文献抄録

文献調査委員会

鉄筋コンクリートブロックの支圧強度

"Bearing Strength of Reinforced Concrete Blocks"
Niyogi, S.K.
Proc. of A.S.C.E., Vol. 101, No. ST 5, pp. 1125～1137 May (1975)

コンクリートの局部支圧は，設計においてしばしば問題になる。コンクリートの局部支圧強度に関する実験的研究は，いくつか報告されている。しかし，そのほとんどは無筋コンクリートの局部支圧強度について論じたものであり，鉄筋で補強された場合のそれに関するものは少ない。この論文は，鉄筋で補強されたコンクリートの局部支圧強度を調べるため，200×200×200 mm の試験体（ブロック）について，その配合，補強方法（鉄筋比），載荷面積を種々変えて載荷試験を行い，その結果について述べている。

（1） 試 験 体

コンクリート；

セメント：砂：骨材＝1：2：4 と 1：1$\frac{1}{2}$：3

水セメント比＝0.55 と 0.5

試験時の材令＝30～35 日

補強方法；図—1 に示す 8 種類で，このうち，B, S, SB タイプは鉄筋比に変化を与えている。

載荷面積比 R；4, 8, 16 および 32 の 4 種類

（R＝ブロックの載荷面の面積/支圧板の面積）

（2） 試験結果

ひびわれ時の支圧応力，ひびわれ状況，破壊モード，終局支圧強度および支圧板のめり込み量についてまとめ，無筋コンクリートの場合のそれらと比較している。二，三の例を 図—2, 3 に示す。

（3） 結　　論

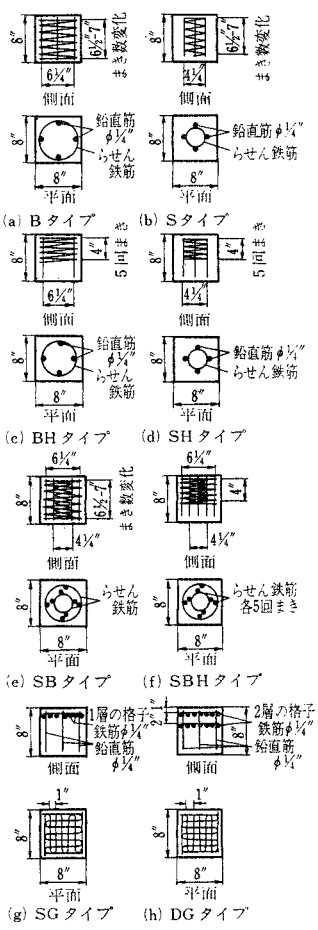
① 横方向鉄筋は，コンクリートの終局支圧強度に大きな影響を及ぼし，一般に，載荷面積比 R が一定の場合には，横方向鉄筋比が大きいほど終局支圧強度は高くなる。

② 横方向鉄筋比が同じ場合には，一重でしかも大きい直径のらせん鉄筋で補強したタイプ（B, BH タイプ）のものが，最も高い終局支圧強度を示した。らせん鉄筋で補強したブロックの終局支圧強度比 n_{reinf}/n_{plain} と鉄筋比 P の関係は，次式で表わされる。

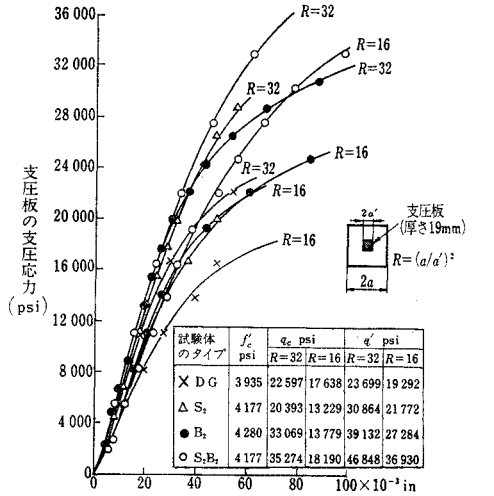
$$\frac{n_{reinf}}{n_{lpain}}=1+K\cdot P$$

K：定数（B タイプ＝62, S タイプ＝46）

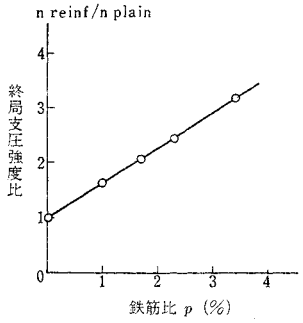
③ 鉄筋の配置はひびわれに対しても有効であり，特に，大きい直径のらせん鉄筋で補強された場



図—1 試験体の種類
(1 in＝25.4 mm)



図—2 支圧板の支圧応力とめり込み量の関係図
(1 psi＝0.07 kg/cm²)



図—3 終局支圧強度比と鉄筋比の関係図

合や，比較的小さな載荷面積の場合には，鉄筋比の増加に伴ってひびわれ荷重も増加した。

（村田俊彦：鹿島建設(株) 技術研究所）

動的圧密工法の原理と施工

"Theoretical and Practical Aspects of Dynamic Consolidation"
Ménard, L. and Broise, Y.
Géotechnique, Vol. 25, No. 1, pp. 3～18, March (1975)

メナール社は 1970 年に重錘落下による地盤締固め工法を開発し，これを砂質地盤に適用した。その後まもなく，粘性土地盤の改良にも利用できることがわかり，以後はこの工法を動的圧密工法と呼ぶようになった。

(1) 原　理

経験が理論に先行した例は，技術の歴史においてしばしばみられる。本工法も粘性土地盤に適用するまではその効果を期待することは不可能である，と考えられていたものである。

1) 微小気泡の存在による飽和土の圧縮性

地盤の性質に関係なく，重錘落下によりかなり大きい瞬時沈下が生ずるが，これを従来の圧密理論で説明することはできない。ほとんどの第4紀の地盤は微小気泡を 1～4% 含んでおり，この気泡がヘンリーの法則に従い体積変化をすると考えられる。

2) 繰返し衝撃による進行性液状化

土中の気体量が0に近づくに伴い，土は非圧縮性体として挙動しはじめ，この段階で，土の液状化が始まる。重要なことは局部的液状化を生ずるための限界エネルギーを知ることであるが，そのためにメナール社は動的圧密試験機を作製した。

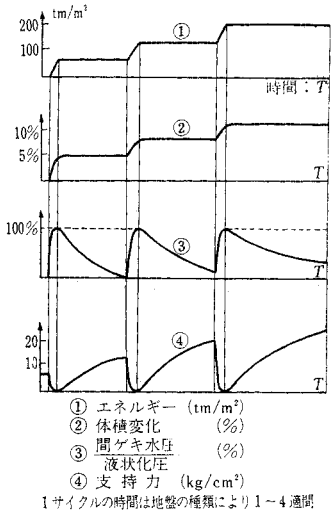
3) きれつ発生による透水係数の変化と吸着水

間げき水圧が施工初期に急速に低下する。衝撃によって局部的に生じた間げき水圧の増加により地盤中にきれつが生じ，これが排水路となる。また有効圧の減少による透水係数の増加や衝撃エネルギーにより吸着水が自由水に移行するための透水係数の増加も考えられる。

4) シキソトロピー効果

衝撃荷重を加える過程で地盤のせん断強度は低下し，液状化する時点でせん断強度は最小になる。間げき水圧の逸散に伴いせん断強度と変形係数は漸増するが，この場合吸着水の再生現象は数か月継続する。

動的圧密工法の機構を 図—1 に示す。



図—1 動的圧密工法の機構

(2) 施　工

本工法を施工する前に入念な土質調査をすることが必要であり，特に動的圧密試験用の乱さない試料を採取することが望ましい。加えるべきエネルギー量は，$Mh > H^2$ という関係から定められる。ここに M は落錘重量 (t)，h は落下高さ (m)，H は改良すべき地盤の厚さ (m) である。Mh は一般に 150～500 t·m であるが，まれに 1 000～2 000 t·m になる場合もある。残留沈下量はプレローディング工法を適用した場合に比べ圧倒的に減少する。すなわち，一時圧密の促進に伴い二次圧密量が減少すると考えられるが，これには液状化による内部応力の減少が寄与していると思われる。

図—2, 3 に地盤改良結果の一例を示す。このスウェーデンの現場では，地表で許容支持力 3 kg/cm² を得ることと 10 t/m² の均一荷重下での不等沈下を 10 m あたり 1 cm 以内とすることを目的とし，加えた平

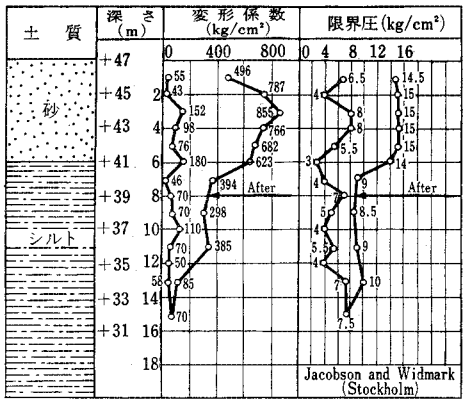
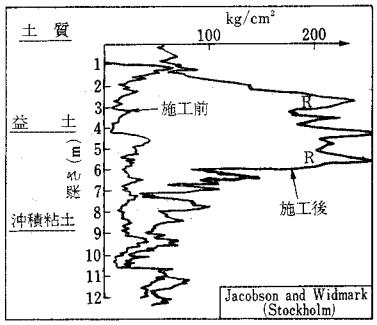


図--2 プレッショメーター試験結果



図—3 コーン支持力の変化

均エネルギーは 240 t·m/m² であった。コーン支持力は施工前は 10～60 kg/cm² であったが，施工後には深さ 6 m で 150 kg/cm² 以上，深さ 10 m で 50 kg/cm² 以上となり，満足な改良結果を得ることができた。

なお，本工法は振動・騒音を伴うため市街地向きではないが，打撃地点から 30 m 離れた場所の振動速度は住居に対する許容振動速度 5 cm/s より小さいということを付記しておく。

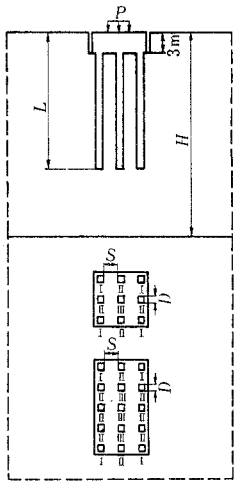
訳者注：筆者が粘性地盤に使用している "liquefaction" という語をここでは単に "液状化" と訳した。

（垂水尚志：国鉄 鉄道技術研究所土質研究室）

鉛直荷重下の群杭の三次元有限要素解析

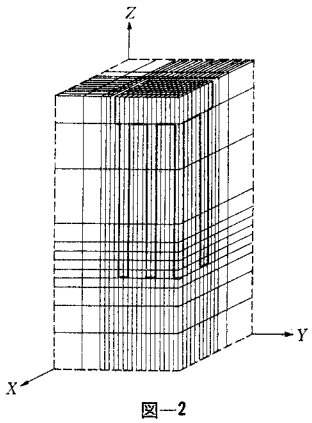
"Three-Dimensional Finite Element Analysis of Vertically Loaded Pile Groups"
Ottaviani, M.
Géotechnique, Vol. 25, No. 2, pp. 159～174, June (1975)

この論文では，一様弾性地盤内にあり，偏心しない鉛直荷重をうける単杭，3本×3本および5本×3本の群杭について三次元有限要素法で解析し，杭の軸応力，スキンフリクション，地盤内応力，沈下量等の分布を示し，これらに及ぼす群杭効果の特性を明らかにしようとしている。3本×3本，5本×3本の場合の杭の配置を図—1に示す。後者について有限要素分割が図—2に示され，節点数は3 300，要素数は2 700である。使用したプログラムは E.L. Wilson 等により開発された SOLID-SAP であり計算時間は UNIVAC 1108 を用いて，3本×3本で 200 分，5本×3本で 250 分である。



図—1

杭の一辺の長さ D=1 m，杭間の距離 S=3 m，杭の長さ L=20 m または 40 m，杭のヤング係数 E_c=200 000 kg/cm²，ポアソン比は杭で 0.25，地盤で 0.45 の場合について計算を行い計算結果より，

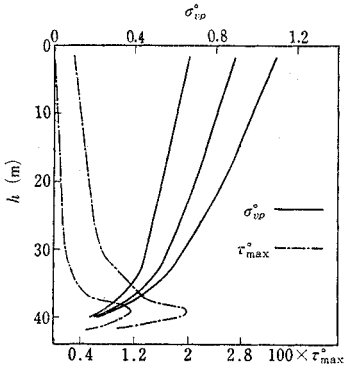


図—2

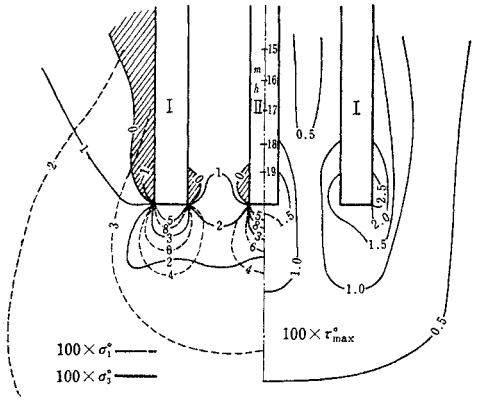
1) 地盤の剛性や杭の長さの変化に伴う杭頭沈下量の変化，2) 杭および地盤の沈下量分布，3) 杭の軸応力，4) 杭に隣接する地盤要素の最大せん断応力，5) 地盤内の鉛直方向直応力およびせん断応力の分布，6) 地盤内の主応力分布，が示され，その特性が論じられている。以下，そのうちの 3)，4)，6) の一部を紹介する。

地盤のヤング率は杭のそれの 1/800 とし，h を深さ，応力 σ，τ については杭1本あたりの平均荷重 P，杭の断面積 A を用いて $\sigma^\circ=\sigma A/P$，$\tau^\circ=\tau A/P$ と無次元化して表わす。3本×3本の群杭について，杭長 40 m の場合の杭軸応力 σ_{VP}°，杭に隣接する地盤要素の最大せん断応力 τ_{max}° の分布を図—3に，杭長 20 m の場合の地盤内の主応力 σ_1°，σ_3° の分布，最大せん断応力 τ_{max}° の分布を図—4に示す。図—3では群杭効果として中央杭で σ_{VP}°，τ_{max}° ともに小さく，端杭で大きくなっていること，τ_{max}° が杭先端付近で大きくなっていること等がみられる。図—4では杭先端の少し上で引張応力が生じている様子がみられる。

（長岡弘明：日本鋼管（株）技術研究所）



図—3



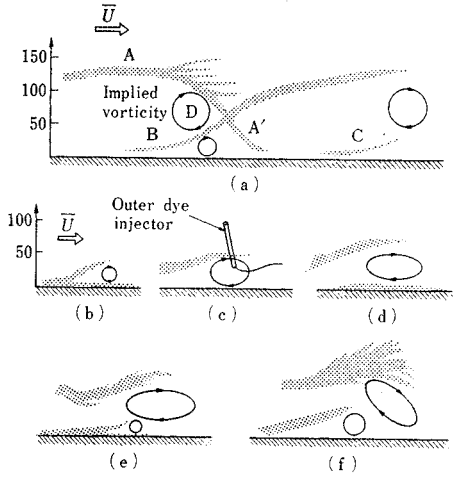
図—4

乱流境界層内における bursting 過程のモデル

"A Proposed Model of the Bursting Process in Turbulent Boundary Layer"
Offen, G.R. and Kline, S.J.
Journal of Fluid Mechanics,
Vol. 70, Part 2, pp. 209～228, July (1975)

S.S. Kline を中心とするスタンフォード大学のグループは，ここ 10 数年にわたって境界層内の bursting 現象について，水素気泡などによる可視化に基づく研究を発表してきている。本論文は，これら一連の研究，Kline et al. (1967, JFM 30), Kim et al. (1971, JFM 50), Offen・Kline (1974, JFM 62) の総括的な意味をもつものであり，反復的に起こる bursting 現象の全体像を定性的に描写しようとしたものである。本論文で提案されているモデルは，bursting をその発生から，次の発生までの全期間を通じて説明しようとする試みである。

burst が起こると，上昇した流体の下に相対的な反流 (recirculation cell) Dが生じる (図—1(b))。これはあくまでも相対的なもので実際には逆流は生じない。この cell は壁から離れて生長する。この cell の前側では，壁向きの流れがひきおこされ，高流速の流体が壁近くにおりてくる (図—1(c))。これが sweep* A である。すなわち，sweep は，より上流で起きた burst が下流へ通過していく過程であると解釈される。recirculation cell の先端から，壁近くにおりてきた流体は，両側に広がり急速に減速され，さらに下流での次の low-speed streak B の源となる。recirculation cell は三次元構造をもっているので，このようにしてできる新しい streak は上流の二つの burst の中間に位置する。そのため，burst の発生間隔は流れの横断方向に平均化される。



図—1

recirculating cell の下側では相対的な逆流が生じ，局所的な圧力の逆勾配が生じる。この逆の圧力勾配が low-speed streak の上を通過すると，streak の上昇がひきおこされる。すなわち次の burst がおこる (図—1(d), (e))。最初の burst と次の low-speed streak との相互作用により break up が起こる (図—1(f))。

上述の過程は，渦の概念を用いても説明できる。すなわち，すでに壁から離れ，上昇して引き伸ばされた渦は，まだ壁にくっついている渦よりも早く回転して移動していく。二つの渦の回転方向は同じであるから，外側の渦は壁近くの渦を急速に上に押し上げ，逆に，壁近くの渦は外側の渦をゆっくり壁近くに引きおろす。すなわち，low-speed streak の上昇と sweep が相互作用として起こる。引き続いて上昇した二つの渦が，うまく前後に並んだ場合には，二つ渦のまき込みが起こり，より大きな渦が形成される。しかし，こ

* 訳者注：sweep とは Corino・Brodkey 1969 によって用いられた語で，高流速の流体が壁近くの低流速の領域に入り込んでくる現象をいう。

のようなことはまれで，多くの場合，二つの渦は流れの横断方向にずれるため，break up が起こり，流れは，混乱状態になる（図—1(f)）。

上に述べたモデルは，定量的なものは何一つ説明しえないが，定性的には従来の実験結果と矛盾がない。例えば，本モデルでは，相互作用を重視しているが，同グループの観察では，流体はすべてこのような運動をしている。また，圧力の順勾配が bursting を抑え，逆勾配がそれを促進するというデータも，このモデルによる説明法と矛盾しない。実験でしばしば観察される流れ方向の渦，および横断方向の渦は，それぞれモデルが与える渦の裾の部分，先端の部分がみえていることに相当する。

（沢本正樹：東京工業大学土木工学科）

海外ニュース

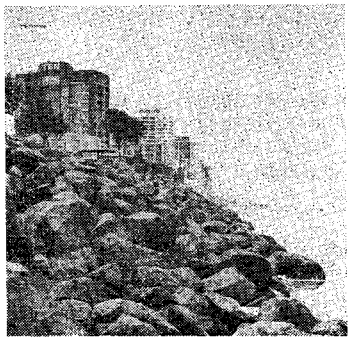
サーフ・ビーチ保全のための新技術

（資料提供：オーストラリア大使館）

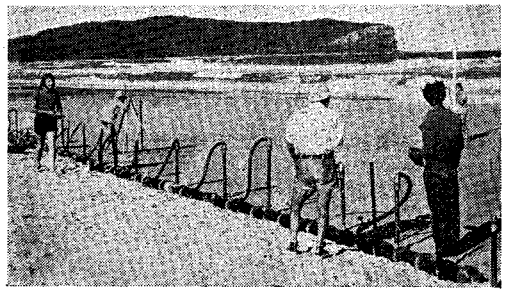
オーストラリアでは，砂の浸食を防ぎ海岸を守る新しい技術が開発された。この技術は，嵐のとき海岸に砂をつける波浪エネルギーに着目している。近年オーストラリアのゴールデン海岸では，数百 km に亘り浸食の危険にさらされており，オーストラリア国立大学の John Chappell 博士は，護岸前面の海岸浸食を例に出して，海岸における工学的工事がしばしば逆の変化を生じることを上げ，ニューサウスウェールズのダラス海岸での実験と研究から，現在の砂の浸食を防ぐ方法はあまり有効でないことを示している。

Chappell 博士達は，これまでの研究をもとに砂をつける新しい実験を行ったが，これは波の打ち上げ限界（海岸への打ち上げ波の限界）より上に一連のウエルを設置し，海岸から水を汲み上げる方法である。

この概念は，打ち上げ波による砂の堆積と引き波による砂の後退とのバランスをかえると，連続的に砂を推積させることができるというものである。



写真—1　海岸保護のための石積みや護岸が砂の浸食に寄与している例



写真—2　ダラス海岸に設置された実験装置

海岸では海側に傾斜しているから，打ち上げ波の水量と引き波の水量が等しいとき，砂の定常的移動を引き起こす一定の力が働く。しかし打ち上げ波の一部が砂中に浸透するので引き波の水量より打ち上げ波の水量は多い。このため斜面の影響による漂砂が相殺され，砂の推積と移動の自然的つり合いが保たれる。浸透水は砂中をとおり海にもどる。そこで砂表面下から物理的に水を汲み上げることによって打ち上げ波の浸透が助長され，砂の堆積が促進される。汲み上げられた水はパイプを通って実験区域外の海にもどされる。ダラス海岸のポンプ実験で，ポンプの影響をうける区域では砂がつき，その他の区域では現状かまたは少々浸食している。この実験で興味あることは，ポンプで使うエネルギーは比較的小さく，沖浜の波浪エネルギーの 1/500 程度である。これは永久に海岸に埋設されたパイプ網から水を汲み上げる埋込みポンプを波浪エネルギーにより運転することができるかも知れないという興味ある可能性も示している。しかし，たとえば波浪エネルギーがポンプの運転に使えないならば一般のエネルギー源を使用することも可能である。ダラス海岸の実験において 1.5 m 間隔，1 列に 25 個の井戸（well）を設置し，1 時間 30 万 l の容量をもつうず巻ポンプを使用した。実験中の海岸変化は海岸の断面方向に杭をうちレベリングし，砂の移動は蛍光砂を用いて調査した。さらに沿岸流と離岸流も測定した。

（運輸省港湾技術研究所：後藤七郎・訳）