66283	520	116.80	23.36	25.99
1000	740	22	19	14060	21164	49284	387	83.98	16.80	18.88	20086	30234	70406	553	119.97	24.00	26.97
1000	740	25	19	14060	24050	52170	410	86.21	17.24	19.58	20086	34357	74529	585	123.16	24.63	27.97
1000	740	28	19	14060	26936	55056	432	88.44	17.69	20.27	20086	38480	78651	617	126.34	25.27	28.96
1000	740	12	22	16280	11472	44032	346	86.61	17.32	18.66	23257	16389	62903	494	123.73	24.74	26.66
1000	740	14	22	16280	13384	45944	361	88.06	17.61	19.12	23257	19120	65634	515	125.80	25.16	27.31
1000	740	16	22	16280	15296	47856	376	89.52	17.90	19.58	23257	21851	68366	537	127.89	25.57	27.97
1000	740	19	22	16280	18164	50724	398	91.70	18.34	20.26	23257	25949	72463	569	131.00	26.20	28.94
1000	740	22	22	16280	21032	53592	421	93.89	18.78	20.95	23257	30046	76560	601	134.13	26.83	29.93
1000	740	25	22	16280	23900	56460	443	96.07	19.21	21.63	23257	34143	80657	633	137.24	27.44	30.90
1000	740	28	22	16280	26768	59328	466	98.26	19.65	22.32	23257	38240	84754	665	140.37	28.07	31.89
1000	740	12	25	18500	11400	48400	380	96.53	19.31	20.75	26429	16286	69143	543	137.90	27.59	29.64
1000	740	14	25	18500	13300	50300	395	97.95	19.59	21.20	26429	19000	71857	564	139.93	27.99	30.29
1000	740	16	25	18500	15200	52200	410	99.38	19.88	21.65	26429	21714	74571	585	141.97	28.40	30.93
1000	740	19	25	18500	18050	55050	432	101.53	20.31	22.32	26429	25786	78643	617	145.04	29.01	31.89
1000	740	22	25	18500	20900	57900	454	103.67	20.73	23.00	26429	29857	82714	649	148.10	29.61	32.86
1000	740	25	25	18500	23750	60750	477	105.81	21.16	23.68	26429	33929	86786	681	151.16	30.23	33.83
1000	740	28	25	18500	26600	63600	499	107.96	21.59	24.36	26429	38000	90857	713	154.23	30.84	34.80
1000	740	12	28	20720	11328	52768	414	106.32	21.26	22.81	29600	16183	75383	592	151.89	30.37	32.59
1000	740	14	28	20720	13216	54656	429	107.72	21.54	23.26	29600	18880	78080	613	153.89	30.77	33.23
1000	740	16	28	20720	15104	56544	444	109.12	21.82	23.70	29600	21577	80777	634	155.89	31.17	33.86
1000	740	19	28	20720	17936	59376	466	111.23	22.25	24.37	29600	25623	84823	666	158.90	31.79	34.81
1000	740	22	28	20720	20768	62208	488	113.33	22.67	25.04	29600	29669	88869	698	161.90	32.39	35.77
1000	740	25	28	20720	23600	65040	510	115.43	23.09	25.71	29600	33714	92914	729	164.90	32.99	36.73
1000	740	28	28	20720	26432	67872	533	117.54	23.51	26.38	29600	37760	96960	761	167.91	33.59	37.69

付録2 鋼製地中連続壁文献リスト

(平成28年4月1日現在)

発表論文一覧

- 1) 中澤亨、浅利城太郎、伊勢寿一、沖本真之：鋼製連続地中壁の実証施工、土木施工 31 巻 10 号、1990.10
- 2) 沖本真之、藤井康盛、河原繁夫：有孔鋼製エレメント合成構造に関する実験的研究（その1）、一曲げ耐荷性能一、土木学会第46回年次学術講演会第I部門、1991.9
- 3) 藤井康盛、沖本真之、河原繁夫：有孔鋼製エレメント合成構造に関する実験的研究（その2）、せん断耐荷性能一、土木学会第46回年次学術講演会第I部門、1991.9
- 4) 田崎和之、龍田昌毅、沖本真之、河原繁夫：基礎工におけるニューフロンティア、土留めにおける先端技術の応用とその動向、省力化、スペースの都市型鋼製地中連続壁、基礎工 1992.1
- 5) 下田修、気仙哲夫、田崎和之：特集・地中連続壁工法、鋼製連壁工法による大深度山留壁の施工、土木技術 47 巻 2 号 1992.2
- 6) 山崎勉、気仙哲夫、田崎和之、田鎖隆：大深度山留め壁の施工と計測（その1）、（鋼製連続地中壁の施工）、日本建築学会大会学術講演、1992.8
- 7) 八重樫光、下田修、長谷幸一：大深度山留め壁の施工と計測（その2）、（鋼製連続地中壁山留めの計測）、日本建築学会大会学術講演、1992.8
- 8) 平井孝典、橘大介、田中慎一、河原繁夫、小門武：鋼製連壁（透過型）における水中コンクリートの充填性実験、土木学会第47回年次学術講演会第V I 部門、1992.9
- 9) 石原公明、早川雅彦、田中猛、田崎和之、龍田昌毅：鋼製連壁（継手透過型）における水中コンクリートの充填性実験、土木学会第47回年次学術講演会第V I 部門、1992.9
- 10) 田中慎一、中原邦昭、渡辺俊雄、田崎和之、河原繁夫：鋼製エレメント接合部における端部処理実験、土木学会第47回年次学術講演会第V I 部門、1992.9
- 11) 前孝一、西海健二、河原繁夫、長澤保紀：開孔を有するH形鋼とコンクリートとの合成構造の力学性状（その1）、曲げ性状、土木学会第48回年次学術講演会、1993.9
- 12) 沖本真之、広沢規行、河原繁夫、長澤保紀：開孔を有するH形鋼とコンクリートとの合成構造の力学性状（その2）、せん断性状、土木学会第48回年次学術講演会、1993.9
- 13) 葛拓造、広沢規行、河原繁夫、長澤保紀：開孔を有するH形鋼とコンクリートとの合成構造の力学性状（その3）、RC梁との接合部の性状、土木学会第48回年次学術講演会、1993.9
- 14) 宮崎太、酒井邦登、渋沢重彦、河原繁夫、龍田昌毅：鋼製地中連続壁の中詰めコンクリートおよび鋼材のひずみ、一中詰めコンクリートを有する鋼製地中連続壁の水平方向はり曲げ試験（その3）一、土木学会第48回年次学術講演会、1993.9
- 15) 渋沢重彦、酒井邦登、宮崎太、広沢規行、龍田昌毅：面外曲げを受ける鋼製地中連続壁

- のひびわれおよび破壊状況、一中詰めコンクリートを有する鋼製地中連続壁の水平方向はり曲げ試験（その2）一、土木学会第48回年次学術講演会、1993.9
- 16) 酒井邦登、渋沢重彦、宮崎太、葛拓造、龍田昌毅：鋼製地中連続壁の水平方向はり曲げ試験の概要、一中詰めコンクリートを有する鋼製地中連続壁の水平方向はり曲げ試験（その1）一、土木学会第48回年次学術講演会、1993.9
 - 17) 龍田昌毅、田崎和之、河原繁夫、広沢規行、水谷善行：鋼製地中連続壁（NS-BOX）と床版接合部の強度試験、土木学会第48回年次学術講演会、1993.9
 - 18) 水谷善行、龍田昌毅、河原繁夫、田崎和之、広沢規行：鋼製地中連続壁と床版接合部の設計法に関する考察、土木学会第48回年次学術講演会、1993.9
 - 19) 田崎和之、石田宗弘、河原繁夫、龍田昌毅：鋼製連壁部材（NS-BOX）の実大曲げ試験、土木学会第48回年次学術講演会、1993.9
 - 20) 石原公明、田中猛、谷口裕史、田崎和之、龍田昌毅：鋼製地中連続壁実大規模コンクリート充填試験の概要、土木学会第48回年次学術講演会、1993.9
 - 21) 地下鉄7号線後楽園駅地下連続壁工事、日経コンストラクション、1993.6
 - 22) 松田輝雄、桑田幸男：地下鉄南北線（仮称）後楽園駅建設工事、土木施工34巻9号、1993.9
 - 23) 田中猛：Development and Application of Steel Diaphragm Wall Method、東南アジア海洋セミナー、1992.10
 - 24) 小椋進、向中野等：立坑工事に採用した鋼製地中連続壁工法について、平成5年度施工技术報告会（土質工学会、土木学会、日本建築機械化協会）、1994.1.20
 - 25) 酒井邦登、毎田敏郎、広沢規行、龍田昌毅：中詰めコンクリートを有する鋼製地中連続壁の2方向版利用の可能性、土質工学会「土と基礎」平成6年3月号、1994.3
 - 26) 田崎和之、広沢規行、古部浩、中澤亨：Development of Steel Diaphragm Wall Method、International Congress of Tunnelling and Ground Conditions、1994.4
 - 27) 佐藤英二、青木雅路、丸岡正夫、加倉井正昭：ソイルセメント柱列壁の鋼材を用いた合成地下壁工法、基礎工、1994.5
 - 28) 田崎和之、龍田昌毅、広沢規行、今福健一郎：鋼製地中連続壁の水平方向合成構造梁の力学性状（その1）、曲げ性状、土木学会第49回年次学術講演会、1994.9
 - 29) 広沢規行、今福健一郎、龍田昌毅、石田宗弘：鋼製地中連続壁の水平方向合成構造梁の力学性状（その2）、せん断性状、土木学会第49回年次学術講演会、1994.9
 - 30) 龍田昌毅、田崎和之、石田宗弘、田中猛、谷口裕史：鋼製地中連続壁工法コンクリート充填実験、土木学会第49回年次学術講演会、1994.9
 - 31) 酒井邦登、渋沢重彦、勝木太、広沢規行、龍田昌毅：鋼製地中連続壁の水平方向曲げ耐力の評価、一中詰めコンクリートを有する鋼製地中連続壁の水平方向はり曲げ試験（その4）一、土木学会第49回年次学術講演会、1994.9
 - 32) 渋沢重彦、酒井邦登、勝木太、広沢規行、龍田昌毅：鋼製地中連続壁の水平方向曲げ剛性の評価、一中詰めコンクリートを有する鋼製地中連続壁の水平方向はり曲げ試験（その

- 5) 一、土木学会第 49 回年次学術講演会、1994. 9
- 33) 石田宗弘、田崎和之、龍田昌毅、広沢規行：中詰めコンクリートを有する鋼製連壁部材 (NS-BOX) の実大曲げ試験、土木学会第 49 回年次学術講演会 1994. 9
- 34) 山菅正人、酒井邦登、小田弘登、尾上宏一郎：狭隘地におけるシールド到達立坑での鋼製地中連続壁の計画、土木学会第 49 回年次学術講演会、1994. 9
- 35) 小田弘登、吉原順一、安田秀幸：感潮河川直下の雨水渠築造工事、一岩盤泥水加圧式シールドと到達立坑鋼製地中連続壁一、土木学会第 49 回年次学術講演会 1994. 9
- 36) 酒井邦登、勝木太、広沢規行、龍田昌毅：鋼製地中連続壁の水平方向面外曲げ性能に関する実験的研究、土木学会論文集 No. 501/ I -29, 1994. 10
- 37) 広沢規行、龍田昌毅、今福健一郎、田崎和之、石田宗弘：鋼製地中連続壁の水平方向面外耐荷挙動、鉄鋼協会秋季講演会、1994. 10
- 38) 高田幹雄、青木久勝、鷺見博由、酒井邦登、渋沢重彦：2 方向版利用鋼製地中連続壁の計画と施工、一東横線複々線化工事に伴う目黒駅改良工事一、土木施工 36 巻 3 号、1995. 3
- 39) 梶ヶ谷勝、神田憲和：下水道立坑工事における機械化施工、土木施工 36 巻 6 号、1995. 5
- 40) 酒井邦登、渋沢重彦、高木一、高田幹雄、青木久勝：鋼製地中連続壁の 2 方向版的利用に関する解析的検討、第 30 回土質工学研究発表会、1995. 7
- 41) 酒井邦登、渋沢重彦、勝木太、広沢規行、石田宗弘：鋼製地中連続壁の水平方向曲げ性能に関する実験的研究、第 30 回土質工学研究発表会、1995. 7
- 42) 酒井邦登、渋沢重彦、鷺見博由、高田幹雄、大石良一：2 方向版的利用鋼製地中連続壁の施工、第 30 回土質工学研究発表会、1995. 7
- 43) 霜上民生、児玉大三郎：鋼製地中連続壁を採用した共同溝立坑の施工、土木技術 50 巻 8 号、1995. 8
- 44) 梶ヶ谷勝、中村益美、佐藤一則：狭隘な住宅街での鋼製地中連続壁工法による大深度円形立坑の施工、土木技術 50 巻 8 号、1995. 8
- 45) 広沢規行、今福健一郎、田崎和之、石田宗弘：鋼製地中連続壁の水平方向合成構造梁のせん断耐荷挙動、土木学会第 50 回年次学術講演会 1995. 9
- 46) 渋沢重彦、酒井邦登、鷺見博由、高田幹雄、大石良一、青木久勝：2 方向版的利用鋼製地中連続壁の施工、土木学会第 50 回年次学術講演会、1995. 9
- 47) 酒井邦登、渋沢重彦、高田幹雄、大石良一、青木久勝：鋼製地中連続壁の 2 方向版的利用に関する解析的検討、土木学会第 50 回年次学術講演会、1995. 9
- 48) 澤本正司、斉木公嗣良、堀浩之、酒井邦登、渋沢重彦、田中卓也：鋼製地中連続壁円形立坑の施工、土木学会第 50 回年次学術講演会、1995. 9
- 49) 澤本正司、斉木公嗣良、堀浩之、酒井邦登、渋沢重彦、田中卓也：鋼製地中連続壁円形立坑の計画、土木学会第 50 回年次学術講演会、1995. 9
- 50) 原田正則、酒井邦登、金子一人、小田弘登、安田秀幸、室園和宏：鋼製地中連続壁立坑におけるシールド自力切削による到達工、土木学会第 50 回年次学術講演会、1995. 9

- 51) 小田弘登、安田秀幸、金子一人、酒井邦登：狭隘地における鋼製地中連続壁の計画と施工、下水道唐人第2雨水幹線築造工事一、土木技術 50 卷 10 号、1995. 10
- 52) 田崎和之、前孝一：鋼製地中連続壁工法の設計と施工、基礎工、1995. 11
- 53) 小田弘登、安田秀幸、金子一人、酒井邦登：河川直下の岩盤をシールドで掘進、一福岡市下水道唐人第2雨水幹線築造工事一、トンネルと地下、1996. 3
- 54) 大日向尚巳、澤本正司、斉木公嗣良、酒井邦登：円形立坑を鋼製地中連続壁で施工、一調布共同溝工事一、トンネルと地下、1996. 6
- 55) 酒井邦登、渋沢重彦、遠藤方伯、高田幹雄、大石良一、青木久勝：鋼製地中連続壁の現場計測結果とその解析（その1：変形）、第31回地盤工学研究発表会、1996. 7
- 56) 渋沢重彦、酒井邦登、高田幹雄、大石良一、青木久勝：鋼製地中連続壁の現場計測結果とその解析（その2：壁体応力）、第31回地盤工学研究発表会、1996. 7
- 57) 酒井邦登、渋沢重彦、遠藤方伯、高田幹雄、大石良一、青木久勝：鋼製地中連続壁の現場計測結果とその解析（その1：変形）、土木学会第51回年次学術講演会、1996. 9
- 58) 渋沢重彦、酒井邦登、高田幹雄、大石良一、青木久勝：鋼製地中連続壁の現場計測結果とその解析（その2：壁体応力）、土木学会第51回年次学術講演会、1996. 9
- 59) 玉野富雄：最新の山留の工法、基礎工、1997. 8
- 60) 大日向尚巳、斉木公嗣良、酒井邦登、田中卓也：鋼製地中連続壁を用いたシールド到達立坑の施工ー調布共同溝 No. 1 到達立坑の施工事例ー基礎工、1997. 8
- 61) 大西隆、森川一弘：鋼製地中連続壁工法ー地下鉄7号線伯楽橋換気口工事ー基礎工、1997. 8
- 62) 今福健一郎、田崎和之、広沢規行：モルタルを充填したパイプ状嵌合継手構造の力学的挙動、土木学会第52回年次学術講習会、1997. 9
- 63) 田崎和之、石田宗弘、今福健一郎：鋼製連壁部材 NS-BOX (GH-H) の実大曲げ試験、土木学会第52回年次学術講習会、1997. 9
- 64) 今福健一郎、広沢規行、田崎和之、石田宗弘：鋼製地中連続壁の水平方向せん断補強部材のせん断耐荷挙動、第25回関東支部技術研究発表会、1998. 3
- 65) 小林勉、鹿島隆、武藤和久：大深度鋼製地中連続壁、MM21線高島駅工区、トンネルと地下、第30卷1号、1999. 1
- 66) 鋼・コンクリート複合構造の理論と設計（2）応用編：設計編、土木学会、1999. 4
- 67) 諸橋敏夫、金子鎮雄、舘智秀：埼玉高速鉄道赤山立坑工事、基礎工、1999. 12
- 68) 田中慎一、菅沼忠男、熊井伸人：三田川分水施設建設工事における鋼製地中連続壁工事、基礎工、1999. 12
- 69) 酒井邦登：タイ・バンコク地下鉄SILOM駅工事、基礎工、1999. 12
- 70) 広沢規行、豊島径、田崎和之、石田宗弘：鋼製地中連続壁との一体壁の鉛直方向せん断耐荷挙動について、土木学会第55回年次学術講習会、2000. 9
- 71) 今福健一郎、広沢規行、豊島径、田崎和之、石田宗弘：鋼製地中連続壁との一体壁の水

- 平方向曲げ耐荷挙動について、土木学会第 55 回年次学術講習会、2000. 9
- 72) 豊島径、広沢規行、田崎和之、石田宗弘：鋼製地中連続壁との一体壁の水平方向せん断耐荷挙動について、土木学会第 55 回年次学術講習会、2000. 9
- 73) 鋼：コンクリート複合構造の理論と設計（2）応用編：設計編、土木学会、2000. 5
- 74) 高山智宏、村田清満、広沢規行、田崎和之、姉川治：鋼製連続壁を本体利用した関前トンネルの設計法、鉄道総研報告第 14 巻第 8 号、2000. 8
- 75) 鉄道構造物等設計標準・同解説 開削トンネル、国土交通省鉄道局監修、鉄道総合技術研究所編、2001. 3
- 76) Minoru WADA : Otsu Discharge Channel Tunnel、Tunnelling Activities in Japan 2000、Japan Tunnelling Association.
- 77) 渋谷重彦、田中卓也、田崎和之、石田宗弘：ソイルセメント鋼製地中連続壁その 1 / 施工性確認実験、土木学会第 56 回年次学術講演会、2001. 10
- 78) 田崎和之、広沢規行、石田宗弘、今福健一郎：ソイルセメント鋼製地中連続壁その 2 / 床版接合部の繰り返し耐荷特性、土木学会第 56 回年次学術講演会、2001. 10
- 79) 渋谷重彦、田崎和之、渡辺宏志：ソイルセメント鋼製地中連続壁工法の開発、第 2 4 回日本道路会議、2001. 10
- 80) Hall, J. T., Munson S. R., and Sakai, K. (2001). "Si Lom Underground Station, Bangkok, Design for Unusual Planning Challenges", Symposium on Underground Construction of Bangkok MRT Chaloem Ratchamongkhon Line, EIT, MRTA, Bangkok, Thailand, pp. 58-68
- 81) 創立 10 周年記念誌、鋼製地中連続壁協会、2002. 11
- 82) Sakai, K. and Tazaki, K. (2003). "Development and Applications of Diaphragm Walling With Special Section Steel - NS-BOX", Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 18/2-3 pp. 283-289
- 83) 田崎和之、渋谷重彦、清崎弘二、田中卓也：ソイルセメント鋼製地中連続壁の開発、基礎工、2003. 4、PP65-68
- 84) Tazaki, K., Matsui, T., Hirai, M., Sakai, K. : Development Process and Application of NS-BOX Diaphragm Wall, Proceedings of The Thirteenth (2003) International Offshore and Polar Engineering Conference, pp. 689-696, 2003.
- 85) 田崎和之：鋼製地中連続壁の設計施工技術の開発に関する研究、学位論文、2003. 11
- 86) 国土技術開発賞入賞：鋼製地中連続壁工法、土木技術、2004. 3
- 87) 田崎和之、広沢規行、今福健一郎：鋼製連壁とコンクリート床版接合部の構造特性に関する実験的研究、土木学会論文集、No. 763/VI-63、PP163-173、2004. 6
- 88) 吉田弘明、落河和洋、清崎弘二：空頭制限下における鋼製地中連続壁工法の施工（福岡 202 号外環状共同溝立坑工事：高架下施工）、基礎工、2004. 11
- 89) 地盤工学・実務シリーズ 20、地中連続壁工法、地盤工学会、PP203-260、2004. 11
- 90) Sakai, K., Tazaki, K. and Kamenoi, T. (2006). "Development of NS-Box Diaphragm Wall

and Applications to Bangkok Metro”, International Symposium on Underground Excavation and Tunnelling (Urban Tunnel Construction for Protection of Environment), Bangkok, Thailand, pp.413-423.

- 91) トンネル標準示方書 開削工法・同解説、土木学会、PP108-113、2006.7
- 92) 大西亮、大住元豊：都心幹線道路下の大規模換気所の大深度施工、財団法人日本トンネル協会主催第59回施工体験発表会(都市)－密集した市街地におけるトンネル工事－、PP73-80、2006.11
- 93) 熊谷純、塚田利彦、佐々木順一、田崎和之：ソイルセメント鋼製地中連続壁による自立式道路擁壁の施工、土木学会第62回年次学術講演会、VI-265、PP529-530、2007.10
- 94) 渡邊健司、齋藤純一、大住元豊：大深度開削トンネルで路下施工した地中連続壁(鋼製壁式)の設計施工、PP32-35、基礎工、2007.12
- 95) 佐久間誠也、大西亮、大住元豊：大深度大規模開削工事の急速施工とコストダウン、(有)日本プロジェクト・リサーチ、「大深度立坑」の急速施工とコストダウン PP1-11、2008.3
- 96) 大越英昭、辻匡明、森等、葛拓造：ソイルセメント鋼製地中連続壁による地下構造物の施工、土木学会第64回年次講演会、2009,10
- 97) 大越英昭、辻匡明、森等：ソイルセメント鋼製地中連続壁による地下構造物の施工、鋼構造年次論文報告集、18巻、PP181-184、2010.11
- 98) 藪本 篤、長田 光正、井上 隆広：ソイルセメント鋼製地中連続壁の本体利用およびスラブ接合部に関する実験検討、トンネル工学報告集大20巻、PP359-366、2010.11
- 99) 佐久間 誠也：最近の土留め・仮締切り工法の特徴と課題、PP6-10、基礎工、2012.3
- 100) 葛 拓造：ソイルセメント鋼製地中連続壁工法による山留め・立坑への適用、基礎工、PP151-154、2011.9
- 101) 葛 拓造：地中連続壁を本体として用いる場合の施工上の留意点、基礎工、PP26-39、2013.6
- 102) 村田 隆志：都市部におけるCSM工法による鋼製連壁の施工、基礎工、PP-36-38、2013.6
- 103) 佐久間 誠也、佐々木 順一、前田 博司：仙台北四番丁大衝線自立式道路擁壁の施工、基礎工、PP45-47、2013.6
- 104) 玉田 康一、岩住 知一、生川 寛之、大島 正資：壁厚1.7m鋼製地中連続壁を本体利用した施工事例、基礎工、PP-42-44、2013.6
- 105) 友廣 裕亮、久保寺 家光、宮元 克洋：谷津船橋IC OFFランプにおける鋼製連壁の施工－東関東自動車道谷津船橋インターチェンジ工事－、基礎工、PP39-41、2013.6

参 考

参考1 地震時の検討

地震時の検討は、ソイルセメント鋼製地中連続壁が本体利用される構造物の種類、規模、応答特性、用途等や、適用する基準書、設計標準等によって、検討法が異なっている。ソイルセメント鋼製地中連続壁は、広範囲の地下構造物に利用されるものであるので、本指針では、地震時の検討法は特定せず、ソイルセメント鋼製地中連続壁の構造特性のみを記述することにした。

ソイルセメント鋼製地中連続壁は、ソイルセメントの中に特殊形状のH形鋼材を建て込んだ地中連続壁であるが、ソイルセメントの強度は通常のコンクリートに較べて小さいので、設計荷重に対する抵抗要素としては、鋼材のみを考慮する。

実大のGH-Rの純曲げ実験結果は、図-参1.2及び図-参1.3の中の実線で表したグラフである。また図中に■、▲、◆で示したグラフは、供試体の断面をファイバーモデルで解析したものであり、破線のグラフは、解析結果と実験結果を比較して設定したバイリニアモデルのP-δ曲線を表している。

この設定式は、図-参1.2のGH-R400の場合および図-参1.3のGH-R700の場合の両方で、実験結果を下回っており、比較的良好に実験結果と合っており、妥当なものと判断できる。バイリニアモデルのP-δ曲線の設定式は、次のとおりである。

$$M_y = \sigma_y \cdot Z \text{ ----- (1)}$$

$$P_y = M_y / h \text{ ----- (2)}$$

$$\delta_y = P_y h^3 / (3EsIs) \text{ ----- (3)}$$

$$M_u = \sigma_y \cdot S \text{ ----- (4)}$$

$$P_u = M_u / h \text{ ----- (5)}$$

$$\delta_u = 5 \delta_y \text{ ----- (6)}$$

$$P_a = P_y + (P_u - P_y) / \alpha \text{ ----- (7)}$$

$$\delta_a = \delta_y + (\delta_u - \delta_y) / \alpha \text{ ----- (8)}$$

ここに、 M_y : 降伏曲げモーメント

M_u : 終局曲げモーメント (全塑性モーメント)

P_y : 終局曲げモーメント (全塑性モーメント)

P_y : 降伏水平力

P_u : 終局水平力

P_a : 保有水平耐力

α : タイプII地震動に対する安全率。 $\alpha=1.2$ とする。

δ_y : 降伏変位

δ_u : 終局変位

δ_a : 許容変位

σ_y : 鋼材の降伏点

Z : 鋼材の断面係数

S : 鋼材の塑性断面係数

h : せん断スパン

E_s : 鋼材の弾性係数

I_s : 鋼材の断面2次モーメント

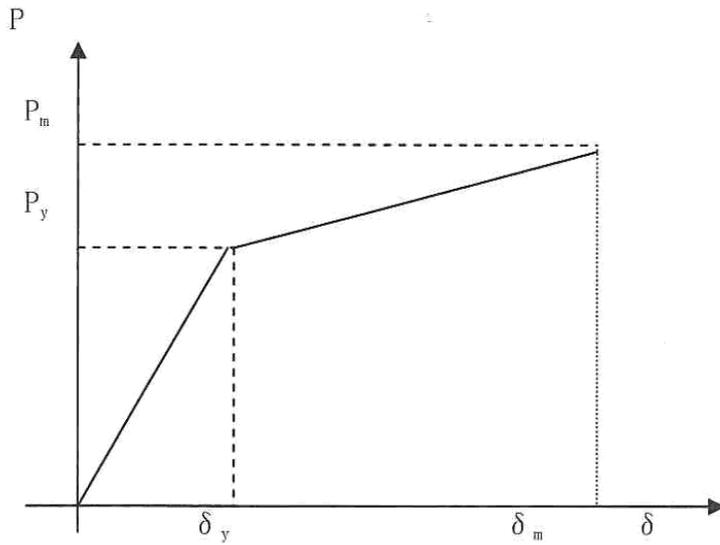


図-参 1.1 荷重と変位の関係

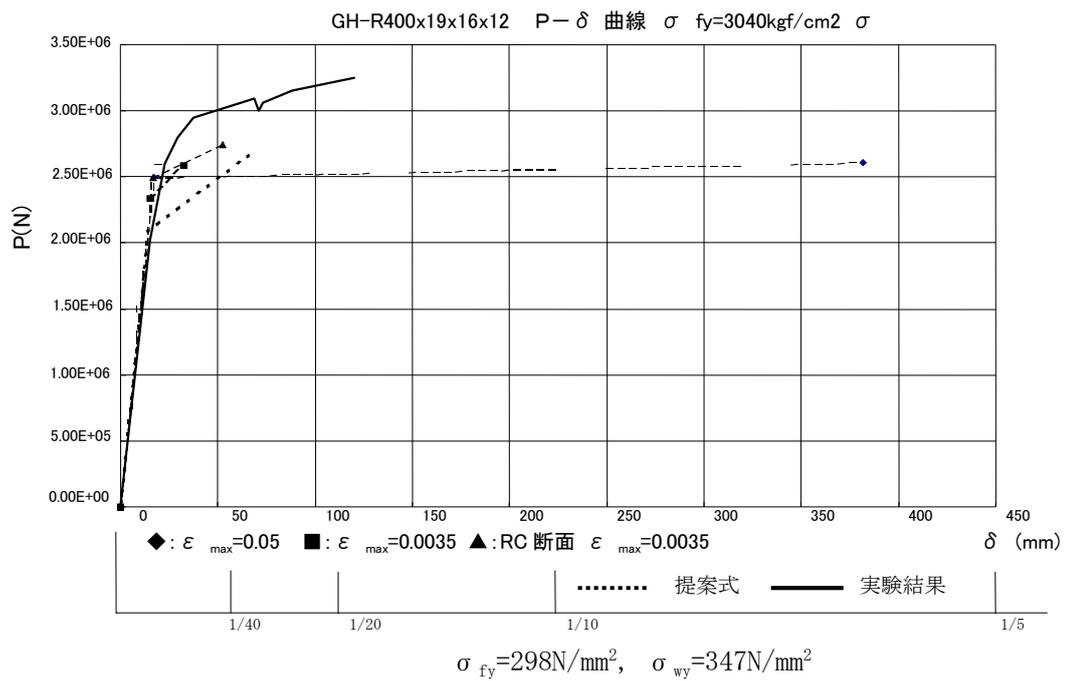


図-参 1.2 GH-R400x19x16x12 P-δ 曲線

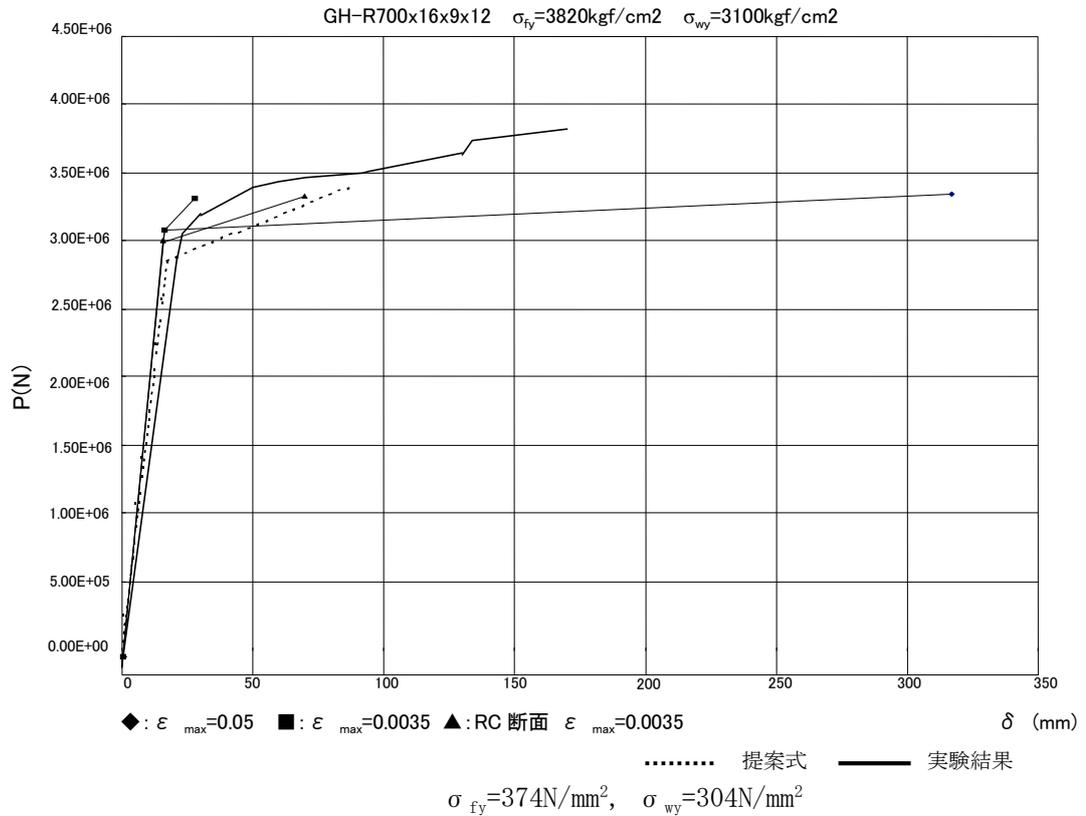


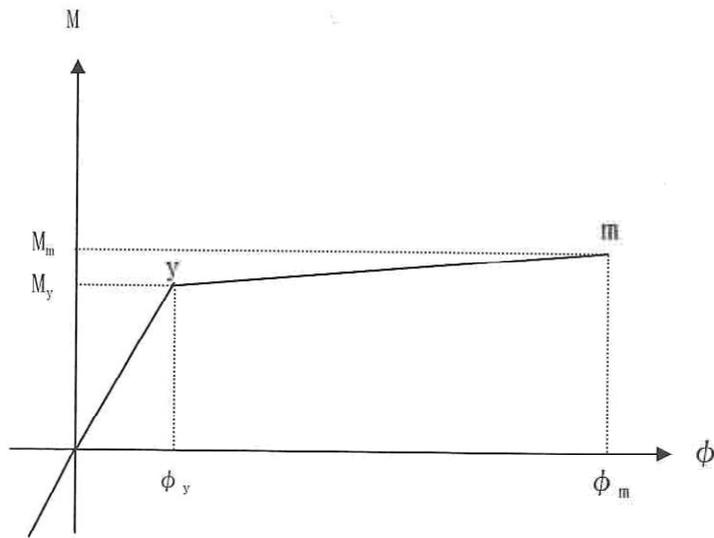
図-参 1.3 GH-R700x16x9x12 P-δ 曲線

各種の基準書や設計標準等では、水平変位の制限値は、部材角（もしくは回転角）で表して 1/40~1/50 程度、残留変位の場合 1/100 程度になっている。

NS-BOX は、図-参 1.2 及び図-参 1.3 でわかるとおり、これらの制限値より大きな変形性能を有しており、靱性のある構造材と見なすことができる。従って、各基準書に基づき設計を行った場合に、変形が制限値付近まで発生しても、それ以前に脆性破壊を起こすことはないと言うことができる。ただし、これは鋼材に局部座屈や横倒れ座屈が発生しないという前提条件のもとで言われることであり、鋼材の板厚が薄くて幅厚比が大きくなったり、あるいはソイルセメントの強度が所定の値より小さかったりした場合には、成立しなくなるので、十分に注意が必要である。

鋼材の曲げモーメント M と曲率 ϕ の関係を表す $M-\phi$ 曲線は、上記の (1)~(6) 式で表される $P-\delta$ 曲線から求めることができる。即ち、仮定したバイリニアモデルの $M-\phi$ 曲線に基づき、曲率を材長に沿って 2 回積分してたわみ量 δ を算出し、そのたわみ量が、 $P-\delta$ 曲線のたわみ量と一致するように $M-\phi$ 曲線を逆算して求められる。

このようにして求めた $M-\phi$ 曲線は図-参 1.4 および式 (9)~(12) で表される。



図一参 1.4 曲げモーメントと曲率の関係

$$M_y = \sigma_y \cdot Z_s \quad \text{-----(9)}$$

$$\Phi_y = M_y / E_s I_s \quad \text{-----(10)}$$

$$M_m = \sigma_y \cdot S \quad \text{-----(11)}$$

$$\phi_m = \beta \cdot \phi_y \quad \text{-----(12)}$$

ここに、 M_y : 降伏曲げモーメント

M_m : 終局曲げモーメント

Φ_y : 降伏曲率

ϕ_m : 終局曲率

σ_y : 鋼材の降伏強度

Z_s : 鋼材の断面係数

S : 鋼材の塑性断面係数

I_s : 鋼材の断面 2 次モーメント

E_s : 鋼材の弾性係数

β : 終局曲率の降伏曲率に対する比 ϕ_m / ϕ_y

終局曲率の降伏曲率に対する比 β は、図一参 1.2 の GH-R400 の場合では、 $\beta = 6.07$ 、図一参 1.3 の GH-R700 の場合では $\beta = 7.14$ となる。一般に $\beta = 5$ としてよい。

床版接合部の耐震設計は対象設計地震力に対して構造解析を実施し、所定の耐震性能を満足するように設計する。

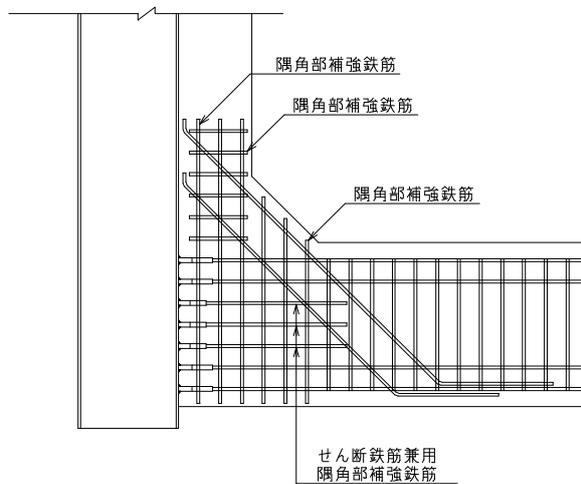
部材 $M \sim \phi$ 関係あるいは剛域設定等の構造解析モデルについては、『コンクリート標準示方書』、『道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編』に準じて行ってよい。

1) 床版接合部隅角補強筋の配置

地震力によって床版接合部に正負曲げモーメントを受けた場合、床版接合部は接合部を閉じる方向および開く方向に挙動し隅角部断面に引張力が発生する。この付加力に対して隅角部補強筋を配置することが提案されている。

また、NS-BOX と床版接合部隅角補強筋との接続を簡便とするために、部材軸および部材軸直角方向に対して平行に補強鉄筋を配置してもよい。なお、本算定式にて実施した「床版接合部曲げ試験」では十分な耐力を得ているがせん断鉄筋、隅角部補強鉄筋の発生応力は低く、今後隅角部配筋の検討が必要である。

以下に床版接合部隅角部補強筋の設計方法を示す。



図一参 1.5 隅角部の補強鉄筋

①隅角部を閉じる方向に曲げモーメントが作用する場合

$$\sigma_{t \max} = \frac{5M_b + P \cdot a}{R^2 \cdot W}$$

$$A_{s \text{ req}} = \frac{8M_b + P \cdot a}{4R^2 \cdot \sigma_{sy}} - A_s$$

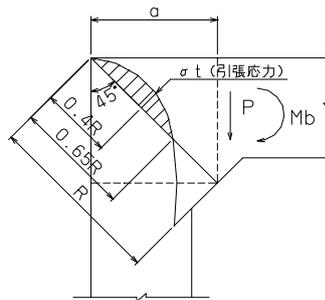
- ここに、
- $\sigma_{t \max}$: 引張応力度の最大値 (N/mm²)
 - M_b : 隅角部領域前面に作用する曲げモーメント (N・mm)
 - P : 隅角部領域前面に作用するせん断力 (N)
 - R : 隅角部対角線長 (mm)
 - a : 隅角部領域幅 (mm)
 - $A_{s \text{ req}}$: 必要引張鉄筋量 (mm²) 但し、床版接合部せん断鉄筋量を含む
 - A_s : 0.65R の範囲に配置された主鉄筋量 (mm²)
 - σ_{sy} : 鉄筋の降伏応力度 (N/mm²)
 - W : 隅角部奥行 (mm)

②隅角部を開く方向に曲げモーメントが作用する場合

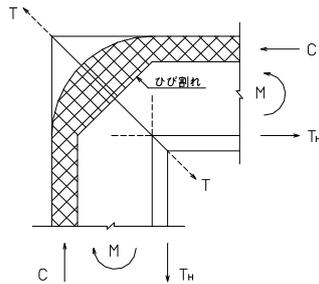
$$\sigma_{t \max} = \frac{3\sqrt{2} T_H}{2W \cdot \lambda_z}$$

$$A_{sreq} = \frac{\sqrt{2} T_H - \frac{2}{3} \cdot \sigma_{tc} \cdot W \cdot \lambda_z}{\sigma_{sy}}$$

- ここに、
- $\sigma_{t \max}$: 引張応力度の最大値 (N/mm²)
 - A_{sreq} : 必要引張鉄筋量 (mm²) 但し、床版接合部せん断鉄筋量を含む
 - T : 補強筋の負担する引張力 (N)
 - T_H : 引張応力の合力 (N)
 - σ_{tc} : コンクリートが負担する最大引張応力度 (=2/3 σ_{bt}) (N/mm²)
 - σ_{bt} : コンクリートの曲げ引張応力度 (=0.23 $\sigma_{ck}^{2/3}$) (N/mm²)
 - λ_z : 引張応力度の発生する領域 (=0.8d) (mm)
 - W : 隅角部奥行 (mm)



(a) 隅角部を閉じる方向

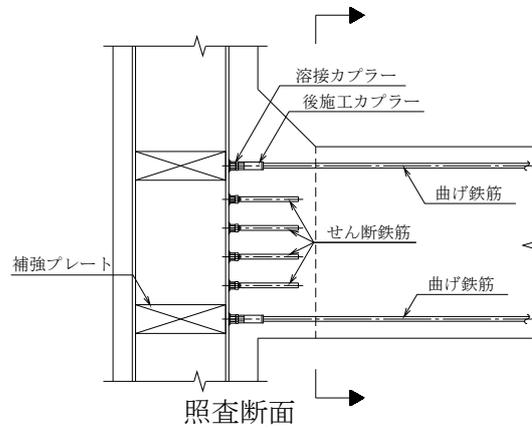


(b) 隅角部を開く方向

図一参 1.6 隅角部に発生する応力

2) せん断鉄筋長

せん断鉄筋は床版ハンチ始点より延ばさないものとする。



図一参 1.7 せん断鉄筋長

3) ハンチ筋の設計

地震荷重を受ける場合のハンチ筋については現状、諸設計図書において明確に規定するに至っていない。特に隅角部を開く方向に地震力を受けた場合、ハンチ筋に過大な引張力が発生するため十分な検討が必要である。「ソイルセメント鋼製地中連続壁床版接合部正負交番載荷試験」では、ハンチ筋を主鉄筋量の 1/3 以上と規定して試験を実施した結果、最大荷重時においてもハンチ筋の破断は観察されなかった。従って、ここではハンチ筋の最小鉄筋量を主鉄筋の 1/3 と規定することとする。

参考2 TRD工法の概要

1. 工法の概要

TRD (Trench cutting Re-mixing Deep wall) 工法は、地中に建て込んだカッターポストを横方向に移動させて、カッターチェーンに取り付けたカッタービットで地盤を掘削しながら、鉛直方向に固化液と原位置土を混合・攪拌し、壁状のソイルセメント壁体を地中に造成する工法である。

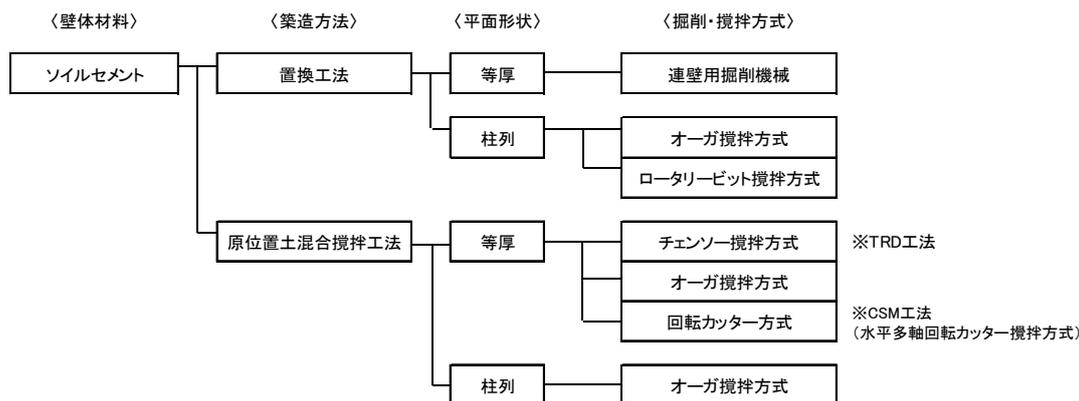
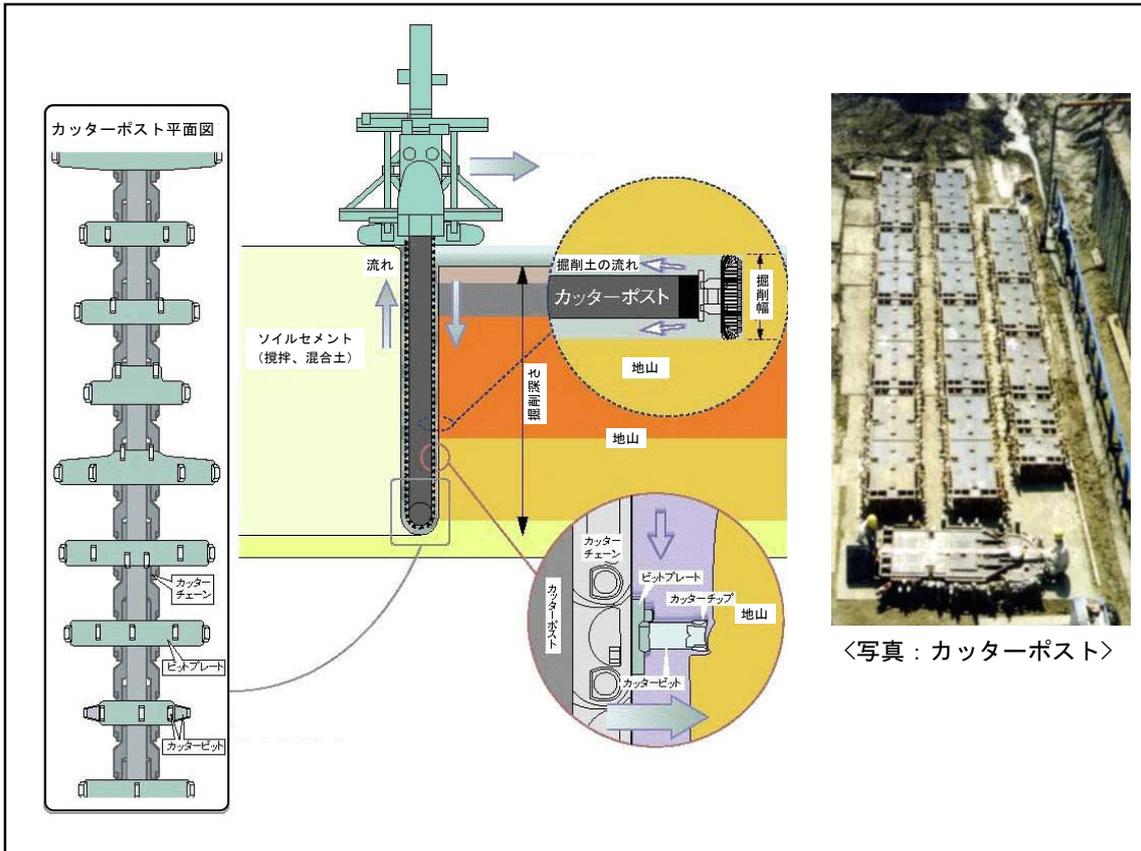


図-参 2.1 工法の位置付け※1

※1 (社) 地盤工学会編「地中連続壁工法」2004年を加筆修正

工法の特長を以下に示す。

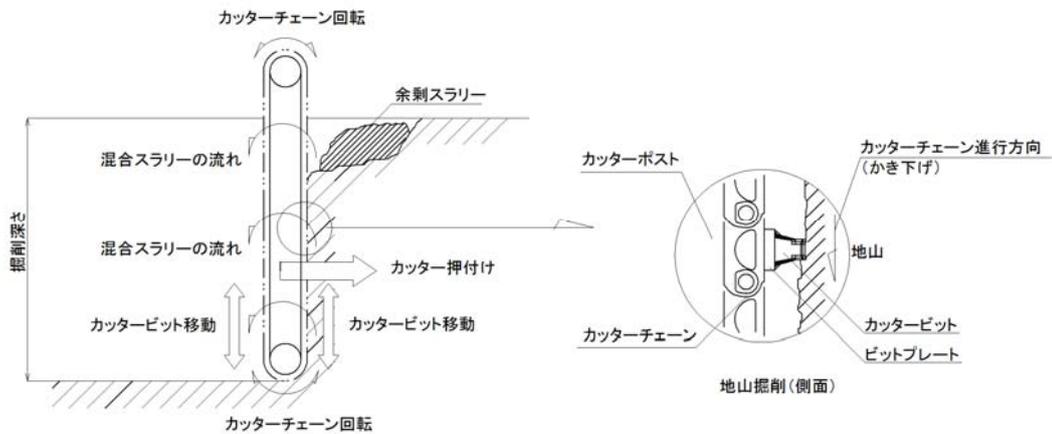
- (1) 高い安定性
掘削機械装置の低重心設計により、柱列式オーガ攪拌方式と比較して機械高さが大幅に低く、安全施工が可能である。また、近隣へ威圧感を与えない。
- (2) 高精度施工
カッターポストに内蔵された傾斜計による管理で、直進性・鉛直性に優れた高精度施工が可能である。
- (3) 省コスト
硬質地盤(砂礫、土丹、軟岩など)に対しても掘削能力が高く、工期の短縮によるコスト縮減が可能である。
- (4) 均質な壁体
鉛直方向全層を同時に混合・攪拌するため、土質や強度が異なる互層地盤に対しても、深さ方向の強度のバラツキが少ない均質な壁が造成できる。
- (5) 優れた遮水性
高精度施工と高品質な壁体造成により、高い遮水性を確保できる。
- (6) 任意設定可能な芯材間隔
等厚に施工できるため、建込み芯材間隔を任意に設定可能である。また、NS-BOXの建込みが容易である。



図一参 2.2 システムの原理

2. 掘削機構

TRD工法は、カッターポストを地盤に横方向から押し付けた状態で、切込み深さをコントロールしながらカッターチェーンを周回させることにより地山を細かく削りほぐし、効率よく掘削を行う。



図一参 2.3 TRD工法の掘削機構

通常、壁先端部の掘削では地盤にカッターポストを押し付けた状態で、かき下げ方向にカッターチェーンを駆動して掘削を行うと、図-参 2.4 に示すとおりカッターポスト先端アイドラーの回転により、カッターポスト先端に「歩き効果」が発生してカッターポスト先端付近に押付け力が発生する。また、かき上げ方向の掘削も併用して壁上部の掘削を行い、かき下げおよびかき上げ掘削を繰り返す。この繰り返し動作と押付け力を小さくして多数のカッタービットを高速で周回させることで地盤を薄く削りほぐす。このようにして削りほぐした部分にカッターポストを進行させる。

掘削時にカッタービットによって細かくほぐされた土砂は、固化液と混合され掘削溝の中で流動性のあるスラリーになる。カッターチェーンの動きにより、カッターポスト周辺のスラリーは渦となって対流し、土砂と固化液が混合・攪拌される。固化液が混合された土砂は溝内に満たされ、一定時間を経て固化し地中に連続した壁体を形成する。

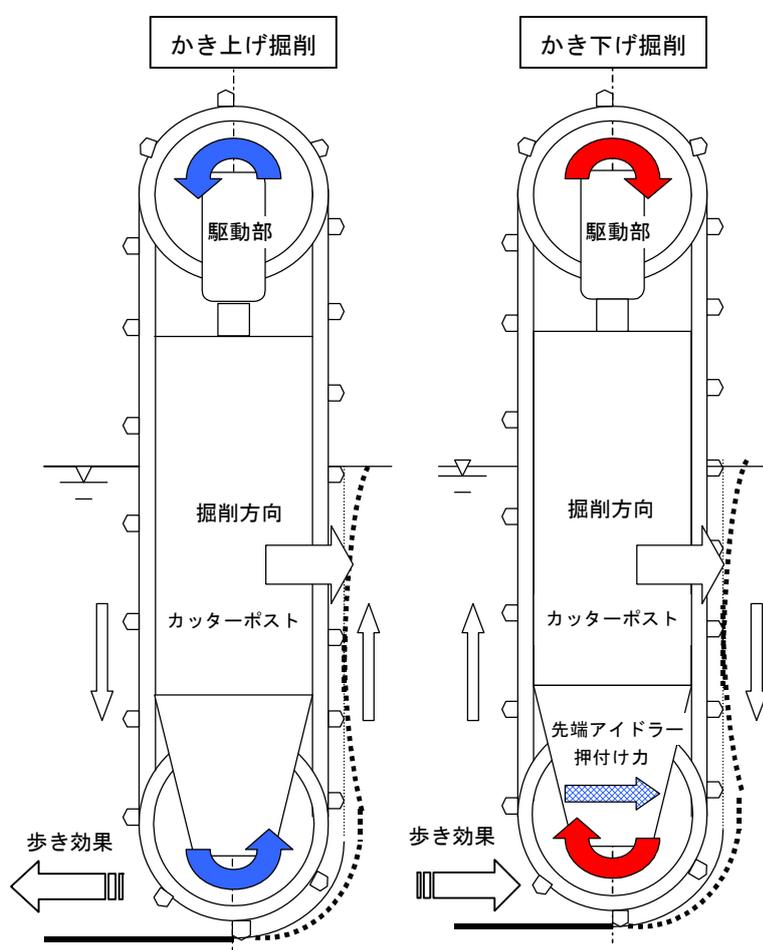


図-参 2.4 カッターチェーン回転方向と歩き効果の概念図

3. 施工機械

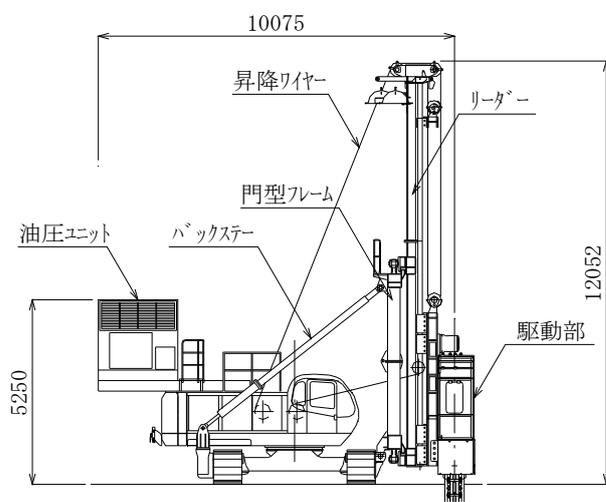


図-参 2.5 TRD-II型

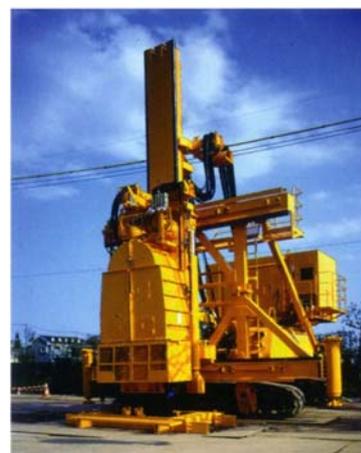
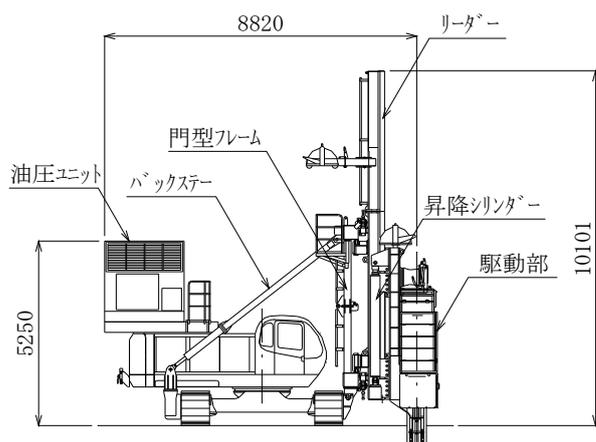


図-参 2.6 TRD-III型

表-参 2.1 TRD工法施工機械

機種	最大壁深度 (m)	壁厚 (mm)	総重量 (t)
TRD-I	20.0	450~550	64.3
TRD-II	35.0	550(600)~700	139.3
TRD-III	60.0	550(600)~900	160.5

注1) 壁厚 600mm は、芯材で NS-BOX を使用する場合

注2) 総重量：I 型(壁厚 450mm, 深度 20m 仕様)、II 型・III 型(壁厚 550mm, 最大深度仕様)

注3) TRD-I 型は壁厚 450~550mm であり、NS-BOX に適用外

4. 作業足場および開放長の検討

T R D工法による溝壁は連続的に掘削されるので、T R D施工機や周辺構造物の荷重に対して地盤が不安定になる事がある。T R D施工機は重心位置が低いため機械本体の転倒の心配はないが、溝壁の連続掘削が周辺構造物に悪影響を及ぼさないように配慮が必要である。

また、作業地盤が軟弱でT R D施工機本体が沈下すると、施工精度や施工能率の著しい低下が考えられる。更に、地中にあるカッターポストが面外に変形してカッターポストに異常な応力が発生し、装備の破壊に至る可能性もある。よって、溝壁の安定検討が必要である。図-参 2.7は解析対象の全体モデルを示したものである。

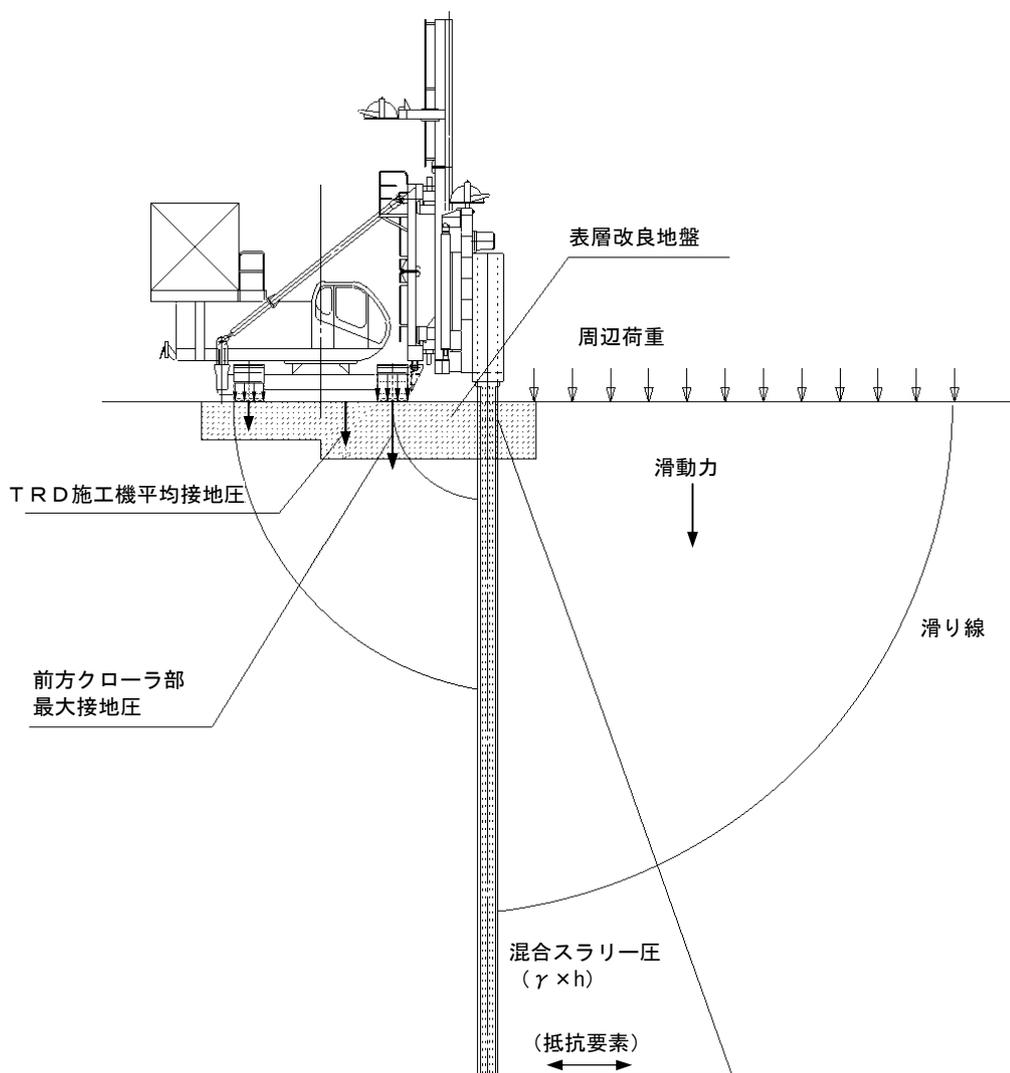


図-参 2.7 溝壁の安定検討モデル図

敷鉄板による接地圧分散効果を十分検討し、地盤の支持力を確保しなければならない。軟弱な地盤における溝壁の保持は、以下の式で得られる溝壁中の混合スラリー液圧を主働土圧より大きくなるように調整する。

$$\text{混合スラリーの比重}(\gamma) \times \text{液面高さ}(h)$$

溝壁中の混合スラリー液圧が支持力検討に含まれているので、溝壁中の泥水（混合スラリー液）は所要水位を維持するように管理する必要がある。

TRD工法において、図-参 2.8 に示す混合スラリーが固結するまで混合スラリー液圧のみで保持する一時的な状態の水平方向の溝長さを「開放長」と定義する。

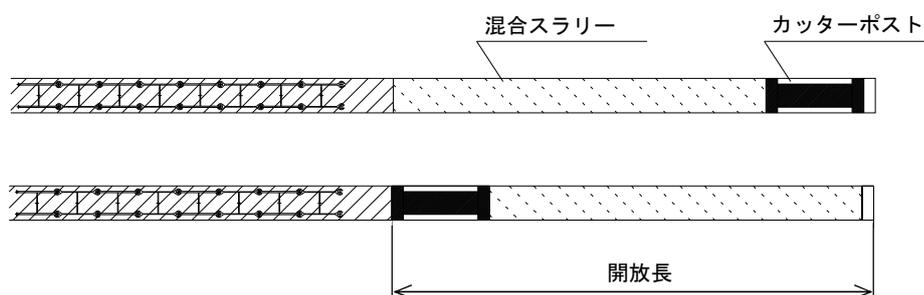


図-参 2.8 開放長の説明図

周辺の構造物からの荷重を考慮しなくてはならない場合には、開放長に制限を設けるなどの工夫が必要である。通常、接地圧が最大になるのはカッターポスト引抜き作業時であり、溝壁に近いTRD施工機前方クローラの荷重が最も影響する。そのため、前方クローラの直下を地盤改良し支持力を確保する場合が多い。

TRD施工機の接地圧は、カッターポストの長さや位置により変化するため、施工条件に合わせて算出する必要がある。TRD-II型機、TRD-III型機の接地圧計算結果の例を表-参 2.2 に示す。

表-参 2.2 TRD工法機の接地圧（例）

TRD施工機 壁幅(mm)	TRD-II型機 700		TRD-III型機 850		備 考
	平均接地圧 (kPa)	最大接地圧 (kPa)	平均接地圧 (kPa)	最大接地圧 (kPa)	
5	138	437	137	426	◆カッターポストが門型フレーム中央位置の場合 ◆平均接地圧 カッターポストの浮力(スラリー比重)を考慮した全装備質量が、前後クローラに同等にクローラ接地面積に平均して分散する圧力。 施工機本体後方の作業地盤の改良厚を求める。 ◆最大接地圧 カッターポスト起動縁切りや傾斜修正などにおけるカッターポスト引抜き作業時に発生する最大荷重を前方クローラ接地面積に平均して分散する圧力。 施工機本体前方の作業地盤の改良厚を求める。
10	141		141		
15	143		145		
20	146		147		
25	150		151		
30	156		154		
35	158		157		
40	-		160		
45	-		162		
50	-		166		

5. 施工事例

(1) 工事概要

工 事 名：都市計画道路・北四番丁大衡線（北山工区）

発注者名：仙台市建設局道路部北道路建設課

工 期：平成 18 年 3 月～平成 18 年 5 月

工事場所：仙台市青葉区木町～荒巻本沢二丁目

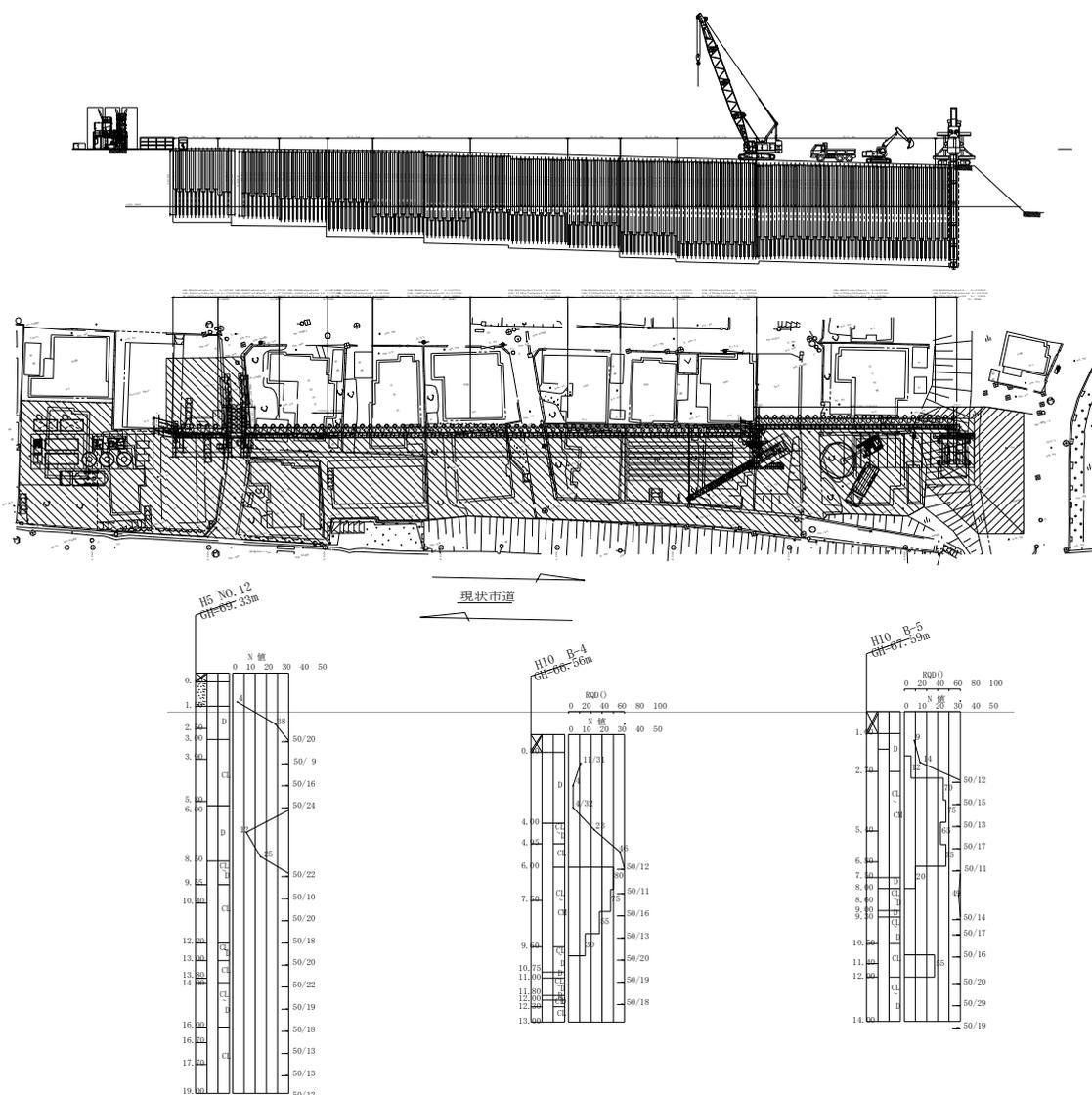
施工概要：

壁 厚 900mm

施工深度 11.98～17.26m

施工面積 2,292 m²

近接施工による用地買収費の低減と軟岩地盤での掘削性能、市街地における施工時の威圧感の解消、低騒音・低振動等の条件により TRD 工法が採用された。



図一参 2.9 断面図・平面図，土質柱状図

(2) 状況写真



図一参 2.10 掘削対象地盤(風化砂岩)



図一参 2.11 近接施工状況



図一参 2.12 NS-BOX 建込み状況



図一参 2.13 掘削後の鋼製連壁



図一参 2.14 完成壁面(化粧パネル)

参考3 CSM工法の概要

1. 工法の概要

CSM（カッターソイルミキシング）工法は、水平多軸回転カッター（Cutter）を用いて土（Soil）とセメント系懸濁液を原位置で攪拌混合（Mixing）し、矩形のソイルセメント壁体（土留め壁、遮水壁等）や地盤改良体を造成する工法である。従来の施工法にあるオーガ攪拌方式やカッターチェーン攪拌方式と異なり、掘削と攪拌混合との機能を兼ね備えた水平多軸回転カッターによる攪拌方式の採用により、粘性土から硬質地盤まで補助工法なしで施工可能な、掘削効率と攪拌性能に優れた工法である。

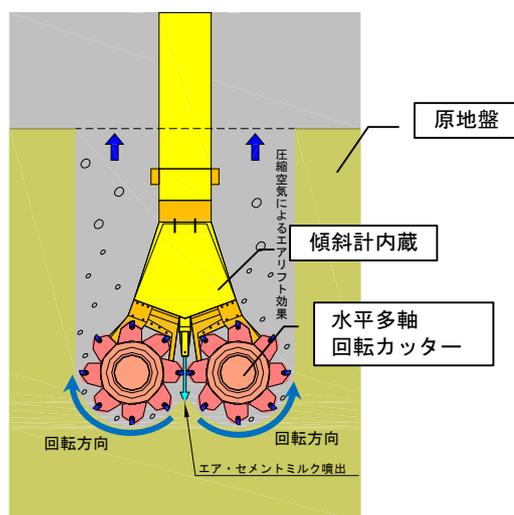


図-参 3.1 施工方法の説明



図-参 3.2 リアルタイムモニター

工法の特長を以下に示す。

(1) 高い掘削性能

地中連続壁の安定液掘削において、軟弱地盤から硬質地盤および岩盤まで多くの実績を持つ水平多軸回転カッターの性能をそのまま生かした高い掘削性能を持つ。

(2) 優れた攪拌性能

カッターの配列が多く、掘削土が細かく攪拌されると同時に吐出するエアによる攪拌の相乗効果があり攪拌性が非常に良い。

(3) 高い掘削精度

カッターユニット部に傾斜計を内蔵し、運転席で掘削精度をリアルタイムで監視しながら修正ができる。ケリーバータイプは1/250以下、また、クアトロタイプは姿勢制御フラップによる修正機能（オプション機能）を標準装備しており、1/300以下の掘削が可能である。

(4) 効率的な施工管理システム

掘削深度、掘削速度、カッターの回転数、ベントナイト泥水やセメント系懸濁液等の注入量などのデータをリアルタイムでモニター管理できる。

- (5) 高い安定性
カッターの駆動部やカッター部がケリーバー等の先端に配置されており、重心が低く安定性が高い。
- (6) 少ない騒音・振動
カッターの駆動部が全て掘削溝内に入るので騒音・振動が少ない。
- (7) 任意設定可能な芯材間隔
等厚に施工できるため、発生応力に対応する必要芯材間隔の設定に柔軟性がある。
- (8) 優れた遮水性
高い掘削精度により、確実なカッティングジョイント部を形成すると同時に優れた攪拌性能により高い遮水性が確保できる。
- (9) 省コスト
高い掘削性能と優れた攪拌性能により工期の短縮と材料の節約によるコスト縮減が可能である。
- (10) 高い適応性
1セットずつ造成するので機動性が良く、複雑な平面形状での施工、鉄道近接工事等の作業時間帯に制限を受ける施工条件に対応できる。また、クアトロタイプは機体寸法が小さく、空頭制限、狭隘な作業帯等の条件が加わっても対応できる。
- (11) 開放長が短く溝壁が安定
1セットずつの造成が基本であることから、造成作業中の開放長（混合スラリー液圧のみで溝壁を保持する状態の水平方向の溝長さ）を短くでき、溝壁の安定性が高い。

2. 施工機械

2. 1 カッター

(1) ケリーバータイプ

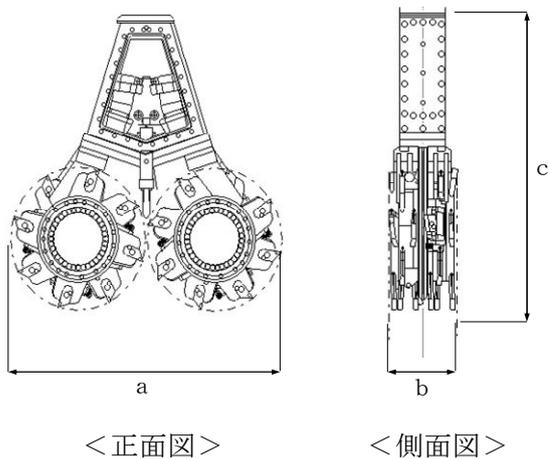


表-参 3.1 カッター仕様

項目		BCM3 型	BCM5 型
能力	トルク	0-30kN・m	0-45kN・m
	ホイール回転数	0-40rpm	0-40rpm
	重量	3700kg	5100kg
寸法	a	2200mm	2400mm
	b	500-900mm	500-900mm
	c	2250mm	2350mm

図-参 3.3 ケリーバータイプカッター

(2) クアトロタイプ

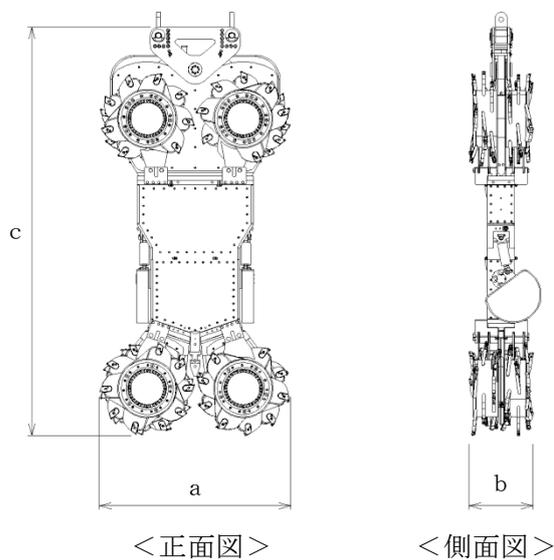


表-参 3.2 カッター仕様

項目		BCM5 型
能力	トルク	0-45kN・m
	ホイール回転数	0-40rpm
	重量	14500kg
寸法	a	2400mm
	b	500-1200mm
	c	5160mm

図-参 3.4 クアトロタイプカッター

2. 2 掘削機



図-参 3.5 ケリーバータイプベースマシン

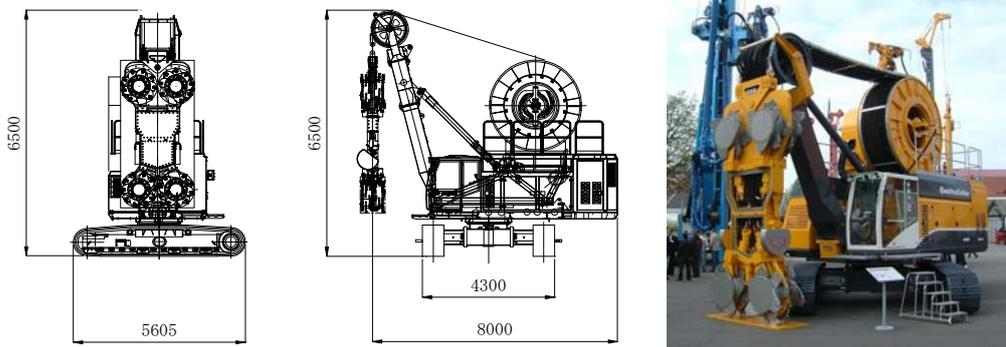


図-参 3.6 クアトロタイプベースマシン

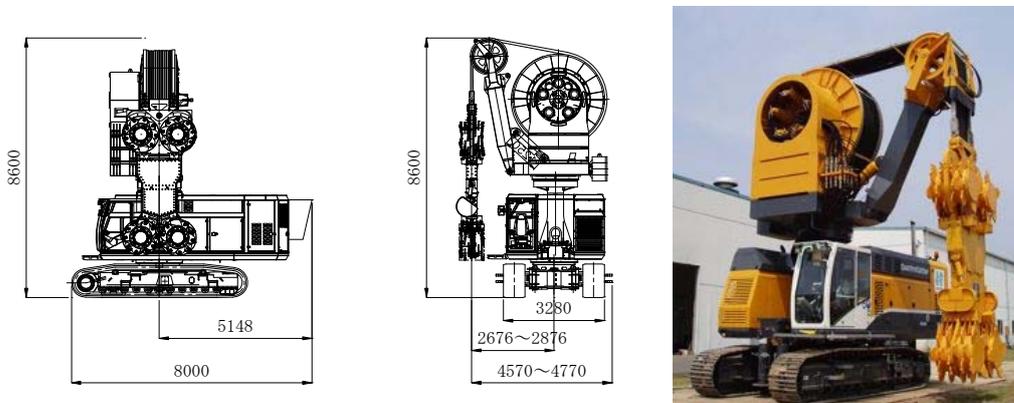


図-参 3.7 クアトロタイプ(サイドカッター仕様)ベースマシン

3. 施工事例

【事例－1】

(1) 工事概要

工 事 名：大阪北共同溝寝屋川門真地区立坑工事

工事場所：大阪府寝屋川市萱島東町

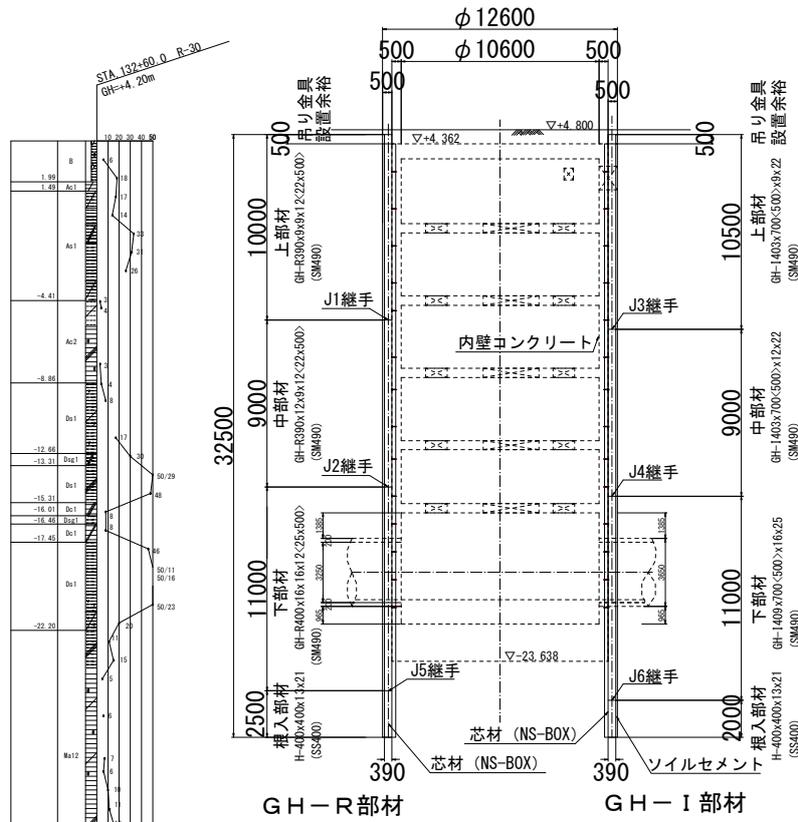
発 注 者：国土交通省／近畿地方整備局

施工概要：外寸形状 直径 12.6m、壁厚 0.7m、壁深度 32.5m、壁面積 1,227m²、
 充填材 [ソイルセメント]、NS-BOX 仕様 [GH400]、
 用途分類 [シールド立坑]

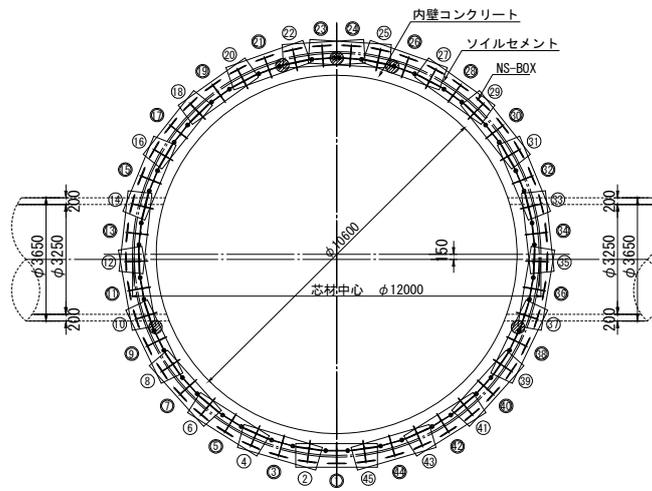
(2) 工法の選定

本工事は、第二京阪道路の路面下に計画された大阪北共同溝のシールド中間立坑である。立坑施工期間・施工区域に制約があり、短工期・省スペースで施工可能なソイルセメント鋼製地中連続壁 (NOMST 付き) が採用された。

(3) 施工



図－参 3.8 立坑断面図



図一参 3.9 芯材配置図



図一参 3.10 NS-BOX 建込み状況



図一参 3.11 建込み完了状況
「鋼製地中連続壁協会」資料による

【事例－２】

(1) 工事概要

工 事 名：SJ14 工区(1)EF 連結路土留壁・トンネル上床版工事

工事場所：東京都目黒区

発 注 者：首都高速道路株式会社

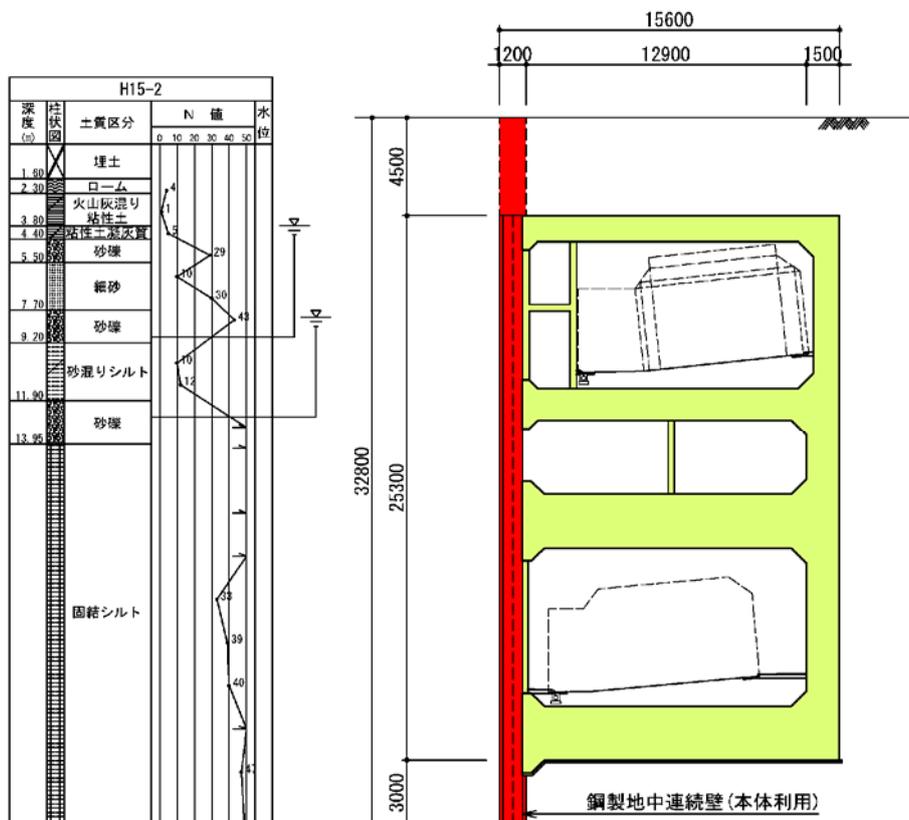
施工概要：外寸形状 延長 58.9m、壁厚 1.2m、壁深度 30.0～33.0m、壁面積 1876m²、
 充填材 [ソイルセメント]、NS-BOX 仕様 [GH900]、
 用途分類 [本体利用単独壁]、

(2) 工法の選定

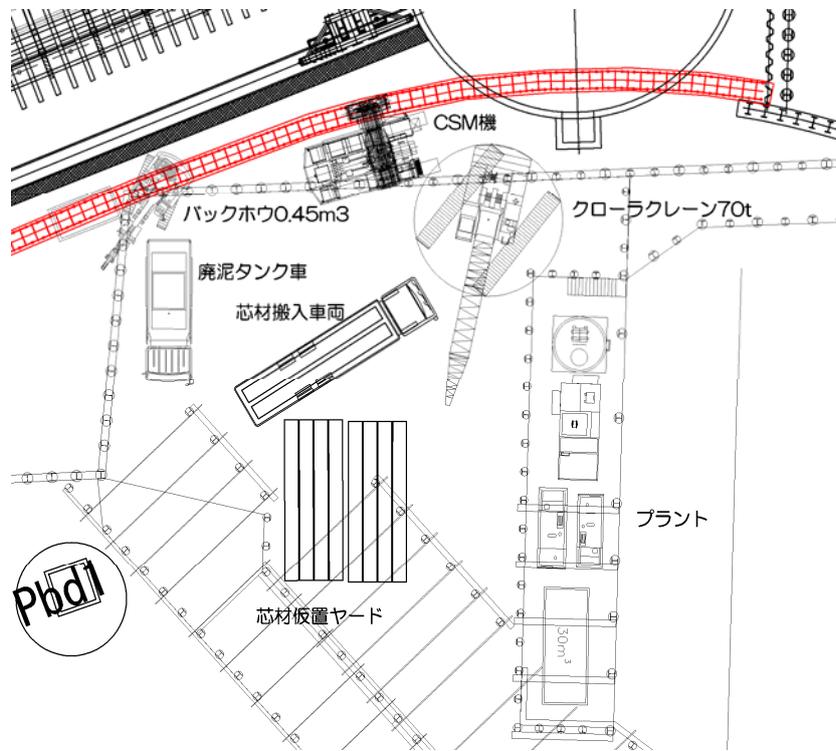
本工事は、大橋ジャンクションに接続する連結路トンネルを開削工法で構築するものである。

隣接する再開発事業との用地境界に余裕がなく、薄壁化・省スペース化を図るため、土留め壁の本体利用単独壁として鋼製地中連続壁工法が採用された。

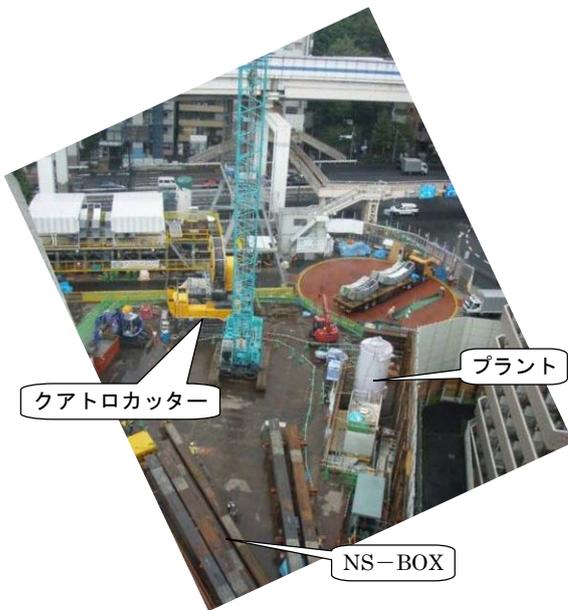
(3) 施工



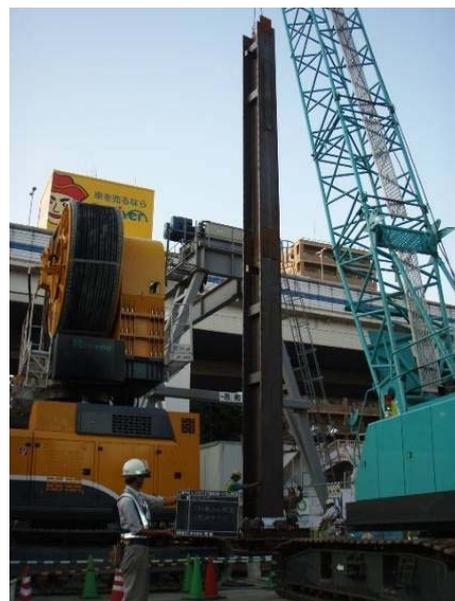
図一参 3.12 立坑断面図



図一参 3.13 工事現場平面図



図一参 3.14 作業ヤード] 状況



図一参 3.15 芯材建込み状況

参考4 ソイルセメント鋼製地中連続壁工法施工試験

1. 目的

ソイルセメント鋼製地中連続壁工法の実用化を目的に、その施工性を確認する。

2. 試験概要

試験規模、試験工程、確認内容を表一参 4.1～表一参 4.3 に示し、芯材の配置および地盤概要を図一参 4.1～図一参 4.2 に示す。

表一参 4.2 試験工程

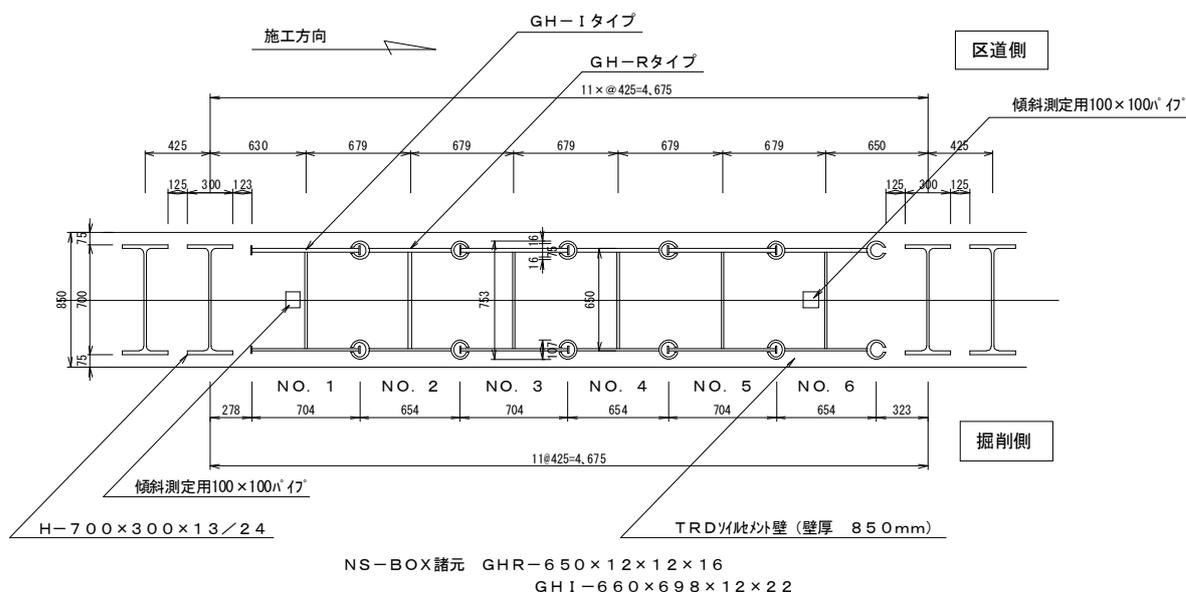
	1日目	2日目	3日目	4日目
施工実験 (6本建込み)	準備工	建込み① 2本	建込み② 2本	建込み③ 2本

表一参 4.1 試験規模

項目	数量
壁厚	0.85 m(造成幅)
水平延長	4.375 m
造成深度	48.590 m
施工面積	212.58 m ²
施工日数	3日
NS-BOX (SS400) の諸元	GH-R 650×12×12×16 L=16.5m, 3本, 14.41 ton L=15.5m, 3本, 13.53 ton
	GH-I 660×698×12×22, L=16.5m, 3本, 14.80 ton L=15.5m, 3本, 13.91 ton

表一参 4.3 試験の確認内容

① NS-BOX の建込み施工性
② 片押しの連続建込みによる建込み精度
③ 建込み添接板ボルト継手接合の施工性
④ NS-BOX の端部処理
⑤ ラップ掘削時の掘削状況
⑥ 床版接合部材付き部材の建込み具合 No.3, No.4 ではNS-BOX に溶接スリーブ、 補強板、スリーブカバーを取り付ける。 (図一参 4.3 参照)



図一参 4.1 芯材の配置

3. 試験結果

確認項目に対する試験結果を以下に整理する。

(1) NS-BOX の建込み施工性

- NS-BOX 先端に取り付けたスペーサが建込み時に抵抗となることが確認された。そこで、同スペーサを撤去したところ、GH-R および GH-I とも建込みはスムーズに行われ、32m (2 本継ぎ) の建込み時間は平均 103 分であった。この建込み時間のうち、NS-BOX および継手防護パイプの接合時間を除く残りの時間は、H-700×300×13×24 のそれとほぼ同じであった。

(2) 片押し連続建込みによる建込み精度

- 芯材番号 No. 1 と No. 6 で実施した芯材の鉛直精度測定結果から、面外方向の建込み精度は 1/913 であり、相対変位は最大 69mm であることを確認した(図-参 4.4 参照)。

(3) 添接板ボルト継手接合の施工性

- 添接板 1 箇所当たりの施工時間は 20 分程度であり、これまでの鋼製地中連続壁でのそれと同等であった。

(4) NS-BOX の端部処理

- 継手防護パイプを用いた C 継手の防護により、翌日の芯材(GH-I)の建込みをスムーズに行うことができた。

- 継手防護パイプの縁切り補助として、建込み直後の高圧空気の圧送を計画したが、建込み直後および引抜き直前のボーリングマシンによる縁切り作業だけで、継手防護パイプをスムーズに引き抜けることを確認した。なお、継手防護パイプの引抜き速度は、0.05 (Hr/m) 程度であった。

- 建込み直後の継手防護パイプの浮上がり対策として清水の充填を計画したが、同作業を行わなくてもパイプは浮き上がらないことが確認された。

(5) ラップ掘削時のソイルセメントの掘削状況

- 継手近傍の掘削(戻り掘削)では、継手に沿うようにカッターポストを傾斜させ、ソイルセメントの搔落としを行なうことで、C 継手周辺のソイルセメントを良好に取り除くことができた。

- 前日建込んだ GH-R の C 継手には、戻り掘削完了後に厚さ 5cm 程度のソイルセメントが残っていると思われたが、GH-I の建込みに支障とならなかった。

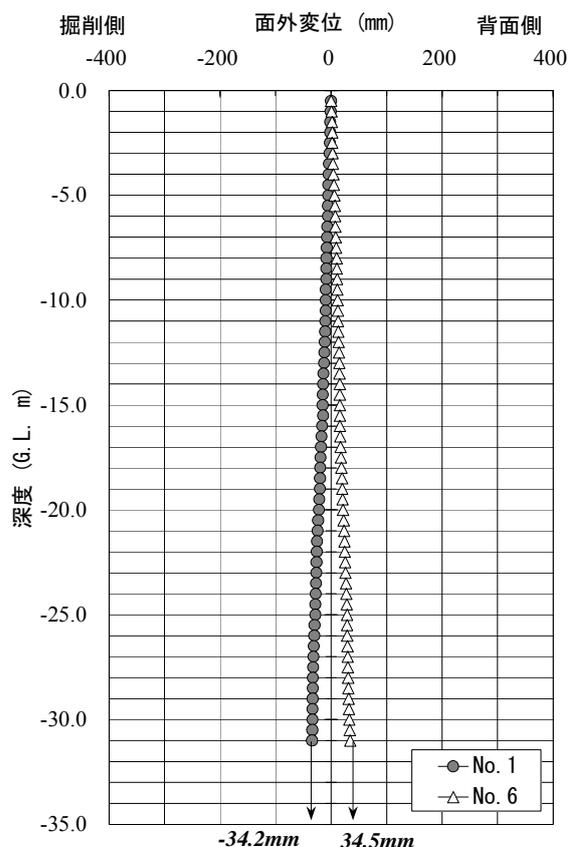


図-参 4.4 芯材の鉛直精度測定結果 (面外方向)

(6) 床版接合部材付き NS-BOX の建込み具合

- ・床版接合部材の設置による建込み速度の低下は確認されなかった。

4. まとめ

これまでの土留め本体利用技術に比べてさらに合理化を図ることができ、しかもコストダウンが実現できるソイルセメント鋼製地中連続壁工法の実用化を目的として、実際の土留め工事において施工性確認試験を実施した。その結果、比較的容易に、しかも確実にソイルセメント鋼製地中連続壁を構築できることを確認した。

参考5 遮水性確認試験（現場）

1. 目的

ソイルセメント鋼製地中連続壁の遮水性を確認するため、参考4で紹介した試験施工でのソイルセメント鋼製地中連壁に水位観測井戸を設けて、壁対内水位の計測を行った。さらに、土留め背面地盤（七号地層砂質土層）に水位観測井戸を設けて、外水位の挙動を調査した。

2. 地盤概要

地盤概略図を図-参5.1に示し、土質条数を表-参5.1に示す。

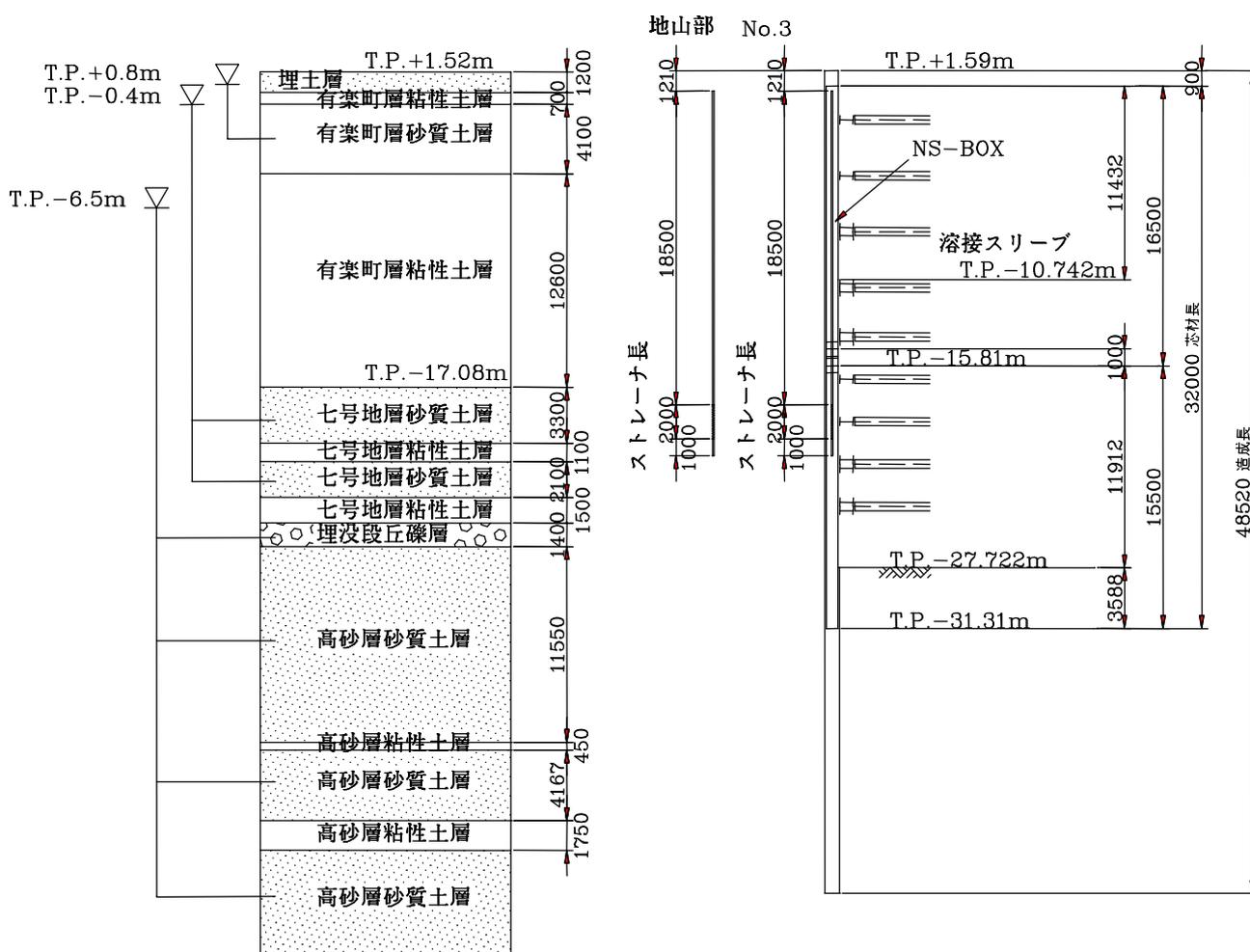


図-参5.1 地盤概略図

施工箇所の地盤条件は参考4に示すとおりであり、各層の土質定数を表-参5.1に整理した。

表-参5.1 土質定数

標高 (T.P.m)	深度 (G.L.m)	層圧 (m)	土層名	N 値	γt (kN/m ³)	C (kN/m ²)	ϕ (deg.)	$\alpha \cdot E_0$ (kN/m ²)	k (m/sec)
1.590 0.320	0.000 -1.270	1.270	B	2	18.0	0.0	30.0	5000	
0.320 -0.380	-1.270 -1.970	0.700	Ac1-1	1	18.0	0.0	30.0	2500	
-0.380 -4.480	-1.970 -6.070	4.100	As1	2	19.0	0.0	30.0	8000	3.83E-01 ~5.57E-02
-4.480 -14.380	-6.070 -15.970	9.900	上部 Ac1-2	0	16.5	40.0	0.0	12000	
-14.380 -17.080	-15.970 -18.670	2.700	下部 Ac1-2	3	16.5	70.0	0.0	20000	
-17.080 -20.380	-18.670 -21.970	3.300	As2-1	21	19.5	0.0	30.0	92000	2.74 ~8.89E-02
-20.380 -21.480	-21.970 -23.070	1.100	Ac2-1	14	16.5	120.0	0.0	60000	
-21.480 -23.580	-23.070 -25.170	2.100	As2-1	21	19.5	0.0	30.0	92000	2.74 ~8.89E-02
-23.580 -25.080	-25.170 -26.670	1.500	Ac2-1	14	16.5	120.0	0.0	60000	
-25.080 -26.480	-26.670 -28.070	1.400	Dg1	46	19.0	0.0	36.0	140000	1.25 ~1.43E-01
-26.480 -38.480	-28.070 -40.070	12.000	上部 Ds4	45	20.0	0.0	37.0	148000	3.45E-01 ~2.66E-01
-38.480 -43.180	-40.070 -44.770	4.700	上部 Ds4	50 以 上	20.0	0.0	39.0	148000	3.45E-01 ~2.66E-01
-43.180 -44.930	-44.770 -46.520	1.750	Ds4-c	10	14.0	120.0	0.0	30000	
-44.930	-46.520		下部 Ds4	50 以 上	20.0	0.0	39.0	172400	2.05E-01 ~1.19E-01

ここで、砂質土層における透水係数はボーリング孔を利用した単孔式現場透水試験(ピエゾメーター法)で求めた値である。

3. 観測井の構造および仕様

観測井の構造と仕様を表-参 5.2 および図-参 5.2 に示す。

表-参 5.2 観測井の仕様一覧

観測井戸 No.	管頭標 高 T.P.m	掘削長 m	ストレーナ 長 m	ストレーナ設置範 囲 T.P.m ~ T.P.m	水圧計設置標 高 T.P.m	設置時水 位 T.P.m
1	0.31	21.50	2.00	-18.19 ~ -20.19	-17.69	-8.78
3	0.38	21.50	2.00	-18.12 ~ -20.12	-17.62	-8.34
5	0.37	21.50	2.00	-18.13 ~ -20.13	-17.63	-8.49
地山部	0.47	21.50	2.00	-18.03 ~ -20.03	-17.53	-2.59

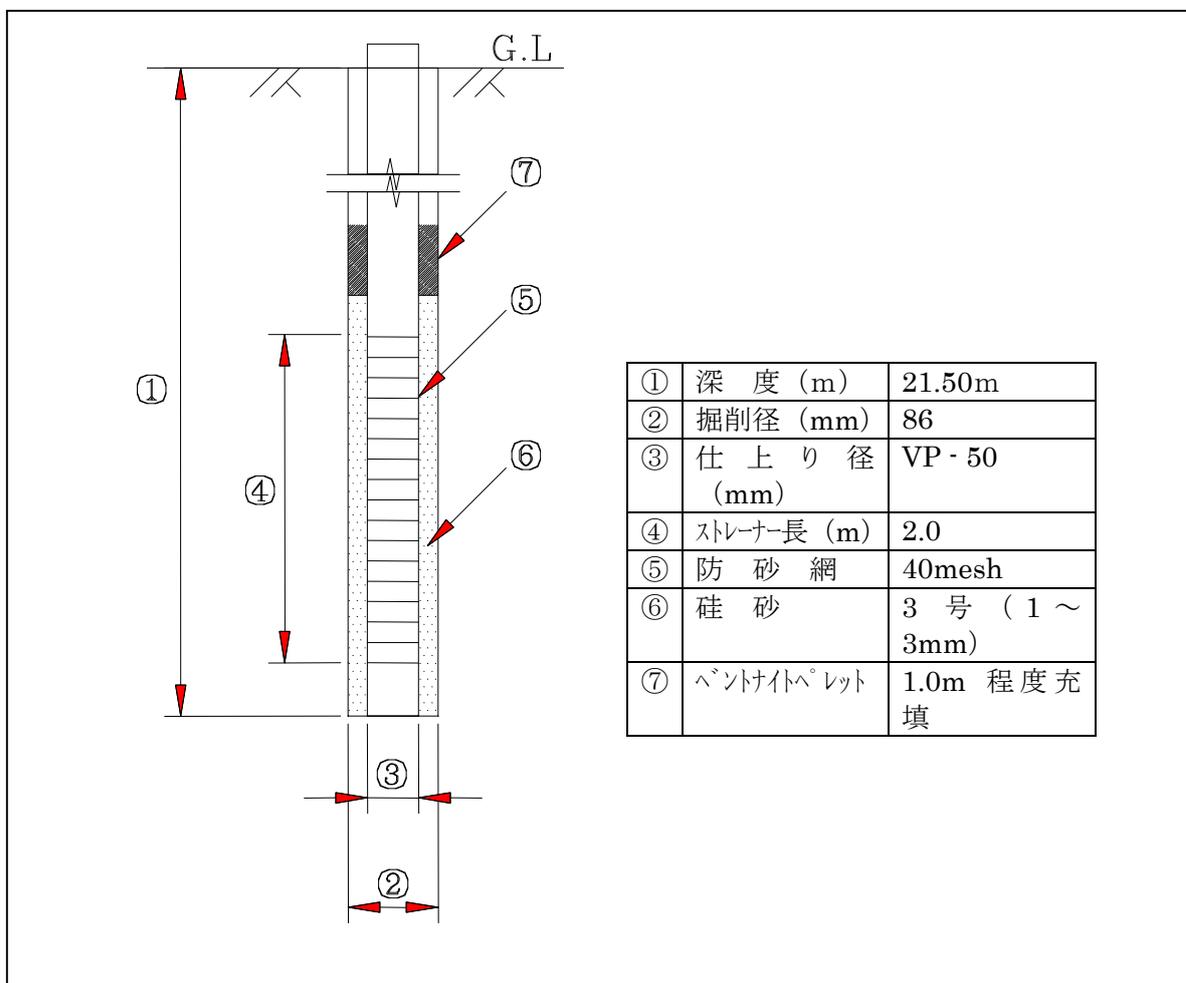


図-参 5.2 観測井の構造概要図

4. 調査結果

4-1. 観測井内水位計測結果

ソイルセメント鋼製地中連続壁内および地山部で計測した観測井内水位を図-参 5.5 に示す。ここで、図中の雨量データは足立区でのアメダス実績である。

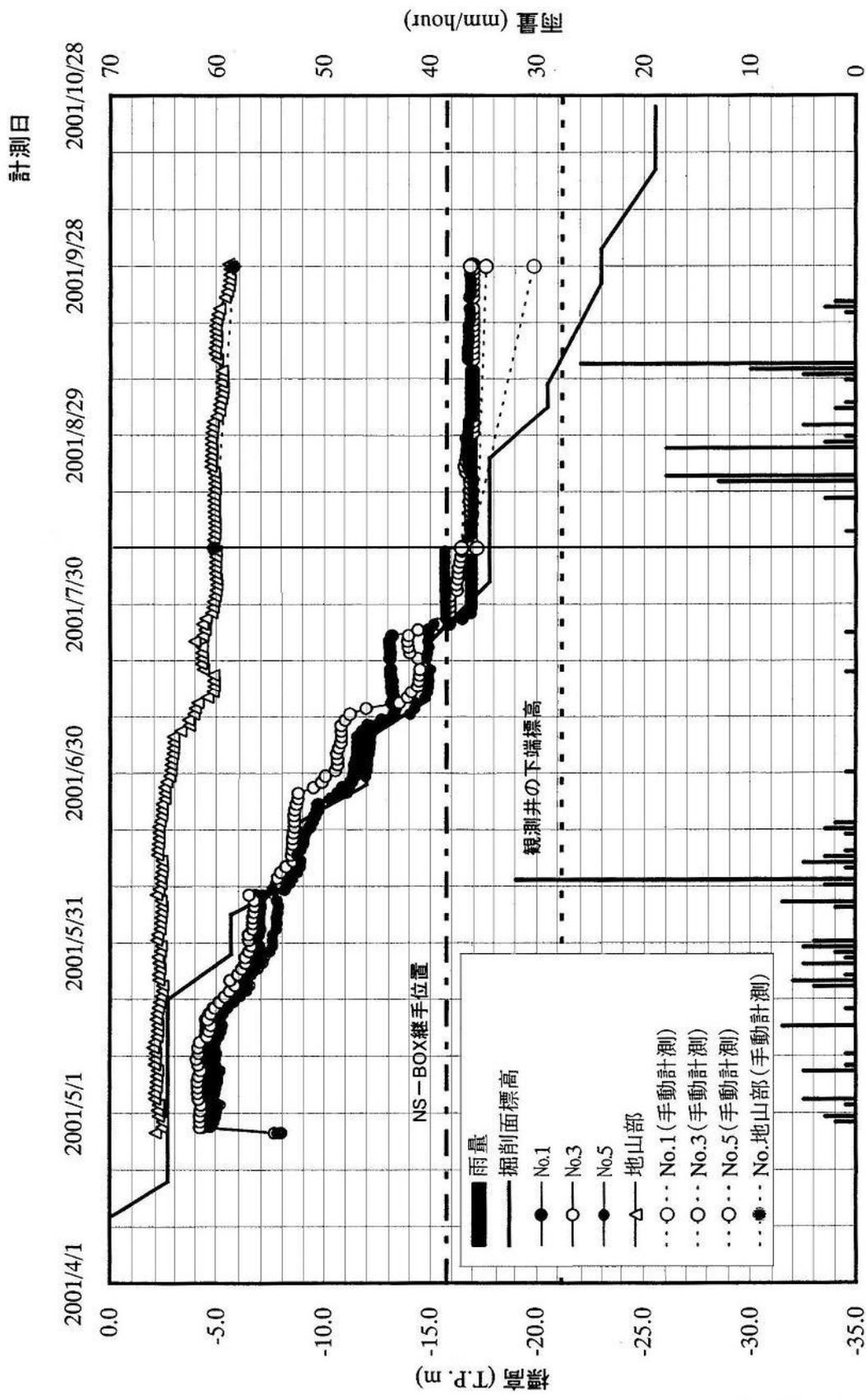
図中の自動計測結果の内、8月9日以降のNo.1、No.3、No.5における計測水位は計測限界水位(表-参 5.3における水圧計設置深度)に近い値(約 T.P. -17.0m)を示している。そこで、同期間の水位変動に関しては、自動水位計測結果の信頼性が低いものと判断し、表-参 5.3 に示す手動計算結果から推定する。

表-参 5.3 手動計測器による観測井内水位計測結果

測定日	観測井 No.	計測水位 (T.P. m)
8月9日	No.1	-16.911
	No.3	-17.266
	No.5	-16.506
	地山部	-4.871
9月28日	No.1	-19.881
	No.3	-17.646
	No.5	-16.926
	地山部	-5.801

観測井内水位の計測で確認された事項を以下に整理する。

- ① 地山部の水位は、降雨がほとんど記録されていない7月～8月にかけて一時的に低下したものの、それ以外はほぼ一定値となることが確認された。この結果、計測期間中における地山部の水位変動は降雨による影響が支配的であり、内部掘削に起因した水位低下はほとんどないものと考えられる。
- ② No.3、No.5(嵌合継手で閉合された範囲)では、掘削深度が NS-BOX 現場継手深度 (T.P. -15.81m) より浅い場合、観測井内水位と掘削面がほぼ一致する傾向が確認された。しかし、掘削深度が NS-BOX 現場継手深度より深くなると、顕著な水位低下は計測されず、最終計測日(9月28日)においては掘削面(T.P. -23.02m)と観測井内水位の標高差は 6.0m程度となった。これは観測井の削孔時にソイルセメントに生じたクラックが水道となり、NS-BOX の連続性が唯一とぎれる現場継手部で削孔内の水が漏水したものと考えられる。その結果観測井内の水位は内部掘削と同水位になっていた。なお、背面の自然水位が高いのに対し、観測井水位は安定していることから、ソイルセメント鋼製地中連続壁工法の止水性は高いと考えられる。
- ③ No.1(嵌合継手で閉合されていない範囲)では、掘削深度が NS-BOX 現場継手深度 (T.P. -15.81m) より浅い場合、No.3、No.5 と同様の傾向が確認されたが、掘削深度が NS-BOX 現場継手深度より深くなると徐々に観測井内水位が低下し、最終計測日(9月28日)においては、掘削面と観測井内水位の標高差は 3.0m程度となった。



図一参 5.5 水位計測結果

5. まとめ

ソイルセメント鋼製地中連続壁の遮水性調査を目的とした本試験から、以下の事項が確認された。

- ① 試験終了時(9月28日)には背面地山内水位とソイルセメント鋼製地中連続壁内水位の差は11m以上になり、掘削面と背面側地山内水位との差は17m以上となったが、背面地山内水位の低下傾向は確認されなかった。したがって、ソイルセメント鋼製地中連続壁は十分な遮水性を有しているものと判断される。
- ② No. 3、No. 5(嵌合継手で閉合された範囲)では、NS-BOX 現場継手部付近で局所的な漏水が発生した。ただし、その泥水は観測井孔内水のみであり、背面の地下水からの漏水はないと考えられる。
- ③ No. 1(嵌合継手で閉合されていない範囲)では、鋼材間に露出するソイルセメントの全面で生じられたものと考えられ、No. 3、No. 5(嵌合継手で閉合された範囲)より漏水範囲は広いものと考えられる。この結果から、嵌合継手で隣接するNS-BOXを連結するソイルセメント鋼製地中連続壁は、H形鋼材を離散的に配置する通常のソイルセメント柱列壁より、壁体の遮水性が高いものと推定される。

§1 はじめに

本試験は、鋼矢板継手の遮水性確認に使用されている耐水圧試験装置を用いて、「ソイルセメント鋼製地中連続壁の嵌合継手部の遮水性能」と「掘削側継手外面に施す止水処理の効果」を調査するものである。

§2 試験条件

2-1 材料

嵌合継手に充填するソイルセメントの配合を表-参6.1に示す。ここで、ソイルセメントの透水係数は $1.0 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ 以下を目標値とした。また、試験で用いる嵌合継手はC形継手がフランジ厚/継手厚=9mm/12mmでスリット幅=約35mmとし、T形継手がフランジ厚12mmとした。

表-参6.2にソイルセメントの透水係数試験結果、表-参6.3に一軸圧縮試験結果を示す。

表-参6.1 ソイルセメントの配合表（試料番号1, 2共通）

普通セメント (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	微粉末粘土 (kg/m ³)	合計 (kg/m ³)
160	643	827	1630

表-参6.2 ソイルセメント透水試験結果

ソイルセメント 試料番号	試験結果 (cm/sec)	平均値 (cm/sec)
1	2.16E-06	2.01E-06
	1.96E-06	
	1.90E-06	
2	1.57E-06	6.59E-07
	2.34E-07	
	1.74E-07	

表-参6.3 ソイルセメント一軸圧縮試験結果

ソイルセメント 試料番号	養生期間 (day)	試験結果 (kN/m ²)	平均値 (kN/m ²)
1	18	310.8	329.8
		356.6	
		322.1	
2	14	500.9	511.7
		522.5	
		511.8	

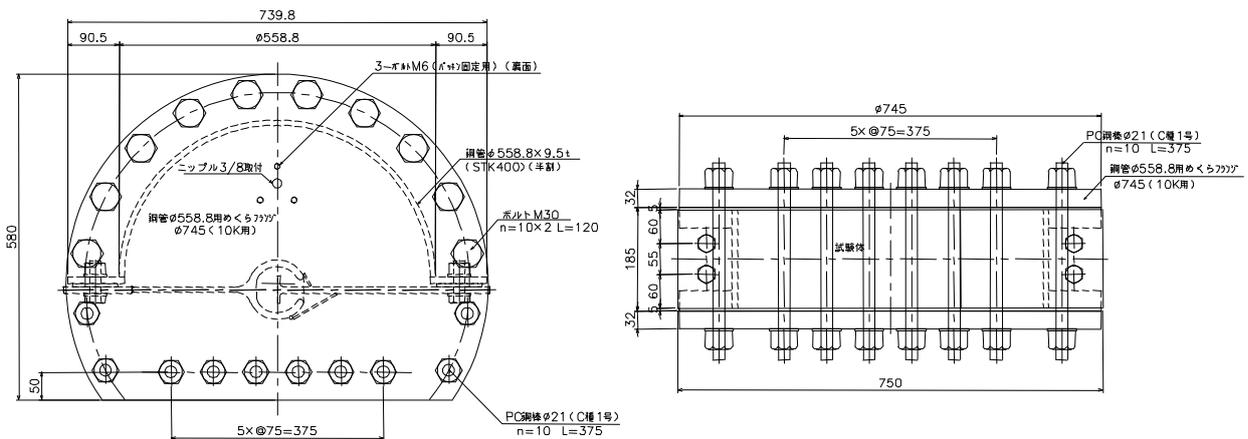
2-2 試験方法

本試験の载荷水圧は8段階（0.020Mpa、0.049Mpa、0.098Mpa、0.147Mpa、0.196Mpa、0.294Mpa、0.392Mpa、0.490Mpa）とし、各水圧段階で1時間载荷し漏水量を計測した。

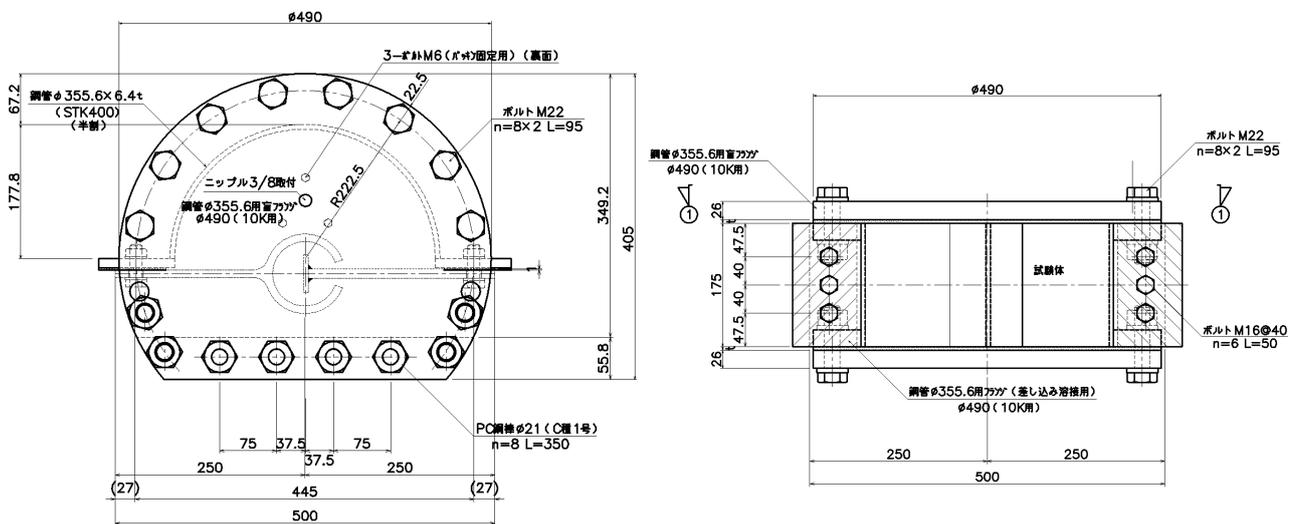
2-3 耐水圧試験装置および使用機器

耐水圧試験装置の概要図を図一参6.1及び図一参6.2に示す。

試験は、環境エンジニアリング(株)環境建設技術センター内の構造実験場にて行った。



図一参6.1 耐水圧試験装置概要図（試験装置1）



図一参6.2 耐水圧試験装置概要図（試験装置2）

2-4 試験ケース

試験ケースは、継手の嵌合状況、止水材の有無、充填材と鋼材の密着性を考慮して表-参 6.4 の通り 7 ケースとした。

表-参6.4 継手部モデルの一覧表

試験 ケース	嵌合状態	止水材の有無	充填材と鋼材の密着性 (導水処置の有無)		試料 番号	試験 装置
			C 継手	T 継手		
a-1	中立嵌合	無し	無し	無し	2	2
a-2	偏芯嵌合	無し	無し	無し	1	1
b	中立嵌合	無し	有り	有り	1	1
c	中立嵌合	水膨潤貼付けタイプ	有り	有り	1	1
d	中立嵌合	水膨潤塗布タイプ	有り	有り	1	1
e	中立嵌合	弾性目地材 1	有り	無し	2	2
f	中立嵌合	弾性目地材 2	有り	無し	2	2



図-参6.3 継手状況 (CASE-a-1)



図-参6.4 継手状況 (CASE-a-2)



図-参6.5 継手状況 (CASE-b)



図-参6.6 継手状況 (CASE-c)



図-参6.7 継手状況 (CASE-d)



図-参6.8 継手状況 (CASE-e)

(1) 嵌合状況

継手の嵌合状況について以下の2 ケースを設定した。

(中立嵌合モデル)

T 形継手と C 形継手の軸線を合わせ、T 形継手を 47mm 挿入した状態でソイルセメントを打設した。

(偏芯嵌合モデル)

T 形継手と C 形継手の軸線を 8mm ずらし T 形継手を 47mm 挿入した状態でソイルセメントを打設した (図-参 6.9)。



図-参6.9 嵌合状況 (偏芯嵌合)

(2) 止水材

掘削後の露出した壁面 (=掘削側継手外面) に対して、止水処理を施す場合と施さない場合について試験体を作成した。試験で採用した継手部の止水処理を表-参 6.5 に示す。

表-参6.5 止水方法の概要

試験ケース	方法		種類
c	水膨潤材	貼付け方式	水膨張性弾性ゴムシール材 (アデカウルトラシール KM-6001T)
d		塗布方式	水膨張性-液弾性シーライト (アデカウルトラシール P-201)
e	弾性目地材	塗布方式	特殊変成シリコーン・エポキシ樹脂系弾性目地材 (PM700LMG)
f		塗布方式	2成分系シリコーン樹脂・変成シリコーン樹脂系シーリング剤 (EMS セグメントシール)

水膨潤材を用いる試験体には止水材の外面に反力材を配置した。反力材は、嵌合部を覆う様に L 形鋼板を設置しモルタルを充填した。なお、反力材による遮水を防止するために、L 形鋼板は試験前に撤去し、モルタルと継手フランジの接合面には和紙を配置した。

弾性目地材は鉄板の赤さびを金ブラシで研磨してから塗布し、塗布形状は図-参 6.10 の通りとする。

(3) 密着性

ソイルセメントと継手鋼材が密着した状況と付着が切れた状況を想定し試験体を作成した。付着が切れた状況を想定した試験体では、C 形継手の内面と T 形継手の外面に導水材 (和紙) を取付けた後に継手内にソイルセメントを打設した試験体を作製した (図-参 6.11)。

最小スリット幅：中心嵌合

接着範囲：L1=16mm
L2=30mm

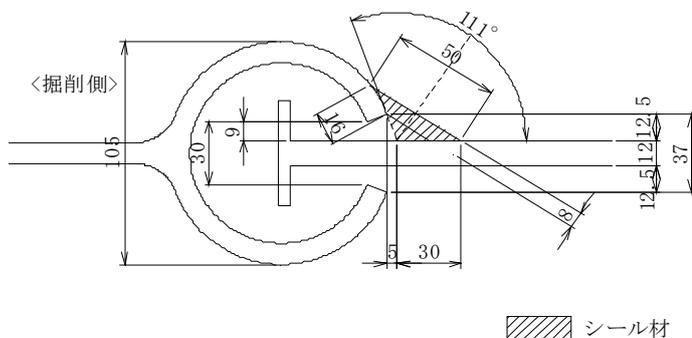


図-参6.10 弾性目地材の塗布形状



図-参6.11 導水材設置状況 (右：C継手、左：T継手)

§ 3 試験結果

3-1 計測結果

試験結果を表-参6.6に示す。

- ・ 止水処理を施した4ケース (CASE c、CASE d、CASE e、CASE f) の結果から、ソイルセメントと継手鋼材の付着が切れた状況であっても載荷水圧0.50Mpaで漏水が確認されなかった。
- ・ ソイルセメントと継手鋼材が密着し止水処理を施さない2ケース (CASE a-1、CASE a-2) の結果から、継手の嵌合状況による漏水量の差異を比較すると、偏芯嵌合 (CASE a-2) は中立嵌合 (CASE a-1) より漏水量が若干増加することが確認された。

表-参6.6 試験結果一覧表

試験体		載荷水圧 (Mpa)							
		0.020	0.049	0.098	0.147	0.196	0.294	0.392	0.490
漏水量 (cc/hour)	CASE a-1	4	12	35	58	116	199	200	201
	CASE a-2	12	36	120	186	192	162	—	—
	CASE b	576	4638	7998	7530	—	—	—	—
	CASE c	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
	CASE d	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
	CASE e	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
	CASE f	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し

ここで、—は試験中止を意味する。

3-2 透水係数算定結果

ソイルセメントと継手鋼材が密着し止水処理を施さない2ケース (CASE a-1、CASE a-2) について、以下の仮定により嵌合継手部の透水係数を試算する。

- ・ 透水係数は、掘削側あるいは背面側のフランジ面(1面)の値とする。
- ・ 嵌合継手内の水の流動状況はDarcy則に従うものと仮定する。
- ・ 嵌合継手を厚さ50cmの遮水層と仮定する。
- ・ 遮水層内の動水勾配*i*は、嵌合継手の前背面での水頭差 Δh を遮水層厚50cmで除した値とする。

ここで、嵌合継手の前背面の水頭は、前面水圧を0MPaとし、背面水圧を載荷水圧 p_w と同値とする。

- ・ NS-BOXの有効幅(70cm)に一箇所継手が存在するものと仮定し、仮想通水断面積 A_f は $A=70 \times 17.5=1,225\text{cm}^2$ を想定する。

透水係数の評価式を以下に示し、試験結果より算定した各試験体の透水係数を表-参6.7に示す。

$$k = \frac{Q}{i \times A}$$

ここで、 k : 嵌合継手を厚さ50cmの遮水層と見なした場合の換算透水係数 (cm/sec)

Q : 漏水量 (cm³/sec)

i : 仮想遮水層内の動水勾配

Δh : 嵌合継手の前背面での水頭差 (cm)

$$\Delta h = (p_w \times 10^5) / (\rho_w \times g)$$

p_w : 嵌合継手背面の載荷水圧 (MPa)

A : 仮想通水断面積, $A=1,225\text{cm}^2$

表一参6.7 止水処理を施さない試験体の透水係数算定結果

試験体		載荷水圧 (Mpa)							
		0.020	0.049	0.098	0.147	0.196	0.294	0.392	0.490
透水係数 (cm/sec)	CASE a-1	5.4E-09	6.5E-09	9.5E-09	1.1E-08	1.6E-08	1.8E-08	1.4E-08	1.1E-08
	CASE a-2	1.6E-08	2.0E-08	3.3E-08	3.4E-08	2.6E-08	1.5E-08	—	—

今回の遮水性確認試験においては、ソイルセメントと継手鋼材が密着し止水処理を施さない試験体の嵌合継手1箇所あたりの透水係数は、嵌合継手を厚み500mmの遮水体に換算すると $10^{-8} \sim 10^{-9}\text{cm/sec}$ 程度であることが確認された。

§ 4 嵌合継手に対する止水処理の実施事例

内部掘削後に嵌合継手部に止水材（特殊変成シリコーン・エポキシ樹脂系弾性目地材）を塗布した事例を図一参6.12に示す（リーフレットNo.48）。



止水処置後の壁面（全体）



止水処置前



止水処置後

図一参6.12 止水処理を施さない試験体の透水係数算定結果

参考7 工法Ⅱ 品質管理方法および検査基準 (例)

工 程	検査項目	チェック方法				基準値を外れた場合の処置	備 考	
		判定基準	チェック時期	方 法	頻 度			
掘削・造成	掘削	壁 厚	設計壁厚以上	掘削開始前	スケール	壁厚変化毎1回	ピットプレート交換	
		掘削深度	設計深度以上	掘削完了時	残尺・スケール	造成作業日毎1回	修正	
		鉛直精度	1/250以下	掘削完了時	傾斜計モニター	造成作業日毎1回	修正	
		壁芯位置	±25mm	掘削時	トランジット、レーザー・トランジット、光波測距儀、スケール	造成作業日毎1回	修正	
	注入攪拌	固化材量	設計値以上	混合攪拌時	アラト計量器	造成作業日毎1回	調整	
		固化液混合スラリーの フローインク	3%未満	造成時	JSCE-F522-1994	配合変更毎1回	配合調整	
		固化液混合スラリーの 流動性	150mm≤TF	造成時	JIS R 5201	配合変更毎1回	配合調整	
		固化液比重	計画値±2%	混練時	マッドバランス	配合変更毎1回	計量調整	
	供試体採取（一軸圧縮 強度・透水係数）	設計値以上	造成時	ウエトサンプリング	1,000㎡に1回	協議	3供試体採取/回	
NS-BOX 建込み	建込み	建込み位置	±25mm	芯材建込み時	トランジット・スケール	建込み毎	修正	
		建込み高さ	±25mm	芯材建込み時	レベル	建込み毎	修正	
		建込み鉛直精度	1/300以下	芯材建込み時	トランジット・水準器	建込み毎	修正	地上のNS-BOXの傾斜を測定又は傾斜計
		ボルト締付け	ピンチカッター	現場接合時	目視	継手箇所毎	交換	
		ボルト本数	計画本数	現場接合時	目視	継手箇所毎	修正	
NS-BOX 製作	現場搬入	仕様、本数、材質	設計図通り	搬入時	目視	全数	返却	
		NS-BOX形状 幅、厚さ、長さ	設計図通り	搬入時	目視、スケール	全数	返却	曲がり、反りは工場検査で実施
		嵌合継手/取付位置・数量	設計図通り	搬入時	目視、スケール	全数	修正	
		溶接カバー/取付位置・数量	設計図通り	搬入時	目視、スケール	全数	修正	
		現場継手部/孔配置	設計図通り	搬入時	目視、スケール	全数	修正	
		添接板/板厚・外形・枚数・孔配置	設計図通り	搬入時	目視、スケール	全数	返却	
		ボルト径・長さ・本数	設計図通り	搬入時	目視、スケール	全数	返却	

参考8 近接施工

地上隣接構造物外壁からのTRD工事施工可能位置は図-参8.1に示す通り、外壁面からTRD壁芯までの最小距離は750mmである。

C S M工事施工可能位置を図-参8.2に示す。C S Mの最小施工距離は外壁面からC S M壁芯まで850mmである。

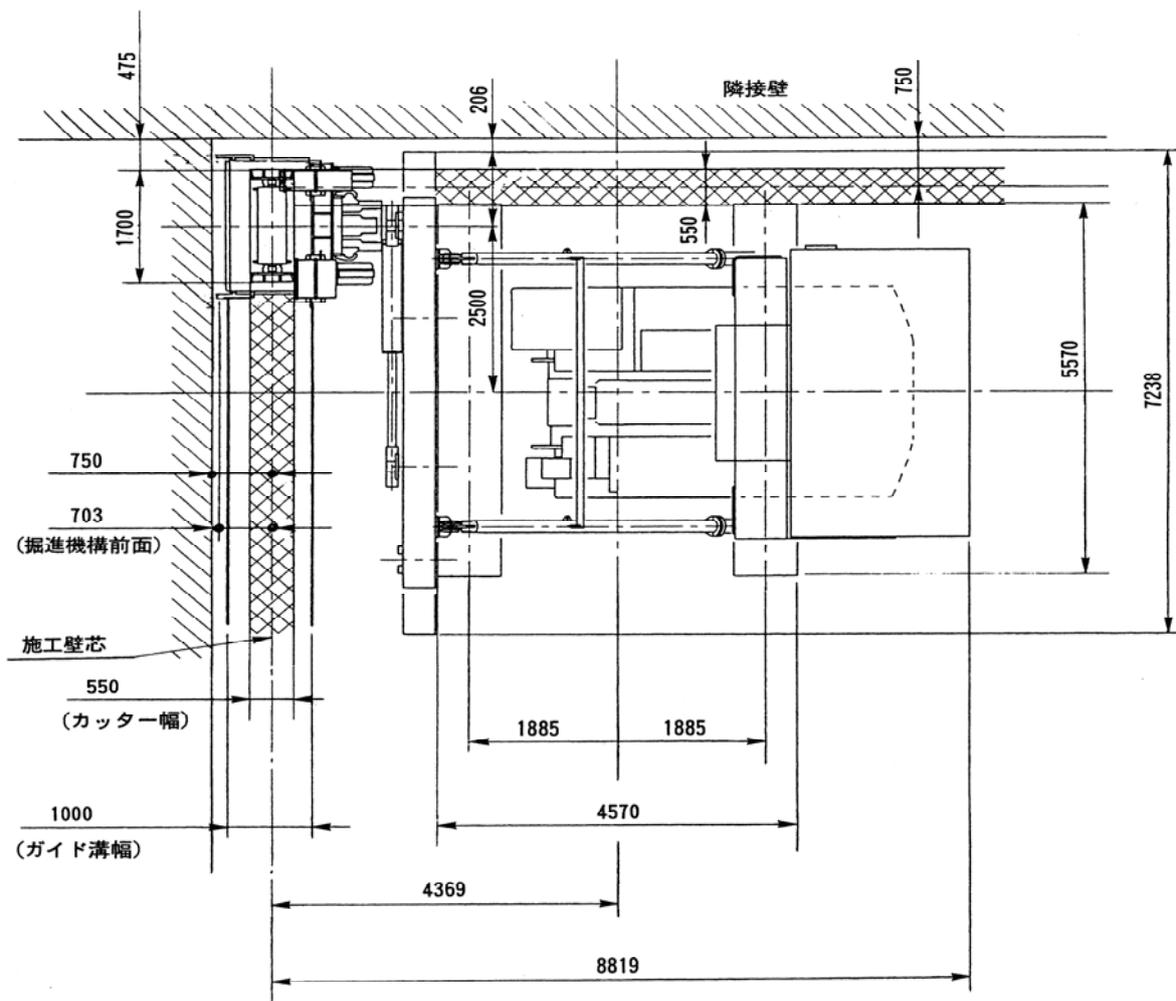
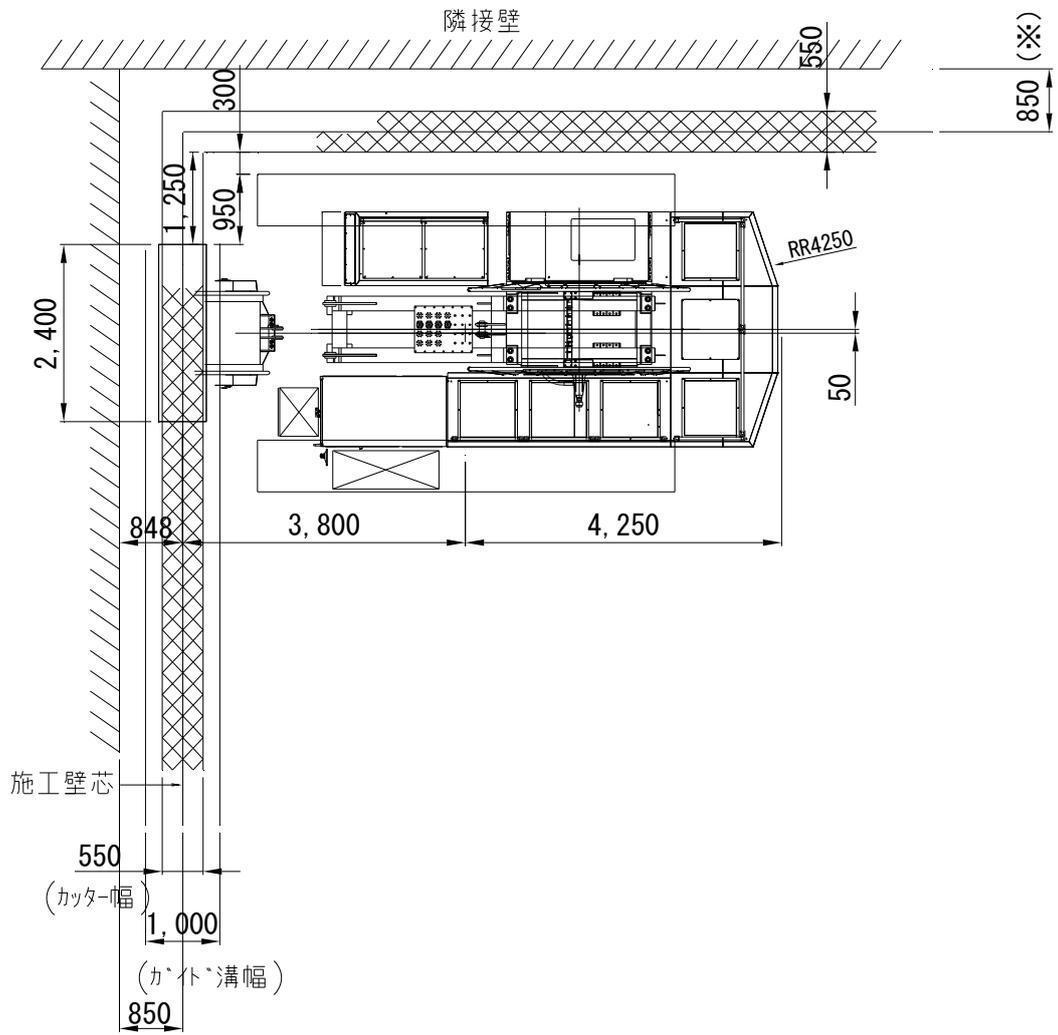


図-参8.1 TRD工法機 (TRD-III型) 近接施工平面図



図一参 8.2 CSM (クアトロ1号機) 近接施工平面図

参考9 NS-BOX 製作仕様書例

1. 総 則

1. 1 適用範囲

本仕様書は標記に納入する NS-BOX の工場製作に適用するものとし、その適用範囲は輸送、表示、提出書類、使用材料、製造方法、外観、溶接部の検査、形状、寸法の許容差、試験および検査とする。

1. 2 適用材料の形状・寸法および数量

設計図書のとおりとする。

1. 3 納期および納入場所

指定日時、指定場所に納入するものとする。

2. 輸 送

輸送は製品に損傷なきよう十分に注意して行うものとする。

3. 表 示

検査合格後、各製品頭部に次の事項を表示するものとする。

(1) 製造業者名の略号：社標

(2) 製品名および規格：NS-BOX (SS400) または NS-BOX (SM490A)

GH-R(部材高さ)×(ウェブ厚)×(フランジ厚)×(継手厚)×(部材長さ)

GH-I(部材高さ)×(フランジ幅)×(ウェブ厚)×(フランジ厚)×(部材長さ)

GH-C(長辺)×(短辺)×(厚み)×(部材長さ)

(3) 製品番号

部材番号 - 部位番号 (下杭：1、中杭：2,3…)

[ステンシル表示例]

[社標]NS-BOX (SM490A) GH-R900×16×16×16×13,000 NO. ①-1

4. 提出書類

製品の納入にあたり次の書類を各3部 (正1部、写し2部) を、提出するものとする。

(1) 材料検査証明書

使用した材料 (強度部材) の検査証明書を提出する。

(2) 製作要領書

製作要領書は、NS-BOX を構成する鋼材の受け入れから、製品の製造、検査、および出荷までの一連の作業内容を記載する。

(3) 検査成績表および検査写真集

表-参 9.4~表-参 9.8 に示す検査項目について検査した検査成績表を提出する。検査写真集は立会検査時における検査項目について作成する。

5. 使用材料

5. 1 鋼材等

NS-BOX を構成する連壁用形鋼、鋼板の化学成分および機械的性質は表-参 9.1 に適

合するものを使用する。

表一参 9.1 化学成分及び機械的性質

鋼種	化学成分(最大%)					機械的性質(N/mm ²)		
	C	Si	Mn	P	S	引張強さ	降伏点	適用
SS400	—	—	—	0.050 以下	0.050 以下	400以上	245以上 235以上	板厚16mm以下 板厚40mm以下
SM490A	0.20 以下	0.55 以下	1.60 以下	0.035 以下	0.035 以下	490以上	325以上 315以上	板厚16mm以下 板厚40mm以下

註：化学成分は主要元素を記載

また、形状、寸法については下記の規格に準拠するものとする。

- (1) 連壁用形鋼 JIS G 3192 (熱間圧延形鋼の形状、寸法、質量およびその許容差)
- (2) 鋼板 JIS G 3193 (熱間圧延鋼板および鋼帯の形状、寸法、質量およびその許容差)

5. 2 接合ボルトおよびナット

接合ボルトおよびナットは表一参 9.2 の規格に適合したものを使用するものとする。

表一参 9.2 接合ボルトおよびナットの規格

	規格番号	等級
トルシア型高力ボルト	JSS II-09	S10T
又は摩擦接合用高力ボルト	JIS B1186	F10T

5. 3 機械式継手 (カプラー)

機械式継手は表一参 9.3 の規格に適合したものを使用するものとする。

表一参 9.3 機械式継手の規格

使用鋼種	規格
SM490A	JIS G3106

6. 溶接材料

溶接材料は下記、規格に適合したものを使用するものとする。

- (1) JIS Z 3211 (軟鋼用被覆アーク溶接棒)
- (2) JIS Z 3212 (高張力鋼用被覆アーク溶接棒)
- (3) JIS Z 3312 (軟鋼および高張力鋼用マグ溶接ソリッドワイヤ)
- (4) JIS Z 3313 (軟鋼および高張力鋼用アーク溶接フラックス入りワイヤ)
- (5) JIS Z 3351 (炭素鋼および低合金鋼用サブマージアーク溶接ワイヤ)

7. 製造方法

7. 1 連壁用形鋼および鋼板は熱間圧延によって製造し、ガス、プラズマおよび鋸断等によって所定の形状に切断するものとする。
7. 2 所定の寸法に切断された連壁用形鋼及び鋼板を NS-BOX の形状に仮組し、所定の寸法・形状を満足することを確認した後、6項に規定する溶接材料を使用して

一体化加工を行うものとする。

7. 3 嵌合継手は一体化加工した NS-NOX 本体の所定の位置に、原則として6項に規定する溶接材料を使用して取り付けを行うものとする。

7. 4 NS-BOX 全長（嵌合部全長）を仮組みし、接続用ボルト穴を利用してリーマ加工を行うものとする。

8. 外 観

NS-BOX は使用上有害な欠陥がないものとする。

使用上有害な欠陥が認められた場合には、JIS G 3192（熱間圧延形鋼の形状、寸法、質量およびその許容差）の10. 2項の規定および JIS G 3193（熱間圧延鋼板および鋼帯の形状、寸法、質量およびその許容差）の7. 3項の規定により除去または補修するものとする。

9. 溶接部の検査

溶接部の検査を行い、検査結果は、単品製品1本単位に一括して合否判定を記録するものとする。

判定基準は、道路橋示方書・同解説（鋼橋編）を参照して、表-参9.4とする。

10. 形状および寸法の許容差

10. 1 形状および寸法は設計図書通りとする。

10. 2 形状及び寸法の許容差は表-参9.5～表-参9.8によるものとする。ここに規定する以外の項目については、5項に示す JIS 規格に準拠するものとする。

11. 試験および検査

11. 1 使用材料の分析試験および引張試験は、5項に規定する JIS 規格によるものとし、各材料メーカーの材料検査証明書を以って代替するものとする。

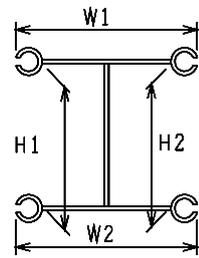
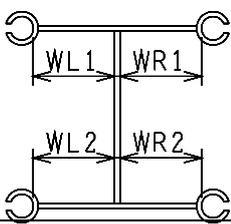
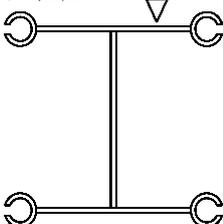
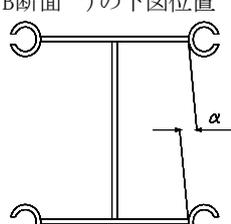
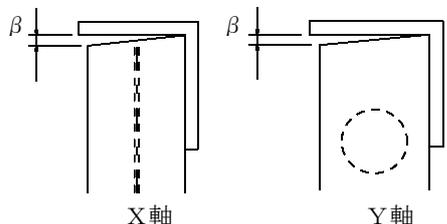
11. 2 外観形状および寸法検査は、1本ごとに行い8項、9項の規定を満足するものとする。

11. 3 立会検査は必要に応じて行う。

表一参 9.4 外観検査基準

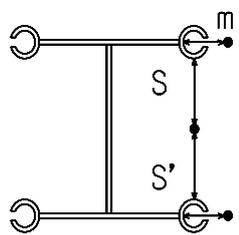
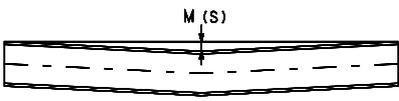
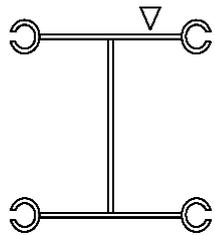
検査項目	判定基準	検査方法	記録
割れ	溶接ビード及びその近傍には、割れがあってはならない。	目視 (目視にて判断が難しい場合は、カラーチェックを行う。)	合・否
溶接ビード表面のピット	隅肉溶接は、1継手につき3個、または溶接長さ1mにつき3個まで許容するものとする。ただし、ピットの大きさが1mm以下の場合、3個を1個として計算する。	目視	合・否
溶接ビード表面の凸凹	溶接ビード表面の凸凹は、ビード長さ 25 mm の範囲における高低差で表し、3 mm をこえる凸凹があってはならない。	目視 (目視検より 3mm を超える可能性があるところは脚長ゲージ又は鋼尺で測定する。)	合・否
アンダーカット	アンダーカットの深さは、0.5mm以下でなければならない。	目視 (目視により 0.5mm を超える可能性があるところは、アンダーカットゲージにて測定する。)	合・否
オーバーラップ	あってはならない。	目視	合・否
脚長、のど厚	隅肉溶接のサイズおよびのど厚は、指定の隅肉サイズおよびのど厚を下回ってはならない。ただし、1溶接線の両端各 50 mm を除く部分では、溶接長さの 10% までの範囲でサイズおよびのど厚ともに -1.0 mm の誤差を認める。	目視 (目視によりサイズの小さいところを抽出し、脚長ゲージにて測定する。)	合・否
外観	スラグは完全に除去されていること。外観を損ねる、或いは機能上有害なスパッター、その他異物の付着があってはならない。	目視	合・否

表一参 9.5 形状および寸法の許容値 [GH-R] (単品) [全数]

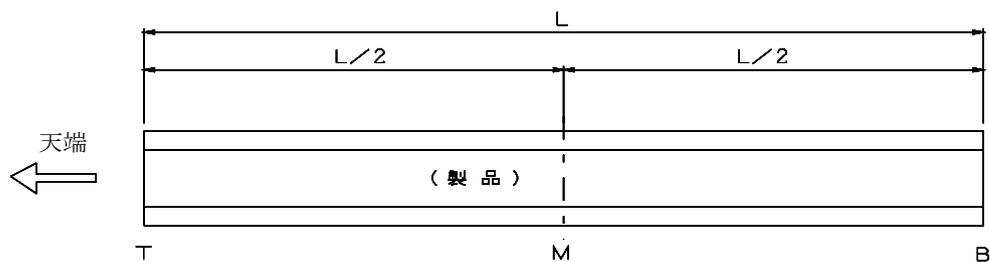
No.	検査項目	許容差	摘要	測定方法	記録
1	幅 (W)	±4.0mm以下	測定箇所：(W) (T・M・B断面 ^{※1}) (H) (T・M・B断面 ^{※1}) 	ノギス コンパックス	実数値
2	高さ (H)	±4.0mm以下			
3	ウェブ 偏 心	$ (WL1-WL2)/2 $ ±2.0mm以下	測定箇所：(T, B断面 ^{※1})の下図位置 	コンパックス	実数値
4	長 さ (L)	±10.0mm以下	測定箇所：下図の位置 	鋼製巻尺	実数値
5	断面の 直角度	±3.0mm以下	測定箇所：(T, B断面 ^{※1})の下図位置 	曲尺 専用ゲージ	実数値
6	部材端部 の直角度	X軸 ±4.0mm以下 Y軸 ±4.0mm以下	測定箇所：(T, B断面 ^{※1})の下図位置 	曲尺 専用ゲージ	実数値
7	付属品の 取付位置	±10.0mm以下	その他付属品	鋼製巻尺	GOOD 表示

※1 摘要欄におけるT, M, BとはTop, Middle, Bottomの略称であり、T, Bは部材の両端の位置を指し、Mは部材長の1/2点を指す。尚、付属品等により摘要欄の位置で検査が行えない場合には、その近傍点で実施するものとします。

表一参 9.6 形状および寸法の許容値 [GH-R] (組立) [全数]

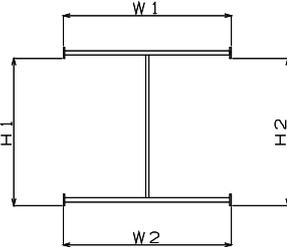
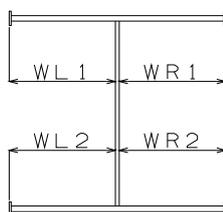
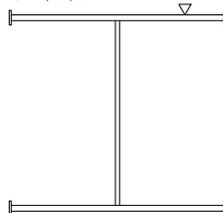
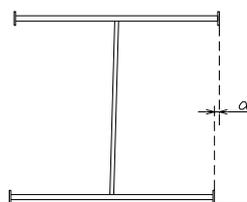
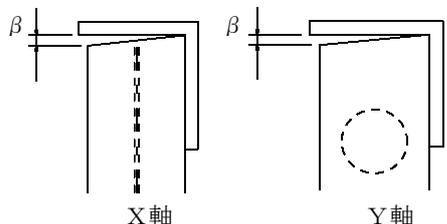
No.	検査項目	許容差	摘要	測定方法	記録
1	曲がり (M)	±15.0mm以下	測定箇所：各単品のT, M, B断面 ^{※1} 	レベル スケール 水糸	実数値
2	反り (S)	±10.0mm以下	測定箇所：水糸を使用し、最大箇所を測定 	レベル スケール 水糸	実数値
3	長さ (L)	±30.0mm以下	測定箇所：下図位置 	鋼製巻尺	実数値
4	カブラー 取付位置	±10.0mm以下	測定箇所：「溶接カブラー取付位置検査表」に記載。	鋼製巻尺	実測値

※1 摘要欄におけるT, M, BとはTop, Middle, Bottomの略称であり、T, Bは部材の両端の位置を指し、Mは部材長の1/2点を指す。尚、付属品等により摘要欄の位置で検査が行えない場合には、その近傍点で実施するものとします。



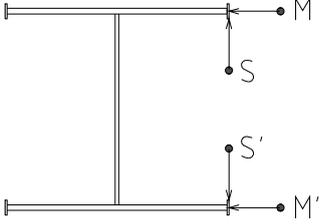
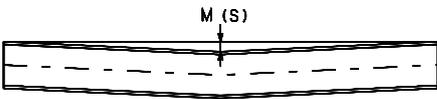
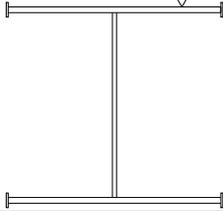
参考図 製品長手方向測定位置

表一参 9.7 形状および寸法の許容値 [GH-I] (単品) [全数]

No.	検査項目	許容差	摘要	測定方法	記録
1	幅 (W)	±4.0mm以下	測定箇所：(W) (T・M・B断面 ^{※1}) (H) (T・M・B断面 ^{※1})	ノギス コンベックス	実数値
2	高さ (H)	±4.0mm以下			
3	ウェブ 偏 心	±2.0mm以下	測定箇所：(T, B断面 ^{※1})の下図位置 	コンベックス	実数値
4	長 さ (L)	±10.0mm以下	測定箇所：下図の位置 	鋼製巻尺	実数値
5	断面の 直角度	±3.0mm以下	測定箇所：(T, B断面 ^{※1})の下図位置 	曲尺 専用ゲージ	実数値
6	部材端部 の直角度	X軸 ±4.0mm以下 Y軸 ±4.0mm以下	測定箇所：(T, B断面 ^{※1})の下図位置 	曲尺 専用ゲージ	実数値
7	付属品の 取付位置	±10.0mm以下	その他付属品	鋼製巻尺	GOOD 表示

※1 摘要欄におけるT, M, BとはTop, Middle, Bottomの略称であり、T, Bは部材の両端の位置を指し、Mは部材長の1/2点を指す。尚、付属品等により摘要欄の位置で検査が行えない場合には、その近傍点で実施するものとします。

表一参 9.8 形状および寸法の許容値 [GH-I] (組立) [全数]

No.	検査項目	許容差	摘要	測定方法	記録
1	曲がり (M)	±15.0mm以下	測定箇所：各単品のT, M, B ^{※1} 	レベル スケール 水糸	実数値
2	反り (S)	±10.0mm以下	測定箇所：水糸を使用し、最大値を測定 	レベル スケール 水糸	実数値
3	長さ (L)	±30.0mm以下	測定箇所：下図の位置 	鋼製巻尺	実数値
4	カブラー 取付位置	±10.0mm以下	測定箇所：「溶接カブラー取付位置検査表」に 記載。	鋼製巻尺	実測値

※1 摘要欄におけるT, M, BとはTop, Middle, Bottomの略称であり、T, Bは部材の両端の位置を指し、Mは部材長の1/2点を指す。尚、付属品等により摘要欄の位置で検査が行えない場合には、その近傍点で実施するものとします。

参考10 後充填工法について

鋼製地中連続壁工法-IIは、原位置土とセメントミルクを混合攪拌した後に鋼製連壁部材(NS-BOX)のGH-RおよびGH-I部材を建て込み、壁体を構築する工法である。

しかしながら、やむを得ない事情により、工法-IIのGH-RおよびGH-I部材を先に建て込む必要がある場合には、工法-Iと同様に地盤を安定液掘削して部材を建て込んだ後、充填材を後から充填することができる。ただし、この場合には、継手部内部への充填性が保証できないため、フランジの局部座屈と止水性の低下が懸念される。そのため、それぞれに対して別途対策を施す必要がある。

1. 施工方法

工法-II用のGH-RおよびGH-I部材を先に建て込んでから充填材を後充填する場合は、基本的には鋼製地中連続壁工法-Iの施工に準じて行う。

充填材が1)壁全体にいきわたるように、2)安定液と確実に置換されるように、充填材の品質を適切に設定する必要がある。また、かぶり部にも確実に充填されるように、その打設方法を詳細に検討する必要がある。

2. 嵌合継手部における留意事項

工法-II用のGH-RおよびGH-I部材を先に建て込んでから充填材を後充填する場合は、嵌合継手部内部への充填性が保証できないため、フランジの局部座屈と止水性低下に対して対策を施す必要がある(図-参10.1)。フランジの局部座屈が発生する場合、部材全断面有効として設計できなくなるため、フランジ部の拘束条件を適切にモデル化して部材設計を行う。また、別途、内部掘削後に掘削側から継手部に止水材を塗布するなどの止水対策を施す。

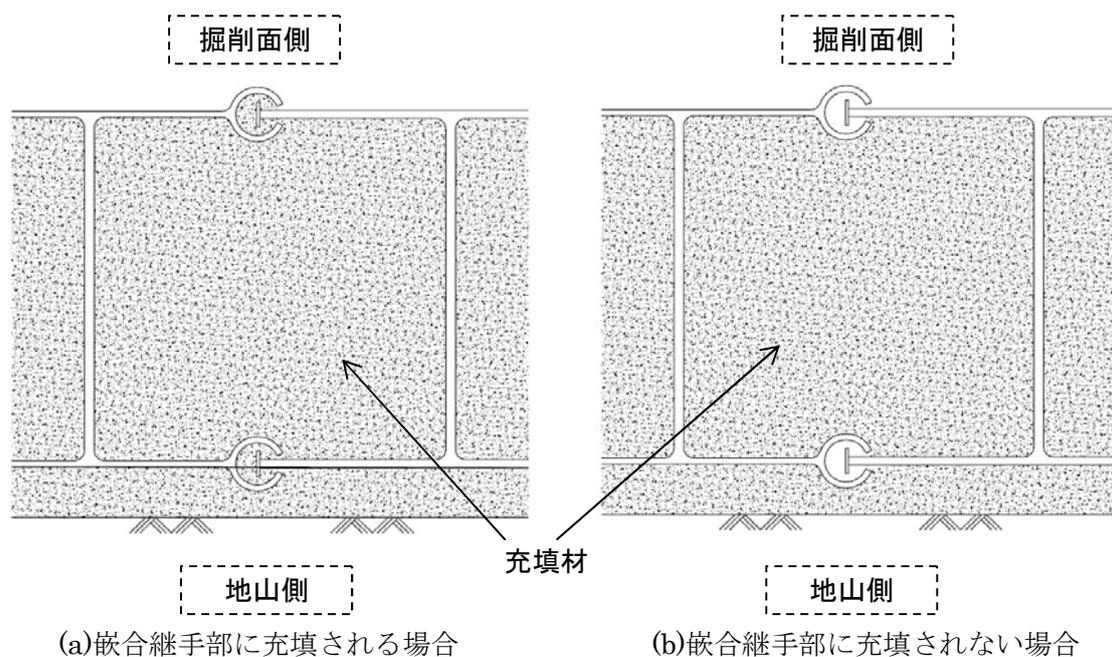


図-参10.1 嵌合継手部の充填状況

鋼製地中連続壁 工法-Ⅱ 設計施工指針(案) 編集者名簿

[敬称略50音順]

【技術委員会】

株式会社 安藤・間	佐久間 誠也 (技術委員委員長)
株式会社 安藤・間	増田 浩二 (広報部会長)
株式会社 大林組	井上 昭生 (副委員長・施工部会長)
株式会社 大林組	齋藤 隆
株式会社 奥村組	外木場 康将
鹿島建設株式会社	齋藤 茂
株式会社 熊谷組	寺田 倫康
株式会社 鴻池組	楠見 正人
五洋建設株式会社	藤原 正稔
佐藤工業株式会社	大橋 俊嗣
清水建設株式会社	荒木 尚幸 (設計部会長)
新日鐵住金株式会社	原田 典佳
西武建設株式会社	蛸原 巖
株式会社 銭高組	原田 尚幸
大成建設株式会社	大塚 寿次
大日本土木株式会社	畑 一民
株式会社 竹中土木	平井 卓
鉄建建設株式会社	長尾 達児
東急建設株式会社	田中 卓也 (開発部会長)
戸田建設株式会社	斉藤 隆幸
飛鳥建設株式会社	水越 和弥
西松建設株式会社	佐藤 幸三
日鉄住金テックスエンジ株式会社	清崎 弘二
株式会社 福田組	小泉 善弘
株式会社 フジタ	友近 誠
株式会社 不動テトラ	浅田 浩司
株式会社 本間組	渡辺 匠
前田建設工業株式会社	山之口 寛
三井住友建設株式会社	村尾 光則
りんかい日産建設株式会社	三国 康史

[平成28年4月1日現在]

【事務局】

新日鐵住金株式会社	葛 拓造 (事務局長)
-----------	-------------

【設計部会】

清水建設株式会社	荒木 尚幸	(設計部会長)
株式会社 安藤・間	前田 博司	
株式会社 熊谷組	尾崎 健一郎	
新日鐵住金株式会社	久保田 一男	
新日鐵住金株式会社	上元 仁	
大成建設株式会社	川崎 涉	
大日本土木株式会社	長町 利昭	
大日本土木株式会社	三井 健司	
東急建設株式会社	鈴木 一	
戸田建設株式会社	斉藤 隆幸	
飛鳥建設株式会社	坂口 剛	
飛鳥建設株式会社	中原 博隆	
西松建設株式会社	中桐 秀雄	
株式会社 福田組	小泉 善弘	

【施工部会】

株式会社 大林組	井上 昭生	(施工部会長)
株式会社 大林組	齋藤 隆	
鹿島建設株式会社	西尾 章	
株式会社 鴻池組	國富 和真	
株式会社 鴻池組	先森 昭博	
五洋建設株式会社	藤原 正稔	
佐藤工業株式会社	大橋 俊嗣	
清水建設株式会社	上村 一義	
新日鐵住金株式会社	永尾 直也	
新日鐵住金株式会社	吉原 健郎	
鉄建建設株式会社	長尾 達児	
株式会社 本間組	黒坂 正博	
三井住友建設株式会社	飯野 健一	
三井住友建設株式会社	斯波 明宏	
りんかい日産建設株式会社	山本 健吾	
りんかい日産建設株式会社	三国 康史	

◆事務局

〒100-6908

東京都千代田区丸の内2-6-1 新日鐵住金(株) 建材開発技術部内

TEL & FAX : 03-3212-8610

E-Mail : nsbox-dwa@kje.biglobe.ne.jp

<http://www1a.biglobe.ne.jp/ns-box/>

平成 6年 6月 1日初版

平成 9年 9月 1日改定

平成14年11月 1日改定

平成21年 1月 1日改定

平成24年 3月31日改定

平成28年 4月 1日改定

[本書の内容を無断で複写複製(コピー)することを禁じます]