

「新潟県総合スタジアム」(仮称)の基礎と地盤

松山 雄二*

はじめに

2002年のワールドカップ・サッカーに向けて整備の進む「新潟県総合スタジアム(仮称)」は、この種の施設としては、規模・内容の大きさにおいて、新潟県が初めて経験する大きなプロジェクトである。

21世紀は“いやし”や“やすらぎ”といった言葉がまちづくりのキーワードとも言われ、そうした意味からも、「新潟県総合スタジアム(仮称)」がただ単にサッカーや陸上競技をおこなう人だけの施設でなく、県民誰もが利用できる県のスポーツ・健康づくりの拠点として、地域活性化の拠点となるよう期待する県民の声が大きい。

また、2002年のワールドカップ・サッカーは、史上初めて日韓共同開催という2国開催ということでもあり、これを機にスポーツだけでなく、社会・経済・文化等の面でも新たな日韓の友好関係を築くと共に、さらにはスポーツは同一のルール=世界共通語で民族や宗教や言語の違いを越えて、世界各国と友好関係を築くものと期待される。

そして、なによりも「新潟県総合スタジアム(仮称)」が21世紀の県民による新しい都市づくりの拠点となるよう期待するものである。

I 「県立鳥屋野潟公園」と「新潟県スポーツ公園」の概要

— 世界に誇る湖を生かした県民のレクリエーション・健康・スポーツの拠点 —

県立鳥屋野潟公園は、約180ヘクタールの鳥屋野潟を含む287.4ヘクタールの都市計画公園と位置づけ、昭和48年度から整備を進めているところである。

県立鳥屋野潟公園は、大きく分けて2つのエリアからなっており、一つは鳥屋野潟とその周辺部のエリア(=このエリアを狭義の「県立鳥屋野潟公園」という)。もう一つは鳥屋野潟南部の約80ヘクタールの「新潟県スポーツ公園」である。

1 「県立鳥屋野潟公園」

県都新潟の中心市街地=新潟駅の南西約3~5キロメートルに位置する約180ヘクタールの広さをようする鳥屋野潟は、現在確認されただけでも255種類の植物、88種11目の鳥類、20種程度の魚類(昭和60年調査)にのぼり、冬期間ともなると3,000羽を越える白鳥と数万羽のカモ類が飛来する非常に自然豊かで世界に誇る湖である。

この潟を含む「県立鳥屋野潟公園」計画は、

基本テーマを“自然と生物のフィールド・ミュージアム”

サブテーマを“自然環境の保全・再生・創出”、

* 新潟県鳥屋野潟公園建設事務所

“潟の自然環境の活用・体験”

“広域公園としての魅力づくり”

とし、整備を続けているところである。

2 『新潟県スポーツ公園』

『新潟県スポーツ公園』は、全国的に見て県営のスポーツ施設及び都市公園の整備が非常に遅れていることから、県民の健康・スポーツ振興を図る拠点施設として、また具体的には二巡目の国民体育大会が平成21年（2009年）に予定されることから、そのメイン会場として位置づけ、計画された。

計画のテーマは、

基本テーマを“県民の誇れるスポーツの杜”

サブテーマを“県民の健康増進、スポーツ・レクリエーションの振興”

“21世紀に向けた新潟の都市づくりの核の形成”

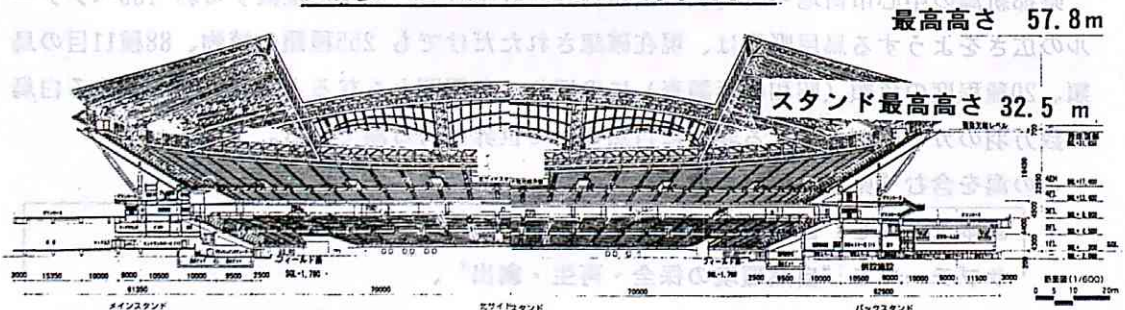
であり、具体的には貴重な鳥屋野潟との調和を考え、潟よりのエリアには、箱物の施設は配置せず、自然スポーツゾーンと位置づけると共に、内側の南側のエリアに総合スタジアム（一種陸上競技場とサッカー・ラグビー等のフットボールとの兼用。また県民の健康・スポーツの拠点とする「健康づくり総合センター」、「スポーツ医科学研究所」の二つの施設も併設）、野球場、総合体育館、テニスコート等を計画している。

II 『新潟県総合スタジアム（仮称）』の概要

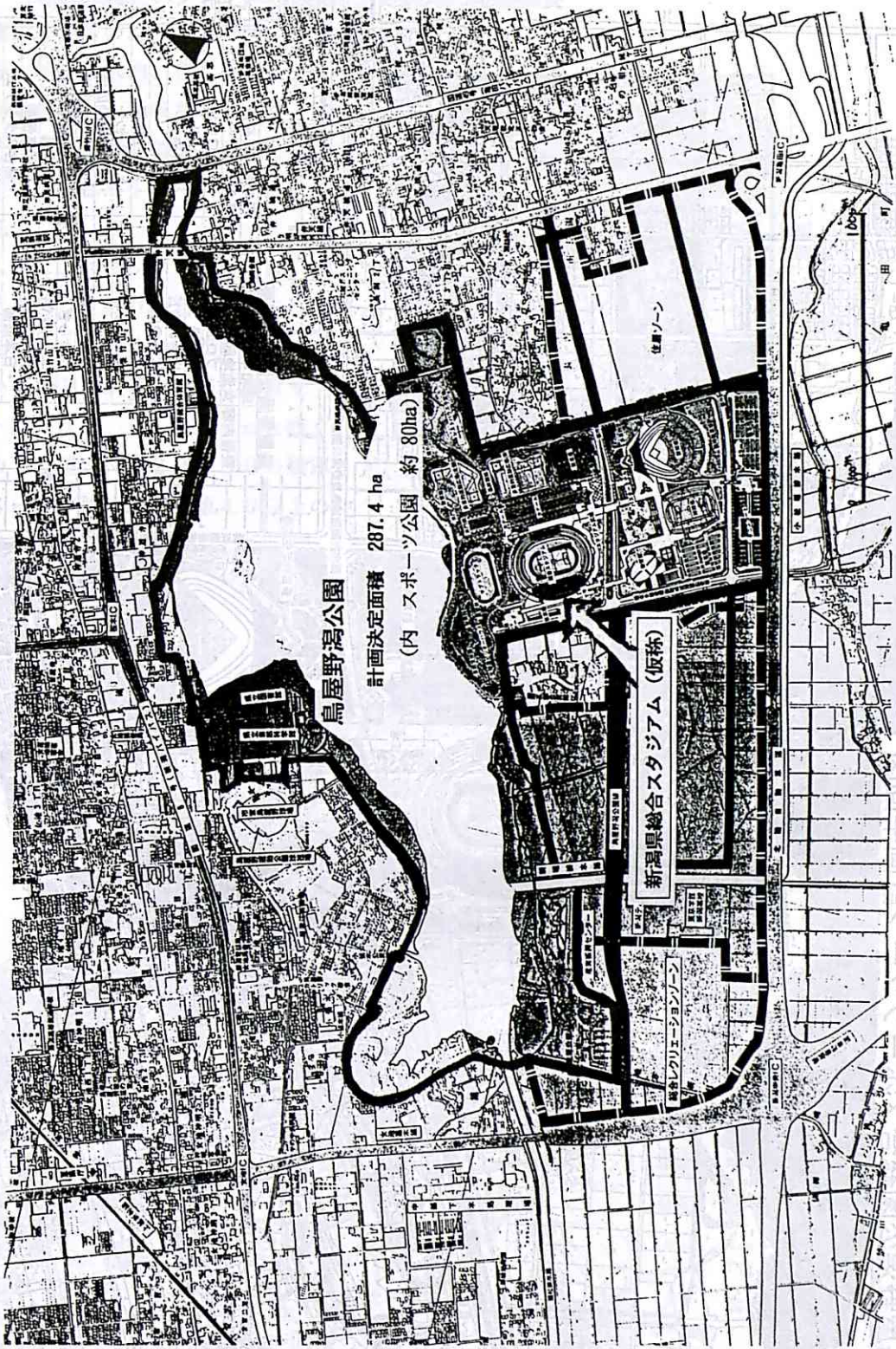
ワールドカップ・サッカーは、世界最大のスポーツ・イベントである。『新潟県総合スタジアム（仮称）』は、2002年に開催されるワールドカップ・サッカーの一つの会場として、また県民のスポーツ振興の拠点として計画されたものであり、その概要は次のとおりである。

敷地面積	462,000㎡（=新潟県スポーツ公園の北側エリア）		
構造・規模	鉄骨鉄筋コンクリート造 地上5階		
建築面積	36,430㎡	延床面積	87,140㎡（スタジアム80,910㎡、併設施設 6,230㎡）
観客席数	約43,000席	スタンド高	約 32.5 m
屋根	鉄骨造、及びテフロン膜構造（断熱率約90%） 屋根の最高高 約57.8m		

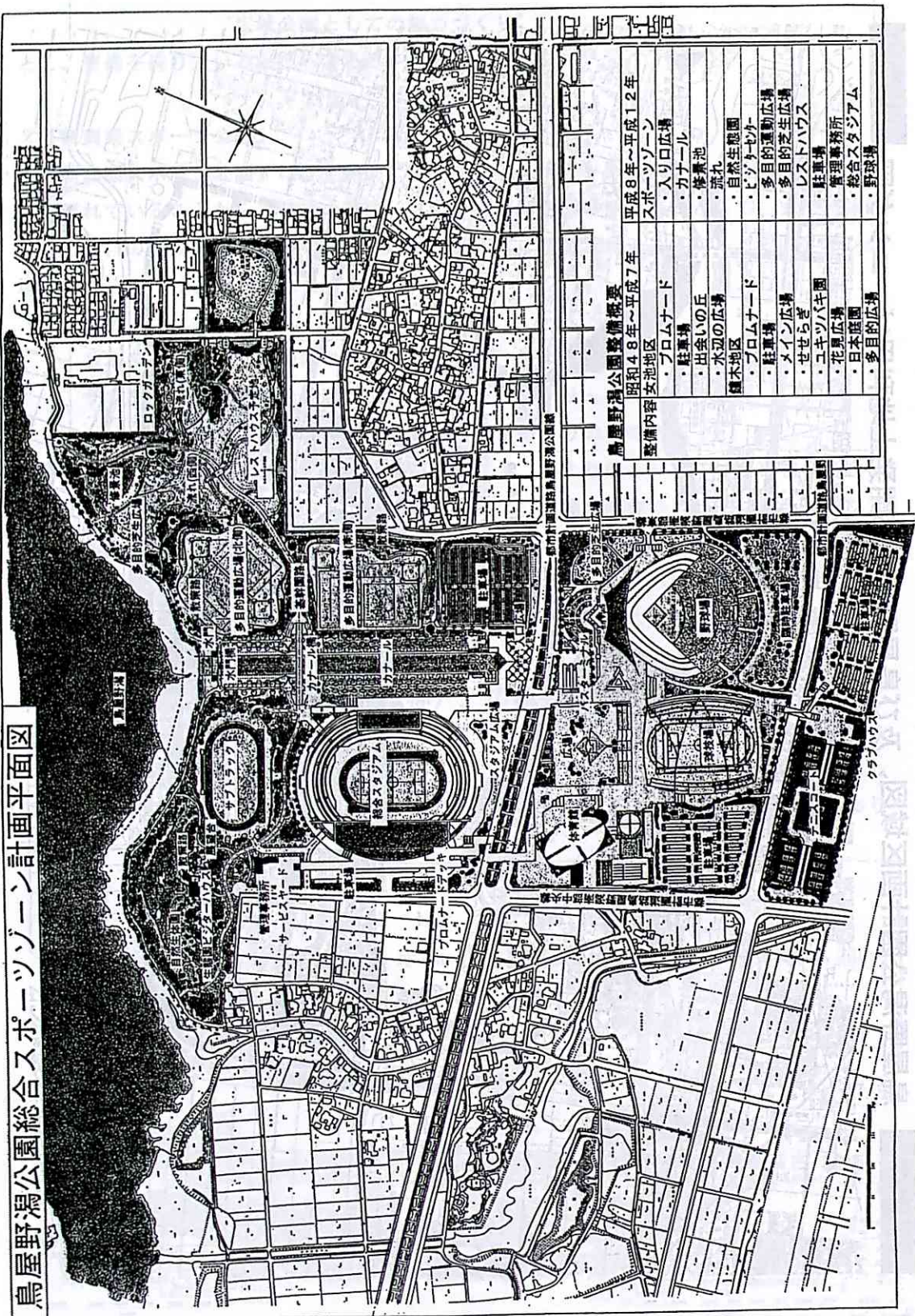
スタジアムの断面図



鳥屋野潟公園計画区域図、及び鳥屋野潟南部開発土地利用ゾーニング図



鳥屋野湯公園総合スポーツゾーン計画平面図



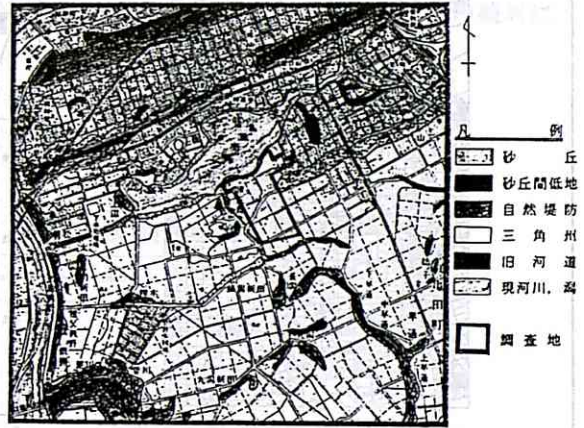
鳥屋野湯公園整備概要

昭和48年～平成7年	平成8年～平成12年
整備内容	整備内容
<ul style="list-style-type: none"> ・プロムナード ・駐車場 ・出合いの丘 ・水辺の広場 ・鐘木地区 ・プロムナード ・駐車場 ・メイン広場 ・せせらぎ ・ユキツバキ園 ・花見広場 ・日本庭園 ・多目的広場 	<ul style="list-style-type: none"> ・スポーツゾーン ・入リロ広場 ・カナル ・修養池 ・流孔 ・自然生花園 ・ピットセツト ・多目的運動広場 ・多目的学生広場 ・レストハウス ・駐車場 ・管理事務所 ・総合スタジアム ・野球場

Ⅲ 『新潟県総合スタジアム（仮称）』建設地の地盤概要

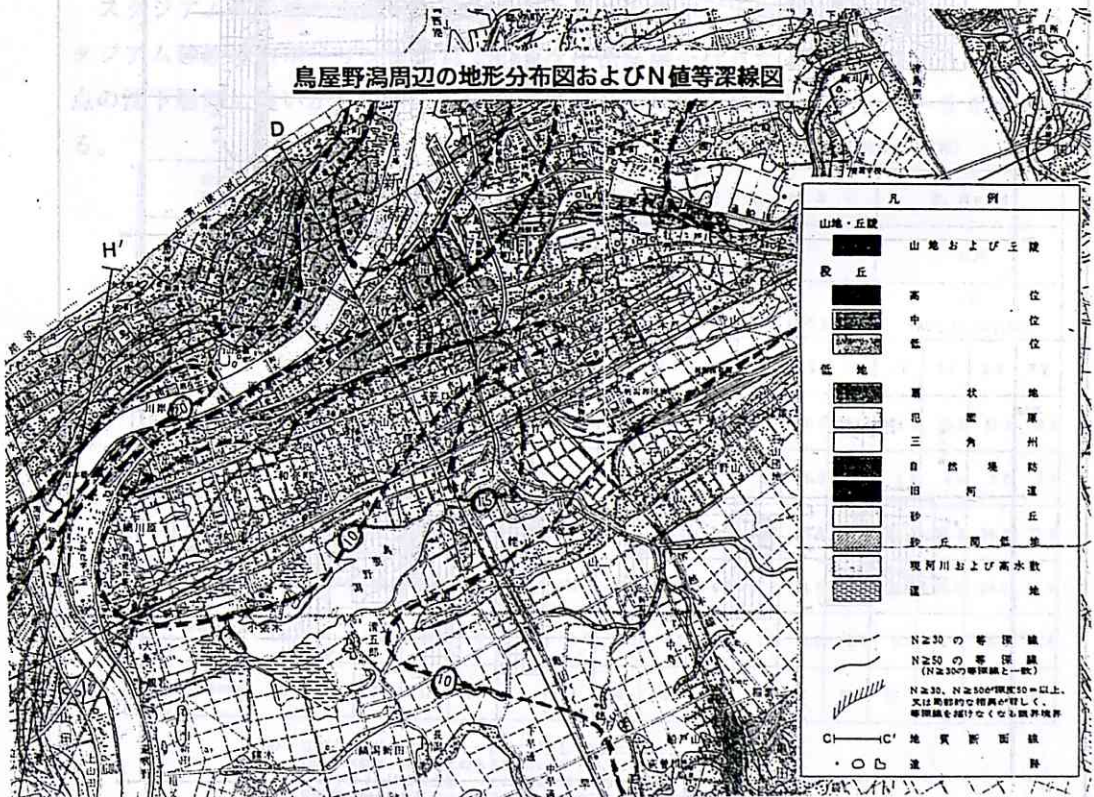
建設地周辺の地形は、右図のとおり、砂丘、砂丘間低地、自然堤防、三角州、旧河道などから形成されており、建設地そのものは、三角州と砂丘との境界に位置し、標高1メートル前後と極めて低い。

しかし、スタジアム建設地は、海岸線に平行して伸びる石山-山二つ-姥ヶ山と続く砂丘地の端部に位置することから、上層からの軟弱な腐食土（ピート層）は1.5～2.0mと浅く、その下の層はN値20～30の層厚4～6mの沖積砂層、N値40以上の沖積砂層となっている。



地形分類図(S=1:50,000) - [新潟県庁建設部地盤課, 1981年3月] 19 -

鳥屋野潟周辺の地形分布図およびN値等深線図



スタジアム建設地周辺の地質想定

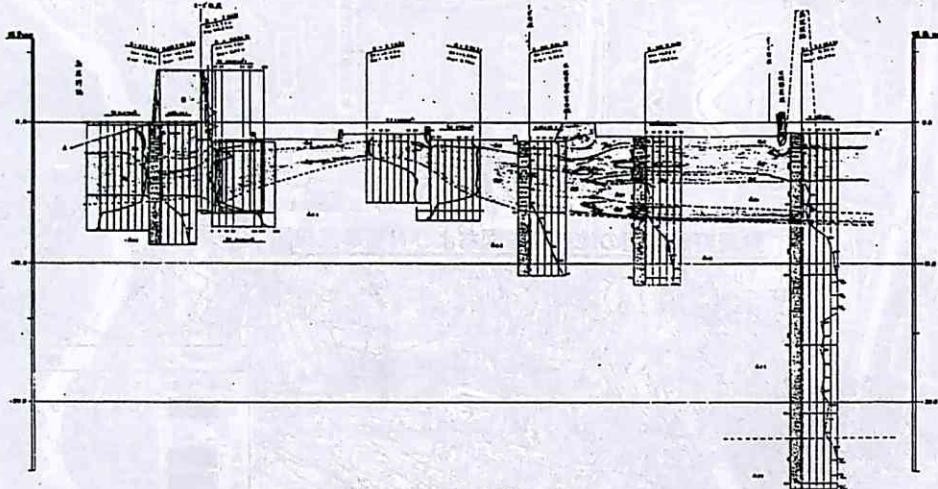


地層区分

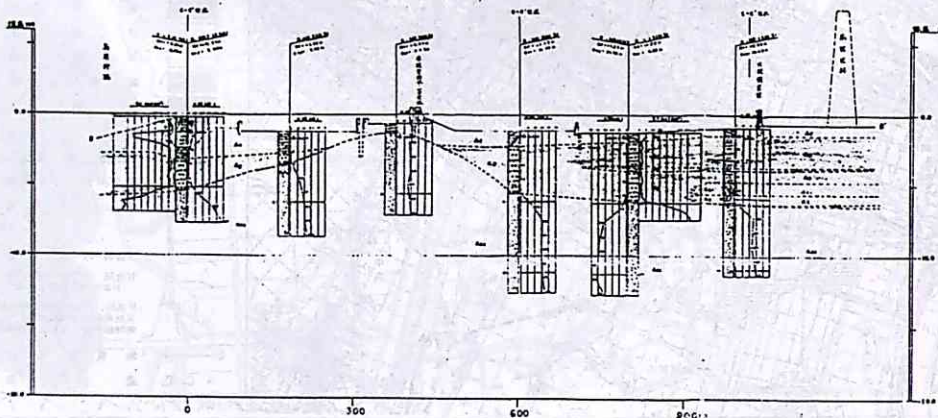
地質時代	地層名	記号	層厚	N値	記 事
新 生 代 第 四 紀	底土	B	—	—	高層や中層の底土である。長岡野郎広場は、細砂や細礫層からなり、厚さ3.5m、N値8-34(平均18)である。
	粘状土層	Ac	0.5-1.7 (平均0.9)	0	ほぼ全層の範囲に分布する。シルト質粘土や有機質粘土等からなる。極めて軟弱である。wcは13-18(平均13) kg/c㎡である。長岡野郎広場付近から南側では、底土層と互層したり、厚さ3-4m程度の第1砂質土層下位にも分布(N値1-3)する所がある。
	腐植土層	Ap	0-4.5 (平均2.4)	0	粘状土層下位の厚さ0.4-5.2m付近に分布する。腐植では厚さ0.4m以下の粘状土と互層状を呈する。腐植の多い部分腐植層が分布して、スポンジ状を呈し、極めて軟弱である。wcは13-29(平均24) kg/c㎡である。
記 憶 層	第1 砂質土層	Ak ₁	0-1.7	2-5 (平均4)	長岡野郎広場付近から南側の厚さ3.0-5.2m付近に分布する。シルト質細砂からなり、一部でシルトと互層状を呈し、硬い砂質土である。wcは11.3-64.0(平均22.1) kg/c㎡である。
	第2 砂質土層	Ak ₂	15.0-20.0	2-50 (平均27)	厚さ0.7-4.9m以下の計画地盤下に厚く分布する。均一な層からなるが、上部約1mまでは高層物を混入し、N値30以上が連続する所がある。
	第3 砂質土層	Ak ₃	4.5以上	45-50	厚さ約21mに亘り分布し、均一な層の砂や細砂からなり、全体に凝まっている。

地質想定断面図

A-A 断面

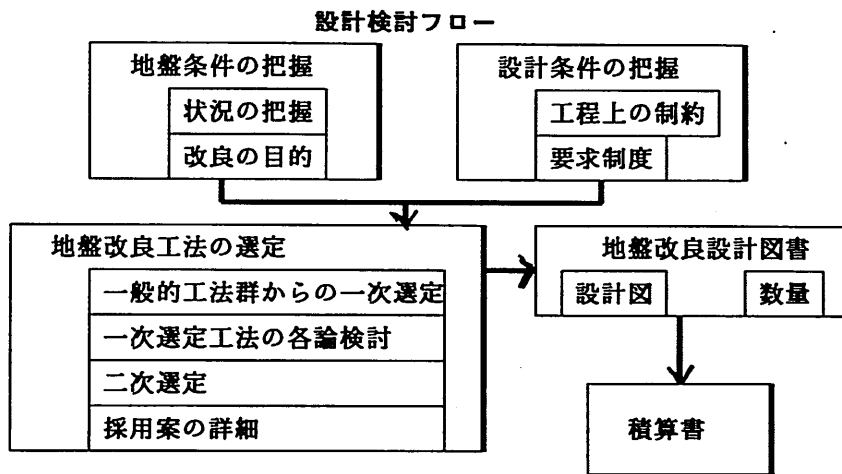


B-B 断面



IV 『新潟県総合スタジアム（仮称）』フィールドの基礎設計の検討

スタジアムの基礎の設計には、スタンド本体（建築物として）の基礎とフィールド面の基礎の設計に分けて検討する必要がある。ここではフィールド面の基礎の検討について見てみることにする。



1 地盤条件

①土質特性

1): 一次圧密特性

スタジアム建設地の地層は、前記のとおりであるが、土質特性を見極めるため、スタジアム建設地のボーリング地点での一次圧密試験を行ったところ、各ボーリング地点の沈下層厚に違いがあるが、目安としては3mの盛土に対して、20～64cmである。

沈下量計算結果 (H6.12.地質調査報告書より抜粋)

計算位置 (調査資料)		B. No. 1				B. No. 2				B. No. 3				B. No. 4			
現地盤高 (m)		-1.05				-0.49				-0.56				-0.35			
圧密層厚 h (m)		2.80 (Ac=0.60, Ap=2.20)				1.60 (Ac=0.70, Ap=0.90)				1.30 (Ac=0.50, Ap=0.80)				2.50 (Ac=1.05, Ap=1.45)			
計画盛土高 H (m)		1.0	3.0	5.0	7.0	1.0	3.0	5.0	7.0	1.0	3.0	5.0	7.0	1.0	3.0	5.0	7.0
沈下量 S (cm)	圧密沈下 Sc	18.5	57.9	81.1	97.7	10.9	30.2	40.7	54.4	9.9	19.1	30.8	39.0	11.0	32.9	47.6	58.2
	即時沈下 Si	2.0	5.7	9.2	12.7	1.2	3.1	5.0	6.8	1.2	3.1	5.0	6.7	1.6	4.4	7.0	9.7
	全沈下 S=Sc+Si	20.5	63.6	90.3	110.4	12.1	33.3	45.7	61.2	11.1	22.2	35.8	45.7	12.6	37.3	54.6	67.9
圧密度 U が 95% のとき	沈下量 St (cm)	19.5	60.7	86.3	105.5	11.5	31.8	43.6	58.5	9.9	21.2	34.2	43.7	12.1	35.6	52.2	65.0
	残留沈下量 Sr (cm)	1.0	2.9	4.0	4.9	0.6	1.5	2.1	2.7	0.2	1.0	1.6	2.0	0.5	1.7	2.4	2.9
	日数 (稠度限界条件) t (日)	10	20	42	66	8	18	36	45	3	8	17	26	23	46	82	121

注) ①盛土の単位体積重量は $\gamma = 1.8 \text{ t/m}^3$ として計算に用いた。
 ②地下水位は、現況盛土のある箇所はその下端、ない箇所は地表面とした。
 ③記号の Ac は粘性土層、Ap は無粘性土層である。
 ④圧密度 U = 95% における沈下量は、即時沈下量を加えた値である。

長期沈下量 Ss 計算結果
(H6.12.地質調査報告書より抜粋)

2)：二次圧密特性

スタジアム建設地のボーリング地点での二次圧密試験の結果は右記のとおりである。

なお、用いている二次圧密係数 Cd は、室内の長期圧密試験における結果と試験盛土の実測結果の2種類の値を設定し、ケーススタディを行っている。その結果、目安としては、20年間の二次圧密沈下量は、15～46 cm

(長期圧密試験のCd を用いた場合の計算結果 8~17a)

二次圧密係数 Case (%)	計算位置 s-177No.	圧密層厚 H (cm)	長期沈下量 Ss (cm)			
			730日 (2年)	1825日 (5年)	3650日 (10年)	7300日 (20年)
3.5	No.1	280	6.7	10.6	13.6	16.5
	No.2	160	3.8	6.1	7.8	9.4
	No.3	130	3.1	4.9	6.3	7.7
	No.4	250	6.0	9.5	12.1	14.8
9.7	No.1	280	18.7	29.5	37.6	45.8
	No.2	160	10.7	16.8	21.5	26.2
	No.3	130	8.7	13.7	17.5	21.3
	No.4	250	16.7	26.3	33.6	40.9

注)、1. 長期沈下量 Ss は下式で求めた。

$$S_s = H \cdot C_{\alpha\epsilon} \cdot \log \frac{t}{t_0}$$

2. $t_0 = 150$ (日) とした。

3. 圧密層厚は、(粘性土層+腐植土層)の厚さとした。

②地下水位

腐食土層の水位―――標高-0.7～-2.1 mの間を変動しており、降水量と連動していると考えられる。

砂質土層の水位―――標高-2.1～-2.6 mの間を変動している。変動量は少なく降水量との関係は、腐食土層ほど明瞭でない。

以上の結果をふまえ、地下水位を標高-1.0 m付近と設定した。

③土壌改良の目的

以上の検討の結果、建設地の地盤が軟弱であり、かつ今後長期的な沈下(=二次圧密が懸念される。また、スタジアム施工時の重機の支持力確保が求められる。

こうしたことから、地盤改良を行うこととした。

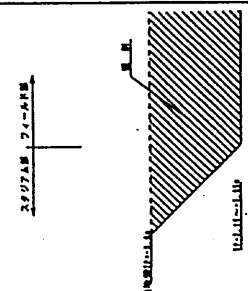
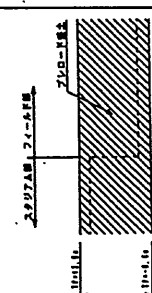

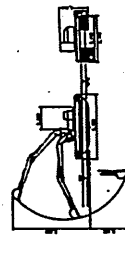
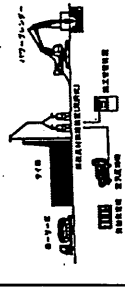
2 設計条件

①工程上の制約

今回のスタジアム建設を進める上で工程上の大きな制約が2つあった。一つは、スタジアム建設地が平成10年8月1日から10月18日まで開催された「第15階全国都市緑化にいがたフェア」の会場となったため、平成10年4月から10月末まで工事を休止する。もう一つの制約は、2002年に開催されるワールドカップのプレ大会が1年前の平成13年6月開催が予定されていることから、それまでに完成させる。そのことにあった。

それを時系列的に整理したのが次表である。

二次選考した地盤改良工法 比較一覧表 (1/2)

工法 項目	(1) 置換工法	(2) プレロード工法 (参考)	(3) 沈層混合処理工法 (スタビ系)	(4) 沈層混合処理工法 (バケット系)	(5) 沈層混合処理工法 (トレンチャー-特殊材料系)
概略図					
工法概要	<p>改良対象層を掘削し、置換砂または現地発生処理土により掘削・置換すること で、改良層の性質を変える。</p>	<p>設計荷重に見合った盛土を先行載荷し所 定の期間放置する。圧密させて沈下促進 及び強度増加を図った後、盛土を撤去す る。</p>	<p>1層の改良厚さに対応する固化材料を封 装層の表面に散布し、ミキシングフォー ムで混合攪拌したのち締め固める。改良 対象層が1層で改良できない部分につい ては多段階の施工になる。</p>	<p>改良深度まで掘削を伴いながらバックホ ブ等で混合攪拌したのち締め固める。</p>	<p>トレンチャー等の特殊機を装備した専用 機を用い、均等にきめ細やかに垂直に連 続混合攪拌する。バケット系と異なり全 掘削を伴わないため、締め固めが不要で ある。</p>
沈下抑制効果	○：軟弱層が砂で置換されるため浸留沈下は生じ ない。	X：軟弱層の一次圧密を促進することによって 二次圧密は促進できない。地下水位の低下に より地盤沈下を生じる。	○：軟弱層の土質が固化材によって改善されるた め浸留沈下は生じない。	○：軟弱層の土質が固化材によって改善されるた め浸留沈下は生じない。	○：軟弱層の土質が固化材によって改善されるた め浸留沈下は生じない。
支持力増加効果	○：軟弱層を砂で置換することによって支持力が 増加する。	○：掘削を伴わないため地下水に与える影響はな い。	○：軟弱層の土質が固化材によって改善されるた り支持力が増大する。	○：軟弱層の土質が固化材によって改善されるた り支持力が増大する。	○：掘削を伴わないため地下水に与える影響はな い。
周辺の地下水・ 地層（地盤比 下の影響）	X：改良対象層下層まで完全に掘削するため施工 中に地下水位を低下させる必要がある。止水 薬を併用することで周辺の地下水位低下を抑 制することができるが汚濁水層が存在しない ため完全ではない。	○：管理しやすいため土質が均一になるため 施工精度については問題はない。	○：スタビライザのミキシングフォーミングによって 均質に攪拌される。	△：バックホウによって掘削されるがスタビライ ザ、トレンチャー等に対して掘削深度が浅 くなる。	○：トレンチャー式掘削機によって掘削に際して ある。
施工精度	○：改良対象層下層まで完全に掘削することによ って徹底管理を行うことができる。	○：盛土荷重が軟弱層全体に作用するため改良方 向に対して確実に改良を行うことができる。	○：5ヶ月以内で施工可能 (スタビライザ4台) ① (4.56度)	○：5ヶ月以内で施工可能 (バックホウ6台) ② (3.12度)	○：5ヶ月以内で施工可能 (トレンチャー6台) ③ (3.40度)
経済性	○ (4.25度)	○ (1.64度)	① (4.56度)	② (3.12度)	③ (3.40度)
総合判定	X	X	X	△	○

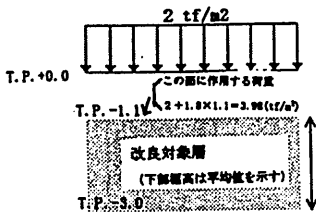
*工期の限度 (5ヶ月) と施工エリヤを考慮して設定した重機の投入台数。

工程とフィールドへの要求事項 (=規格基準等)

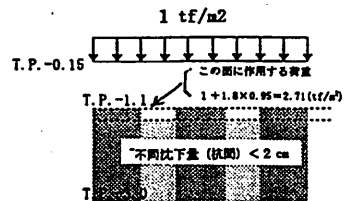
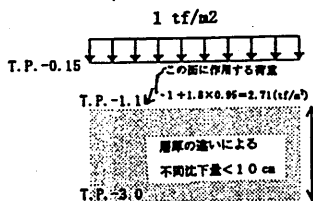
年月	1996年				1997年				1998年				1999年				2000年				2001年			
	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10
使用用途											緑化フェア													
建設工事											改修工事													
フィールドへの要求事項	荒造成が可能				地盤改良を先行する				砂塵飛散防止				緑化フェア時の許容沈下、支持力				仮設用地				規格基準			
(具体的事項)	・盛土工事などの荒造成が可能な期間である。				・本工事の期間が短いため、この時期に地盤改良を先行させる。				・緑化フェアまでの間、砂塵飛散防止する。				・著しい沈下がないこと及び軽微な沈下の支持地盤になることを目標とする。				・施工機械荷重に必要な支持力を有すること。 ・インフィールド舗装工事時に著しい沈下が生じないこと。				・傾斜精度を満足すること。 ・局所的な不同沈下をしないこと。 ・供用時の支持力を有すること。			

②施工時、竣工後の加重

支持力の検討 (重機の加重スタブアム施工時)



不等沈下量の検討 (竣工後 第一種 陸上競技場傾斜制度1/1000)



3 地盤改良工法の選定

①一次選定

数多い地盤改良工法を改良手段、改良原理、改良目的、及び適用地盤の整理・分類し、本計画の地盤条件及び設計条件の元で考えられる工法を一次選定した。

(1) 置換工法、

(2) プレロード工法、

浅層混合処理工法の(3) スタビ系、(4) バケット系、(5) トレンチャー等攪拌系
深層混合処理工法の(6)、(7) ジオテキスタイル併用、(8) 浅層混合処理工法併用

(9) パイプスラブ工法

の9つの工法である。

②二次選定

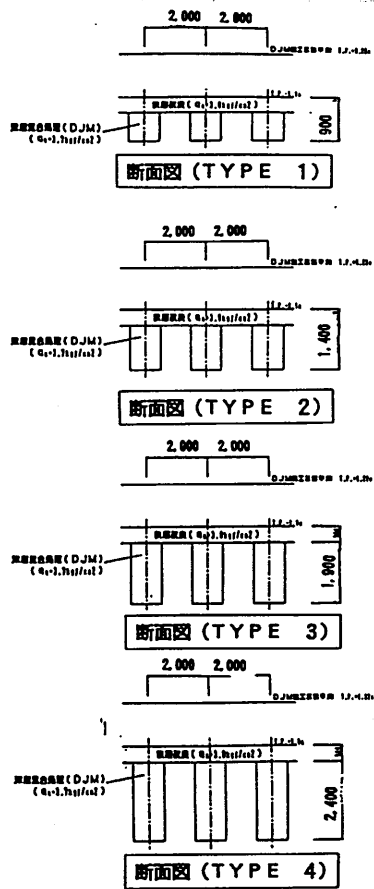
一次選定した9つの工法に対して比較検討し、総合評価を行った。その結果は次表のとおりである。

最終的には、経済性及び技術的問題点を総合的に判断して、粉体系深層混合処理工法(スタビ系浅層混合処理併用)をトラック部分及びフィールド部分の地盤改良工法として採用することとした。

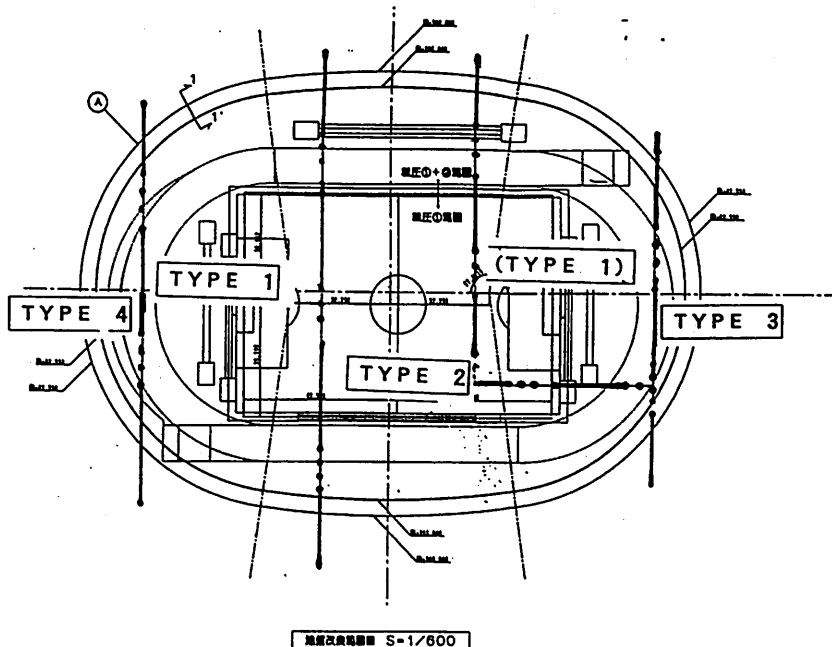
V 採用工法と改良範囲・断面図

粉体系深層混合処理工法（スタビ系浅層混合処理併用）を採用するにいたった技術的な設計検討や経済性の比較検討についてふれることができないが、今回の検討にあたっては、第一種陸上競技場の基準を満足することは当然として、国際級の陸上競技やサッカーが行われることから、支持力と不同沈下量について特に注意をはらい検討を行った。

地盤が悪いと言われる鳥屋野潟南部地域であるが、その中においてスタジアム建設地は、比較的良い地盤に恵まれ軟弱な腐食土層が1.5～2.0mと浅く、結果的には当初考えられていた対策工法よりも、経済的、かつ確実な工法で施工できたと考えている。ただ、広いスタジアムにおいては腐食土層厚が変わることから、深層混合処理する長さを4つのタイプとして施工した。



採用工法と改良範囲・断面図



Ⅵ スタジアム本体の基礎

1 液状化の検討結果

スタジアム建設地は、前段で見たとおり、地下水位面が地表面に近く、また、砂質土層が主な土層であるので、砂質土層の液状化の検討を行った。検討方法は、日本建築学会「建築基礎構造設計指針」により、粒度試験結果とN値から液状化の判定を行った。なお、地震入力は200galを想定した。

腐食土層下面から0.9～1.2mの範囲（第二砂質土層上部）で F /値=0.48～0.86となっており、液状化する可能性があるかと判断し、基礎の設計においては、この範囲の砂層は地震時に全て液状化するものとして設計を行った。

2 基礎の設計

スタジアム建設地は、SGL -17.5m以深の沖積砂層がN値40以上で安定していることから、この層を支持層とし、基礎形式は杭基礎とした。

なお、スタンドの鉛直荷重を支持するためには、PHC杭等の既製コンクリート杭では耐力的には不足となり、かつ支持層以浅の腐食土層直下の層厚1～2mの範囲の沖積砂層は地震時地動加速度200cm/sec²で液状化する可能性があるため、突出杭とし、十分な水平剛性、水平耐力を有する杭とした。

また、杭種別としては、場所打ちコンクリート杭を採用し、経済性及び杭掘削土の減量等を考慮し、拡底杭工法とした。

さらに、屋根メインアーチ直下には剛性の高い大口径の場所打ちコンクリート杭とし、地震時や積雪時の安全性を高めた。

おわりに

現在、2002年のワールドカップに向けその準備が進められており、日に日にその関心も高まってきているように感じるこの頃である。「新潟県総合スタジアム（仮称）」の建設も順調に進んでおり、その偉容（威容？）な姿がどこからも見れるようになり、多くの方々からその完成が待たれる話を聞かれるようになった。

また、スタジアムを視察いただいた方々から、新潟のスタジアムは素晴らしいとお世辞抜きに高い評価をいただいている。先日もFIFA（＝国際サッカー協会）のインスペクション（スタジアムの内容がワールドカップをやる条件を備えているか。また、準備は順調にしているかの調査）でも高い評価を得て、関係者として非常に喜んでいるところである。

素晴らしいロケーションと交通アクセスに恵まれた新潟のスタジアムは、県民はもちろん国内外の人々から必ずや愛され、健康・スポーツの拠点として、人々の交流の場として発展することを祈念している。