

動的問題

一般報告

東北工業大学 神山 眞

- 295 AL法による大阪地盤の震動特性の解析(香川・岩崎・澤田・堀家)
- 296 大阪平野と周辺山地の震動継続時間の相違について(大場・村井・鳥海)
- 297 濃尾平野における地震記録の性質(梅野・土山・中村・早川・大橋)
- 298 濃尾平野における軟弱地盤の地震動特性(その2)(土山・中村・早川・梅野・大橋)
- 299 濃尾平野において観測された地震記録の周波数特性(末富・土山・中村・早川)
- 300 濃尾平野における地震動の距離減衰性に関する一考察(富樫・土山・板橋)
- 301 仙台市の軟弱地盤の地震応答特性(田上・斉藤・川村・安田)
- 302 1987年千葉県東方沖地震の地震動特性(辻野・吉田・佐藤・中村)
- 303 造成地盤上に建つ構造物の振動性状(今岡・多賀・吉川)

本セッションは震源、伝播経路、観測点地盤などの諸要因を考慮して地盤震動を総合的に、かつマクロスコピックに取り扱った研究から主に構成されている。これら9編の研究は、相互関連に注目すると3つに分類される。すなわち、1つは地盤構造の不規則性の影響を重点的に考察しているもの、2つは地盤震動のアテニュエーションを取り扱っているもの、そして3つは強震記録を紹介したものである。地盤構造の不規則性を対象とした研究は295, 296, 298, 301, 303の5編である。このうち、295, 296, 298, 303は立体的な不規則性を扱っているのに対して、301は一次元的な不規則性、すなわち鉛直方向の層構造不規則性のみを考察の対象としている。前者の4編の研究が地盤構造の水平方向における不規則性により二次的に表面波が発生されたり、波動の伝播特性、震動継続時間などが影響を受けたりするなど不規則性による特異な地盤震動を指摘しているのに対して、後者の301の研究は仙台平野を対象としたSHAKEによる一次元応答計算により1978年宮城県沖地震の被害状況を説明できるとしている。一次元的応答では必ずしも十分でないとの観点から前者のような研究が行われていることを考えると、後者は前者と著しく対照的な視点に立っているとさえ言えよう。当然のことながら、討論において前者の視点から後者に対して幾つかの質問がなされた。これらの討論の中で、後者の研究は表層に軟弱な層が存在する特別な場合で、この場合は表層の影響が強く現

れ、立体的な不規則性の影響もさることながら、一次元応答でも被害状況をある程度まで説明できると指摘された。これらの討論は地盤震動における今後の研究のあり方を考える上で示唆的であった。つまり、すべての工学研究に共通することであろうが、簡易化と精密化の問題である。「どのようなケースに簡易化が可能か?」、逆に「どのようなケースに精密化すべきか?」および「どの程度まで精密化すべきか?」など簡易化と精密化の「場合」と「程度」は地盤震動における研究の重要な視点となろう。その意味から、301の研究は簡易化できる一つの例を示したものと考えることができるし、前4者は精密化の方向性を示したものとといえる。簡易化と精密化の判断材料は何と言っても実地盤に即した地震観測である。296, 298のような地震観測をさらに多くの地点で展開することにより今後とも情報を蓄えていくことが重要であろう。

一方、地盤震動のアテニュエーションを扱った研究として297, 299, 300があげられる。これらの研究はいずれも濃尾平野の地震観測結果によるものであり、地盤震動の最大値、スペクトル特性などのアテニュエーションが取り扱われている。地震の位置、規模、震央距離の大きさなどからスペクトル形状にパターンが見られることを指摘した299の研究や濃尾平野独自のアテニュエーションなどをめざした297, 300の研究はアテニュエーションの地域性を明らかにする観点から評価されるものであろう。ただ、統計という視点に立てば、297のデータセットは規模の大きな地震データが欠如していることは難点であろう。今後のデータの蓄積が期待される。最後に、302の研究は千葉県東方沖地震の強震記録を紹介したものであり、新型デジタル強震計の記録として貴重なデータである。

宮崎大学 原田隆典

- 304 均質地盤と成層地盤の非線形地震応答特性の差異について(田蔵・清水・山内・岡内)
- 305 海底地盤の地震動特性に関する研究(前河・赤井)
- 306 断層破壊過程の影響を考慮した地震動のアテニュエーション(清野・土岐・佐藤・斉藤)
- 307 地震モーメントを用いた地盤震動スペクトルの統計解析(松川・神山)
- 308 地震動の等価振動数の特性に関する一考察(高倉・富樫・高尾)
- 309 日本の強震記録から見た1985年メキシコ地震の震源域での強震動スペクトル特性(神山)
- 310 鉛直アレー地震観測に基づく各種地盤の増幅特性(嶋田・清水・阿部・寺田・神山)
- 311 表層地盤の確率応答と地震動の空間一時間特性について(否笠・原田)

312 表層地盤の非線形増幅特性を考慮した工学的基盤と沖・洪積地盤での地震動変換係数(杉戸・亀田・山本)

313 地震被害と地盤条件(その2)(那須)

314 N 値から推定した V_s の誤差が地盤の地震応答解析結果に及ぼす影響(東畑・Stephane)

これらの論文は建設地点や建設地域の地震動の性質が地震断層の性質や波動伝播径路, 表層地盤の性質とどのように関係しているかに重点を置いて研究したものである。この分野の研究は新しくないが, アレー記録を含む強震記録とその解析結果の蓄積に伴って, 特に近年, 地震動の工学的意味合いが広い角度から明らかにされつつあるが, 他方, 現実の耐震設計・地震防災という視点からはやや広がりすぎのようにも思われる。いずれにしてもこれらの論文は地震動の性質が(1)定性的にどのようなもので, (2)予測値に対するばらつきの原因や(3)地震動の性質が被害や耐震設計とどのようにかかわっているかを研究したもので, 研究の動機, 視点, 進め方は違うが, なんらかの形ですべての論文には表層地盤の増幅特性の問題が含まれている。これらと比較するだけでも興味深いものがあるように思われる。

304は計580ケースの非線形応答解析による地盤の増幅率を線形地盤の一次固有周期と入力最大加速度の関数として整理している。一般に, 地盤の増幅率は基盤からの入力加速度の増大とともに低下すると言われているが, このことは必ずしも定量化されていないのが現状で, この論文の結果やデータは貴重である。312は同じく地盤の増幅率を検討しているが, 304とは逆に等価線形モデルの結果を整理した増幅率の予測式の妥当性をデータベースSMARDの記録より検討している。増幅率の非線形特性の検証は使用した記録の最大加速度が数十ガルと小さいため不十分であるが, 論文で示された増幅率の整理方法は実用の面から興味深く今後のデータの蓄積や304の結果を利用すれば実用できるものとなろう。310は鉛直アレー記録より地盤の増幅率を検討しているが, 結果は304や312の傾向とは逆に速度の増大とともに増幅率が増加しており, 解釈にとまどう。

305は重複反射理論による等価線形法によって自然海底地盤と人工島地盤の地震応答の違いを検討したものである。

306はマグニチュード M , 震央距離 Δ および地盤別に与えられる既存の最大加速度アテニュエーション式を観測記録の少ない「 Δ が短く M の大きい地震」に適用することの妥当性の疑問から, 地震学の分野で近年研究開発の進められている小地震の重合させから大地震のスペクトルを予測する手法を援用, 改良して, 歴史地震の代表数例について震度階分布の再現を試み, 手法の妥当性を検討している。結果は Δ が大きくなると急激に震度階が減少しており, 改良すべき点も残されているが, 今後の発展が期待される。

307と309は, 306とは逆に, 記録の統計解析より地震モーメント, 断層長さ, 震源距離, 地盤条件等より強震動

のスペクトルを予測する式を提案し, 1985年メキシコ地震の記録との比較から予測式の巨視的妥当性を検討している。この種の統計解析では, 難しいことではあるが, 用いる記録や予測式の形が研究者ごとに違うため, 予測式に含まれるパラメーターの物理的意味やこれを増やすことが結果へどのように影響するか等がもっと組織的に研究されるべきであろう。(パーソナル)コンピューターの普及により強震記録そのもののデータベースが整備され, 利用しやすくなっていることを考えると, 予測値よりも予測式の特徴やパラメーターの内容そのものの物理的意味, 工学的意味合いの方が重要になるのではないだろうか。

308は地震動の加速度, 速度, 変位の最大値の比から定義される等価振動数の特徴を記録より検討している。今後の成果を期待したい。

311と314は材料定数のばらつきが地盤応答値に与える影響を検討したもので, 確率場理論による二次元地盤の解析311, モンテカルロ法による一次元地盤の解析314である。材料定数のばらつきが応答値に与える影響はこれまで考えられているよりも大きいこと, 地震動の加速度, コヒーレンス特性のばらつきに対する解釈など新しい示唆があったように思われ, 今後の発展が期待される。

最後に, 313は地震被害と地盤条件の事例研究の第2報である。この分野の研究では, 継続的・組織的な調査研究とその整理が最も必要なこと, および初めに述べた項目(3)のように解析的研究がどこまで地震被害と地盤条件の定性的関係を説明し得るかということにもっと視点を向けなければならないと感じた。

建設省 古賀泰之

336 発泡スチロールによる道路盛土の振動特性について(清水・三木・田蔵)

337 発泡スチロールによる道路盛土の交通振動に対する距離減衰性(岡田・三木・広瀬・田中)

338 千葉県東方沖の地震による造成地の被害(吉田・石原・安田・森本)

339 地震時斜面崩壊履歴の調査(安田・杉谷)

340 大規模宅地造成地の震害に関する一考察(森・浅田・河野)

341 大規模斜面の動的応答特性に関する模型振動実験(栗原・佐々木・吉見)

342 地震による堤防盛土の残留変形解析(深田・石原・東畑・李・森本)

343 傾斜地盤上の補強盛土の耐震性について(その2)(島津・伊藤・鷲田・古賀)

344 砂質地盤上盛土の地震時安定性簡易判定法の提案(その2)(今野・古賀・松尾・唐澤・沢田)

345 震度法すべり面計算法に用いる土の動的強度に関する考察(その4)(唐澤・古賀・松尾)

346 盛土の地震応答と地盤構造との関係(羽矢・那須・

一般報告

岡田)

347 軟弱粘性土地盤上の盛土の地震時挙動 (広岡・宮本・竹村・木村・中瀬)

本セッションでは、盛土・斜面の地震時安定問題に関する10編の論文が発表された。対象は、造成地、自然斜面、堤防、鉄道盛土等多様である。このような研究は、以下のような異なった二つの観点から分類することができる。

- (1) 研究の目的・段階：1) 現象解析, 2) 被害予測 (簡易法, 詳細法), 3) 対策・設計
- (2) 研究の進め方：1) 現場事例解析 (精度の高い被害事例のミクロな解析, 数多くの被害事例の要因のマクロな分析), 2) 模型実験 (破壊実験, 非破壊実験 (応答特性)), 3) 解析 (安定解析, 残留変形解析, 応答解析)

ここでの10編の論文は、上述した二つの観点からの要素を様々に含んでおり、この分野の研究が多方面から行われなければならないことを反映していた。以下に、各論文のポイントを示す。

338 は、造成盛土の震災事例について、地震後の安定計算を行ったときに、逆解析により求めた残留強度と現場から採取した土を現場の密度に締め固めて作った供試体で室内試験をして得た残留強度がほぼ同じであったことを示した。今後は、地震安定問題について、用いるべき強度、考慮すべき荷重等の観点の整理も必要であろう。

339 は、過去の斜面崩壊の発生を既往の被害地震総覧および著者らの現地調査から整理し、斜面崩壊の生ずる限界となるマグニチュードと震央距離の関係を求めている。さらに実用的な意味を持たせるために、著者も試みている地表面最大加速度で見た整理、さらには斜面の地形・地質等との関連についての検討をお願いしたい。

340 は、造成地において震害が大きいのは、埋土・切土の境であったことを述べている。この場合、切盛境において、地震応答が不連続的に変化しやすいこと、すべり・亀裂が生じやすいこと等が考えられる。詳細なデータが入り得る箇所については、定量的解析を試みられることを望みたい。

341, 346 は、斜面や盛土の地震時応答に及ぼす斜面形状、地層傾斜の影響を、それぞれ (非破壊) 模型振動実験および数値解析により調べている。このような不均質な地形・地層の地震時応答は、地形・地層条件、地震動入力等の影響を大きく受け、一般的な結論を得るには、今後もかなり多くの実験または解析的研究が必要であろう。

342 は、有限要素解析から得られた応力を供試体に与え、その結果得られた残留ひずみから、残留変形を求める方法において土の等ひずみ線の拘束応力依存性について若干の改良をしたものである。今後、精度の高い模型振動実験等との対比を望みたい。

343 は、ジオテキスタイル補強盛土の模型振動実験結果

を円弧すべり解析と比較したものである。補強盛土の破壊基準はどのように考えるべきかという質問があり、これに対して、現時点ではのり勾配が急になると、安全率と天端沈下量との間には一義的な関係が得られず、今後の課題であるという回答があった。

344 は、砂地盤上の盛土の安定性を安定計算をせずに簡易に判定しようとするものである。現実の現象に対して安定計算が適用できる限界と、安定計算を省略する過程で生ずる誤差により、非常に高精度の判定が期待できるわけではないが、延長が長くまた地盤情報が詳細に得られない堤防等の盛土においては実用的には追求すべき方向の一つである。

345 は、液状化性土地盤上の盛土の模型振動実験に関する円弧すべり安定計算に用いる強度として全応力強度と有効応力強度とを比較したものである。模型と同条件の供試体に対する要素試験結果を用いることが必要である。

347 は、粘土地盤上の盛土の地震時挙動を動的遠心力載荷装置により調べ、さらに円弧すべり土塊に Newmark 法を適用して沈下量を求めている。模型製作の精度や計測に関する問題や、箱の大きさによる制約等検討すべき点もあると思われるが、通常行われる要素試験の応力レベルでの挙動が観察できるという点で、今後の展開が期待される手法である。

336, 337 (ポスター・セッション)

両論文は、共に最近注目されている発泡スチロール (EPS) による道路盛土の実大試験施工体について、それぞれ、(地震を念頭においた) 振動特性 および交通振動伝播特性を調べたものである。このような詳細な実験は我が国においては初めてであり、かなり細部にわたる質疑が行われた。その内容は、計測方法や解析モデルに関するもの、常時微動と強震時挙動の関連をどのように考えるか、強震時・交通振動によって EPS ブロックがはずれないか、さらには一般盛土との経済性という実用面からのものであった。

九州工業大学 安田 進

359 1987年12月17日千葉県東方沖地震における液状化調査 (森・滝本・長谷川)**360 東京低地の液状化予測図作成 (阿部・小川・草野・中山)****361 埋立地における地震時被害の特徴 (山本・安田・陶野)****362 千葉県東方沖の地震による液状化地点とその特徴 (森本・陶野・安田)****363 1987年千葉県東方沖地震による液状化現象 その1 一液状化発生地点と地形・地盤の概要 (若松・古藤田)****364 1987年千葉県東方沖地震による液状化現象 その2 一粒度試験および地盤調査結果 (古藤田・若松・間瀬)****365 1987年日向灘地震における被害と地盤の関係 (山本・金子・和久野・土井・鈴木)**

366 1983年日本海中部地震における青森県西津軽郡車力村の液状化被害(栗原・堀田・浅田)

367 宮城県沖地震で液状化した地点での振動式貫入試験結果(井上・森山・土井・田上)

368 液状化による永久変位の簡易解析(規矩・安田・多田)

369 関東地震における東京南部多摩川流域の液状化履歴調査(畑中・草野・浜本)

370 東京低地の液状化履歴と予測法(草野・阿部・小川・中山)

371 液状化予測の支援システム(小川・阿部・草野・中山)

本セッションでは動的問題のうち、液状化を主体とした地震時の被害調査と広域の被害予測の研究が報告された。

人間の英和はすばらしいものであるが、それでも予測できない事象が地震のたびに発生し、新たな認識が行われているのが現状である。液状化に関しても24年前の新潟地震で非常に多くの事を学んだが、それ以後も地震のたびに新たな問題点が投げかけられてきている。本セッションでは昨年発生した千葉県東方沖地震や日向灘地震に対する被害調査結果が、ホットな情報として報告されている。また、関東地震や宮城県沖地震など過去の地震に対しても、現状の見方で被害の実態が掘りおこされている。このような調査研究は地味ではあるが、液状化の発生や構造物の被害の予測、対策工に対する有益な情報を提供してくれると言える。なお、被害状況の調査方法としては、現地踏査、現地土質調査、住民などからの聞きこみ、震害記録のレビューと、オーソドックスな方法が用いられており、今回は特に目新しい方法は用いられていない。

広域の被害予測に関しては、近年全国のいくつかの自治体などで行われてきているが、まだその手法は確立されているとは言い難いのが現状である。本セッションに報告されたものは東京都内を対象に行われた一連の予測に関する研究結果であり、既往のいくつかの方法を駆使したり、またその修正を行って、総合的な予測が行われている。以下に、各研究について概要を紹介してみる。

359, 362, 363, 364の4編は最新の情報として千葉県東方沖地震による液状化を調査した結果を報告している。それぞれ独自に現地踏査が行われているが、液状化発生範囲やその地域分けについてはほぼ同様の結果が得られている。地震発生後1, 2か月しか時間がない割にはほぼ同様の結果が得られていることは、各研究者の精力的な調査のたまものである。また、東京湾の埋立地でかなり細粒の砂が液状化したらしいことなど、新たな問題提起もなされている。

365では同じく昨年発生した日向灘地震に関し、住家の被害と地盤条件の関係について研究が行われている。366では少し以前に発生した日本海中部地震の際の液状化、非

液状化地点の地盤条件が明らかにされている。また、369では、関東地震に対し、聞きこみ調査により液状化状況を調べている。65年も前の地震でも詳細に調査してゆくと液状化発生状況が明りようになってきている点が特に注目される。

これらの研究に対して、被害調査に分類される他の3編は多少異なっている。361では地震時に被害を受けやすいと考えられている埋立地に着目し、過去の地震における被害状況をまとめている。367では宮城県沖地震で液状化が発生した地点に対し、最近開発された振動式貫入試験機を適用し、液状化と地盤の関係を考察すると同時に、装置の有用性も検討している。また、368では日本海中部地震や新潟地震の際に発生した液状化による地盤の永久変位に対し、簡易的にその発生量を解析する方法を考案している。

360, 370, 371では広域の液状化発生予測を行った結果が報告されている。前述したようにこれらは一連の研究であり、東京都内を対象に予測が行われたものである。不攪乱土の液状化試験や地震応答解析を行って、東京都の地盤に適する液状化簡易予測式をまず作成し、それをを用いて、都内の1万本以上のボーリング資料について液状化予測を行っている。また、関東地震時の液状化履歴や地形分類などの情報も含めて、全域の予測が行われている。さらに、これらの情報群をグラフィック上に表示するシステムについての研究も行われている。

さて、以上のような研究発表(うち2編はポスターセッション、ほかは口頭発表)に対し、いくつかの討議が行われた。その要点を簡条書きで示すと以下ようになる。

- ① 木造家屋の被害のまとめにその地方特有の家屋構造の要因を考慮する必要性
- ② 液状化、非液状化地点の液状化強度の把握の必要性
- ③ 液状化による永久変位が発生するタイミング
- ④ 埋立地で地震応答が大きいと推定される理由
- ⑤ 琵琶湖の湖底の遺跡調査の際に発見された噴砂の断面の紹介
- ⑥ 地表に噴出した砂と液状化した層の砂との一致性

総括

徳島大学 沢田健吉

総括報告の方法として、過去10年の10回の発表会の範囲で、そこに発表された論文の傾向を調べてみた。さらにここでは研究の目的に重点を置いてみた。自分の興味から言っても研究を推進させた目的に引かれるものがあるからである。なおこの発表会では動的問題を2つの総括に分けているが、ここでは曖昧な表現ではあるが動的問題が土だけのものと土と構造物を同時に扱うものに分けられたものとして、コメントは前者にかざることにした。

ここで問題は、発表された課題が土質工学会を含めた多くの学会の今日の動向を、同時的に反映していると判断し

総括・一般報告

て良いか否かである。この総括報告を書くにあたって行った検討により、発表された多くの課題の焦点が案外短い周期で揺れ動いているのを見たので、それらの論文の発表のタイミングにはなんらかの理由による遅延のあることを考えると、結論的に発表するのは難しい面があるかもしれない。

最初は動的問題の主流になる液状化の問題である。さすがにこの頃になると液状化の可能性を判定する基準を提案しようとする発表はなくなり、簡易判定法というもののが求められてくる。18回ごろには間隙水圧の上昇の過程を解析的に追跡した発表が出てくる。しかし20回になると様子が変わって、再液状化の跡などを現地を探す、反省的とも言える研究が出て来る。被害地震の直後の調査のチャンスは何回かあったが、これが文献と聞込みを頼りに過去の地震にまで手を延ばすような傾向が出てくる。20回を過ぎるころから、被害の危険予測図の作成の過程が論文として発表されるようになってくる。

盛土を対象にした場合の振動応答は課題としては非常に古いものだが、ここで検討した期間内においても常に課題であり続けている。ただし、研究は振動応答から17回の斜面の安定の問題になり、20回頃からは残留沈下という問題意識に変化していったのが指摘できる。さらに22回になると土塊の滑動という考え方が出てくるのは注目したい。

地盤の応答の問題は16回に非線形の解析の必要が確認されるころから始まり、重複反射の理論の適応から、復元力特性の検討や有限要素法による解析法の応用をへて、17回あたりから次第に不整地盤や“あとゆれ”の問題が多く見られるようになる。この傾向がメキシコ地震との関係でとらえられ、研究の進展の新しいモーメントとして強調されるようになってくる。この分野の発表はいろいろな立場の研究者によって行われており、課題の基本的のためか汎用性のためか、注目すべきものを持っていると思われる。

震源のメカニズムの問題や波動の伝播の特性の問題は、よその学会での発表の現状や焦点のしぼり方に関して理解が行き届かないが、本発表会では20回の前ころから多くみられる様になり、最近は特にその数が増えている。常時微動に関しても、初期から多くの論文が発表されて来た。しかし基礎的な検討から始まって指数的なものとして使われてきた常時微動も、今では測定機器の進歩のためか、測定値は特性値として使われ方は多角的になっている。

実験に新しい手法を見いだしたものは、数は少ないが毎回発表され続けており、この傾向は大切にしたいものである。エンジニアリングということが総括報告で強調されているけれど、室内や野外の実験に手がかりを求めたい。例えば地盤のいろいろなスケールの成層の不規則性を問題として取り上げた発表を見ていないからである。簡易測定法として試されている手法も、簡易なものとしてではなく地盤を全体的に捉える実験的手法として、必ずしも簡単に

結果がでるものでなくても良いという解釈はできないだろうか。

以上、いろいろなコメントを書き連ねてみたが、自分の理解の不足や使っている言葉の定義の相違や思込みの違いなどのため尽くせぬ点が多くあると思う。言葉の問題は、これまでの総括でも指摘されているが、ここでまたその非を繰り返したわけである。しかし逆に言葉使いの相違はその発生の理由を持っていて、研究の実態を反映していると考えれば、これを整理するのを宿題とするのも意義がある。

毎回多くの論文が発表されていて、全体として大きな太い流れとなって動いていくように見るのが普通だが、細かく見ると10年という短い期間でもその中にある傾向を指摘することができる。偶数番号の付いた会の時の発表内容に実のある変化があるような細かいことを考える時もある。この意味で来年の24回を期待したい。

フジタ工業(株) 中村正博

315 列車走行による地盤および建屋の振動調査と振動予測 その1 振動調査概要および結果(小林・長瀧)

316 列車走行による地盤および建屋の振動調査と振動予測 その2 振動予測結果と実測値との比較(長瀧・小林)

317 周辺地盤との剝離およびすべりを取り入れた埋設剛体基礎の動的復元力モデルについて(山田・原田・広瀬)

318 非弾性動的相互作用を考慮した地盤-構造物系の最大応答予測(佐藤・土岐・宮田)

319 剛体ケーソンに作用する動的土圧に関する模型振動実験(第二報)(風間・稲富・大塚)

320 杭基礎構造物の周辺に設置した地中壁による水平力低減効果(石井・吉成・妹尾・長瀧)

321 矩形剛体基礎の動的な地盤剛性に及ぼす根入れの効果について(高田・小野)

322 橋台に作用する土圧の軽減に関する試験研究(佐藤・小畑・大友)

323 橋台裏込めにセメント安定処理土を用いた場合の土圧軽減効果に関する一考察(中野・小畑・佐藤・大友・中村・池見)

324 基礎-地盤動的相互作用問題における非線形性状の考察(上下加振の場合)その(1)(八幡・鈴木・丹羽)

325 基礎-地盤動的相互作用問題における非線形性状の考察(上下加振問題)その(2)(鈴木・八幡・丹羽)

本セッションにおける11編の発表は、主として、基礎と地盤の動的挙動に関するものであり、現場計測315, 316, 模型実験319~323, 理論解析317, 318, 324, 325など様々のアプローチによるものがみられる。当然のことながら、これらの細分化された分野の成果を総合化することも重要であり、一部分の精度を上げて実務上あまり意味がない。したがって、これらの研究成果をどのように実務に使用しうのか、具体的に言えば、入力の評価法、物性値の取扱ひ方、解析法などについての総合的かつ統一的な見解をま

とめる必要のあることは言うまでもない。

以下に、個々の発表についてその概略を述べる。315, 316の一連の研究では、建設前、杭施工時および1階スラブ完成時、建屋完成時において、それぞれ列車走行時の振動調査を実施し、二次元FEMによる予測結果と実測値を対比している。今後さらに、実測データの蓄積を図るとともに、入力の評価や解析に用いる諸定数の取扱い等について検討されることを期待したい。317は、円柱埋設剛体基礎に関して、周辺地盤とはく離およびすべりを取り入れた動的ばね係数と減衰係数に関するモデルの提案である。318では、弾塑性応答を線形に置換する等価線形化手法に基づき、RC橋脚を対象とした基礎の並進や動揺も考慮した3自由度系について、パワースペクトル密度関数を利用したスペクトルモーメント法によって塑性率の期待値を計算し、弾塑性応答解析を行っている。319では、地震時の極限平衡状態の土圧に着目した物部・岡部の土圧公式に対して、地震時の土圧を構造物との相互作用を考慮した形で評価するために、ケーソン式護岸に代表されるような剛な重力式構造物に作用する動的土圧に関する模型振動実験を実施した結果、ケーソンと地盤の相対変位の分布形状と動的土圧のそれは非常によく対応し、系を剛体-地盤ばねとして取り扱うことが物理的に可能であることが示されている。宮城県沖地震において杭基礎の地震被害が多数発生したが、320では地中壁の根入れ深さと建屋の固有振動数をパラメーターとした地盤-杭-建屋模型試験体の振動実験を行い、杭基礎における地中壁の根入れによる水平力の低減効果について検討した結果、杭頭のモーメントは地中壁の根入れ深さを増加させることにより減少するが、地中壁先端位置の深さでは、杭のモーメントは増加する傾向にあり、杭のモーメントの変化率が增大することが示されている。321は、動的地盤剛性を実験的に検討することを目的としたもので、く形断面の一辺の長さに対し根入れ深さを2.5倍と5倍の場合について実験し、動的地盤剛性に及ぼす根入れの影響について考察を加えたものである。322, 323の一連の研究では、橋台裏込め土へのソイルセメントの適用について、一軸圧縮試験や三軸圧縮試験をはじめ、可動壁を使った静的模型実験、ならびに振動台による基礎的な模型実験の結果について述べている。324, 325は基礎と地盤の非線形性に関する一連の研究であり、324では剛性低下に着目した半無限地盤の理論解により基本的特性を把握し、325では成層地盤の理論解を用いたひずみ度分布に基づく等価線形化法により、減衰については今後の課題としながらも、剛性低下については妥当な評価が可能であることが示されている。

各種解析法が提案され、しかも現場計測や模型実験が比較的容易に実施できる現状においては、どの様な条件下ではどの解析法が妥当であるかを知る上で、種々の解析結果と実験値とを対比させることは重要であろう。したがって、

今後とも現場計測、模型実験、理論解析などの研究がバランスよく行われ、冒頭にも述べたように、それらが総合化され、統一の見解が早期に得られることが望まれる。

(財)電力中央研究所 塩見 哲

326 成層地盤中の単杭のインピーダンスと入力動の簡易評価手法(福和・中井)

327 軟弱地盤中の杭基礎(摩擦杭)の強震安定性の検討(太田・土岐・本山・島田)

328 大型せん断土槽による液状化時の杭基礎の挙動について(その1. 相似則)(八尾・松尾)

329 大型せん断土槽による液状化時の杭基礎の挙動について(その2. 実験結果の概要)(松尾・八尾)

330 液状化過程における地盤-杭-構造物の挙動(桑山・細川・山下・中村・時松)

331 鋼直杭式棧橋の地震時挙動(高木・稲富・風間)

332 群杭基礎の動的杭頭復元力特性について(小林・八尾)

333 Non-linear Analytical Model for Pile Group under Dynamic Transient Forces(大谷・野上・小長井)

334 模型振動実験による群杭基礎の地震時非線形挙動特性(佐藤・社本・石川・田蔵)

335 常時微動計測に基づく群杭基礎の有効入力動(若原・田蔵・清水)

当セッションでは、①構造物・杭基礎・地盤系の地震時挙動特性、②杭・地盤系モデルの提案、③杭基礎の耐震設計法の妥当性検証、の3課題に分類される計10編の論文が発表された。

①については、大型せん断土槽を用いた構造物・杭基礎モデルの振動台実験により地盤が液状化した場合(329, 330)と大変形した場合(334)の挙動特性を検討した報告、振動台実験での相似則を論じた報告(328)および常時微動観測結果に基づいて剛な基礎の場合に認められる有効入力動(入力損失効果)が群杭基礎にも認められるとした報告(335)があった。

②については、成層地盤における単杭の水平振動に対する解析モデル(326)、一様地盤中の群杭の上下振動に対する解析モデル(332)および杭と地盤との非線形動的相互作用を扱える解析モデル(333)の提案がなされた。特に、333は杭近辺領域(非線形領域)と杭遠方領域(弾性領域)から構成する新たなモデルが提案されていた。これらの提案モデルは、いずれも起振実験(332)やほかの解析モデル解(326, 333)との比較からその妥当性が示されていた。また、既に提案されている解析モデルを棧橋の地震観測結果(観測値54 gal)と比較することによって検討した報告(331)も②に属するものである。

③については、摩擦杭として設計したことの妥当性等を解析により検証した報告(327)があった。この種の報告は

一般報告

今まで数少なく、今後はこの種の報告を期待したい。

発表に引き続き以下のような質疑応答がなされた。

329 と 330 に対して 杭先端と土槽底面との間の固定方法の考え方について質問があり、329 では「固定の影響が応答に現れると考えたこと、液状化の発生を地盤中間層以浅でしか発生させない実験であり、杭を固定させる必要がなかったこと」から杭先端は土槽に固定されていないが、330 では「液状化時の杭の挙動を単純化して考えるために両端固定条件にした」との説明があった。

333 については、杭周辺領域のみを非線形領域とした本解析モデルでは地震時挙動の検討には使用できないのではないかと質問に対して「機械基礎などのように振動が発生するものを支える基礎を対象としたモデルであり、今後地震時挙動が検討できるように発展させていく」との説明があった。

また、模型実験で実現象を定性的に、更には定量的にも検討できることが望まれていることから、相似則の適用については多くの関心が寄せられた(328)。本報告については、多くの人から質問およびコメントが寄せられ、その主な内容は、水平振動における杭基礎の挙動(1つの現象)の相似則をその現象に直接関係のない式を含めて3つの支配方程式(静的な弾性支承梁のつりあい式、杭頭部での力の動的釣り合い式、杭の許容鉛直支持力式)から求めたことに対する疑問である。相似則は模型実験と実現象とを結ぶ非常に重要な考え方でありながら、土材料を取り扱う分野では非常に難しい問題をかかえており、今後とも十分な議論が続けられていくことが必要である。

以上、本セッションでの報告の概略であるが、ここで取り扱われた報告の多くは、今までにも多くの研究者の対象となってきたものである。過去の研究成果を十分検討し、新たな提案がなされることを期待する。

(財)電力中央研究所 西 好一

348 粒状体シミュレーションによる砂の液状化解析(伯野・垂水)

349 海底地盤の波浪による液状化理論の検証(善・山崎・渡辺)

350 有効応力解析における土の構成式に関する研究(その3) Pastor-Zienkiewicz モデルによる模型振動実験のシミュレーション(田中・塩見・鈴木)

351 有効応力解析における土の構成式に関する研究(その4) 構成式の比較検討(塩見・田中・畑中・鈴木)

352 二相系地盤モデルによる砂層の液状化解析(利波・柳澤・青木)

353 INS モデルの液状化解析への適用について(森尾・塚本・兵動)

354 マルチメカニズムモデルによる液状化実験のシミュレーション(吉田・藤井・後藤・辻野・梅田・鈴木・塚谷・渡邊)

355 振動台実験における間隙水圧の発生特性(増井・佐々木)

356 せん断土槽による模型地盤の振動実験(社本・佐藤・石川)

357 密な砂の液状化模型振動実験と解析(石川・社本・佐藤・若原)

358 連続地中壁に囲まれた地盤の液状化抵抗(その2) 一 間隙水圧を考慮した二次元動的応答解析(石井・時松)
本セッションは、数値解析手法により液状化現象を評価していこうとする報告を主体として構成されている。以下、順を追って各報告内容について述べる。

348 は個別要素法を用いて粒状体の液状化解析を行い、水圧の上昇や応力分布について考察した報告であり、水と粒子との相互作用を考慮した点に新規性が認められる。この種の解析は演算時間や取り扱う粒子数などを考えると要素試験への適用という面で新境地が開けそうで、例えば試験による評価の困難な粗粒材の液状化現象などの解明に寄与できるのではないかと思われる。349 は海底地盤での一次的な水圧変動による液状化に関し、著者らが提案した理論式の検証結果を述べたものである。液状化は水圧伝播の位相遅れによりもたらされること、また同時に体積圧縮も生じることなどを明らかにしている。今後、液状化の発生条件をより簡便な形で提示されることが期待される。350 は Pastor らの構成式を導入した動的有効応力解析手法による模型振動実験のシミュレーション結果について述べたものである。この種の解析を行う上でのポイントの一つは極低拘束圧下での材料定数の決定法であるが、ここでは液状化強度曲線からの同定という方法を採用している。計算と実験とでは特に最大過剰間隙水圧について良い対応が認められているが、水圧の上昇速度については思わしくなく、物性面も含めて今後の検討課題であろう。351 は4種類の土の構成式を取り上げ、それらの特徴を応力経路や応力-ひずみ関係などについて述べたもので、特にその中でいずれの構成式も履歴特性のモデル化が十分ではないことを指摘している。数多くの構成式が提案されている中で、この様な特徴を把握し、適用性を検討していく研究は貴重なものと言える。352 は異方硬化型の構成式を導入した動的解析手法により、地震観測の数値シミュレーションを実施した結果について述べたもので、実測結果(変位、水圧)と良い対応がみられたと報告している。地震の規模が小さすぎるくらいはあるが、実地盤を対象として手法の適用性を検証した貴重な報告である。353 は Mrotz らの提案する構成式で、非排水せん断挙動を表現するためのパラメーターの効き方を想定地盤モデルを対象とした液状化解析を通して考察したものである。構成式の適用面から貴重な知見を提示しているが、要素試験を対象とした検討もあれば一層理解しやすかったと思われる。354 は石原らの提案する構成式に含まれるパラメーターの選定方法と解析精度

を振動台実験の数値シミュレーションを通じて検討したものである。350と同様に液状化強度曲線からパラメータを推定し用いているが、実験結果との対応はあまり良くないようである。355は大型振動台を用いた液状化実験の結果から過剰間隙水圧の発生特性をせん断応力とせん断ひずみとの関係から考察したもので、過剰間隙水圧はせん断ひずみ、特に体積変化に実質的に寄与するものと定義される累積せん断ひずみによりユニークに表示されると結論づけている。356は理想的なせん断挙動が得られるように工夫したせん断土槽についての報告であり、上下振動をベアリングにより拘束することで様なせん断振動が得られたと述べている。また、357はこの振動台実験を対象とした数値シミュレーションに関する報告である。著者らの提案する動的応答解析手法の妥当性について検討したもので密な砂地盤の動的応答を良く模擬できるとしている。密な砂地盤に固有な振動特性についての記述があればさらに説得力のある報告になったものと考えられる。358は水圧上昇に伴うせん断剛性の低下を考慮しうるように等価線形解析コードを改良した手法の紹介と、連続地中壁を含む模型振動台実験の解析結果について述べたものである。実用面で価値ある手法と思われるが、非線形動的解析手法による結果との比較を通じてその位置付けが一層明確になっていくものと思われる。

今回の報告でも明らかなように、液状化現象を数値解析的に表現することは可能になってきたものと言える。ただし、実際問題への適用という見地からは幾つかの課題を残している。総括者およびフロアーからのコメントにもあったように各種構成式と解析手法の適用性に関する比較・検討を行う時期に来ているものと思われる。

運輸省 善 功 企

- 372 水中構造物の地震時滑動に関する振動台実験(金谷・西・青山・飯島・玉野)
- 373 液状化地盤の管軸直角方向ばね定数に関する実験(宮島・北浦)
- 374 シールドトンネル軸方向の耐震性の一検討(清宮・千葉)
- 375 フィルダム地震時挙動解析事例に基づく2,3の考察(田中・会田・山田・柚木・和田)
- 376 重力式擁壁の地震時安定性について(篠原・小池・荒川・姫野・木村)
- 377 群設 LNG 地下式貯槽の地震時挙動の検討(渡辺・小山・草野・河野)
- 378 動的問題における地盤物性定数の逆解析(飯田・荒井)
- 379 室内試験による地盤反力係数の解析(片田・佐藤・萩野)
- 380 振動実験用地盤模型材料としてのシリコンゴムの動特性(丹羽・八幡・越井)

381 飽和砂礫地盤の振動台実験と非線形震動解析(当麻・金谷・西・黒田・青木)

本セッションでは10編の論文が発表されている。これらの論文を大別すると、1)土および土-構造物系の動的変形問題に関するものが6編(373, 374, 378, 379, 380, 381), 2)地震時の動水圧, 主働土圧に関するものが2編(372, 376), 3)フィルダム, LNGタンクに関する事例報告が2編(375, 377)である。これらの研究はそれぞれの分野で貴重なものであり、以下にその概要を示す。

373は液状化地盤の埋設管軸直角方向ばね定数に関する振動台実験結果で、379はマイクロ・コンピューターと動的試験機を接続して、相互にフィードバックしながら室内試験により地盤反力係数を求める方法を提案したものである。これらの研究では、かなり単純化した土-構造物系モデルが考えられているが、実際の構造物境界の地盤の変形パターンをより忠実にモデル化した実験を行う必要があるものと思われる。374はシールドトンネル軸方向の耐震性に関する数値実験結果で、シールドトンネルを多質点系モデルとして静的弾性解析を行って断面力等を求めている。今後、静的解析と動的解析の相違・類似点を明確にする必要があるものと思われる。

378は実際問題に対応できる動的物性定数の逆解析手法の提案である。実際のより複雑な条件下における逆解析手法の適用性についての研究が期待される。380は模型実験に用いるための低剛性・低減衰のシリコンゴムの開発を目的としてその動的変形特性について実験により調べたものである。振動数に依存しない減衰定数を持つシリコンゴムの開発が期待される。

381は飽和砂礫地盤を対象に、振動台実験と応答解析により求められる加速度を比較して、解析手法の妥当性を検証したものである。模型地盤の動的物性が適切にモデル化されれば、大ひずみ域での応答を非線形震動解析によって良く表すことができると述べられている。

372は水中構造物の滑動前後の地震時動水圧を振動台実験により調べたものである。滑動後の構造物の応答加速度および動水圧は、滑動前の3~5割に低下することが報告されている。設計において滑動の影響を考慮するためには、滑動量と加速度および動水圧との定量的関係の解明が不可欠であろう。376は地震時主働土圧に関する遠心力模型実験結果について報告したものである。地震時主働土圧は物部・岡部式により得られるが、合土圧の作用点はやや壁体上方に位置することが報告されている。これは現行の設計法が転倒に対して危険側であることを意味しており、重大な指摘である。また、別のセッションでは、物部・岡部式に対する否定的な論文が発表されており、両論文の相違点に関する討議が行われた。今後の研究の進展を期待したい。

375は完成後13年を経過したロックフィルダムの地震時

一般報告

安全性評価を行った事例報告である。せん断波速度の時間効果、不攪乱試料による動的強度試験の重要性、ダムの地震時変形解析法等が述べられている。377は群設LNG地下式貯槽、隣接した2貯槽およびその周辺地盤における過去5年間の地震観測結果についての貴重な報告である。地盤および側壁頂部の加速度応答特性、動土圧特性、貯槽の変形特性などの観測結果が示されている。今後の定量的な解析が期待される。

フジタ工業㈱ 波田光敬

382 排水機能を有する補強材による耐震補強についての基礎的研究(岡本・古賀・伊藤・越智・遠藤・黒田)

383 柱状構造物の液状化現象(その1)(斉藤・中野・服部・吉川・荒野)

384 柱状構造物の液状化現象(その2)(吉川・荒野・中野・服部・斉藤)

385 人孔部の液状化対策工法に関する研究—浮き上がりおよび人孔部重量の影響について—(伊藤・土山・杉本・鳥井原)

386 孔あき杭による既設岸壁の液状化対策に関する模型実験(飯田・野田・喜田・才村)

387 孔あき杭の液状化抑止に関する模型実験(喜田・野田・飯田・飯村)

388 深層混合処理工法による砂地盤の液状化対策に関する模型振動実験(その2)—格子状改良地盤の液状化抑制効果について—(榎田・古賀・松尾・伊藤・鈴木)

389 深層混合処理工法による掘割道路の液状化対策に関する模型振動実験(その2)—動的外力に関する考察—(鈴木・古賀・古関・中角・松田)

390 深層混合処理工法による掘割道路の液状化対策に関する模型振動実験(その3)—等価線形応答解析の適用性に関する考察—(古関・古賀・中角・松田・鈴木)

391 地中構造物の浮上現象(その1)(服部・中野・鈴木・斉藤・吉川・荒野)

392 地中構造物の浮上現象(その2)(鈴木・中野・服部・斉藤・吉川・荒野)

本セッションの11編は液状化対策に関するものであり、数値解析の1編を除き、いずれもせん断試験や模型実験により、地盤および構造物の特性や対策工の効果などについて検討されている。これらを、原理および工法の観点から分類すると、次のように大略区分できよう。

原 理	工 法
密度の増大 粒土改良または固結 飽和度の低下 間隙水圧の消散	深層混合処理 388, 389, 390 地下水位低下 391, 392 碎石ドレーン 383, 384 孔あき鋼管杭 386, 387
(せん断)変形の抑制 拘束圧の増加	補強材 382: ポスターセッション 重量化構造物 385

*各工法は1つの原理だけを用いているとは限らない

382は、鉄筋などの棒状補強材による引張り補強としての静的補強効果(見かけ上の拘束圧の増加)が、繰返しせん断時にも拡張でき、液状化対策工法となりうる可能性を示したものである。この工法は、補強材を地盤に挿入するものであり、既設構造物の直下地盤への対策としても期待される。

383は、液状化時の電柱の挙動について調べたものであり、384はその対策として、根入れ部に設置した碎石の効果について検討したものである。その結果、電柱の振動などに対しても、碎石ドレーンの形状が保たれる形式が優れていると報告されている。なお敷地が狭く、件数の多い電柱という特殊性から、プレキャスト化された施工法が要請されてくると思われる。

385, 391, 392はマンホールなどの地中構造物の浮上現象を調べたものである。浮上時の力の釣り合いについては、既に他の研究機関により浮き上がり安全率などの形で報告されているが、385は揚力・自重・摩擦力を有効応力で表して、これを再確認し、浮上対策の1つとして構造物の重量化に着目している。391, 392は、地下水位低下による浮上防止効果を検討したものである。392では、浮上に伴うマスバランスから、実験で観察されたマンホール直下の地盤の側方流動量を算定し、液状化層の側方流動を浮上要因として改めて指摘している。なお、391で施工法の質問があったが、工法ではなく、マンホール設置箇所での対策工の必要性を判定する指標の1つとして、地下水位に着目しているとのことであった。

これまで地盤の液状化により、杭の水平抵抗は低下することが知られているが、386, 387では、孔を開けた鋼管杭が排水機能をもった剛性杭として評価されており、過剰間隙水圧の消散と水平抵抗により、既設重力式岸壁などの構造物直下地盤の液状化対策として効果のあることを報告している。なお実験において、孔を開けない組杭式では、効果が低いとの答えがあった。

388~390は、深層混合処理工法による一連の研究に関するものである。388は、この工法による改良体形式のうち最良とされた格子状改良の間隔について検討したものである。389は、液状化時の掘割道路の浮上防止対策として、道路両脇を改良する形式で、道路・改良体および道路下の未改良地盤に作用する動的外力などについて調べたものである。その結果、改良幅により多少の差異はあるものの、周辺地盤が液状化した時点では、これらに作用する全側圧(土圧+水圧)は全慣性力と同位相となることがわかり、これらを一体化した構造物として安定解析する際の外力の取扱い方を提案している。なお、液状化防止効果として道路直下の過剰間隙水圧を指標とされているようであるが、掘割模型の浮上量についても知りたいところである。390は389などの模型実験を数値シミュレーションしたものであり、実務への発展が期待される。388でせん断土槽では

どうか？、389で土圧と慣性力の位相関係などの質疑討論があった。

最後に座長より、近々の米国の動向、今後の液状化対策に関する研究の方向・展望などについて貴重なコメントがなされた。

総括

豊橋技術科学大学 栗林栄一

精緻化が進んだ動的問題の研究では手法および対象がともにも多岐にわたっている。一つの見方として土または地盤の究極の動的な性質を抜きにして議論は進まない状況を迎えているのではないだろうか。

念のために過去、約2年間(1986年4月～1988年6月)に文献検索システム JICST に登録されている土質工学会論文報告集および ASCE の Journal of Geotechnical Engineering に掲載された動的問題に関する論文数の分布状況を、今回の研究発表会において発表された53編(内1編はポスターセッション)の分布状況と対比して示すと表-1のようになった。

表中の課題の括りや論文の仕分けには若干の主観が混じることによって御寛容を願って吟味してみると次のようなことがいえる。

まず地盤等の液状化関係の課題が群を抜いており、3者いずれにおいてもそれぞれの総数の半数近くを占めている。今日では、この課題が動的問題の中心課題の一つになっているといっても過言ではなからう。なお、地盤・斜面の地

表-1 動的問題における課題別論文編数

課題	時期 発表誌等	JICST 1986.4~1988.6		
		1988.6 第23回研究 発表会	土質工学会 論文報告集	ASCE, Jour. Geotech.
地盤・斜面の地震応答		0 ^(注)	3	0
地盤等の液状化関係		24	5	6
動的相互作用		6	0	3
基礎工の耐震性		7	0	1
構成則関係		2	2	2
動水圧・動土圧		4	0	1
動的試験等		3	1	2
工種別耐震工法		5	1	1
振動障害		2	0	0
合計		53	12	16

(注) ここで対象とする53編の発表以外のほかの動的問題の部会で多数の発表がある。

震応答も一つの中心課題であろうが、ここに採り上げる53編の発表を含まないほかの動的問題の部会で数多くの発表がなされている。

ついで動的相互作用や基礎工の耐震性にも多数の関心が寄せられている。また土の力学的構成則に関する課題の発表の数は多いとはいえないが、液状化に関する課題の発表の多くは構成則を下敷としている点から考えると、構成則に関する課題へと研究意欲あるいは関心が次第に傾きつつあるのではないか。

つまり、地盤の液状化判定のための便宜的指標の殖え過ぎ、つまり「過ぎたるは及ばざるが如し」の状況に対する幾人かの研究者の見通しに関係する事柄ではないかと推量される。このような状況を突破して、果たして弾性論、塑性論、流動の理論、流体の理論、ボイル・シャルルの法則など物理学と化学の諸原理を包含する統一場の構築が可能なのであろうか、興味の尽きないところである。

更に念のために、土木学会論文集第3部門と建築学会論文報告集における土の動的な問題に関する論文の分布状況を JICST によって、比較のため前述と同時期について調べた結果は次のとおりであった。土木学会では18編中、液状化を扱った論文が3編、構成則を扱った論文が1編であり、建築学会では14編中、液状化が1編、構成則については皆無であった。

このように見てくると、土の力学的構成則に関しては、土質工学会に対して学界全体から強い関心と大きな期待が寄せられているのではないかと考えられる。すでに学会内では委員会においてこの課題が積極的に吟味検討されていると漏れ伺っているが、今後も公的な研究費を積極的に導入するなどあらゆる施策を講じ、最先端の知識の獲得のために気鋭の研究者を糾合してより一層活発な研究に取り組みを期待するところである。

紙数の多くを構成則の課題に割いたが、これに限らず、動的相互作用あるいは基礎工の耐震性に関しては傾聴に値する多くの研究成果が示され、今後の進展が期待される。動土圧、動水圧、動的試験等、工種別耐震工法、振動障害、これらに関しても多くの知見がもたらされ、工学の基礎あるいは応用技術として大輪の花の咲き誇る日の近いことを大いに期待したい。

熱的性質

一般報告

北海学園大学 武市 靖

393 凍上試験方法の改良に関する実験(水島・久保・斎藤・五十嵐)

394 有機物含有量が異なる泥炭の凍上特性について(多

田・神谷)

395 セメントおよび消石灰を添加した細粒土の凍上特性(瓦川・奥田・了戒・加藤)

396 セメント系固化材による処理土の凍上試験(堤・河野)

397 コンクリート製小形U-トラフに加わる横方向凍上