

新耐震設計法の開発

49-Ⅲ-1-(1)・土・報・委・2

49-Ⅲ-1-(2)・土・報・委・2

49-Ⅲ-2-(3)・土・報・委・1

49-Ⅳ-1-(3)・土・報・委・1

土木研究所資料第1044号

昭和49年度 総合技術開発プロジェクト

耐震技術に関する研究開発報告書

- 橋脚の弾塑性特性に関する研究—
- 橋脚の動的挙動に関する研究—
- 土木構造物材接合部の耐震強度に関する研究—
- 橋梁下部工と地盤の動的相互作用に関する研究—

昭和50年3月

建設省土木研究所

序 文



建設省においては、昭和47年度から総合技術開発プロジェクトを設け、現在「新耐震設計法の開発」・「海洋構造物建設技術の開発」・「新道路交通システムの開発」および「住宅性能総合評価システムの開発」に関する研究開発を実施しております。

これらのプロジェクトは、昭和45年度発足した建設技術開発会議の答申に基づいて創設されたものであります。

総合技術開発プロジェクトは、建設技術に関する主要な研究開発課題のうち、行政上重要であり、かつ、多領域にわたる総合的な課題について国および民間等が緊密な協力のもとに計画的・組織的に研究開発を実施し、建設技術水準の向上を図り、もって国土の開発と保全に資するものであります。

上記プロジェクトのうち「新耐震設計法の開発」は、最近における地震学・地震工学分野の研究の進展、サンフェルナンド地震・マナグア地震等による震害の教訓等耐震技術の改良を促す各界の情勢に対応して、地震防災対策の一環として新しい耐震設計技術を緊急に開発することを目的としたものであります。

このプロジェクトの重要な課題の一つとして各種構造物等の耐震設計法の確立がとりあげられております。このたびその一環として、建設省土木研究所を通じて財団法人国土開発技術研究センターに構造物および部材の耐震性向上に関する調査研究を委託し、昭和48年度以降、同センターに「耐震技術開発研究委員会」を設立して、多方面からご検討を願っております。

この報告書は、上記委員会の第2年度（昭和49年度）の成果をとりまとめたものであります。ここに示された成果は構造物および部材の耐震性の向上に多大の貢献をするものと期待されます。

最後に上記委員会の活動にご協力いただいている委員各位、国土開発技術研究センターの担当者、その他関係各位に厚く御礼申し上げますと同時に、引続きご協力をお願い致す次第であります。

昭和50年3月

建設省土木研究所長

川 上 賢 司

まえがき

本研究委員会における耐震技術に関する研究開発は、第2年度を終了するに当たり、その成果が耐震技術の着実な向上発展に貢献しうることを喜びとするものであります。本年度は、基礎構造ならびに鉄筋コンクリートおよび鋼部材の耐震性に係わる実験と解析から橋脚の耐震設計法および耐力の評価の合理化に関して多大の成果を挙げると共に入力地震動および動的相互作用についても成果を得ることができました。これらの成果が各種の構造物の耐震性向上に及ぼす影響は測り知れぬものがあります。明年度以降も引き続き研究開発を発展させ結実させていくことが望まれるところであります。

しかしながら最近の諸情勢からは、地震防災技術における耐震技術のより明確な位置づけが求められております。このような状況に鑑み、耐震技術に関する研究開発は、地震防災技術の一環として研究開発の針路をとるべきものと考えられます。したがって本年度までの研究成果はもとより、内外の知識を広く取り入れて、より一層活発に研究開発に取り組み、充実した成果を生み、地震防災技術の向上発展に積極的に寄与することが期待されます。

最後に、本研究委員会に御参加下さり、御協力を惜しまれなかった委員、幹事の各位ならびに関係各位に厚く御礼申しあげると共に、今後もより一層の御支援を賜りますようお願い申し上げます。

昭和50年3月

耐震技術開発研究委員会

委員長 岡 本 舜 三

耐震技術開発研究委員会委員名簿

氏 名	所 属	〒 所 在 地	電 話
委 員 長 岡 本 舜 三	埼玉大学	338 浦和市下大久保	0488-52-2111
副委員長 久 保 慶三郎	東京大学生産技術研究所	106 港区六本木7-22-1	03-402-6231
委 員 伊 東 茂 富	大成建設株式会社	104 中央区銀座2-5-11	03-567-1511
◇ 伊 藤 学	東京大学工学部	113 文京区本郷7-3-1	03-812-2111
◇ 石 原 研 而	東京大学工学部	◇ ◇	◇
◇ 梅 村 魁	東京大学工学部	◇ ◇	◇
◇ 大久保 忠 良	建設省土木研究所構造橋梁部	280 千葉市穴川4-12-52	0472-51-1251
◇ 尾 坂 芳 夫	東北大学工学部	980 仙台市荒巻字青葉	0222-22-1800
◇ 川 上 賢 司	建設省土木研究所	113 文京区本駒込2-28-32	03-942-2141
◇ 川 崎 偉志夫	本州四国連絡橋公団	105 港区芝西久保城山町1	03-434-7281
◇ 後 藤 尙 男	京都大学工学部	605 京都市左京区吉田本町	075-751-2111
◇ 鈴 木 俊 男	東京都建設局	100 千代田区丸の内3-5-1	03-212-7711
◇ 玉 野 治 光	首都高速道路公団保全施設部	100 千代田区霞ヶ関1-4-1 日土地ビル	03-502-7311
◇ 田 村 重四郎	東京大学生産技術研究所	106 港区六本木7-22-1	03-402-6231
◇ 中 野 清 司	建設省建築研究所第三研究部	160 新宿区百人町3-28-8	03-361-4151
◇ 伯 野 元 彦	東京大学地震研究所	113 文京区弥生1-1-1	03-812-2111
◇ 福 岡 正 己	東京大学工学部	113 文京区本郷1-3-1	03-812-2111
◇ 柳 田 力	建設省土木研究所地質化学部	113 文京区本駒込2-28-32	03-942-2141
◇ 山 田 善 一	京都大学工学部	606 京都市左京区吉田本町	075-751-2111
◇ 吉 田 厳	建設省宇都宮国道工事事務所	320 宇都宮市平松町504	0286-34-9151
◇ 前 川 喜 寛	(財)国土開発技術研究センター	105 港区芝琴平町40	03-503-0391
幹 事 国 広 哲 男	建設省土木研究所構造橋梁部	280 千葉市穴川4-12-52	0472-51-1251
◇ 栗 林 栄 一	建設省土木研究所構造橋梁部	◇ ◇	◇
◇ 駒 田 敬 一	建設省土木研究所構造橋梁部	◇ ◇	◇
◇ 成 田 信 之	建設省土木研究所構造橋梁部	◇ ◇	◇
◇ 太 田 実	建設省土木研究所地質化学部	113 文京区本駒込2-28-32	03-942-2141
◇ 岩 崎 敏 男	建設省建築研究所国際地震工 学部併土木研究所構造橋梁部	160 新宿区百人町3-28-32	03-361-4151
◇ 飯 田 裕	建設省土木研究所構造橋梁部	280 千葉市穴川4-12-52	0472-51-1251
◇ 松 野 三 明	(財)国土開発技術研究セン ター研究部	105 港区芝琴平町40	03-503-0391
◇ 坂 江 利 彦	(財)国土開発技術研究セン ター研究部	◇ ◇	◇

耐震技術開発研究委員会 基礎工部会委員名簿

	氏 名	所 属	〒	所 在 地	電 話
部 会 長	鈴木 俊 男	東京都建設局	100	千代田区丸の内 3-5-1	03-212-7711
部会長代行	玉 野 治 光	首都高速道路公団保全施設部	100	千代田区霞ヶ関 1-4-1 日土地ビル内	03-502-7311
前部会長代行	吉 田 巖	建設省宇都宮国道工事事務所	320	宇都宮市平松町 504	0286-34-9151
委 員	井 上 嘉 信	清水建設株式会社越中島研究所	135	江東区深川越中島 3-4-7	03-643-4311
〃	宇 都 一 馬	東海大学工学部	259-12	平塚市北金月	0463-58-1211
〃	江 見 晋	阪神高速道路公団大阪第三建設部	552	大阪市港区築港 2-1 第一大阪湾ビル	06-573-8451
〃	岸 田 英 明	東京工業大学工学部	152	目黒区大岡山 2-12-1	03-726-1111
〃	倉 田 進	新日本製鉄株式会社相模原技術センター	229	相模原市相原 1260	0427-72-1111
〃	後 藤 尚 男	京都大学工学部	606	京都市左京区吉田本町	075-751-2111
〃	坂 井 秀 正	住友金属工業株式会社建設プロジェクト部	100	千代田区丸の内 1-3-2 新住友ビル内	03-282-6210
〃	阪 口 理	建設省建築研究所第 4 研究部	160	新宿区百人町 3-28-8	03-361-4151
〃	沢 口 正 俊	運輸省港湾技術研究所土質部	239	横須賀市長瀬 3-1-1	0468-41-5410
〃	嶋 文 雄	川崎製鉄株式会社土木開発部	100	千代田区有楽町 1-11 新有楽ビル内	03-212-4511
〃	田 村 浩 一	日本国有鉄道技術研究所構造物研究室	185	国分寺市光町 3	0425-72-2151
〃	立 石 哲 郎	日本钢管株式会社第二重工設計部	230	横浜市鶴見区末広町 2-1	045-511-1331
〃	野 口 義 政	北海道開発局土木試験所第二研究部	060	札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目	011-841-1111
〃	藤 田 圭 一	株式会社間組研究開発局	107	港区北青山 2-5-8	03-405-1111
〃	松 本 忠 夫	阪神高速道路公団計画部	541	大阪市東区北久太郎町 4-68 大阪センタービル	06-252-8121
〃	三 瀬 純	日本道路公団技術部	105	港区新橋 1-1-13	03-503-0111
〃	宮 岡 正	久保田鉄工株式会社パイプ技術研究所	660	尼崎市大浜町 2-26	06-416-1261
〃	湯田坂 益 利	大成建設株式会社技術研究部	104	中央区銀座 2-5-11	03-567-1511
諮詢委員	大久保 忠 良	建設省土木研究所構造橋梁部	280	千葉市穴川 4-12-52	0472-51-1251
〃	栗 林 栄 一	建設省土木研究所構造橋梁部	〃	〃	〃
〃	駒 田 敬 一	建設省土木研究所構造橋梁部	〃	〃	〃
〃	岩 崎 敏 男	建設省建築研究所国際工学部(併)土木研究所構造橋梁部	160	新宿区百人町 3-28-8	03-361-4151
〃	岡 山 義 人	建設省土木研究所構造橋梁部	280	千葉市穴川 4-12-52	0472-51-1251
〃	龍 岡 文 夫	建設省土木研究所構造橋梁部	〃	〃	〃
〃	山 川 朝 生	建設省道路局企画課(前土木研究所構造橋梁部)	100	千代田区霞ヶ関 2-1-3	03-580-4311
〃	岡 原 美知夫	建設省土木研究所構造橋梁部	280	千葉市穴川 4-12-52	0472-51-1251
センター幹事	松 野 三 朗	(財)国土開発技術研究センター研究部	105	港区芝罘平町 40	03-503-0391
〃	坂 江 利 彦	(財)国土開発技術研究センター研究部	〃	〃	〃

耐震技術開発研究委員会 コンクリート部会委員名簿

氏 名	所 属	〒	所 在 地	電 話
部 会 長 伊 東 茂 富	大成建設株式会社	104	中央区銀座2-5-11	03-567-1511
部会長代行 尾 坂 芳 夫	東北大学工学部	980	仙台市荒巻字青葉	0222-22-1800
委 員 池 田 尚 治	東京都立大学工学部	158	世田谷区深沢2-1-1	03-717-0111
〃 石 黒 吉 男	日本国有鉄道構造物設計事務所	151	渋谷区代々木2-2-6	03-379-4530
〃 岡 村 甫	東京大学工学部	113	文京区本郷7-3-1	03-812-2111
〃 角 田 与史雄	北海道大学工学部	060	札幌市北区北13条西3丁目	011-711-2111
〃 小 寺 重 郎	八千代エンジニアリング株式会社	153	目黒区中目黒1-10-21	03-715-1231
〃 関 博	運輸省港湾技術研究構造部	239	横須賀市長瀬3-1-1	0468-41-5410
〃 田井戸 米 好	阪神高速道路公団工務部	541	大阪市東区北久太郎町4-68 大阪センタービル	06-252-8121
〃 西 山 啓 伸	首都高速道路公団工務部	100	千代田区霞ヶ関1-4- 日土地ビル	03-502-7311
〃 広 沢 雅 也	建設省建築研究所第三研究部	160	新宿区百人町3-28-8	03-361-4151
〃 藤 井 学	神戸大学工学部	657	神戸市灘区六甲台町	078-881-1212
〃 三 浦 尚	東北大学工学部	980	仙台市荒巻字青葉	0222-22-1800
〃 三 瀬 純	日本道路公団技術部	105	港区新橋1-1-13	03-503-0111
〃 渡 辺 明	九州工業大学工学部	804	北九州市戸畑区仙水町1-1	093-871-1931
委 託 者 側 員	大久保 忠 良	建設省土木研究所構造橋梁部	280 千葉市穴川4-12-52	0472-51-1251
〃	柳 田 力	建設省土木研究所地質化学部	113 文京区本駒込2-28-32	03-942-2141
〃	国 広 哲 男	建設省土木研究所構造橋梁部	280 千葉市穴川4-12-52	0472-51-1251
〃	栗 林 栄 一	建設省土木研究所構造橋梁部	〃 〃	〃
〃	太 田 実	建設省土木研究所地質化学部	113 文京区本駒込2-28-32	03-942-2141
〃	小 林 茂 敏	建設省土木研究所地質化学部	〃 〃	〃
〃	朝 倉 肇	建設省土木研究所構造橋梁部	280 千葉市穴川4-12-52	0472-51-1251
〃	川 島 一 彦	建設省土木研究所構造橋梁部	〃 〃	〃
〃	小 林 保	建設省土木研究所地質化学部	113 文京区本駒込2-28-32	03-942-2141
センター幹事	松 野 三 朗	(財)国土開発技術研究センター研究部	105 港区芝罘平町40	03-503-0391
〃	坂 江 利 彦	(財)国土開発技術研究センター研究部	〃 〃	〃

耐震技術開発研究委員会 鋼構造部会委員名簿

	氏 名	所 属	〒 所 在 地	電 話
部 会 長	川 崎 偉志夫	本州四国連絡橋公団	105 港区芝西久保城山町 1	03-434-7281
部会長代行	伊 藤 学	東京大学工学部	113 文京区本郷7-3-1	03-812-2111
委 員	秋 山 成 興	埼玉大学理工学部	338 浦和市下大久保 255	0488-52-2111
〃	石 沢 成 夫	株式会社宮地鉄工所鋼構造研究所	135 江東区新砂町 2-2-8	03-645-1141
〃	大 浜 昭 次	新日本製鉄株式会社相模原技術センター	229 相模原市相原 1260	0427-72-1111
〃	加 藤 勉	東京大学工学部	113 文京区本郷7-3-1	03-812-2111
〃	加 藤 正 晴	首都高速道路公団工務部	100 千代田区霞ヶ関 1-4-1 日土地ビル内	03-502-7311
〃	沢 井 広 之	本州四国連絡橋公団設計第一部	105 港区芝西久保城山町 1	03-434-7281
〃	篠 原 洋 司	建設省道路局国道第二課	100 千代田区霞ヶ関 2-1-3	03-580-4311
〃	田井戸 米 好	阪神高速道路公団工務部	541 大阪市東区北久太郎町 4-68	06-252-8121
〃	波 田 凱 夫	株式会社神戸製鋼所構造研究所	660 尼崎市道意町 6-32	06-416-3451
〃	西 野 文 雄	東京大学工学部	113 文京区弥生 2-11-16	03-812-2111
〃	福 本 秀 士	名古屋大学工学部	464 名古屋市千種区不老町	052-781-5111
〃	三 瀬 純	日本道路公団技術部	105 港区新橋 1-1-13	03-503-0111
〃	山 崎 徳 也	川崎製鉄株式会社鋼構造研究所	281 千葉市長沼町 351	0472-59-3011
委託者側員	大久保 忠 良	建設省土木研究所構造橋梁部	280 千葉市穴川 4-12-52	0472-51-1251
〃	国 広 哲 男	建設省土木研究所構造橋梁部	〃 〃	〃
〃	栗 林 栄 一	建設省土木研究所構造橋梁部	〃 〃	〃
〃	成 田 信 之	建設省土木研究所構造橋梁部	〃 〃	〃
〃	太 田 実	建設省土木研究所地質化学部	113 文京区本駒込 2-28-32	03-942-2141
〃	佐 伯 彰 一	建設省土木研究所構造橋梁部	280 千葉市穴川 4-12-52	0472-51-1251
〃	藤 原 稔	建設省土木研究所構造橋梁部	〃 〃	〃
〃	飯 田 裕	建設省土木研究所構造橋梁部	〃 〃	〃
〃	池 村 雅 司	建設省土木研究所構造橋梁部	〃 〃	〃
〃	井 上 啓 一	建設省土木研究所構造橋梁部	〃 〃	〃
センター幹事	松 野 三 朗	(財) 国土開発技術研究センター研究部	105 港区芝罘平町 40	03-503-0391
〃	城 江 利 彦	(財) 国土開発技術研究センター研究部	〃 〃	〃

耐震技術開発研究委員会 地震力・地盤部会委員名簿

	氏 名	所 属	〒 所 在 地	電 話
部 会 長	久 保 慶三郎	東京大学生産技術研究所	106 港区六本木7-22-1	03-402-6231
部会長代行	伯 野 元 彦	東京大学地震研究所	113 文京区弥生1-1-1	03-812-2111
◇	石 原 研 而	東京大学工学部	113 文京区本郷7-3-1	◇
委 員	片 山 恒 雄	東京大学生産技術研究所	106 港区六本木7-22-1	03-402-6231
◇	勝 又 護	気象庁観測部	100 千代田区大手町1-3-4	03-212-8341
◇	小 林 啓 美	東京工業大学工学部	152 目黒区大岡山2-12	03-726-1111
◇	田 村 重四郎	東京大学生産技術研究所	106 港区六本木7-22-1	03-402-6231
◇	土 田 肇	運輸省港湾技術研究所構造部	236 横須賀市長瀬3-1-1	0468-41-5410
◇	堤 一	電力中央研究所地盤技術第2研究所耐震第二研究室	270-11 我孫子市我孫子1646	0471-82-1181
◇	土 岐 憲 三	京都大学防災研究所	611 宇治市五ヶ庄	0774-32-3111
◇	原 田 健 久	建設省国土地理院	153 目黒区東山3-24-13	03-713-0141
◇	山 田 善 一	京都大学工学部	606 京都市左京区吉田本町	075-751-2111
委 託 者 側 員	大久保 忠 良	建設省土木研究所構造橋梁部	280 千葉市穴川4-12-52	0472-51-1251
◇	国 広 哲 男	建設省土木研究所構造橋梁部	◇ ◇	◇
◇	栗 林 栄 一	建設省土木研究所構造橋梁部	◇ ◇	◇
◇	駒 田 敬 一	建設省土木研究所構造橋梁部	◇ ◇	◇
◇	岩 崎 敏 男	建設省建築研究所国際地震工学部併土木研究所構造橋梁部	113 新宿区百人町3-28-8	03-361-4151
◇	佐 伯 彰 一	建設省土木研究所構造橋梁部	280 千葉市穴川4-12-52	0472-51-1251
◇	飯 田 裕	建設省土木研究所構造橋梁部	◇ ◇	◇
◇	若 林 進	建設省土木研究所構造橋梁部	◇ ◇	◇
センター幹事	松 野 三 朗	(財)国土開発技術研究センター研究部	105 港区芝琴平町40	03-503-0391
◇	城 江 利 彦	(財)国土開発技術研究センター研究部	◇ ◇	◇

委員会活動の経過

1) 耐震技術開発研究委員会

幹事会

昭和49年5月29日

- 今年度委員会・各部会の運営方針の検討

第3回委員会

昭和49年7月 2日

- 昭和48年度報告
- 昭和49年度委員会運営および研究開発計画説明

第4回委員会

昭和50年3月18日

- 昭和49年度部会報告および討議

2) 基礎工部会

第1回部会（水郷大橋見学）

昭和47年7月 9日

- 昭和49年度の活動方針の審議
- 水郷大橋（建設省）の下部工事（矢板式基礎工法）の現場調査

第2回部会

昭和49年10月30日

- 矢板式基礎の継手強度試験結果の審議
- 矢板式基礎の載荷試験解析（ α -補間法）結果の審議
- 矢板式基礎の継手強度試験計画書（土木研究所）の審議
- 矢板式基礎の模型実験計画書（案）（阪神公団）の審議

第3回部会

昭和50年3月6日

- 矢板式基礎の模型実験（阪神公団）の見学
- 国道51号線水郷大橋現場見学
- 矢板式基礎の模型実験（阪神公団）の審議
- 矢板式基礎の構造解析法の審議

幹事会

第1回

昭和49年 6月25日

" 2 "

" 7月17日

" 3 "

" 8月20日

" 4 "

" 9月30日

" 5 "

" 12月23日

" 6 "

昭和50年 1月21日

" 7 "

" 2月17日

" 8 "

" 3月11日

" 9 "

" 3月17日

3) コンクリート部会

第1回部会

昭和49年8月19日

- 昭和48年度耐震技術に関する研究開発報告
- 昭和49年度各部会の研究開発計画について(紹介)
- 昭和49年度コンクリート部会研究開発計画について
- コンクリート部会の49年度実験計画について

第2回部会

昭和49年11月9日

- 耐震技術開発研究委員会の活動経過報告
- 東京湾横断道路沈埋トンネルの耐震設計について
- 鉄筋コンクリート構造物の地震時限界状態について

第3回部会

昭和50年2月1日

- 建築部門における耐震技術開発の現況について
- RC構造物耐震設計基準作成の骨子について

第4回部会

昭和50年2月28日

- RC部材のねじりに関する検討
- RC構造物の重要物の重要度の考え方について
- 49年度コンクリート部会研究成果のとりまとめについて

幹事会

第1回

昭和49年5月18日

" 2 "

" 6月22日

" 3 "

" 7月22日

" 4 "

" 8月19日

4) 鋼構造部会

第3回部会

昭和49年8月 7日

- 48年度報告書の説明
- 49年度研究開発計画および鋼構造部会研究内容の説明
- 補剛された板の耐荷力に関する最近の研究の紹介
- 補剛された板の圧縮試験計画
- 曲げと軸力をうける部材の試験計画
- くり返し荷重をける箱形断面柱の局部屈強度に関する基礎的研究委託案
- 曲げモーメントと軸方向力を受ける鋼管柱の強度に関する委託案

第4回部会

昭和49年10月16日

- 補剛された板の圧縮試験用供試体および測定計画

- 曲げと軸力をうける部材の試験用供試体および測定計画
- 補剛された板に関する最近の研究の紹介

幹事会

第 2 回	昭和 4 9 年 7 月 1 3 日
" 3 "	" 9 月 2 日
" 4 "	昭和 5 0 年 1 月 2 2 日
" 5 "	" 2 月 1 0 日
" 6 "	" 3 月 3 日
" 7 "	" 3 月 1 3 日

5) 地震力・地盤部会

- | | |
|--|--------------------|
| 第 1 回部会 | 昭和 4 9 年 8 月 7 日 |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ 耐震技術開発研究委員会活動状況および地震力地盤部会設立趣意の説明 ○ 研究方針および工程の審議 | |
| 第 2 回部会 | 昭和 4 9 年 1 0 月 4 日 |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ 表層の地震動について ○ 相互作用の解析例について | |
| 第 3 回部会 | 昭和 4 9 年 1 2 月 2 日 |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ 地盤中の地震動について ○ 断層モデルによる地震動 | |
| 第 4 回部会 | 昭和 5 0 年 2 月 2 4 日 |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ 断層モデルによる地震動（補足） ○ 地震統計 ○ 地震危険度評価法 | |

幹事会

第 1 回	昭和 4 9 年 9 月 1 7 日
" 2 "	" 1 1 月 1 4 日
" 3 "	昭和 5 0 年 1 月 2 0 日
" 4 "	" 3 月 1 3 日

以上

序文

まえがき

委員名簿

委員会活動の経過

目 次

1. 総 説	1
1.1 概 説	1
1.2 橋脚の弾塑性特性に関する研究成果	1
1.3 橋脚の動的挙動に関する研究成果	1
1.4 構造部材接合部の耐震強度に関する研究成果	1
1.5 構造物と地盤の相互作用に関する研究成果	2
2. 基礎工部会の研究成果の概要	3
2.1 概要	3
2.2 研究内容および研究成果	3
2.3 今後の研究事項	1 2
付 2.1 審議経過	1 3
付 2.2 資料目録	1 4
3. コンクリート部会の研究成果の概要	1 5
3.1 概説	1 5
3.2 研究内容および研究成果	1 5
3.3 今後の研究事項	1 7
付 3.1 審議経過	1 8
付 3.2 資料目録	2 0
4. 鋼構造部会の研究成果の概要	2 2
4.1 概説	2 2
4.2 研究内容および研究成果	2 3
4.3 今後の研究事項	3 7
付 4.1 審議経過	4 2
付 4.2 資料目録	4 4
5. 地震力・地盤部会の研究成果の概要	4 7
5.1 概説	4 7
5.2 研究内容および研究成果	4 7
5.3 今後の研究事項	4 8
付 5.1 審議経過	5 3
付 5.2 資料目録	5 5
6. 今後の技術開発と研究方針	5 6

付属資料

1 総 説

1.1 概 説

構造物および部材の耐震性向上に関する研究開発の一環として、文献資料等の収集整理、現行基準の調査、地震動および震害の事例調査ならびに試験・解析を実施し、以下に述べる成果を得た。この成果は構造物および部材の耐震性向上に係わる指針・要綱・要領等の設定および改正に資し、多大な効果を現わすものと期待される。

1.2 橋脚の弾塑性特性に関する研究成果

鋼製橋脚について下記の成果を得た。

- (1) 箱形断面部材がくり返し荷重をうける場合の局部座屈強度を求める解析方法について見とおしを得た。
- (2) 円形断面部材が曲げモーメントと軸方向力とをうける場合の変形状および耐荷力を、断面の偏平化を考慮して求める解析方法について見とおしを得た。
- (3) 補剛材のない板で構成された箱形断面部材が曲げモーメントと軸方向力を受ける場合の非弾性挙動について、実験結果をもとにして検討を行なった。
- (4) 補剛材で補剛された板の耐荷力に関して既往の研究成果を調査し、板圧縮試験結果をもとにして耐荷力の検討を行なった。
- (5) 今後はこれらの研究をさらに進めるとともに、その成果をもとにして補剛された箱形断面橋脚および円形断面橋脚の非弾性挙動を明確に把握することが必要となろう。

1.3 橋脚の動的挙動に関する研究成果

- (1) 従来の各種の基礎工の力学的性状を兼ね備えた矢板式基礎（集成部材基礎工）の構造特性、振動特性を模型実験によって求めた。
- (2) 矢板式基礎の応力解析法を導き、モデルの力学定数の選択によって抗基礎からケーソン基礎にわたる基礎の応力解析に適用する可能性を追求した。
- (3) 矢板式基礎の実物における構造特性の調査結果、実験結果および解析結果を今後比較検討することが必要とされよう。
- (4) R C橋脚の動的解析法について分類整理した。

1.4 構造部材接合部の耐震強度に関する研究成果

- (1) 各種の基準に規定されている鉄筋コンクリート部材の耐震設計法について比較検討し、あわせて限界状態設計法についても検討した。
- (2) 交番荷重を受けるR C部材の鉄筋継手に関する実験を実施した。

(3) R C部材の耐力および変形性能に関する既往の調査研究の成果を検討した。

(4) 今後、コンクリート部材の耐震設計法の合理化に関する研究を進めることが必要とされる。

1. 5 構造物と地盤の相互作用に関する研究成果

(1) 構造物と地盤の動的相互作用に関して主として文献により調査検討した。

(2) 動的相互作用を考慮する場合、必要となる入力地震動に関して調査検討した。

(3) 今後、実例および解析により動的相互作用および入力地震動の標準化について研究を進めることが必要とされる。

2 基礎工部会の研究成果の概要

2.1 概 要

昭和49年度には、前年度に行なった(1)矢板式基礎の設計・施工例の収集(2)矢板式基礎の振動試験、載荷試験、現場応力の測定記録の収集(3)施工に伴う技術的問題点のアンケート調査の整理を受けて、以下のような調査研究を行なった。

矢板式基礎は、くいを素材とし、急速施工と機械化施工に適する工法で耐震設計上もきわめて有利な形式であると考えられ、仮締切兼用工法としても使用できる利点があるので、将来にわたって多用されるものと思われる。しかしながら矢板式基礎は、素材の鋼管矢板等を継手処理により結合した構造であるため、このような合成構造の構造特性に不明確な点が多い。矢板式基礎はくい基礎とケーソン基礎の中間の剛性を有する構造であると考えられるが、現在のところくい基礎とケーソン基礎の設計法はまだ力学的に統一されていないのが実状である。したがってこの矢板式基礎の研究は、基礎の設計法の体系化への礎となるものと考えられる。

2.2 研究内容および研究成果

(1) 矢板式基礎の全体の特性

矢板式基礎は合成構造であるため、力学モデルの設定がむづかしい。またこのような構造に対する地盤定数の評価も容易ではない。したがって、既存の実物試験の結果を踏えて、いろいろな解析への試みを通じて、構造特性を解明してゆく必要がある。今年度は以下に示すような解析への試みを行なったので要約する。

1) 継手が剛結の解と非合成の解との線形補間法(α -補間法)継手部が剛結の場合(一体構造)において、矢板式基礎の解を Y 、 L 、 $Chang$ で求め、また継手が非合成(群ぐい基礎)の解を群ぐい法で求め、後述のせん断力伝達係数 α を用いてこれらの解析値を線形配分した値を矢板式基礎の解とする方法である。このようにして得た値を現場試験結果と比較し、比較の合うことを確かめた。

継手が不完全剛結の場合の矢板式基礎の断面力を次式で表わすものとする。

$$\left. \begin{aligned} M_i &= \alpha M_{1i} + (1 - \alpha) M_{2i} \\ N_i &= \alpha N_{1i} + (1 - \alpha) N_{2i} \\ S_i &= \alpha S_{1i} + (1 - \alpha) S_{2i} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.1)$$

ここに

M_i 、 N_i 、 S_i : 継手が不完全剛結の場合の断面力

M_{1i} 、 N_{1i} 、 S_{1i} : 継手が剛結の場合の断面力

M_{2i} 、 N_{2i} 、 S_{2i} : 継手が非合成(群ぐい)の場合の断面力

α : せん断伝達係数

2) 矢板相互のずれを考慮した場合の解析法

図 2.1 に示すように、水平荷重に対して変形前に平面であったものが、変形後、矢板相互のずれにより平面とはならず、階段状になるとする。すなわち次のように仮定する。

- 変形後の面 $A' - A'$ と矢板の中心線の交点は、ある平面 $B - B$ 上にある。このことにより矢板式基礎の全体の挙動はせん断変形する梁として扱う。
- 矢板自体のせん断変形は無視する。

このような仮定のもとに次のつり合いの 6 階の線形微分方程式を得た。

$$\frac{EI^*}{GA} \cdot EI_p \cdot U_0^{(6)} - E(I + I_p) U_0^{(4)} + \frac{EI}{GA} k U_0'' - k U_0 = -Px \cdots (2.2)$$

ここに

- U_0 : 重心点の x 方向の変位
- k : 地盤の横方向地盤反力係数
- Px : 横方向分布外力
- I^* : 矢板の軸力による断面二次モーメント
- I_p : 各矢板の断面二次モーメント
- G : 換算せん断弾性係数
- A : 矢板全体の断面積

換算せん断弾性係数は次式により求める。

- G_s : 本体部のせん断弾性係数
- G_c : 継手部の "
- A_s : 本体部の断面積
- A_c : 継手部の "

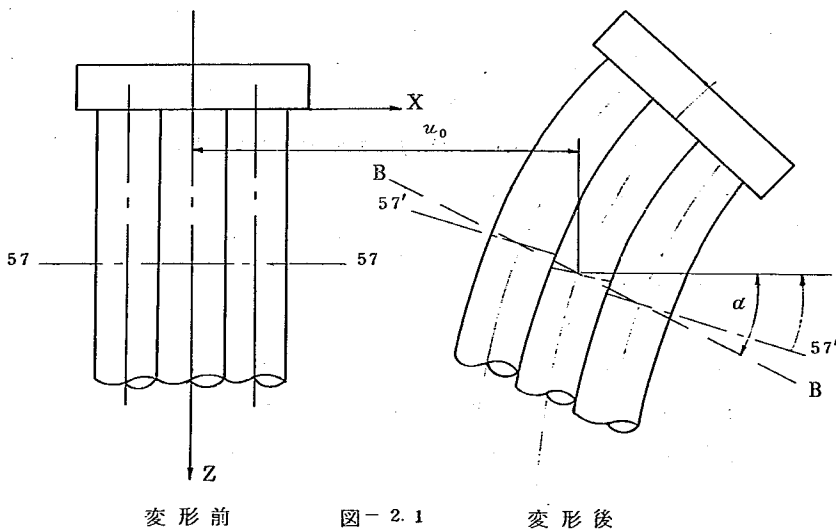


図 - 2.1

3) 曲げとせん断による変形を考慮した梁としての解析法

図-2.2に示すように、矢板式基礎全体を一体の梁と仮定、曲げとせん断による変形を考慮すれば、次の4階の線形微分方程式が得られる。

$$-EI \frac{d^4 U_0}{dz^4} + \frac{EI}{GA} k \frac{d^2 U_0}{dz^2} - k U_0 = P_x \dots \dots \dots (2.3)$$

なお諸元については2)の場合と同様である。

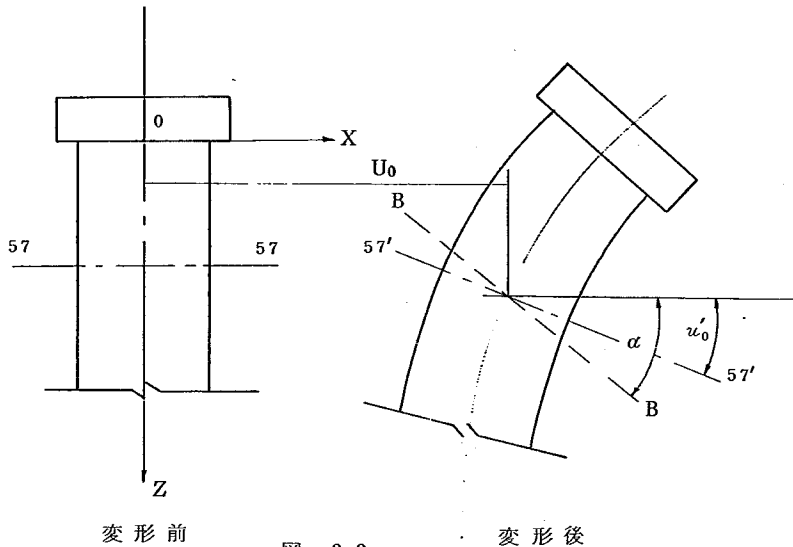


図-2.2

2) 矢板式基礎の部分の特性

1) 継手部の剛性の評価

矢板式基礎は継手を介しての合成構造であるため、継手部の剛性と強度が基礎の安定の中で最も重要な役割をはたす。また継手部の剛性と強度が、前述の矢板式基礎の全体の特性の解析に当たっての基本的定数であり、これらの合理的評価が、最大の課題である。

継手部のせん断強度に関する試験には、直接せん断試験と曲げせん断試験があり、これらに関する既往の試験結果の収集と解析を行なった。

a) 直接せん断試験

図-2.3に示すように3本の矢板を組み合わせ、継手部にモルタルを填充し、中央の矢板に押しぬき荷重を加え、継手部のせん断剛性と強度を求める。

直接せん断試験の結果の例は、図-2.4に示すように、載荷荷重 P と継手のずれ量 δ で表わす。載荷荷重が25t(せん断応力 2.5 Kg/cm^2)位まではほぼ直線的に増加し、約50t(せん断応力 5.0 Kg/cm^2)で破壊に到る。

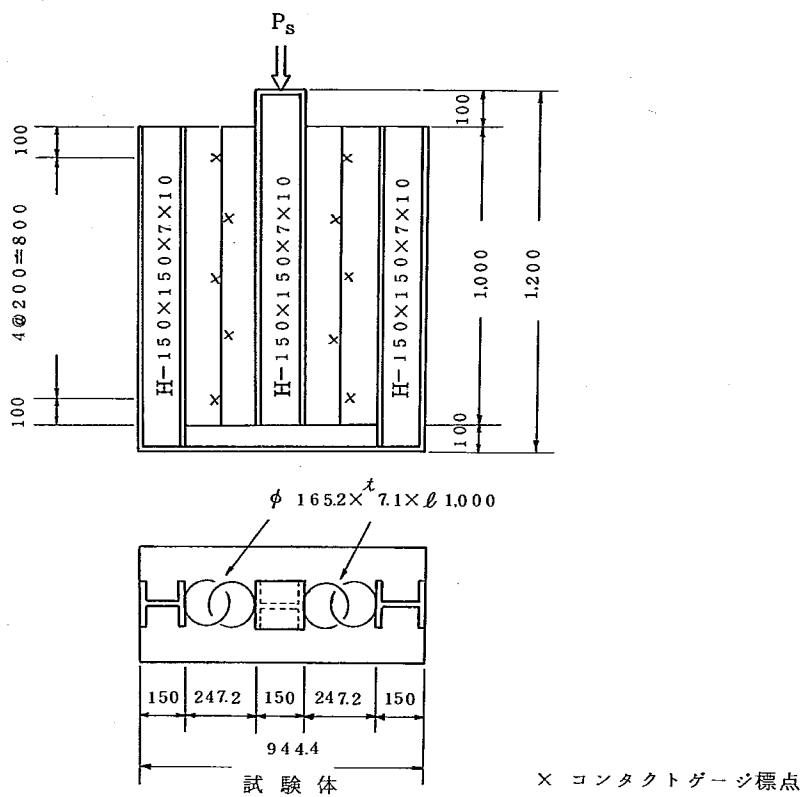


図-2.3

注)

モルタル

強度 : $\sigma_{20} = 180 \text{ Kg/cm}^2$

フロー値 : 20 sec

水セメント比 : 48%

b) 曲げせん断試験

図-2.5に示すように、2本の鋼管矢板を連結し、継手部にモルタルを填充し重ね梁として組み合わせる。試験は単純支持した状態で中央に集中荷重を載荷した。結果の例は図-2.7に示す。

c) せん断力の伝達係数 α

せん断力の伝達係数 α は、荷重～たわみ曲線および荷重～ひずみ分布より求めることができる。図-2.5は荷重～ひずみ分布、図-2.7は荷重～たわみ曲線を示す。

せん断力の伝達係数は、次のように定義する。すなわち

$$\tau = \alpha \tau' \quad (\text{Kg/cm}^2) \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

L は継手が不完全に剛結された場合の継手せん断応力であり、 L' は継手が完全に剛結された場合の値である。

せん断力の伝達係数 α は、実験から2通りの方法で求めることができる。

(i) 荷重～たわみ曲線より求める方法

図-2.6に示された重ね梁の継手が剛結されているとすると、その断面二次モーメント I_0 は

$$I_0 \doteq \frac{3}{4} A' d^2$$

となる。継手が不完全剛結としたときの、載荷荷重 P に対する中央点たわみ量 δ は実験結果より求めるから(図-7より)結局 α は次のように決定される。

$$\alpha \doteq \frac{3}{2} - \frac{1}{4} \frac{4 E I' \delta}{P l^3}$$

ただし、 A' : 矢板1本の断面積

I' : 矢板1本の断面二次モーメント

(ii) 荷重～ひずみ曲線より求める方法

図-2.8において、ひずみ e 、 e' をそれぞれ継手が不完全剛結の場合完全な剛結の場合とすると、継手部の単位長さ当りのせん断力と α は次のようにして求められる。

$$Q = \int_0^d E \xi \, dx \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

$$\alpha = \frac{\int_0^d \xi \, dx}{\int_0^d \xi' \, dx}$$

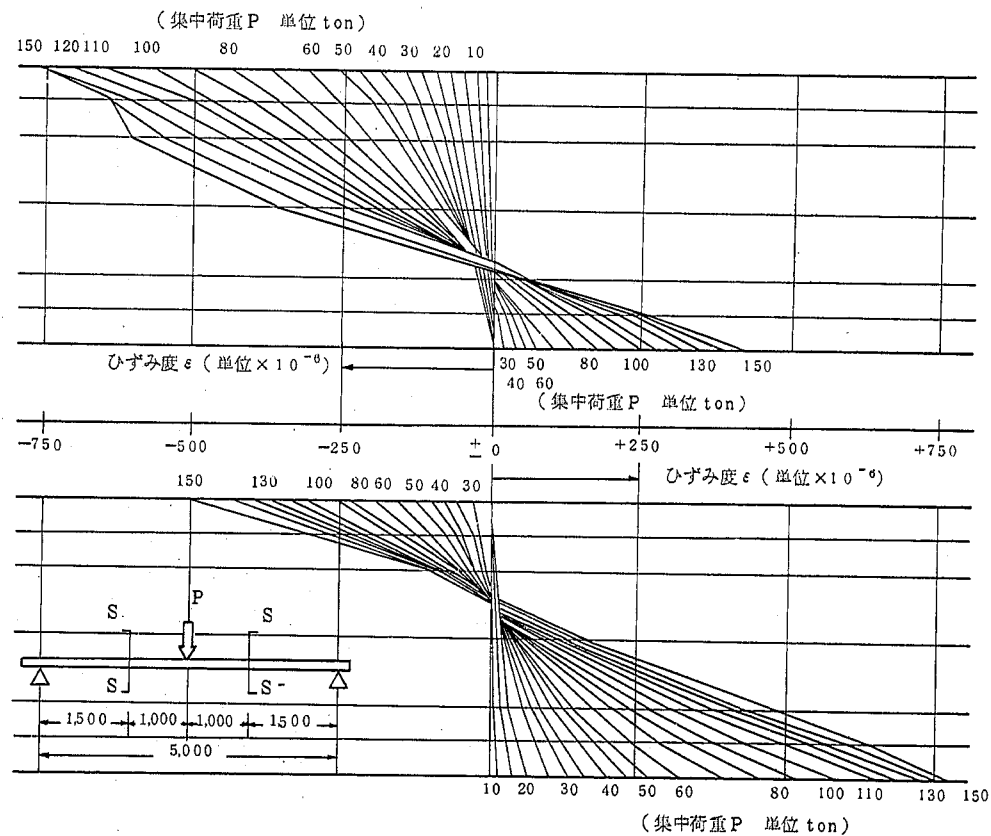
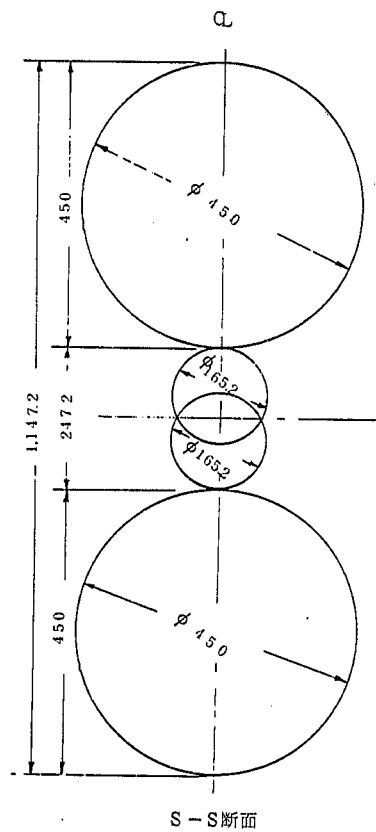


図-2.5 曲げ試験およびひずみ分布

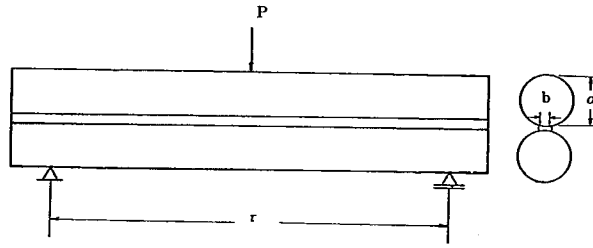


図 - 2.6

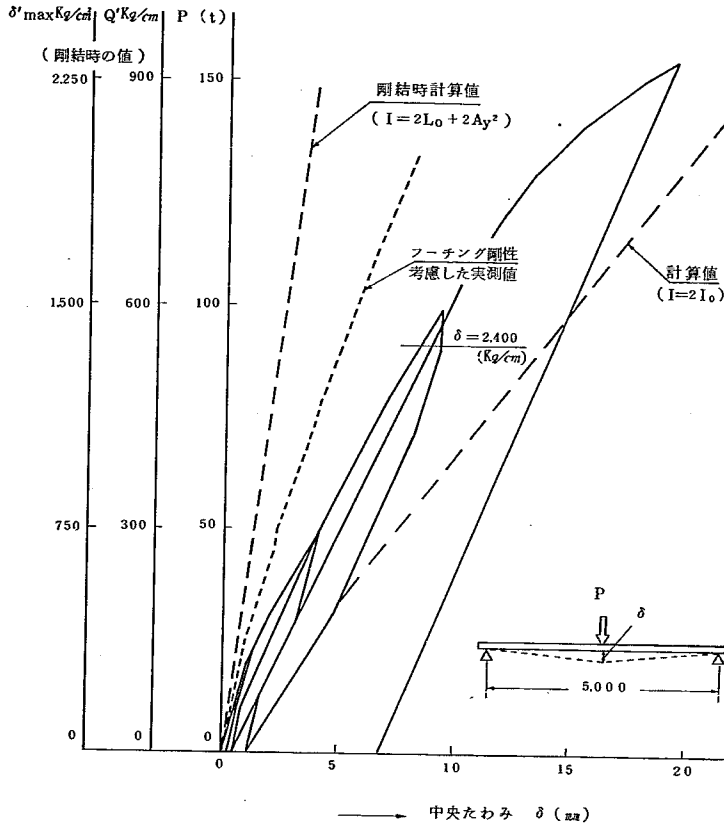


図 - 2.7 P - δ 曲線

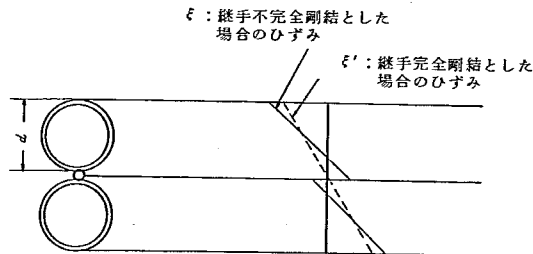


図 - 2.8

2) 頂版の設計

矢板式基礎の頂版の設計については、矢板式基礎の平面形状、仮締切兼用工法の有無、などによって設計はまちまちであるので、実態調査に応じて分類調査を行なった。この結果、矢板式基礎の頂版構造は施工法によって次の2種類に分類される。

- a) 矢板式基礎の頂部が地表面あるいは水面上にあり、頂版を矢板式基礎天端に施工できる場合：鋼管矢板と頂版との結合は、従来の群ぐい頭部の結合法に準拠した方法を採用することができる。
- b) 基礎本体と仮締切壁が一体となっており、荷重を鋼管矢板内壁でもたせる場合：矢板式基礎の鋼管矢板内壁に結合部材を取りつけ、そのせん断抵抗力によって上部の荷重を鋼管矢板に伝達する方法を採用する方法がある。

このような両者の場合における頂版の結合、偏心モーメントに対する検討、水平力に対する肌離れに対する検討、コンクリートの支圧に対する検討、溶接部に対する検討、残留応力に対する検討等の方法を整理し、いくつかの設計例を纏めた。

また頂版部の応力の伝達等に関する室内実験の結果を収集整理した。

3) 仮締切兼用工法

仮締切に作用する荷重およびそれに対する反力は、施工順序に従って施工段階を追って各部材の検討を行なう必要がある。

仮締切兼用工法の標準的な施工順序は次の通りである。

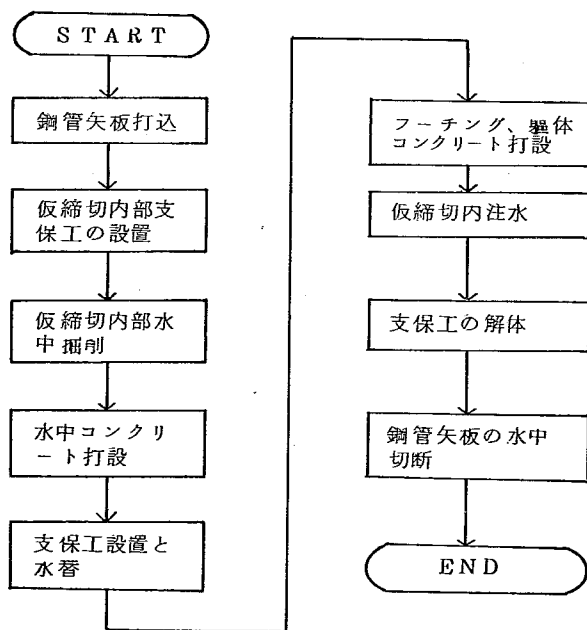


図 - 2.9

仮締切の安定の検討の時期としては次の時期が考えられる。

- ① 仮締切内水中掘削時（水中コンクリート打設前）
- ② 支保工設置、水替時（水中コンクリート打設後）
- ③ 鋼管矢板の水中切断時（注水時）

仮締切兼用工法の設計例を収集し、作用荷重、仮締切の安定、支保工、底盤コンクリート、鋼管の管内補強などを検討し、設計法の調査を行なった。

また仮締切兼用工法にかかる部分模型実験、現場応力測定の数値データを収集し、整理した。仮締切兼用工法においては、完成後に鋼管矢板本体に残留応力が生じるので、これに関する検討資料も収集した。

4) 施工性

矢板式基礎の施工に関する実績調査を通じて、施工上の問題点をある程度明らかにした。

2.3 今後の研究課題

2.1 概要で示したように、次年度以降には、矢板式基礎の設計基準の作成するための基本的事項の技術的見解をまとめるため、昭和50年度には引きつづいて次の項目について研究を行なう。

1) 矢板式基礎の全体の構造特性

- 1) 力学モデルの作成と理論式の検討
- 2) 理論式と載荷試験値の比較（変位、応力、バネ定数、減衰性）
- 3) 終極耐力と破壊性状の実験的確認（ねじりを含む）
- 4) 振動性状の実験的確認

2) 矢板式基礎の部分の特性

- 1) 継手部の剛性の評価
- 2) 頂版の結合部の検討

3) 仮締切兼用

- 1) 締切部の応力の検討
- 2) 残留応力のもとでの溶接性と強度の検討

4) 施工性

付属資料 - 2.1 審議経過

第1回基礎工部会		昭和49年7月9日(水郷大橋現場)
(1) 昭和49年度の活動方針の審議		
(2) 水郷大橋(建設省)の下部工事(矢板式基礎工法)の現場調査		
第2回基礎工部会		昭和49年10月30日(東海クラブ)
(1) 矢板式基礎の継手強度試験結果の審議		
(2) 矢板式基礎の載荷試験解析(α -補間法)結果の審議		
(3) 矢板式基礎の継手強度試験計画書(土木研究所)の審議		
(4) 矢板式基礎の模型実験計画書(案)(阪神公団)の審議		
第3回基礎工部会		昭和50年3月6日(土木研究所千葉支所)
		昭和50年3月17日(住友金属工業株式会社ほか)
(1) 矢板式基礎の模型実験(阪神公団)の見学		
(2) 国道51号渥水郷大橋現場見学		
(3) 矢板式基礎の模型実験(阪神公団)の審議		
(4) 矢板式基礎の構造解析法の審議		
幹事会		
第1回	昭和49年6月25日(水郷大橋現場)	
2	" 7月17日(水郷大橋現場)	
3	昭和49年8月20日(水郷大橋現場)	
4	" 9月30日	
5	" 12月23日	
6	50年 1月21日	
7	" 2月17日	
8	" 3月11日	
9	" 3月17日	

2 部 10月30日	1-0 1-1 1-2 1-3 1-4	議事次第 矢板式基礎継手強度試験結果 矢板式基礎模型実験計画書(案)阪神公団 矢板式基礎継手強度試験計画書(案) 矢板式基礎載荷試験解析 報告書	幹 事 " 松 本 幹 事 "
3 部 3月6日	3-0 3-1 3-2 3-3 3-4 3-5 3-6 3-7 3-8	第3回部会議事次第 第2回部会議事録(案) 矢板式基礎の解析法 矢板式基礎の実験(気中実験) 矢板式基礎模型実験(概要)阪神公団 「矢板式基礎の構造特性(第1報)」、駒田、山川、岡原、土木技術資料 17-2、1975 「矢板式基礎継手強度試験結果」基礎工部会、ワーキンググループ、昭和50年3月 「新水郷大橋の計画と設計について」、小山忍 矢板式基礎のまとめ 「大口径ぐいの鉛直載荷試験資料」、土木6907	幹 事 " " " 松 本 幹 事 " 幹 事 " "

3 コンクリート部会の研究成果の概要

3.1 概 要

コンクリート部会では、橋脚を主としたRC構造物——独立柱形式の橋脚をおもな対象とした——の耐震設計基準を作成するために、本年度は、

- ① 限界状態設計法の検討
- ② 構造細目の検討
- ③ 橋脚の動的解析手法の調査

の3項目を柱として調査・研究を進め、これらと併行して随時事例研究を行なう方針とした。

①については、コンクリート構造物に対する内外の主要な耐震規定における考え方について検討するとともに、独立柱橋脚の場合の耐震設計上の問題点を明らかにした。②については、内外の主要な耐震設計規程における構造細目規定、既往の研究報告書等について検討する一方、鉄筋かさね継手の耐震性を検討するための供試体実験を行なった。③については、従来一般に行なわれてきた地震応答解析の手法について分類・整理して、動的解析の現況を把握するとともに、将来の耐震設計のために有用な実測資料等を収録した。

3.2 研究内容および研究成果

ⅱ) 限界状態設計法の検討

ACI耐震規定の逐条検討、その他主要な規程の対比・検討を行なって、独立柱橋脚の場合の耐震設計上の問題点を明らかにした。

一般的なRC構造を代表するラーメン形式と比較した場合、独立柱橋脚には耐震設計上注意すべきような特徴がある。

- 1) ラーメン柱および独立柱形式の橋脚において一般に用いられているような部材断面形状および配筋のもとでは、ラーメン柱では一般に上・下端で最大応力を生ずるのに対して、独立柱では必ずしもその最下端に最大応力を生ずるとはかぎらない。高さ20～40mの独立柱橋脚の動的解析結果によれば、動的倍率（動的解析によって得られた断面力と静的計算による断面力との比）は柱の上部ほど大きく、上端で1.5倍前後となっており、そのため配筋方法等によっては、下端よりも中間部または上部で降伏が先行する可能性がある。ラーメン柱では靱性を高めるために柱の下端付近に帯鉄筋を密に配置するが、独立柱では帯鉄筋を下端付近にのみ密に配置すればよいとはかぎらない。
- 2) 独立柱では、地震時における基礎回転バネの弱化（基部モーメントが大きくなることによる弱化、地震動による土の弱化）が水平変位の増加におよぼす影響がラーメン柱に比して著しく大きく、従って柱の振動性状におよぼす影響も大きくなる。また、橋脚の剛性が大きいほど、地盤が軟いほど、基礎の回転振動が橋脚躯体のたわみ振動に比して優勢にな

る。独立柱では基礎の降伏・破壊がそのまま橋脚の転倒・破壊につながるので、基礎の回転パネの影響を適確に評価することが重要である。

上記のほか、RC部材の履歴復元力特性についての検討、RC橋脚における応答震度と応力・歪との関係についての試算・検討、橋梁の耐震設計例についての文献による検討、などを行なった。

(2) 構造細目の検討

1) 既往の耐震設計規準における構造細目規定の検討

構造細目に関して、ACIの耐震規定の逐条検討およびその他主要な規準の対比・検討を行なった。地震時における靱性を高めるためには、主鉄筋比をある限度以下におさえるとともに、一般のラーメン形式RC構造物ではとくに部材端部の横方向補強鉄筋を密にして、その部材端部における塑性ヒンジの形成が部材の曲げまたはせん断による破壊に先行しうるようになる必要があるが、独立柱橋脚の場合は、2:1でもはれたように必ずしも部材端付近のみの補強では不十分であり、橋脚の形状・寸法・主鉄筋の配置方法等に応じて補強筋その他適切な構造細目とする必要がある。

2) 鉄筋かさね継手の耐震性を検討するための実験

RC土木構造物に広く用いられている鉄筋かさね継手について、その耐震性を検討するために、断面 10×20 cm、長さ約2 mの曲げ供試体を主体とする供試体による高応力繰返し載荷実験を行なった。その結果、およそつぎのことが明らかになった。

- かさね継手部の耐震性は、継手部に十分な横方向鉄筋を配置することによって著しく改善される。横方向鉄筋のない継手は、密きわめて脆性的であり、耐震上このましくない。
- 継手端部にフックを設けることは、かさね継手の耐震性向上のためにある程度有効である。かさね継手部を鋼環とくさびで補強したものは、正負繰返し荷重に対して耐力が約20%増加する。

(3) 橋脚の動的解析手法の調査
橋脚の地震応答解析において従来一般に行なわれてきた解析方法、振動モデルの設定方法、地震波・減衰常数の与え方などについて調査し、現在における地震応答解析のすゝめについてまとめた。その結果は、およそつぎのようである。

(1) 解析方法としては、モデル・アナリシスと直接積分法とに大別され、前者においてはスペクトル法および逐次積分法が、また、後者においては逐次積分法が、それぞれ目的に応じて一般に用いられている。

(2) 振動モデルとしては、橋脚の形式、支承構造等によりさまざまなものが用いられている。橋脚は一般に多質点系振動モデルにおきかえられるが、橋軸直角方向の振動および固定支承をもつ橋脚の橋軸方向の振動においては桁の重量が支配的で、桁の質量効果を橋脚天端位

置の質点に付加する方法がとられる。この場合、橋脚自体の質点はそれほど多く設ける必要はない。しかし、可動柙のみをもつ橋脚の橋軸方向の振動モデルでは柙の質量効果はなく、橋脚には少なくとも3～4個の質点を設ける必要がある。

橋脚の曲げ振動の計算において、橋脚の曲げ剛性は一般にはコンクリート全断面を有効とし、かつ曲げモーメントの変動にかかわらず一定とする弾性応答解析が一般に行なわれている。

- 3) 地震波としては、地盤条件が似かよった所で記録された地震波を用いている場合が多い。資料として、地震応答解析によく用いられる地震波の応答スペクトルおよびそれが記録された地点の地盤状況図を収録した。

減衰の値は、振動実験による実測値はかなりのばらつきを示している。

参考資料として実測値の例を収録した。

3.3 今後の研究事項

橋脚を主としたRC構造物——主として独立柱形式橋脚を対象とした——の耐震設計基準を作成するために、今後はつぎの事項について研究を進めることが必要と思われる。

- (1) 橋脚への限界状態設計法の具体的適用法に関する研究、
- (2) 耐震性を考慮した構造細目の研究、
- (3) RC構造物耐震設計基準骨子のまとめ、

また、これらの研究を進めるにあたっては、さらに必要な資料の収集・整理、必要な事項についての実験もあわせて行なうことが必要と思われる。

付属資料-3.1 審 議 経 過

種 別	回次	開催年月日、場所	出 席 者、 主 要 議 事
幹事会 (打合せ 準備会)	1	49. 5. 18 (土) 国土開発技術研究 センター会議室	o 出席者：伊藤部会長 ほか 12 名 o 議 事： (1) 第 2 回本委員会（48 年度）報告 (2) 49 年度・コンクリート部会研究計画について ① 限界状態設計法の検討 ② 動的解析手法の調査 ③ 構造細目の検討 ④ 事例研究
幹事会	2	49. 6. 22 (土) 国土開発技術研究 センター会議室	o 出席者：伊東部会長 ほか 14 名 o 議 事： (1) 鉄筋継手の問題点について (2) A C I 耐震基準の検討 (3) 事例研究 ① 国鉄のコンクリート構造物耐震設計、震害例 ② R C 部材の履歴復元特性のモデル化について ③ 橋脚の終局強度設計 —— 試算 ④ カリフォルニア州道路橋示方書の改訂耐震規定 (4) 伊豆沖地震震害例調査報告
幹事会	3	49. 7. 22 (月) 国土開発技術研究 センター会議室	o 出席者：伊東部会長 ほか 14 名 o 議 事： (1) 第 3 回本委員会報告 (2) 動的解析手法のまとめ —— 中間検討 —— (3) A C I 耐震基準の検討
幹事会	4	49. 8. 19 (月) 国土開発技術研究 センター会議室	o 出席者：伊東部会長 ほか 12 名 o 議 事： (1) 鉄筋継手に関する実験計画について (2) A C I 耐震基準の検討 (3) 幹事会の今後のすすめ方について

種 別	回次	開催年月日、場所	出席者、主要議事
部 会	1	49. 8. 19 (月) 東海大学校友会館	○ 出席者：伊東部会長 ほか 15 名 ○ 議 事： (1) 昭和 48 年度・耐震技術に関する研究開発報告 (2) 昭和 49 年度・各部会の研究開発計画について (紹介) (3) 昭和 49 年度・コンクリート部会研究開発計画について (4) コンクリート部会の 49 年度実験計画について
部 会 幹事会 合 同	2	49. 11. 9. (土) 取野ビル キャッスル	○ 出席者：伊東部会長 ほか 22 名 ○ 議 事： (1) 耐震技術開発研究委員会の活動、経過報告 (2) 東京湾横断道路沈埋トンネルの耐震設計について (3) 鉄筋コンクリート構造物の地震時限界状態について
部 会 幹事会 合 同	3	50. 2. 1 (土) 国土開発技術研究 センター会議室	○ 出席者：伊東部会長 ほか 19 名 ○ 議 事： (1) 建築部門における耐震技術開発の現況について (2) RC 構造物耐震設計基準作成の骨子について
部 会 幹事会 合 同	4	50. 2. 28 (金) 国土開発技術研究 センター会議室	○ 出席者：伊東部会長 ほか 20 名 ○ 議 事： (1) 鉄筋コンクリート部材のねじりに関する検討 (2) 鉄筋コンクリート構造物の重要度の考え方について (3) 49 年度コンクリート部会研究成果のとりまとめについて

付属資料-3.2 コンクリート部会提出資料目録

種 別	回次	資 料 番 号	資 料 名	提出者
幹 事 会	2	2-1	昭和49年度調査研究工程表	事 務 局 土 研
		2-2	ACI・耐震設計のための特別規定および解説(和訳)	
		2-3-(1)	国鉄のコンクリート構造物の耐震設計についての考え方	石 黒
		2-3-(2)	姉沼高架橋13セット基礎杭変位略図	
		2-3-(3)	姉沼高架橋一般図および変位測定結果	小 寺
		2-4-(1)	RC部材の履歴復元特性のモデル化について	
		2-4-(2)	〔鉄筋コンクリートの動的特性に関する資料 鉄筋コンクリートの復元力特性に関する資料〕	栗 林
		2-5-(1)	カリフォルニア州道路橋設計示方書における耐震規定 — 暫定規定(抄訳)	
		2-5-(2)	同上・付図	池 田
		2-6-(1)	継手に関する研究計画案	
		2-6-(2)	継手工法——太径鉄筋の継手の現状	
		2-6-(3)	Studies on the Lap Splices of Reinforcing Bars	
		2-6-(4)	1973年日米セミナー提出論文一覧	朝 倉
		2-6-(5)	アメリカ合衆国商勢省「1971年サンフェルナンド地震の技術的観点からの調査報告」(土木学会誌1973-3より)	
		2-7	コンクリート橋脚の設計法に関する調査	
幹 事 会	3	3-1	地震力地盤部会研究開発計画(案)	事 務 局 小 寺
		3-2	RC橋脚地震応答解析の手引き	
		3-3	各国耐震規定対照表(48年度部会報告書より抜粋)	土 研 土 研
		3-4	ACI・付録A~土木学会両基準対照表	
		3-5	文献「Seismic Resistance of Reinforced Concrete Beam - Column Joints」抄訳	小 寺
		3-6	新桂川橋梁一般図	
幹 事 会	4	4-1	構造物および部材の耐震性向上に関する調査研究工程表	事 務 局 池田・土研
		4-2	鉄筋継手に関する実験計画(案)	
		4-3-(1)	文献「Seismic Design of Highway Structures」	土 研
		4-3-(2)	同上和訳「道路構造物の耐震設計」	
		4-4	ACI Building Code 本文規定の参考事項	

種 別	回次	資 料 番 号	資 料 名	提 出 者
部 会	1	(部会) 1-1	昭和48年度耐震技術に関する研究開発報告書	} 事務局 (幹・4-1) (幹・4-2)
		(部会) 1-2	耐震技術開発研究委員会・昭和49年度研究開発計画	
		(部会) 1-3	耐震技術開発研究委員会・コンクリート部会・昭和49年度第1回～第3回幹事会議事録	
		(部会) 1-4	昭和49年度構造物および部材の耐震性向上に関する調査研究工程表	
		(部会) 1-5	鉄筋継手に関する実験計画(案)	
部 会	2	5-1	東京湾横断道路トンネル耐震計算および地震応答解析	栗 林 小 寺
		5-2	東京湾横断道路沈埋トンネル設計基準案	
		5-3	R C部材の地震破壊に対する検討	
		5-4	文献「Ductility of Reinforced Concrete Column Sections in Seismic Design」	
部 会	3	6-1	耐震設計基準の考え方(案)	幹 事 三 浦 土 研 土 研 } 広 沢 小 寺 石 黒
		6-2	限界状態	
		6-3	新潟地震における橋梁被害と交通規制の対応について	
		6-4	文献和訳「Ductility of Reinforced Concrete Column Sections in Seismic Design」	
		6-5	鉄筋コンクリート柱の崩壊防止に関する総合研究の現状について(コンクリート工学 1975-1より)	
		6-6	鉄筋継手性能判定規準第1案	
		6-7	設計震度および応答震度について	
		6-8	鉄道橋の剛性と変位	
部 会	4	7-1	ねじりを受けるコンクリート部材の挙動	(首都公団) 泉 満明 氏 三 浦 三 浦 土 研 幹 事
		7-2-(1)	「The Checking of Safety of Non-Linear Structures」要旨	
		7-2-(2)	文献「The Checking of Safety of Non-Linear Structures」	
		7-3	新潟地震(昭和39年)における道路橋の被害状況と被害度	
		7-4	昭和49年度・コンクリート部会報告書(案)	

4 鋼構造部会の研究成果の概要

4.1 概説

鋼構造部会は土木鋼構造物の合理的な耐震設計法の確立を研究の目的としている。48年度は当部会の研究方針について主として審議を行ない、つぎのような結論を得た。

まず、研究の対象とする鋼構造物に関しては、耐震設計上の問題を含む鋼構造物として橋脚、トラス橋門構、吊橋主塔などが挙げられたが、もっとも一般性の高いと思われる鋼製橋脚を主として研究の対象にして作業を進めてゆくこととなった。鋼製橋脚の合理的な耐震設計法の確立のためには、考慮すべき限界状態を設定し、付与すべき安全率を決定しなければならないが、そのためには鋼製橋脚の非弾性域における挙動を把握する必要がある。このことから、鋼構造物の非弾性域における挙動に関する既往の研究成果の調査を行った結果、鋼製橋脚などの土木鋼構造物においては部材が補剛材つきの板で構成されているものが多く、板の局部座屈現象があるために非弾性域における挙動を棒の単純塑性理論で解析するのは問題があることがわかった。

49年度は48年度の成果をふまえて、鋼製橋脚の非弾性域における挙動を把握するために、曲げと軸力をうける箱形断面部材および円形断面部材ならびに補剛された板の耐荷力に関してつぎの各項の検討を行った。

- (i) 鋼製橋脚の寸法諸元の実態調査のとりまとめ
- (ii) 繰返し荷重をうける箱形断面柱の局部座屈
- (iii) 曲げモーメントと軸方向力を受ける円形断面部材の強度
- (iv) 曲げモーメントと軸方向力を受ける箱形断面部材の耐荷力
- (v) 補剛された板の耐荷力

今後は、これらの成果について薄肉断面で構成された鋼製橋脚の耐荷力および変形性状を把握し、また繰返し荷重が与える影響を解明することによって鋼製橋脚の設計に対して考慮すべき限界状態および付与すべき安全率の検討を行ってゆく予定である。

以上述べた当部会における研究方針を要約するとつぎのとおりである。

- (i) 鋼構造物の非弾性域における挙動についての既往の研究成果の調査
- (ii) 鋼製橋脚の終局強度の検討
 - (a) 曲げと軸力をうける部材の終局強度
 - (b) 部材の終局強度に影響を与える要因
 - (c) 非弾性域における繰返し荷重による挙動
- (iii) 耐震設計に対して考慮すべき限界状態および付与すべき安全率
- (iv) 耐震設計基準の作成

4.2 研究内容および研究成果

(1) 鋼製橋脚の寸法諸元の実態調査のとりまとめ

当部会が48年度に実施した都市高速道路高架橋における鋼製橋脚の寸法諸元のとりまとめ箱形断面橋脚11例および円形断面橋脚4例について行い、実際の橋脚における断面寸法の傾向を把握した。その結果、細長比 λ^{-1} は箱形断面および円形断面ともに0.2程度、箱形断面の補剛された板の幅厚比 $R^{2)}$ は0.3程度、円形断面の外径と板厚の比 D/t は60程度がそれぞれ多く採用されていることがわかった。図-4.1に箱形断面鋼橋脚の幅厚比と細長比のヒストグラムを示す。

(2) 繰返し荷重をうける箱形断面柱の局部座屈

箱形断面の鋼製橋脚は補剛材で補剛された板によって構成されるが、補剛された板の耐荷力は補剛材および補剛される板の内部に存在する残留応力によって影響をうける。

「繰返し荷重をうける箱形断面柱の局部座屈」に関して、名古屋大学土木工学科の福本晴士助教授に委託して残留応力分布のちがいによる補剛された板の耐荷力の低下を数値計算および実験により求めた。この実験では供試体を7体製作して1枚板の状態で圧縮載荷を行っている。

さらに、補剛された板がくり返して弾性限以上に圧縮荷重をうけたときに生ずる残留応力分布の変化が耐荷力に与える影響についても上記の数値計算結果および圧縮試験結果をもとにして研究に着手した。

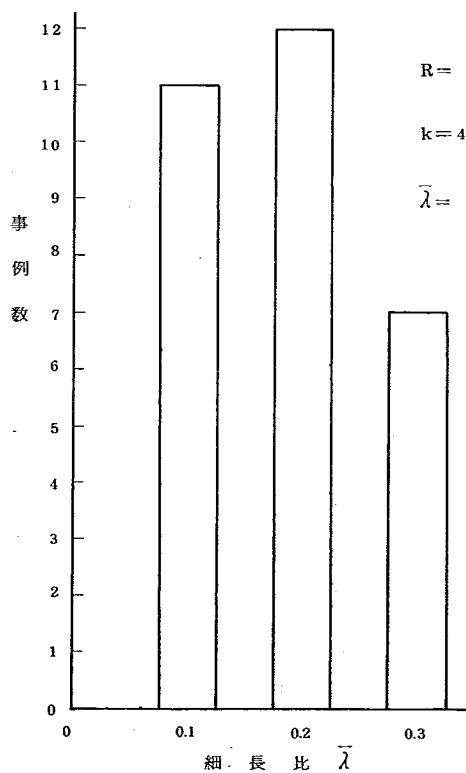
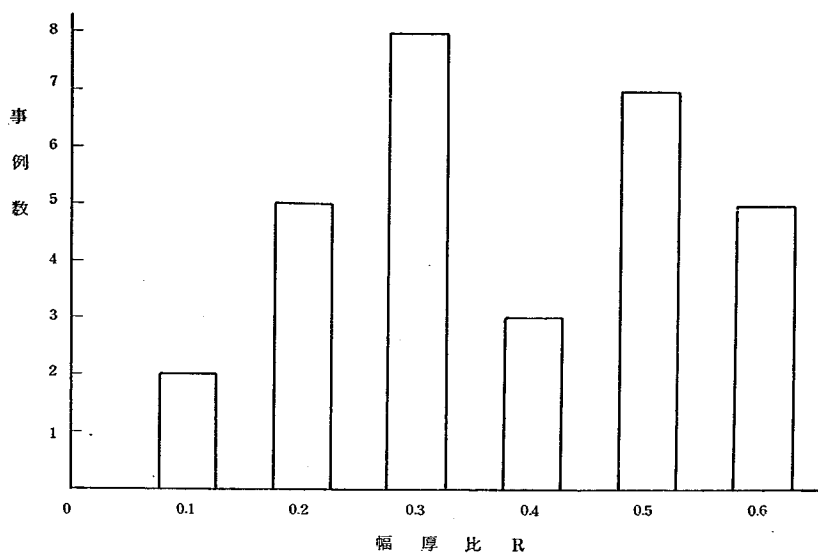
(3) 曲げモーメントと軸方向力を受ける円形断面部材の強度

鋼製橋脚に円形断面が用いられることも多いが、このような円形断面部材が軸力と同時に曲げモーメントをうける場合には、箱形断面と異なって断面の偏平化によって耐荷力が低下するおそれがある。「曲げモーメントと軸方向力を受ける鋼管柱の強度」に関して東京大学工学部総合試験所の西野文雄助教授と名古屋工業大学土木工学科の長谷川彰夫講師に委託して理論的な検討を行った。その内容はつぎのとおりである。

薄肉円形断面部材では断面変形の影響が無視できず、初等棒理論の解が危険側の結果を与える。これに対して有限変位を考えたシュールの理論を用いて断面変形の影響を解析することができるが、シュール理論による支配方程式を解くのは非常に煩雑である。この研究では有限変位の棒理論を修正し、円形断面部材に対して適用できる断面変形の影響を含む棒理論の支配方程式を求めた。ここで導いた理論は有限変位を考えた初等棒理論とシュールの理論との中間領域を

1) $\bar{\lambda} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \cdot \frac{\ell}{r}$ 、ここに ℓ ：部材長、 r ：断面2次半径

2) $R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \cdot \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k}}$ 、ここに $k = 4n^2$ 、 n ：補剛材で分割されるパネル数、 b ：補剛された板の厚さ、 t ：補剛された板の厚さ



$$R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \cdot \frac{1.2(1-\nu^2)}{\pi^2 k}}$$

$k = 4n^2$ 、 n :補剛材で分割されたパネル数

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \cdot \frac{L}{r}}$$

箱形断面の鋼製橋脚では1本の橋脚に対して R と $\bar{\lambda}$ の値が橋軸方向と橋軸直角方向それぞれについて得られるが、この図ではそれらも独立した1つの事例として計算している。

図-4.1 箱形断面鋼製橋脚の実態調査結果

埋めるものであり、初等理論では不十分であるが、シェルの理論を用いるほどの必要のない形状の円形断面部材への適用を考えた理論となっている。

得られた支配方程式を用いて数値計算を行い、シェルの理論および既往の精密解との比較を行った結果、よく一致することがわかった。

(4) 曲げモーメントと軸方向力をうける箱形断面部材の耐荷力

建設省土木研究所と神戸製鋼構造研究所では薄肉断面で構成された箱形断面部材が曲げと軸力を同時に受けた場合の耐荷力および変形状を求めめるために、表-4.1に示したケースについて載荷試験を行っており、その内容および結果が当部会に報告された。

表-4.1 曲げと軸力をうける箱形断面部材の試験ケース

(建設省土木研究所、神戸製鋼構造研究所)

供試体番号	材 質	補剛材 本 数	細長比 $\bar{\lambda}$	幅厚比 R	軸 力 P/P_y	載 荷 方 法	
1	SS41	0	0.2	0.5	0	曲げのみ	
2				0.3	0.3	曲 げ + 軸 力	
3				0.5			
4				0.7			
5				1.0			
6				0.5	1.0	軸力のみ	
7	残留応力測定用、№1と同断面						

注： 1) $\bar{\lambda} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \cdot \frac{l}{r}$

2) $R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \cdot \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k}}$ 、 $k = 4$

この試験では材質がSS41で、補剛材のない箱形断面柱を対象としており、上端自由下端固定という境界条件のもとでテストベッド上に組立てた載荷フレームを用いて油圧ジャッキにより柱の上端に一定の鉛直力を載荷し、さらに反力壁を利用して油圧ジャッキにより柱の上端を引張ることで水平力を載荷している。試験に用いた供試体の数は6体であり、その寸法諸元を表-4.2に示す。供試体の細長比は $\bar{\lambda} = 0.2$ に統一されているが、これは鋼製橋脚の寸法の実態調査の結果、この程度のものがもっとも多いことから定めたものである。この試験では板の局部座屈が耐荷力に与える影響をみるために板の幅厚比が $R = 0.3, 0.5, 0.7, 1.0$ の供試体を製作し、また鉛直力として実際の鋼製橋脚の荷重の実態を参考にして軸力のみによる降伏荷重 P_y の30%を載荷している。なお幅厚比が $R = 0.5$ の場合については曲げのみおよび軸力のみも載荷も行っている。

表-4.2 曲げと軸力をうける箱形断面部材の試験に用いた供試体の寸法諸元

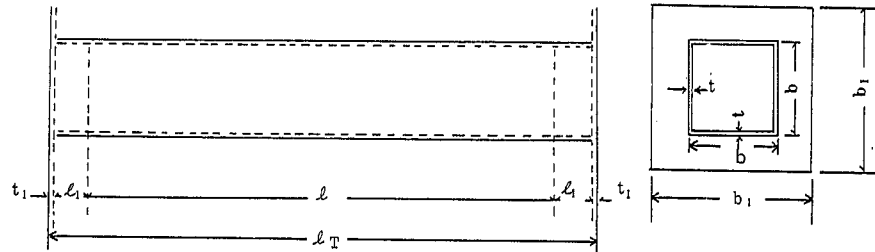
(建設省土木研究所、神戸製鋼構造研究所)

供試体 番 号	板 厚 t (mm)	板 幅 b (mm)	幅厚比 b/t	降伏点 σ_y (Kg/cm ²)	R	断面積 A (cm ²)	降 伏 荷 重 P _y (t)	断面2次 モーメント I (cm ⁴)	断 面 係 数 S (cm ³)	降 伏 モーメント M _y (tm)	塑性断 面係数 Z (cm ³)	全塑性 モーメント M _p (tm)	部材長 ℓ (cm)	断面2 次半径 r (cm)	細長比 ℓ/r	$\bar{\lambda}$	補強部 の長さ ℓ ₁ (cm)	支圧板 の厚さ t ₁ (mm)	支圧板 の 幅 b ₁ (mm)	供試体 の全長 ℓ _T (cm)	総重量 W (Kg)
1	8	225	28.1	2900	0.550	6944	201	5457	485.1	14.1	5653	164	1648	886	18.6	0.220	10	30	625	1908	395
2	8	135	16.9	2830	0.326	4064	115	1097	1625	4.6	1938	5.5	967	520	18.6	0.217	10	30	435	1227	163
3	8	225	28.1	2830	0.543	6944	197	5457	485.1	13.7	5653	160	1648	1886	18.6	0.217	10	30	625	1908	395
4	8	315	39.4	2900	0.769	9824	285	15442	980.4	28.4	11312	328	2332	1254	18.6	0.220	10	30	625	2592	604
5	8	450	56.2	2860	1.053	14144	376	46069	2047.5	54.5	23446	624	3357	1805	18.6	0.211	10	30	750	3617	1128
6	8	225	28.1	2900	0.550	6944	201	5457	485.1	14.1	5653	164	1648	886	18.6	0.220	10	30	625	1908	395
7	残留応力測定用、No.1と同一断面、ℓ = 45 cm、W = 24.5 Kg																				

注： 1) 材質はすべてSS41。

$$2) \quad R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \cdot \frac{1.2(1-\nu^2)}{\pi^2 k}, \quad k = 4. \quad \bar{\lambda} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \cdot \frac{\ell}{r}$$

3) 寸法諸元は図のとおり。



この試験によって得られた最大軸力または最大曲げモーメントを表-4.3に示す。また各供試体の水平力と水平変位の関係を図-4.2に示す。この試験の結果から板の幅厚比が道路橋示方書に規定された値 ($R = 0.7$) 以下であれば部材の挙動は断面変形を考慮しない初等棒理論によって説明づけられることがわかった。しかし、板の幅厚比が $R = 1.0$ の場合には板の局部座屈によって、初等棒理論による値よりも耐荷力が低下している。なお、このような上端自由下端固定の境界条件のもとでの曲げと軸力の載荷試験では曲げと軸力のほかにせん断力も部材の挙動に影響を与えているようである。

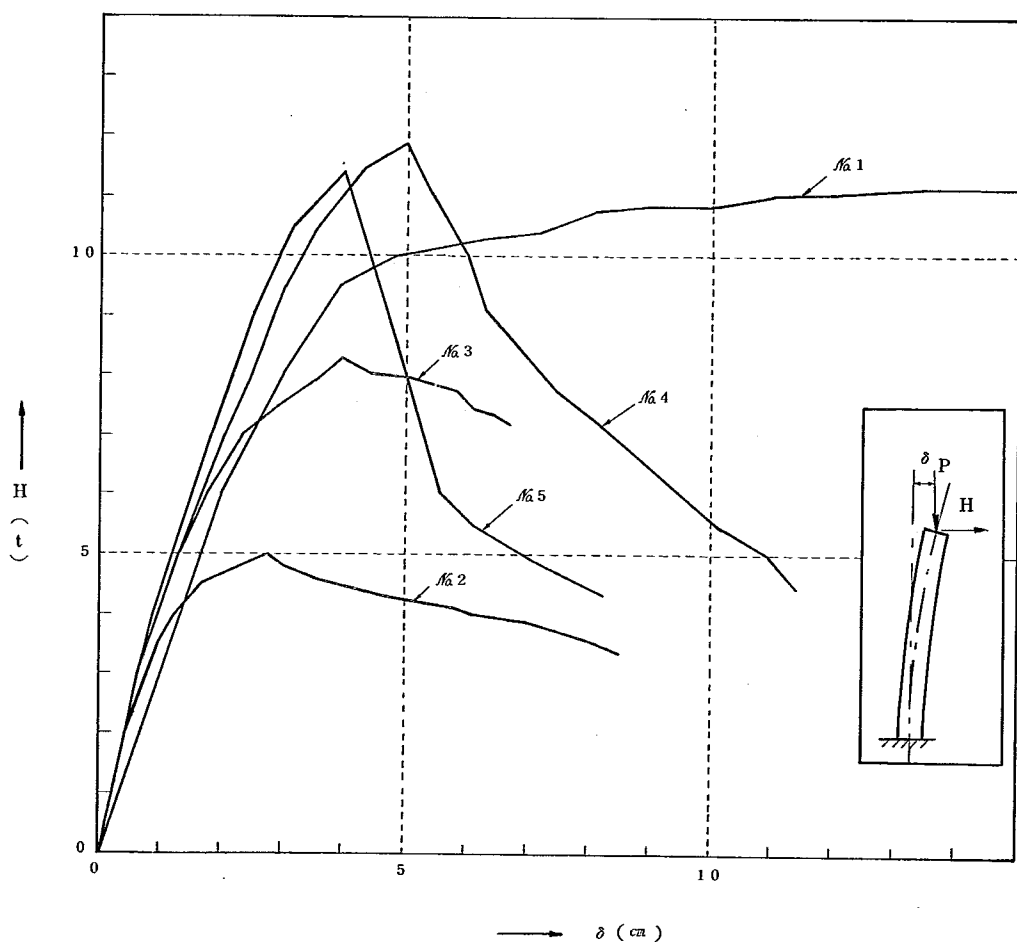


図-4.2 曲げと軸力をうける箱形断面部材の試験結果

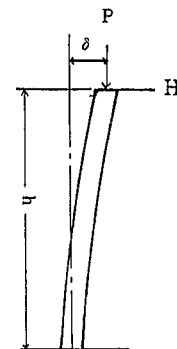
表-4.3 曲げと軸力をうける箱形断面部材の試験結果

(建設省土木研究所、神戸製鋼構造研究所)

供試体 番号	最大鉛直力 P_{max} (t)	降伏鉛直力 P_y (t)	$\frac{P_{max}}{P_y}$	最大水平力 Q_{max} (t)	最大水平力 に対応する 水平変位 δ (m)	水平力の作用位置から 支配断面までの距離 h (m)	水平力が最大 のときの モーメント M (tm) $=Ph + P\delta$	降伏 モーメント M_y (tm)	$\frac{M}{M_y}$	全塑性 モーメント M_p (tm)	$\frac{M}{M_p}$	
1	0	201	0	11.1	-	1.648	18.3	14.1	1.30	16.4	1.12	
2	29.4	115	0.26	5.0	0.0277	0.967	5.6	4.6	1.22	5.5	1.02	
3	50.1	197	0.25	8.3	0.0183	1.648	14.6	13.7	1.07	16.0	0.91	
4	70.8	285	0.25	11.9	0.0492	2.332	31.2	28.4	1.10	32.8	0.95	
5	101.7	376	0.27	11.5	0.0411	3.357	42.8	54.5	0.79	62.4	0.69	板の局部座屈により、耐力が急激に低下
6	202	201	1.00	0	-	-	0	14.1	0	16.4	0	板の局部座屈によって破綻

注： 1) №1～5は、上端自由下端固定の条件で載荷。№6は上端ビン下端固定の条件で載荷。

2) 載荷状態および記号は右図のとおり。



(5) 補剛された板の耐荷力

1) 最近の研究成果の概要

圧縮力をうける補剛材のない板の耐荷力に関しては、理論的にも実験的にも数多くの研究がなされており、それらの成果は道路橋示方書の規定にもとり入れられている。すなわち道路橋示方書の規定では、板の内部の残留応力の影響を考慮したうえで、板の耐荷力として降伏荷重 $P_y (= \sigma_y A)$ が確保できるように板の幅厚比 R を 0.7 以下に制限している。

補剛された板の耐荷力に関しては十分に研究しつくされたとはいえず、道路橋示方書の規定も補剛された板に関する弾性解析の結果に上記の補剛材のない板の研究成果を加味して定められたものであり、必ずしも十分な理論的実験的研究の成果に裏づけされたものではない。

補剛された板における補剛材の必要剛度に関しては、DIN 4114 に示された弾性座屈理論による考え方があがるが、これは補剛された板は補剛材で分離されたパネル間で弾性座屈するものとし、このパネルの座屈において補剛材が座屈波形の節点となるように補剛材の剛度を定めるものであり、板の剛度に対する補剛材の剛度の比の必要最小値として r^* ¹⁾ が用いられる。この考え方では補剛された板の耐荷力が降伏点 σ_y で支配される領域すなわち板の幅厚比の小さい(板の厚い)領域でも、その板の厚さに対してパネル間の弾性座屈を考え、それにみあった r^* を有する補剛材が必要となり、補剛材も含めた部材の全断面が有効な抵抗断面と考える圧縮部材などでは、合理性に欠ける点がめだってくる。

これに対してわが国の道路橋示方書においては、補剛された板を直交異方性版と考えたときの全体的な座屈と、補剛材間での補剛材を座屈波形の節点としたパネルの座屈とを考慮して、両者の座屈強度が等しくなるという条件から補剛材の最小剛度を定めている。この場合には上述した非弾性域における不合理を避けるために使用板厚に対する必要板厚の比 (t_0/t) によって非弾性域における補剛材の剛度の緩和を考慮して補剛材の最小剛比 r_0 ²⁾ (道路橋示方書では r で表示してあるが、ここではこのように表示する)を規定している。必要板厚 t_0 としては上述した補剛材のない板に対する幅厚比の制限値から得られる値を用いることとなっている。

道路橋示方書の補剛材の必要剛度に関する規定は必ずしも十分な理論的実験的研究によって裏づけられたものではなく、最近のいくつかの理論解析や模型実験では、道路橋示方書の規定にしたがって補剛材の剛度を決定した場合には、補剛された板の耐荷力が降伏荷重 P_y

1) $r^* = \frac{\alpha^2}{n} \left\{ 4n^2(1+n\delta) - 2 \right\} - \frac{\alpha^4}{n} + \frac{1+n\delta}{n}$ 、ここに α : 板の縦横比、 n : 補剛材で分割されるパネル数、 δ : 板の断面横に対する補剛材 1 本の断面横の比

2) $r_0 = 4\alpha^2 n \left(\frac{t_0}{t} \right)^2 (1+n\delta) - \frac{(\alpha^2 + 1)^2}{n}$ 、ここに α : 板の縦横比、 n : 補剛材で分割されるパネル数、 δ : 板の断面横に対する補剛材 1 本の断面横の比、 t_0 : 必要板厚、 t : 使用板厚

($=\sigma_y A$)にまで達せず、10%前後低下する可能性のあることが指摘されている。その原因の主なものは補剛材の内部に存在する残留応力による補剛材の剛性の低下であり、このために補剛材がパネル間の座屈の際の節点となりえず、補剛された板全体の座屈がつねにパネル間の座屈に先行して耐荷力が低下するであろうと推定されている。

補剛された板に関するこの種の問題を前述の研究成果をもとに部材の設計をもふまえて取り扱ったものに土木学会の本州四国連絡橋鋼上部構造研究小委員会の座屈分科会（主査：福本嘯士名大助教授）がとりまとめた「補剛材つき圧縮板の設計要領（案）（昭和49年3月）」がある。これは主として吊橋主塔の構造を念頭において作成されたものであるが、DIN 4114、鋼鉄道橋設計標準、道路橋示方書、英国のMerrison Report、米国のAASHO道路橋示方書等における補剛された板の規定の考え方を説明するとともに、最近の研究成果を概観し、それらをもとにして補剛された板の設計要領を提案している。すなわち、この設計要領（案）では、補剛材の剛性の低下による補剛された板の耐荷力の低下に対処する方法としてつぎの3つを提案している。

- ① 補剛材と板が同一鋼種の場合には、補剛された板に生ずる一様圧縮の平均応力 σ_m （作用力／補剛された板の全断面積）が鋼材の降伏点 σ_y の90%をこえないようにする。
- ② 補剛材に板より降伏点の高い鋼材を用い、補剛材の降伏による剛性の低下を防ぐ。
- ③ 補剛材に所要のものより大きな剛度をもつものを用いる。

上記①および②に対しては具体的な基準案が示されているが、③については具体的な数値は示されていない。

最近の研究成果のレビューは上記の設計要領（案）に詳しいのでそれにゆずることとし、ここではこれまでに各所で行われた補剛された板の耐荷力試験の結果を図-4.3に示しておく。これらの実験のほとんどは1枚板の状態で行われたものであるが、かなり低めの結果が得られていることがわかる。

2) 補剛された板の耐荷力試験

建設省土木研究所、川崎製鉄鋼構造研究所および新日本製鉄相模原技術センターでは、圧縮をうける補剛された板の耐荷力を求めるために表-4.4に示した各ケースについて載荷試験を行っており、その内容および結果が当部会に報告された。

この試験では材質がSS41の補剛材のついた板4枚で構成された箱形断面柱に1,000t万能試験機で圧縮力を載荷している。供試体は合計15体であり、その寸法諸元を表-4.5に示す。この試験は補剛材本数、板の幅厚比および補剛材の剛度が補剛された板の耐荷力に与える影響をみることを目的としているが、試験機の載荷能力から補剛材は3本までを対象としている。補剛材本数の影響は板の幅厚比 R が0.5で、補剛材の剛比が道路橋示方書の最小剛比 r_0 に等しい場合に主として比較することができ、また板の幅厚比の影響は補剛材が2本で補剛材の剛比が r_0 の場合に比較できる。

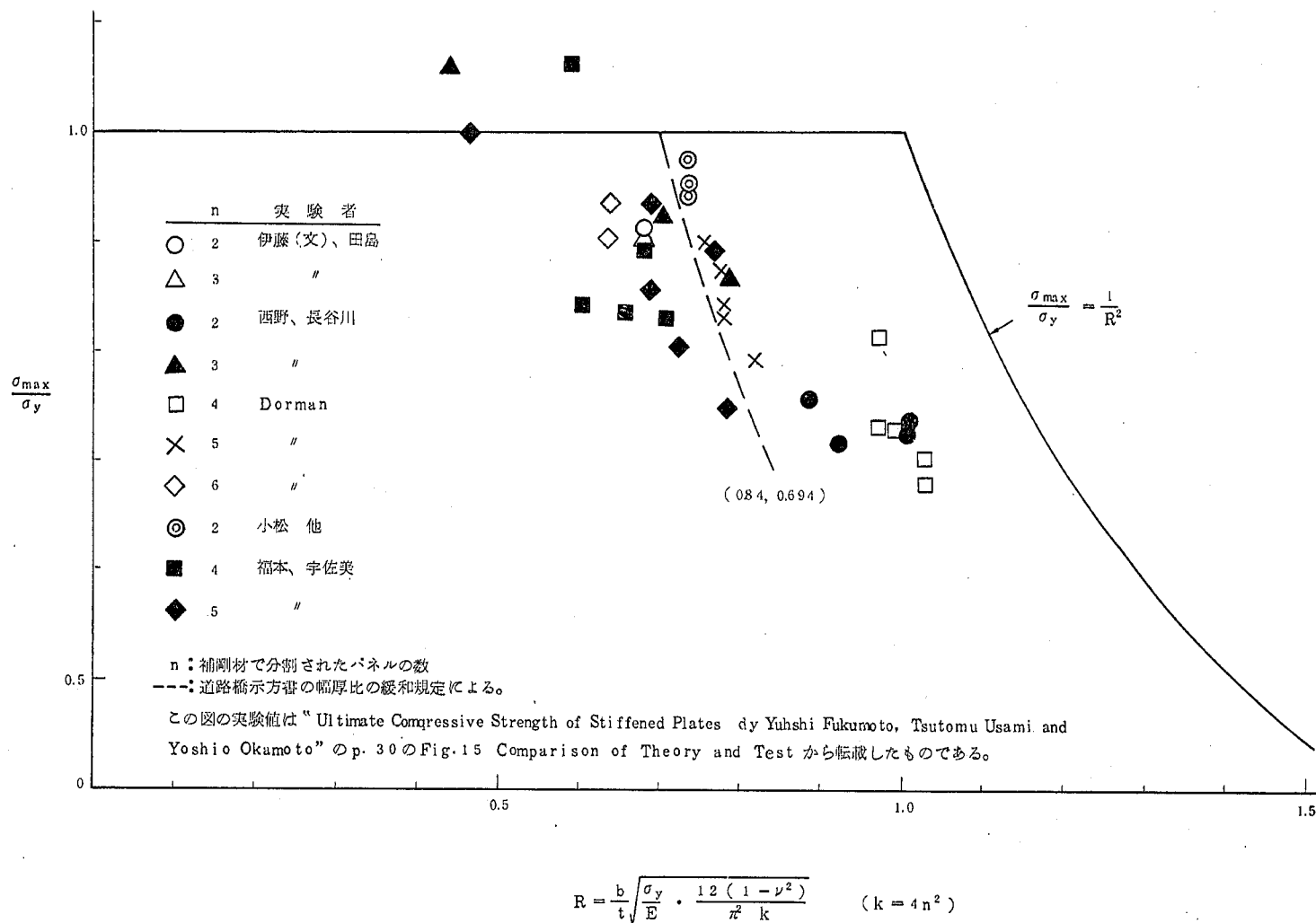


図-4.3 補剛された板の既往の実験結果

表-4.4 補剛された板の箱形断面柱による圧縮試験のケース
(建設省土木研究所、川崎製鉄銅構造研究所、新日本製鉄相模原技術センター)

供試体 番 号	材 質	補 剛 材 本 数	幅 厚 比 R	補 剛 材 の 剛 度		補 剛 材 の 材 質	縦 横 比
1	SS 4 1	0	0. 5	$r = r_0$		SS 4 1	$\alpha \geq \alpha_0$
2			0. 7				
3		1	0. 5				
4			0. 7				
5		2	0. 3				
6			0. 5				
7			0. 7				
8			1. 0		$r=r^*/4$		
9			0. 5		$r=r^*$		
10					$r=r^*/2$		
11		0. 7		$r=r^*$			
12				$r = r_0$			
13				$r = 2r_0$			
14		3	0. 3	$r = r_0$		SM5 0 Y	
15			0. 5			SS 4 1	
R 1	残留応力測定用 (補剛材つき1枚板)				№ 5 供試体に対応		
R 2					№ 6 "		
R 3					№ 7 "		
R 4					№ 8 "		

注: 1) $R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \cdot \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k}}$ 、 $k = 4n^2$ 、 n : 補剛材で分割されたパネル数

2) $r = (\text{補剛材の剛度}) / (\text{補剛される板の剛度})$

3) r_0 : 道路橋示方書で規定された最小必要剛比

$$r_0 = 4\alpha^2 n \left\{ \left(\frac{t_0}{t} \right)^2 (1 + n\delta) - \frac{(\alpha^2 + 1)^2}{n} \right\}$$

4) r^* : DIN4114に規定された最小剛比

$$r = \frac{\alpha^2}{n} \left\{ 4n^2(1 + n\delta) - 2 \right\} - \frac{\alpha^4}{n} + \frac{1 + n\delta}{n}$$

5) $\alpha = a/b$ 、 a 、 b は右図のとおり。

6) α_0 : 1次の座屈波形において最小の座屈係数を与える縦横比

$$\alpha_0 = \sqrt{2n^2 \left(\frac{t_0}{t} \right)^2 (1 + n\delta) - 1}$$

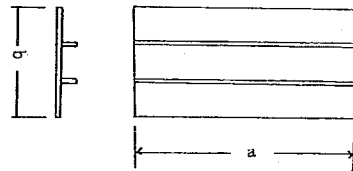


表 - 4.5 補剛された板の圧縮試験に用いた供試体の寸法諸元

(建設省土木研究所、川崎製鉄鋼構造研究所、新日本製鉄相模原技術センター)

供試体番号	補剛材本数	補剛される板の断面諸元										補剛材の断面諸元														補剛材つき板の長さ								降伏荷重 R _y (t)	供試体鋼重 W (kg)		
		鋼種	板厚	板幅	幅厚比	降伏点	R	断面積	断面2次 モーメント I = bt ³ 12	必要板厚 t ₀	板厚比 t ₀ /t	鋼種	板厚 t _s	板幅 b _s	幅厚比 b _s /t _s	降伏点 σ _y (kg/cm ²)	F	断面積比 δ = F/A	断面2次モーメント I _s = t _s b _s ³ 12	r = I _s /I	r ₀	r/r ₀	r*	r/r*	r ₀ /r*	板の長さ a	縦横比 α = a/b	板の必要長さ a ₀	必要縦横比 α ₀ = a ₀ /b	a/a ₀	補強部の長さ ℓ ₁	全長 ℓ _T = a + 2ℓ ₁					
			t (mm)	b (mm)	b/t	σ _y (kg/cm ²)		A (cm ²)	(cm ⁴)	(mm)			t _s (mm)	b _s (mm)			(cm ²)	(cm ²)								(mm)	α = a/b	a ₀ (mm)	α ₀ = a ₀ /b		(mm)	(mm)					
1	0	SS41	6	169	281	2860	0.545	101			SS41															400	237	238	141	168	100	600	112	35			
2	6		236	394	2860	0.765	142																				500	212	333	141	150	100	700	158	35		
3	1		6	337	562	2860	0.545	202	0.662	421		0.70	6	27	4.5	2860	162	0.0801	3937	5947	5960	100	2702	0.22	0.22	700	208	639	190	109	100	900	246	73			
4			6	472	787	2860	0.764	283	0.927	590		0.98	6	55	92	2860	330	0.1165	3328	3590	3604	100	4044	0.89	0.89	1400	297	1380	292	1.02	200	1800	358	280			
5	2		6	304	506	2860	0.327	182	0.597	253		0.42	6	19	32	2860	114	0.0625	1372	2298	2289	100	4694	0.05	0.05	600	197	509	167	1.18	100	800	231	61			
6			6	506	843	2860	0.545	30.4	0.994	422		0.70	6	58	97	2860	348	0.1146	3902	3926	3981	0.99	1754	0.22	0.23	1700	336	1676	331	1.02	200	2100	423	280			
7			6	709	1181	2980	0.780	42.5	1.392	591		0.98	10	107	10.7	2990	1070	0.2515	4083	2933	2912	1.01	3195	0.92	0.91	3900	550	3856	544	1.01	200	4300	759	947			
8			6	1012	1687	3100	1.136	60.7	1.987	—		—	10	113	11.3	2990	1130	0.1861	4810	2421	2436	0.99	2444	0.99	1.00	3900	385	5263	520	0.74	200	4300	1019	1257			
9			6	506	843	3100	0.568	30.4	0.994	422		0.70	6	67	112	3100	402	0.1322	6015	6051	—	152	1358	0.45	—	1700	336	1676	331	1.02	200	2100	472	289			
10	3		6	506	843	3100	0.568	30.4	0.994	422		0.70	8	87	109	3260	696	0.2293	1756	1767	—	444	1754	1.01	—	1700	336	1676	331	1.02	200	2100	554	339			
11			6	709	1181	3100	0.796	42.5	1.392	591		0.98	10	107	10.7	3990	1070	0.2515	4083	2933	—	1.01	3195	0.92	—	3900	550	3856	544	1.01	200	4300	865	945			
12			6	709	1181	3100	0.796	42.5	1.392	591		0.98	11	130	118	2930	1430	0.3365	8056	5787	—	199	4026	144	—	3900	550	3856	544	1.01	200	4300	858	1014			
13			6	709	1181	3100	0.796	42.5	1.392	591		0.98	13	155	119	2610	2015	0.4741	1614	1159	—	398	5478	212	—	3900	550	3856	544	1.01	290	4300	944	1235			
14			6	404	674	2790	0.323	24.2	0.793	253		0.42	6	35	58	2790	210	0.0866	8575	1081	1087	0.99	2140	0.05	0.05	1100	272	1043	258	1.05	150	1400	337	155			
15			6	674	1124	2790	0.539	40.4	1.323	421		0.70	8	97	121	3260	776	0.1919	2434	1840	1820	1.01	1006	0.18	0.18	3600	534	3502	520	1.03	200	4000	751	876			
R1	2	SS41	6	304		2790					SS41	6	19		2790		(R1は底5に対応)										1300	428									23
R2			6	506		2790						6	58		2790		(R2は底6に対応)										2100	415									73
R3			6	709		2790						10	107		2990		(R3は底7に対応)										2900	409									194
R4			6	1012		2790						10	113		2990		(R4は底8に対応)										4100	405									341

注： 1) $R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \cdot \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k}}$ 、 $k = 4n^2$ 、 n ：補剛材で分割されるパネル数。

2) t_0 ：道路橋示方書に規定する必要板厚、 $t_0 = b/40n$ (SS41)。

3) r_0 ：道路橋示方書に規定する必要最小剛比、

$$r_0 = 4\alpha^2 n \left(\frac{t_0}{t} \right)^2 (1 + n\delta) - \frac{(\alpha^2 + 1)^2}{n}$$

4) r^* ：DIN4114に規定する最小剛比

$$r^* = \frac{\alpha^2}{n} \{ 4n^2(1 + n\delta) - 2 \} - \frac{\alpha^4}{n} + \frac{1 + n\delta}{n}$$

5) a_0 ：道路橋示方書に規定する板の必要長さ、

$$a_0 = b \sqrt{2n^2 \left(\frac{t_0}{t} \right)^2 (1 + n\delta) - 1}$$

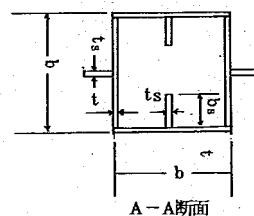
6) 柱の両端の補強部には補剛材と同断面の補強リブを補剛材の中間に配置してある。

底1および底2の補強リブの断面は27×6および55×6である。

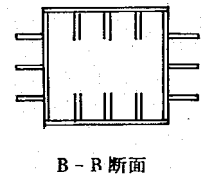
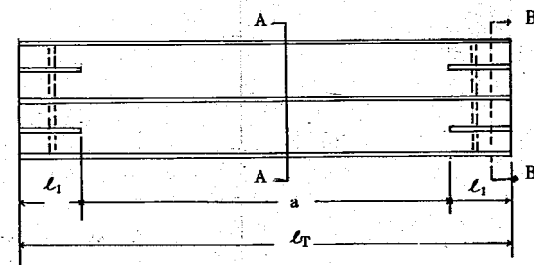
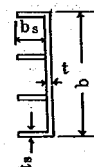
7) 降伏荷重 P_y は柱を構成する板の降伏点のちがいを考慮して求めた値である。

8) 底9、10の r/r_0 は底6の r_0 を用いて求めた値であり、底11、12、13の r/r_0 は底7の r_0 を用いて求めた値である。

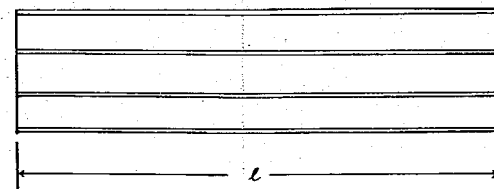
圧縮試験用供試体



残留応力測定用供試体



B - B 断面



なお、№8の供試体は幅厚比が $R = 1.0$ と道路橋示方書の制限値 $R = 0.7$ より大きいが、このケースは弾性領域における座屈荷重のチェックのために設けたものである。したがって他の供試体ではすべて非弾性域における補剛された板全体の座屈が支配的であるが、№8の供試体では補剛材間のパネルの局部座屈が生ずることを期待している。補剛材の剛度の影響については、道路橋示方書の最小剛比 r_0 、 $2r_0$ 、 $4r_0$ を有するものを設け、さらに剛比は r_0 であるが補剛材の材質をSM50Yと高くしたものを設けて比較できるようにした。

幅厚比 $R = 0.7$ では、使用板厚 t と道路橋示方書に規定する必要板厚 t_0 の比がほぼ $t_0/t = 1$ であるが、 $t_0/t < 1$ の場合の道路橋示方書の最小剛比 r_0 とDIN4114に規定された最小剛比 r^* 、 $r^*/2$ 、 $r^*/4$ を有するものを設けて比較できるようにした。この場合 $R = 0.5$ では $t_0/t \approx 0.7$ であり、また $r^*/4 = r_0$ である。これらの補剛された板の縦横比 $\alpha^{1)}$ は№8の供試体を除いて板の座屈の1次モードにおける最小座屈係数が得られる値 $\alpha_0^{2)}$ よりも大きめにとっている。№8供試体は補剛材間でパネルの座屈が生ずるであろうことと、試験機の高さの制限から $\alpha < \alpha_0$ となっている。

載荷試験によって得られた最大荷重を表-4.6に、また最大荷重と幅厚比の関係を図-4.4にそれぞれ示す。

表-4.6 補剛された板の箱形断面柱による圧縮試験結果

(建設省土木研究所、川崎製鉄鋼構造研究所、新日本製鉄相模原技術センター)

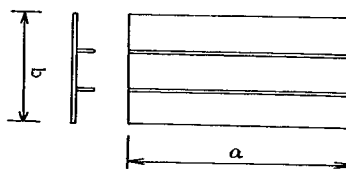
供試体 番号	幅厚比 R	最大荷重 Pmax (t)	降伏荷重 Py (t)	Pmax / Py
1	0.545	126	112	1.13
2	0.765	143	158	0.91
3	0.545	242	246	0.98
4	0.764		358	
5	0.327	246	231	1.06
6	0.545	368	423	0.87
7	0.780	677	759	0.89
8	1.136	658	1,019	0.65
9	0.568	411	472	0.87
10	0.568		554	
11	0.796	727	865	0.84
12	0.796	725	858	0.85
13	0.796	820	944	0.87
14	0.323	346	337	1.03
15	0.539	649	751	0.86

注： 1) №8は補剛材で分割されたパネル間で局部座屈。
他は補剛された板全体が座屈。

1) $\alpha = \frac{a}{b}$ 、ここにaおよびbは図に示した補剛された

板の辺の長さである

$$2) \alpha_0 = \sqrt{2n^2 \frac{t_0^2}{t} (1 + n\delta) - 1}$$



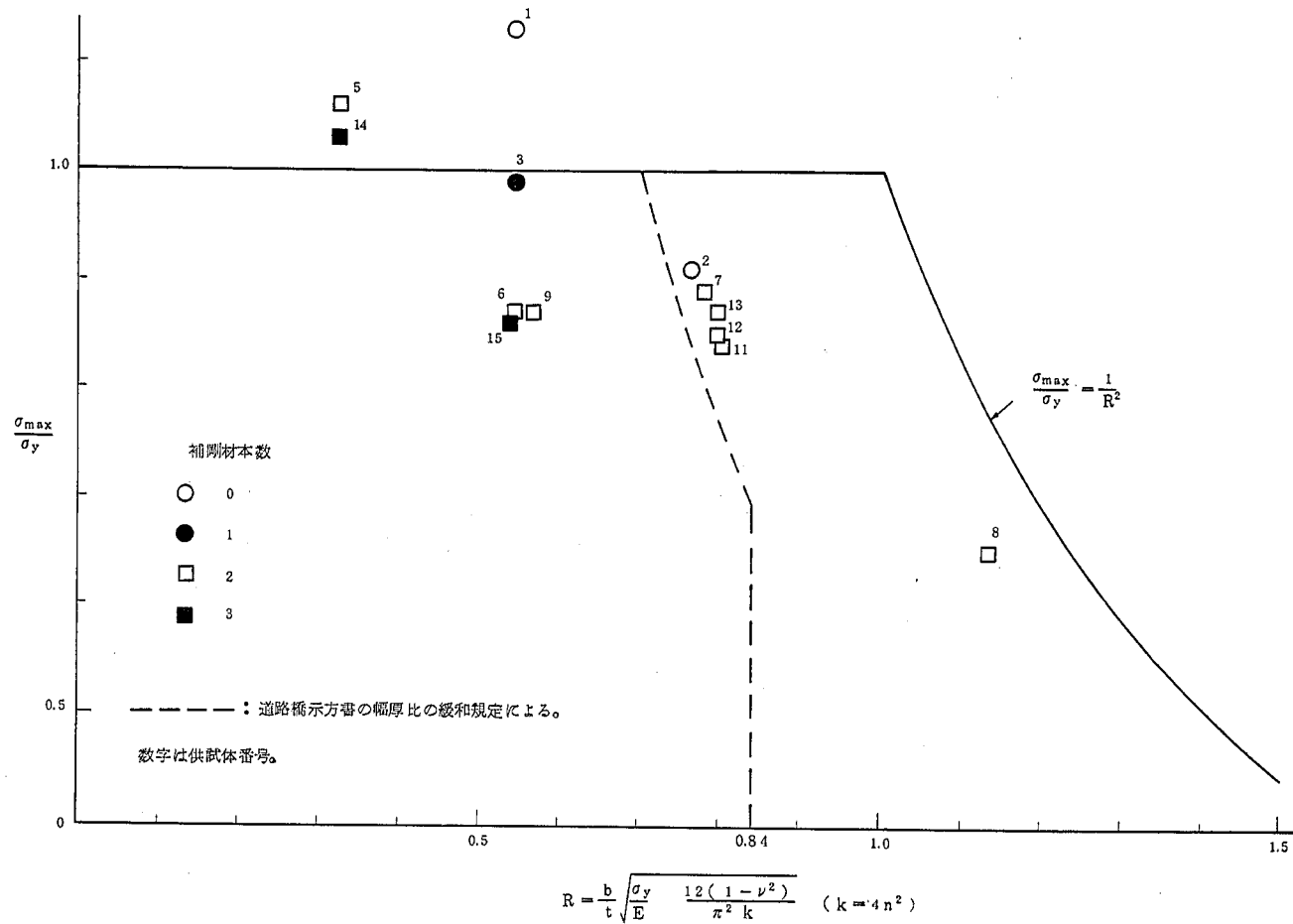


図-4.4 補剛された板の圧縮試験結果
(建設省土木研究所、川崎製鉄鋼構造研究所、新日本製鉄相模原技術センター)

各供試体の荷重と縮み量の関係を図-4.5に示す。

図-4.3に示した既往の実験結果と図-4.4に示した今回得られた実験結果をまとめて図-4.6に示す。

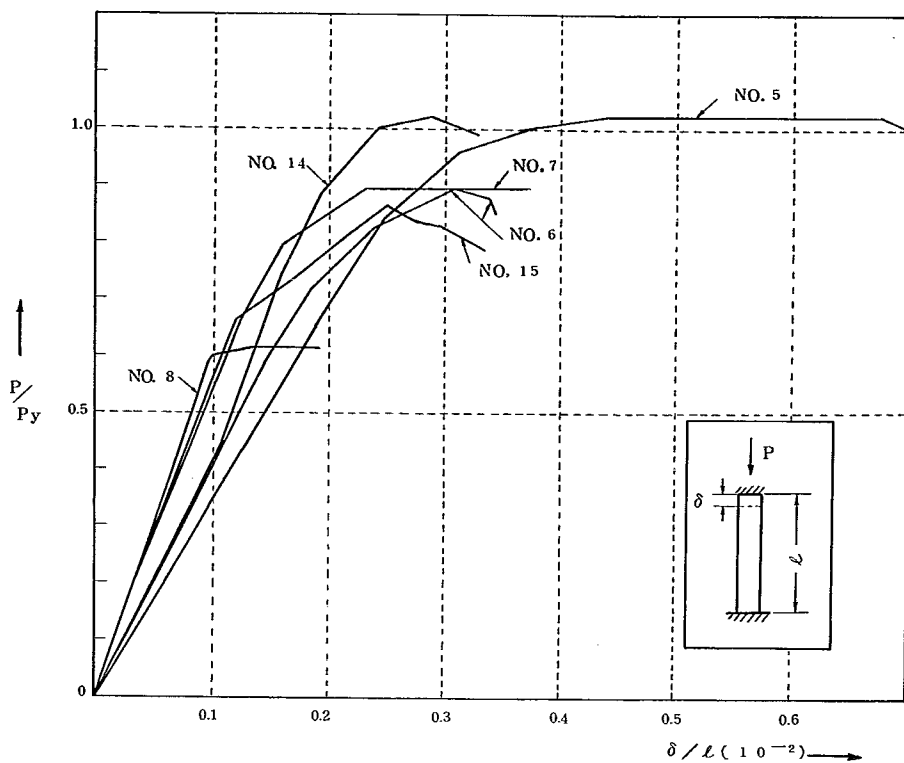
耐力力に与える各要因の影響をみるために、最大荷重と補剛材本数および幅厚比との関係を図-4.7に、また最大荷重と補剛材の剛度との関係を図-4.8にそれぞれ示す。

この実験はまだ終了しておらず、最終結果が出ていないが、これまでに得られた結果をみれば、既往の実験結果とほぼ似た傾向がみられ、補剛された板の平均応力が降伏点にまで達せず、10～15%程度低下する場合があることがわかった。

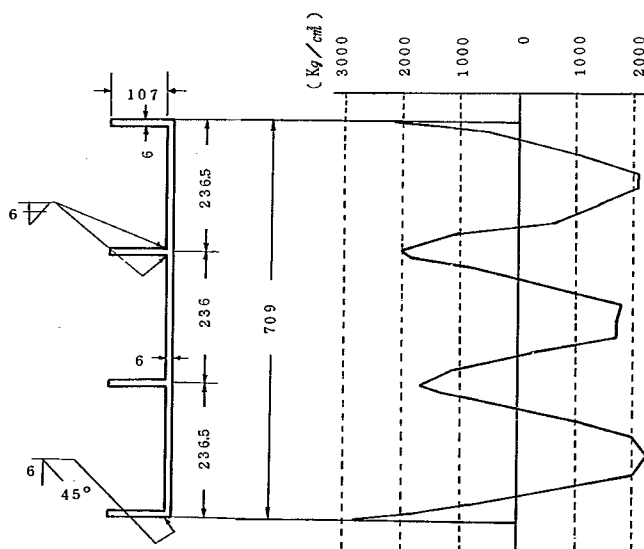
4.3 今後の研究事項

鋼製橋脚を中心とした土木鋼構造物の合理的な耐震設計法の確立のために、今後は主として下記の事項を研究してゆく必要がある。

- (i) 補剛された板で構成された箱形断面部材が曲げと軸力をうける場合の非弾性域における挙動（耐力力および変形性状）。これについては、今年度の実験結果の検討における不十分な点を補完しつつ、その成果と関連づけて検討を進めていくことになる。
- (ii) 薄肉円形断面部材が曲げと軸力をうける場合の非弾性域における挙動。これについては今年度着手した理論的研究をもとに、実験結果の検討を行い、主として断面の偏平化が耐力力に与える影響を研究していくことになる。
- (iii) 繰返し荷重をうける基本断面部材の非弾性域における挙動、上記(i)(ii)の断面を有する部材が繰返し荷重をうけた場合の構造特性を把握する。
- (iv) 動的な地震外力に対する鋼製橋脚の応答。鋼製橋脚の耐震設計において考慮すべき限界状態を決定するために、上記(i)(ii)および(iii)で得られた薄肉鋼部材の構造特性ならびに地震力地盤部会における地震入力に関する研究成果を用いて検討を行う。
- (v) 鋼製橋脚の耐震設計において付与すべき安全率の検討および設計基準の作成。



(a) 圧縮荷重と供試体の縮み量の関係



(b) 残留応力の測定結果の1例

図-4.5 補剛された板の圧縮試験結果

(建設省土木研究所、川崎製鉄鋼構造研究所、新日本製鉄相模原技術センター)

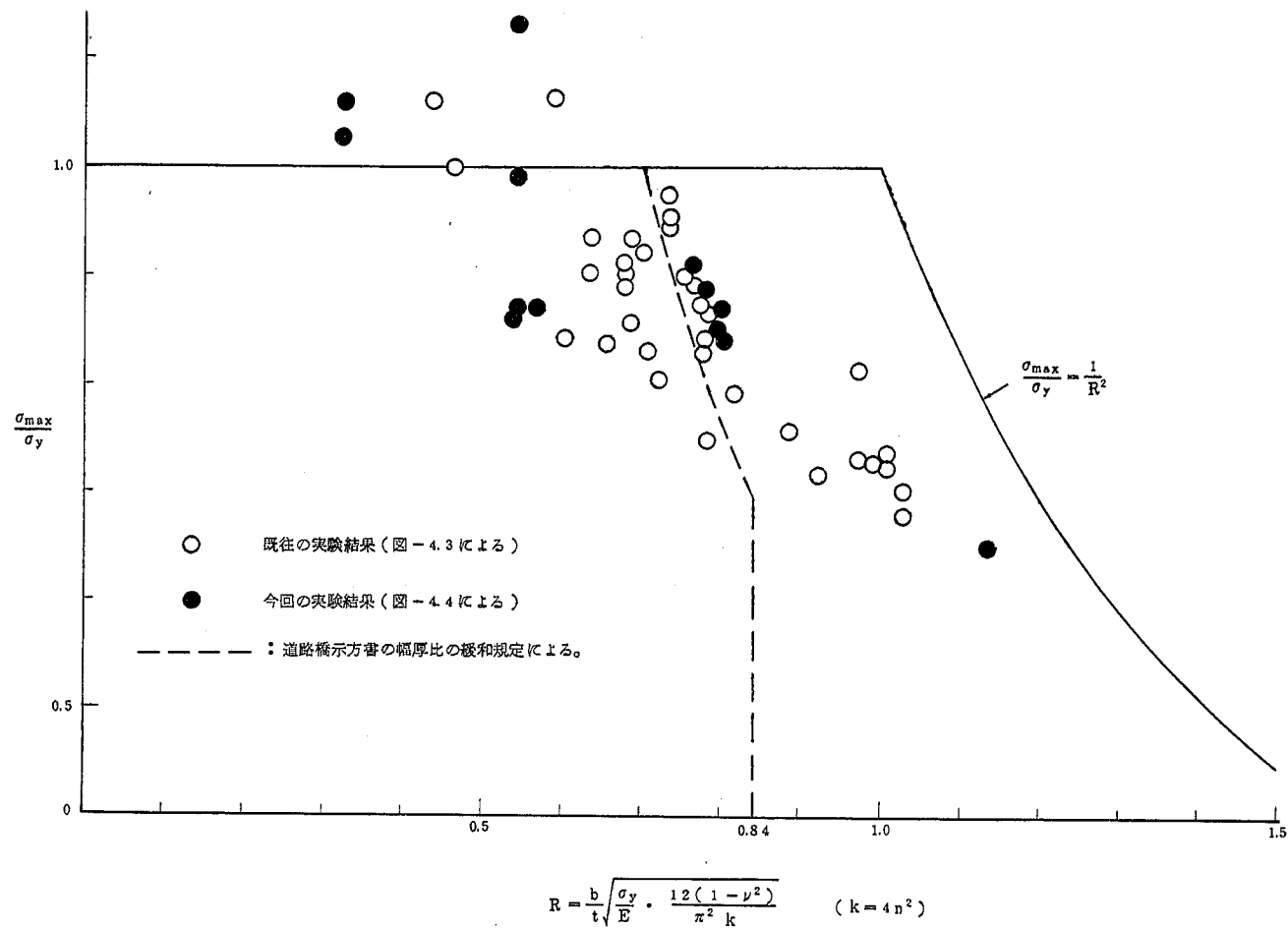
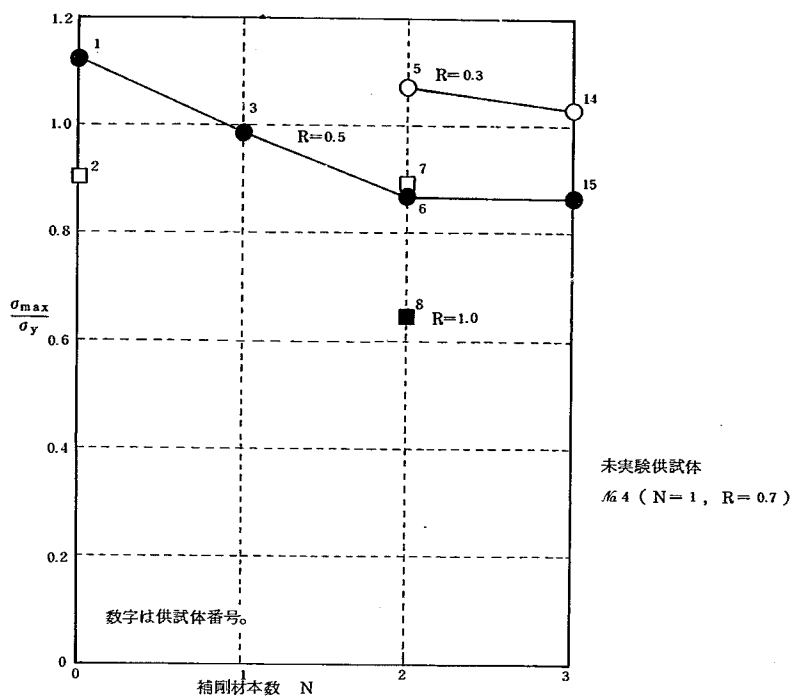
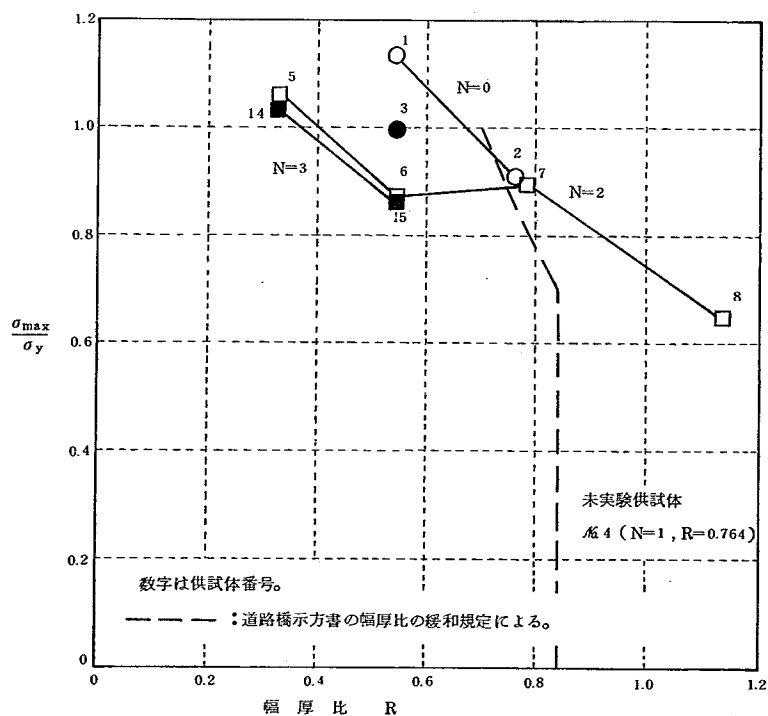


図-4.6 補剛された板の実験結果と今回の実験結果の比較
（建設省土木研究所、川崎製鉄鋼構造研究所、新日本製鉄相模原技術センター）



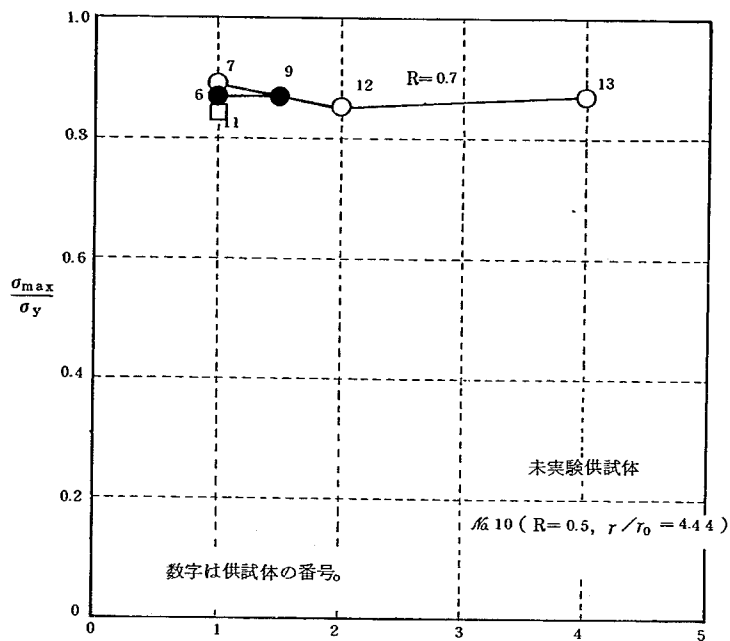
(a) 最大荷重と補剛材本数の関係



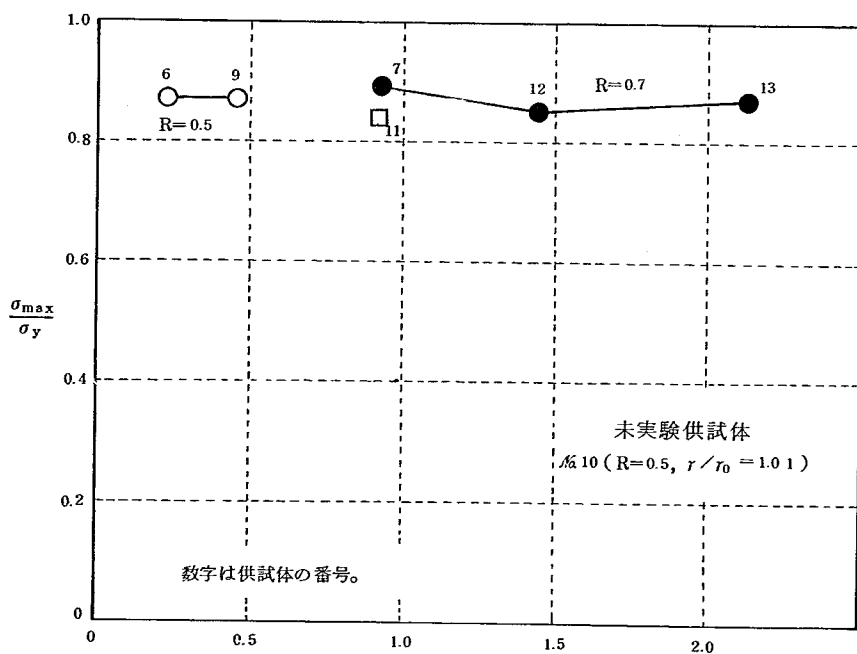
(b) 最大荷重と幅厚比の関係

図-4.7 最大荷重と補剛材本数および幅厚比の関係

(建設省土木研究所、川崎製鉄鋼構造研究所、新日本製鉄相模原技術センター)



(a) 道路橋示方書の最小剛比 r_0 を基準にした場合



(b) DIN 4114 の最小剛比 r^* を基準にした場合

図 - 4. 最大荷重と補剛材の剛度の関係

(建設省土木研究所、川崎製鉄鋼構造研究所、新日本製鉄相模原技術センター)

付属資料-4.1 審 議 経 過

(1) 部 会

回 次	開催日時場所	主 要 議 事 内 容
第 1 回 (48年度)	4 9. 2. 1 3 霞 山 会 館	(1) 第1回耐震技術開発研究委員会(49.2.4)の報告。 同委員会で当部会の研究計画説明書および部会内規、部会委員が了承されたことの報告。 (2) 当部会では土木鋼構造物の耐震設計法に関する調査研究をテーマとして取りあげる。土木鋼構造物の合理的な耐震設計法の確立のためには構造物の限界状態すなわち、その非弾性領域での挙動に関する研究を進める必要がある。 (3) 昭和48年度の調査研究は次年度以降の調査研究方針の決定及び鋼構造物の非弾性域における挙動の現況の研究成果の調査を行う。 (4) 既設鋼製橋脚の追跡調査を日本道路公団、首都高速道路公団、阪神高速道路公団の施工例よりサンプリングして実施する。
第 2 回 (48年度)	4 9. 3. 1 9 キ ャ ッ ス ル (飯 野 ビ ル)	(1) 鋼製橋脚の形状寸法の調査結果。 代表的な鋼製橋脚を選び出して今後耐荷力の検討を行う。 (2) 建築の分野における鋼構造の耐震設計に関する研究の現状の紹介。 (3) 今後は鋼製橋脚の耐荷力に関する理論的実験的検討、薄肉断面部材の座屈後の繰返し載荷による挙動および文献、現行基準等に関する調査を行っていく。
第 3 回 (49年度)	4 9. 8. 7 東海大学校友会 (霞ヶ関ビル)	(1) 48年度報告書の説明 (2) 49年度研究開発計画および鋼構造部会研究内容の説明。 (3) 補剛された板の耐荷力に関する最近の研究の紹介。 (4) 補剛された板の圧縮試験計画 (5) 曲げと軸力をうける部材の試験計画 (6) くり返し荷重をうける箱形断面柱の局部座屈強度に関する基礎的研究委託案 (7) 曲げモーメントと軸方向力を受ける鋼管柱の強度に関する委託案

回 次	開催日時場所	主 要 議 事 内 容
第 4 回 (4 9 年度)	4 9. 1 0. 1 6 キャッスル (飯 野 ビ ル)	(1) 補剛された板の圧縮試験用供試体および測定計画 (2) 曲げと軸力をうける部材の試験用供試体および測定計画 (3) 補剛された板に関する最近の研究の紹介

(2) 幹 事 会

回 次	開催日時場所	主 要 議 事 内 容
1 (4 8 年度)	4 9. 3. 4 (センター会議室)	(1) 今後の検討方針
2 (4 9 年度)	4 9. 7. 1 3 (センター会議室)	(1) 4 9 年度の研究方針
3 (4 9 年度)	4 9. 9. 2 キャッスル (飯 野 ビ ル)	(1) 補剛された板の圧縮試験計画 (2) 曲げと軸力をうける部材の試験計画
4 (4 9 年度)	5 0. 1. 2 2 神 戸 製 鋼 構 造 研 究 所 (尼 崎)	(1) 曲げと軸力をうける部材の試験の見学ならびに結果の検討
5 (4 9 年度)	5 0. 2. 1 0 川 崎 製 鉄 鋼 構 造 研 究 所 (千 葉)	(1) 補剛された板の圧縮試験の見学ならびに結果の検討
6 (4 9 年度)	5 0. 3. 3 キャッスル (飯 野 ビ ル)	(1) 曲げと軸力をうける部材の試験結果の検討 (2) 補剛された板の圧縮試験結果の検討 (3) 鋼管の曲げ試験計画の検討 (4) 4 9 年度報告書の作成方針
7 (4 9 年度)	5 0. 3. 1 3 (センター会議室)	(1) 4 9 年度報告書の内容

付属資料-4.2 鋼構造部会提出資料目録

(I) 部 会

回次	資料 番号	資 料 名	提 出 者
1	1 - 1	耐震技術開発研究委員会設立趣意書	幹 事
	1 - 2	" 内規	"
	1 - 3	" 部会内規	"
	1 - 4	研究計画説明書(鋼構造部会)	"
	1 - 5	耐震技術開発研究委員会委員名簿	"
	1 - 6	" 鋼構造部会委員名簿	"
	1 - 7	鋼構造部会の作業方針について	"
2	2 - 0	第1回鋼構造部会議事録	幹 事
	2 - 1	鋼製橋脚の形状寸法	"
	2-2-1	B. Kato, "Inelastic Behavior of Steel Beam-Columns"	加藤(勉)
	2-2-2	B. Kato and H. Akiyama, "Inelastic Bar subjected to Thrust and Cyclic Bending", Proc. of ASCE, Jan. 1969	"
	2-2-3	B. Kato, "Behavior of Short Columns subjected to Lateral Force under High Compressive Force", Proc. of the Symposium on the High-Rise and Long-Span Structures, Tokyo, Sept. 1964	"
	2-2-4	B. Kato, H. Akiyama and Y. Yamanouchi, "Predictable Properties of Material under Incremental Cyclic Loading", The Preliminary Publication of IABSE Symposium on Resistance and Ultimate Deformability of Structures acted on by Well Defined Repeated Loads, Lisbon, 1973	"
	2-2-5	B. Kato, "Buckling Strength of Plates in the Plastic Range", The 25th Volume of the Publications, IABSE, Zurich, 1965	"
	2-2-6	B. Kato and H. Akiyama, "Theoretical Prediction of the Load-Deflection Relationship of Steel Member and Frames", The Preliminary Publication of IABSE, Symposium on Resistance and Ultimate Deformability of Structures acted on by Well Defined Repeated Loads, Lisbon, 1973	"

回次	資 料 番 号	資 料 名	提 出 者
	2-2-7	加藤、秋山、鈴木、「軸圧縮力を受ける鋼管の塑性局部座屈耐力」、日本建築学会論文報告集第204号、昭和48年2月	加藤(勉)
	2-2-8	加藤、秋山、「鋼構造柱部材の降伏耐力について」、日本建築学会論文報告集第198号、昭和47年2月	"
	2-2-9	加藤、秋山、鈴木、「鋼管梁の曲げ耐力」、日本建築学会大会学術講演梗概集、昭和48年10月	"
3	3-0	第2回鋼構造部会議事録	幹 事
	3-1	昭和48年度耐震技術に関する研究開発報告書	"
	3-2	昭和49年度研究開発計画、委員会開催予定、委員名簿	"
	3-3	鋼構造部会研究内容	"
	3-4	Y. Fukumoto, T. Usami and Y. Okamoto, "Ultimate Compressive Strength of Stiffened Plates"	福 本
	3-5	「補剛材つき圧縮板の設計要領(抜粋)」土木学会本州、四国連絡橋鋼上部構造研究小委員会、座屈分科会、昭和49年3月	幹 事
	3-6	補剛された板の圧縮試験計画(案)	"
	3-7	曲げと軸力を受けるはり一柱の試験計画(案)	"
	3-8	繰返し荷重を受ける箱形断面柱の局部座屈強度に関する基礎的研究	福 本
	3-9	曲げモーメントと軸方向力を受ける鋼管柱の強度	西 野
4	4-0	第3回鋼構造部会議事録	幹 事
	4-1-1	補剛された板の圧縮試験昭和49年度計画(再々修正案)	"
	4-1-2	同 供試体図面	"
	4-2-1	曲げと軸力を受ける部材の試験計画	"
	4-2-2	同 試験体の製作および溶接による初期変形ならびに残留応力の測定	"
	4-2-3	曲げと軸力を受ける beam-column の実験治具	"
	4-2-4	変位とひずみの測定位置	"
	4-3-1	宇佐美、「補剛材つき板の弾性ならびに非弾性圧縮座屈強度」、土木学会論文報告集第228号、1974年8月	宇 佐 美
	4-3-2	補剛材つき板の圧縮座屈強度(概要)	"
	4-4	長谷川、大田、西野、「補剛された板要素の座屈強度に関する二、三の考察」、土木学会論文報告集第232号、1974年12月	長 谷 川
	4-5	長谷川、長浜、西野、「圧縮を受ける補剛された板の座屈強度」、土木学会論文報告集、投稿中	

(2) 幹 事 会

回次	資料 番号	資 料 名	提出者
2	幹2-1	昭和49年度研究開発計画案 — 鋼構造部会 —	幹事
3	幹3-0	第3回鋼構造部会議事録	幹事
	幹3-1	昭和49年度実施予定の補剛された板の圧縮試験の変更理由	"
	幹3-2	補剛された板の圧縮試験供試体 (NO. 2) 図面	"
	幹3-3	Beam-Column 実験治具詳細	"
	幹3-4	曲げと軸力を受ける部材の試験計画	"
4	幹4-1	曲げと軸力を受ける部材の試験の中間結果概要	"
5	幹5-1	補剛された板の圧縮試験 昭和49年度計画 (再々修正案)	"
	幹5-2	補剛された板の圧縮試験供試体図面	"
	幹5-3	補剛された板の座屈実験報告書 (中間結果概要)	"
6	幹6-1	鋼構造部会49年度報告目次案	"
	幹6-2-1	曲げと軸力を受ける部材の試験実施要領	"
	幹6-2-2	曲げと軸力を受ける部材の試験中間報告	"
	幹6-2-3	鋼管の曲げ試験要領	"
	幹6-3-1	補剛された板の圧縮試験実施要領	"
	幹6-3-2	補剛された板の座屈実験報告書 (中間報告)	"
7	幹7-1	鋼構造部会49年度報告書原案	"

5. 地震力・地盤部会の研究成果の概要

5.1 概説

地震力・地盤部会は昭和49年度より新たに発足した部会である。

部会として初年度である本年度はまず部会の研究開発方針を審議し、「入力地震動および構造物の地震応答に関する研究」ならびに「地盤の動的挙動および地盤と構造物の動的相互作用に関する研究」の2課題を本年度より3ヶ年計画で実施することとした。

主要な研究開発項目は(1)入力地震動、(2)地盤の動的挙動、(3)動的相互作用、(4)地震応答であり、本年度は既往の研究に基づいてこれらを検討した。また東京大学理学部の佐藤良輔、川崎一郎両氏の協力を得て断層モデルによる地震動の解析に着手した。

5.2 研究内容および研究成果

地震力・地盤部会の研究内容をフローチャートとして図-5.1に示す。本年度は主に入力地震動、地盤の動的挙動および地盤と構造物の動的相互作用について検討した。

(1) 入力地震動

地震の地域別活動度、地震統計に関する研究成果が紹介され、全国125点における地震の震度階と発生回数の関係、地震のマグニチュード、震央距離、最大加速度の関係などが検討された。

地震動に関しては東京大学理学部の佐藤良輔、川崎一郎両氏により無限および半無限媒質における断層モデルによる解析例が紹介された。この解析は均質弾性体内の断層運動により発生し伝播する地震動を計算するものであり、このうち半無限媒質の場合は以下のとおりである。

均質弾性体内に図-5.2に示される断層面A B C D E Fを想定する。この断層面は長さ、巾、走行、傾きおよび震源深さ、震央の位置によりその空間的な位置が確定する。この断層面を境として上面、下面の間にずれが発生するものとし、その方向を λ 、ずれの量を D_0 とする。ずれは最初F点で発生し順次断層面上を伝播して最終的に断層面の上面はA' B' C' D' E' F'に移るものとする。また各点におけるずれは図-5.3に示されるような時間的経過を経て最終値 D_0 に達するものとする。このような過程により地震が発生し、ずれが断層面上を伝播して行く際に各点から放射される波動を重ね合わせたものがある地点における地震動となる。

以上の説明における断層面の諸元、ずれの量などのパラメーターは断層パラメータと呼ばれており、関東地震(1923)をはじめとするいくつかの地震についてはその値が既に調べられている。本部会では昭和49年5月9日発生した1974年伊豆半島沖地震に対する佐藤、川崎両氏の断層パラメーターを用いて伊東付近における地震動を試算した。図-5.4に1974年伊豆半島沖地震の断層モデル、図-5.5に試算結果を示す。

断層モデルにより直接計算される地震動は変位であるが現段階においても長周期構造物に対

する入力地震動を検討する上で有効な手法のひとつであると考えられる。なお短周期成分が重要となる速度および加速度についてはさらに検討を要する。

(2) 地盤の動的挙動

地震応答スペクトルから見た表層の地震動、埋立地における地震動の多点同時観測結果、表層における地震動を計算する際の境界の取り扱い方など地盤の動的挙動に関する研究成果が紹介され、観測資料の収集、観測の強化ならびに解析法の合理化の必要性が認識された。

(3) 地盤と構造物の動的相互作用

振動実験が実施された構造物に対する有限要素法および波動式の差分解析法による動的相互作用の解析例が紹介され、今後の解析に当り問題となる地盤の非線型性、3次元解析などについて検討した。

(4) 地震応答（構造物に作用する地震力）

地震時の構造物に加わる地震力を算定するために、非線型系の応答について検討を進めるととした。

5.3 今後の研究事項

入力地震動に関しては断層モデルによる解析を進め観測記録と比較する。また速度、加速度についても検討し、さらに均質弾性体から多層系弾性体への拡張を図る。

地盤の動的挙動および地盤と構造物の動的相互作用に関しては地盤の非線型性の取り扱いの具体的な手法を検討する。

構造物に作用する地震力を評価するために非線型の単純な系に対し応答計算を実施する。

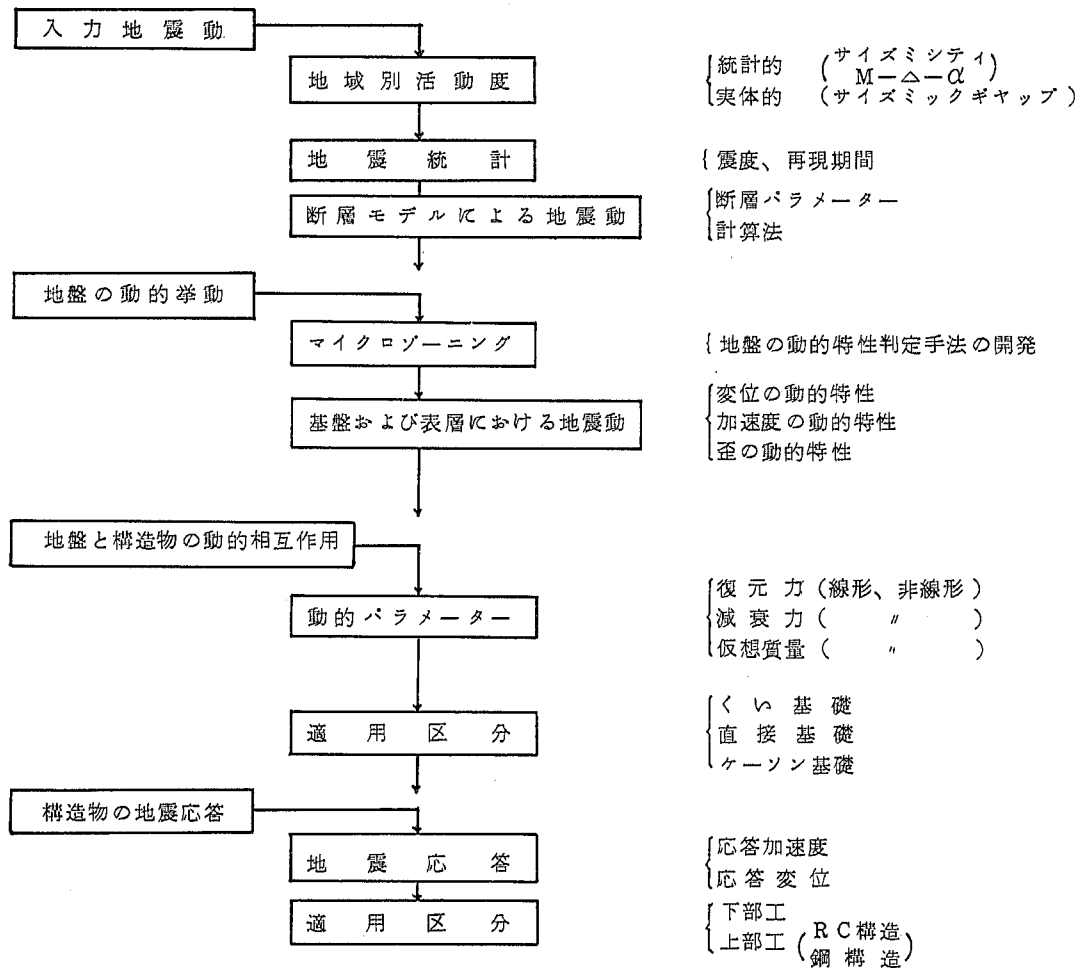


図 5. 1 地震力・地盤部会の研究内容

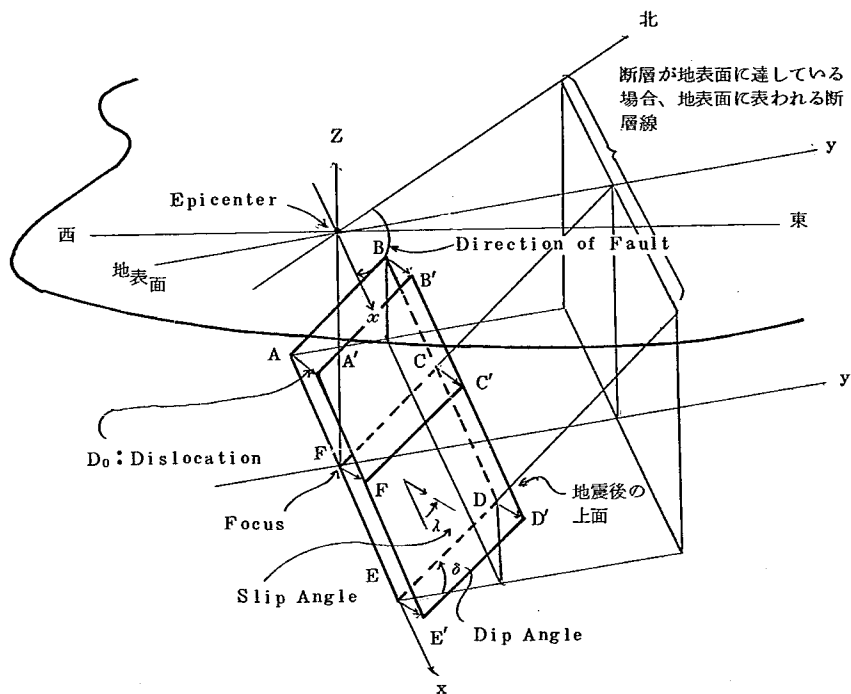


図-5.2 断層モデル

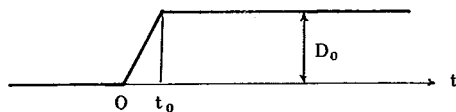
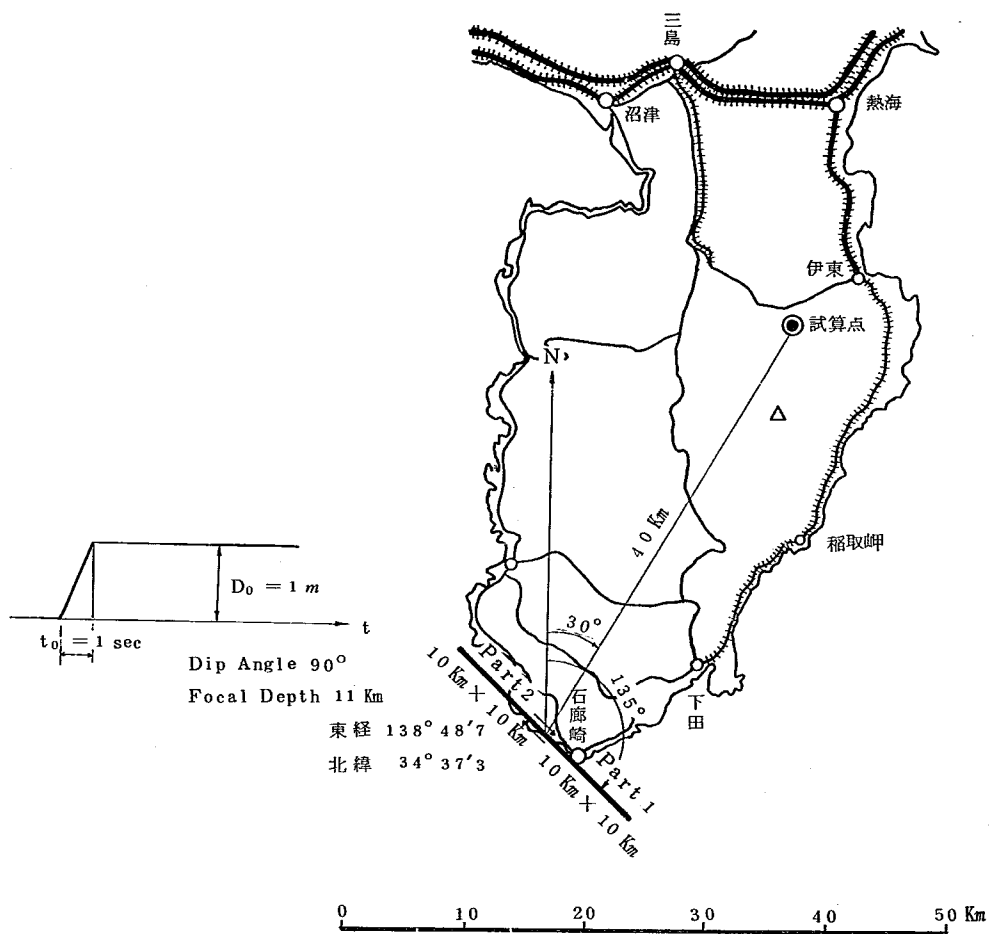


図-5.3 各点におけるずれの時間的経過



図— 5.4 1974 年伊豆半島沖地震断層モデル

 * * N-S-COMPONENT *
 * + E-W-COMPONENT *
 * . ZZ-COMPONENT *

Dislocation=1m

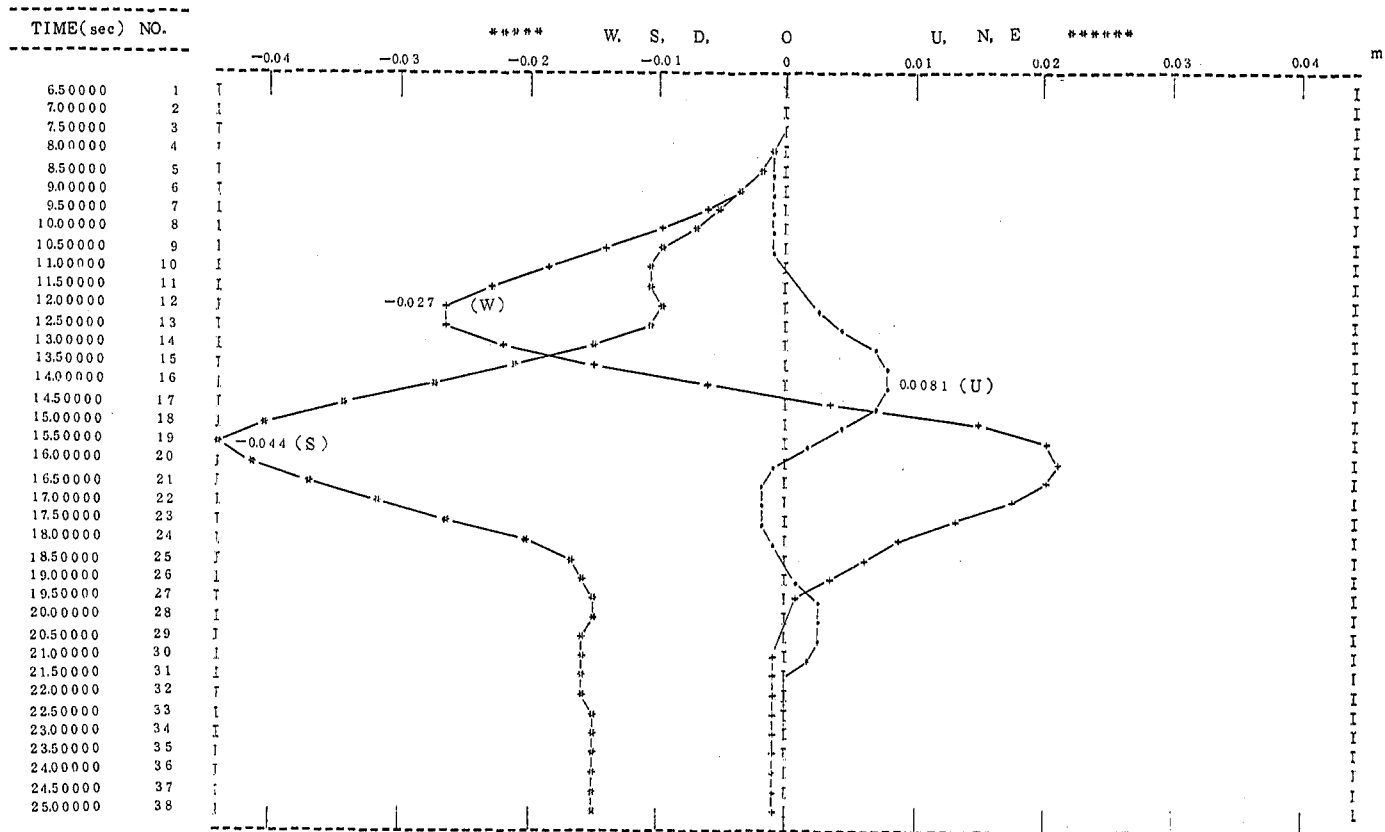


図-5.5 試算点の変位

付属資料— 5.1 審議経過（活動状況）

種 別	回 次	開 催 年 月 日 場 所	主 要 議 事 な ど
部 会	1	4 9. 8. 7 霞ヶ関ビル 東海大学校友会館	○出席者：久保部会長他 18 名 ○議 事： (1) 耐震技術開発研究委員会活動状況および地震力・地盤部会設立趣意の説明 (2) 部会長挨拶および委員紹介 (3) 研究方針および工程の審議
幹 事 会	1	4 9. 9. 1 7 国土開発技術研究 センター会議室	○出席者：久保部会長他 10 名 ○議 事： (1) 研究方針の検討
部 会	2	4 9. 1 0. 4 霞ヶ関ビル 東海大学校友会館	○出席者：久保部会長他 17 名 ○議 事： (1) 研究方針の審議 (2) 表層の地震動について (3) 相互作用の解析例について
幹 事 会	2	4 9. 1 1. 1 4 国土開発技術研究 センター会議室	○出席者：久保部会長他 8 名 ○議 事： (1) 研究方針の検討
部 会	3	4 9. 1 2. 2 霞ヶ関ビル 東海大学校友会館	○出席者：久保部会長、佐藤良輔先生、川崎一朗先生他 14 名 ○議 事： (1) 地盤中の地震動 (2) 断層モデルによる地震動
幹 事 会	3	5 0. 1. 2 0	○出席者：久保部会長、佐藤良輔先生、川崎一朗先生他 9 名

種 別	回 次	開 催 年 月 日 場 所	主 要 議 事 な ど
		国土開発技術研究 センター会議室	○議 事： (1) 断層モデルによる試算結果の検討
部 会	4	5 0. 2. 2 4 国土開発技術研究 センター会議室	○出席者：久保部会長他 1 1 名 ○議 事： (1) 断層モデルによる地震動（補足） (2) 地震統計 (3) 地震危険度評価法
幹 事 会	4	5 0. 3. 1 3 国土開発技術研究 センター会議室	○出席者：伯野部会長代行他 7 名 ○議 事： (1) 昭和 4 9 年度部会報告の検討

付属資料—52 資料目録

種 別	回 次	資 料 名	提 出 者
部 会	1	◦ 地震力・地盤部会研究開発計画 ◦ 昭和49年度委員会工程計画	幹 事 "
部 会	2	◦ 部会研究内容フローチャート ◦ 「新耐震設計法の開発」に関する研究開発計画調査報告書(抄) ◦ 軟弱地盤・構造物系の動特性におよぼす基礎・地盤の影響	幹 事 " 堤
部 会	3	◦ 地盤中の地震動 ◦ " Calculation of Surface Motions of A Layered Half-Space ", By N. C. Tsai and G. W. Housner ◦ " Finite Dynamic Model For Infinite Media ", By J. Lysmer and R. L. Kuhlemeyer, ASCE, 8, 1969, EM4, pp. 859 ~ 877 ◦ " Shear Waves In Plane Infinite Structures ", By J. Lysmer and G. Waas, ASCE, 2, 1972, pp. 85 ~ 105 ◦ 「有限要素法による地盤の振動解析におけるモデル化の一方法について」、柴田、土岐、菅野	田 村 土 岐 " " "
部 会	4	◦ " 半無限媒質中の断層によって生じる地震波(その1) ", 川崎 鈴木, 佐藤, 地震, NO. 25, pp. 207 ~ 217, 1972 ◦ " 半無限媒質中の断層によって生じる地震波(その2) ", 川崎 鈴木, 佐藤, 地震, NO. 25, pp. 333 ~ 342, 1972 ◦ 断層モデル電算プログラム(佐藤、川崎)概要 ◦ 1974年伊豆半島沖地震の断層モデル(佐藤、川崎) ◦ 「地震の危険度」, 高橋浩一郎 ◦ 「地震の震度別有感回数について」, 勝又, 徳永, 測候時報 NO. 34, 5, 昭和42年10月 ◦ 「地震動の最大加速度の推定」, 勝又, 験震時報, NO. 37, 3, 昭和48年1月 ◦ 「震度別有感地震回数」, 宇佐美, 勝又, 験震時報, NO. 38, 1, 昭和48年3月 ◦ " The Acceptable Level of Risk and The Level of Prescribed by Codes ", By G. Grandori and V. Petrini	佐 藤 " 幹 事 " 勝 又 " " 久 保

6. 今後の技術開発と研究の方針

地震に関しては、今日、非常に強い関心が各方面から示されており、構造物の耐震性についてのみならず、地震災害防除の観点からより広い範囲にわたって、技術開発および研究を推進することが望まれている。本委員会は、上述の事柄に関連して、新設構造物の耐震基準の改訂もしくは設定に係わる技術開発および研究のみならず、既設の構造物・施設の耐震性の強化ひいては都市の地震災害の抑止に積極的に寄与するための技術開発および研究を推進することの必要について検討してきた。

明年度以降は、耐震技術の向上発展ひいては地震防災技術に積極的に貢献しうる体制を樹立し、今後2か年を充当し、可能な範囲において解決を図っていくのがよいと考えられる。

明年度以降は土木構造物、建築構造物などの共通的な耐震設計指針、点検・補強指針および安全性評価指針について検討していく方針とする。

資

料

第3回耐震技術開発研究委員会議事録

日 時 昭和49年7月2日 15:00～18:00
場 所 キャッスル(東京・飯野ビル9F)
出 席 者 岡本委員長、久保副委員長、伊東、伊藤、石原(代山田恭)、尾坂、後藤、鈴木、中野、長尾、伯野、福岡、柳田、山田善、前川各委員、国広、栗林、駒田、太田、岩崎飯田、井出各幹事(センター)

配布資料

耐震技術開発研究委員会(第3回)議事次第
第2回耐震技術開発研究委員会議事録(案)
第3回委員会配布資料一覧
昭和48年度耐震技術に関する研究開発報告書
委員会委員名簿
基礎工部会委員名簿
コンクリート部会委員名簿
鋼構造部会委員名簿
地震力・地盤部会委員名簿(案)
基礎工部会昭和49年度研究開発計画(案)
コンクリート部会昭和49年度研究開発計画(案)
鋼構造部会昭和49年度研究開発計画(案)
地震力・地盤部会研究開発計画(案)
昭和49年度委員会開催予定

議 事

1. 受託者挨拶(前川委員)
2. 委託者挨拶(長尾委員)
3. 委員長挨拶
4. 新委員紹介
5. 前回議事録の確認

P.3 尾坂委員の発言を以下のように訂正。

(尾坂) 場所ぐいのボンドの問題である。フーチングの中まで通常ぐいの鉄筋をのばすが、ひびが入ると普通のコンクリートの場合よりひびわれ幅が大きくなる。

6. 昭和48年度報告
7. 昭和49年度委員会運営計画説明

(1) 地震力・地盤部会設立趣意説明

(2) 工程計画説明

8. 昭和49年度研究開発計画説明

(1) 基礎工部会

(2) コンクリート部会

(3) 鋼構造部会

(4) 地震力・地盤部会

9. 質 疑

(基礎工部会)

(福 岡) 矢板式基礎においてソイル・スタビライゼーション の考えを入れて中の土を締め固め、鋼材を節約するという考え方はどうか。地表面に近くの間まれた土の締め固めの程度が与える影響は大きい。鋼材の価格と締め固めの費用との比較になると思うがどうか。

(鈴 木) そのような考え方として長短の矢板を併用している例がある。

(コンクリート部会)

(鈴 木) コンクリート部会の研究対象にPCは入るのか。

(柳 田) RCだけで範囲が広いので項目としては除いている。共通するところは研究を進めることになる。

(尾 坂) 限界状態設計法をまとめる上でPCの考え方を参照する。

(鈴 木) ねじりを受けるPCは弱いといわれているが。

(尾 坂) 当面まとめられるところをまとめる方針である。

(委員長) ねじりについては着手しないのか。

(尾 坂) まず軸力の効果および昨年度に引き続き継手・結合部における定着の問題について研究を進める予定である。

(委員長) ねじりについても平行して進めてはどうか。

(尾 坂) RCおよびPC部材の曲げねじりは最近広く研究されており、文献調査により理解できる。設計への適用に重点を置いて勉強して行きたい。

(久 保) 限界状態設計法すなわち終局強度による設計法と現行の許容応力法との間にはかなりの距離があるように思われる。また繰返しの問題はどのように扱うのか。

(尾 坂) 終局限度に関する研究も広く行われている。設計法にまとめる際のまとめ方が問題となる。繰返しの問題については設備の関係で止むを得ず静的に載荷している。

(久保) 安全率の問題はどのように考えるのか。

(尾坂) 安全率に関しては強度の変動、施工、荷重のばらつきに分けて検討していく。荷重条件によっても安全率は異なる。

(鋼構造部会)

(伯野) 繰返し荷重についても実施するのか。

(国広) 今年度は予定していない。

(伊藤) 鋼構造部会でも限界状態設計法について検討する。現在の設計法で設計されている寸法の橋脚について解析する予定である。

(久保) 地震時の安定に関しては変形が問題となるのではないか。

(国広) 設計荷重を越える荷重に対しては局部座屈が問題となる。局部座屈を考慮して全体系の変形を解析することはかなり困難である。

(委員長) 非弾性状態を許容するのか。

(国広) 常時の荷重に対してまでは非弾性状態を容認するわけではない。

(地震力・地盤部会)

(福岡) 基礎的に重要な問題を研究するようであるが耐震設計指針の改訂をも考慮しているのか。

(栗林) 来年度以降建築の分野を含めた共通耐震設計指針について検討し、建設省としての考え方を明確にする予定である。

(後藤) ニア・ソース・プロブレムを考慮するのか。

(栗林) 考慮する。

(後藤) 実体的な取り扱いが集積すればこれに対する統計的な扱いが必要となるう。

(委員長) 吊橋など長周期構造物に対しては有効な手法と考えられる。

(福岡) 地中地震観測の結果なども検討するのか。

(栗林) 検討する。

(委員長) 本年度は全体として計画が具体化されており、大きな成果が期待される。

第4回耐震技術開発研究委員会議事録(案)

日 時 昭和50年3月18日 15:00～18:00

場 所 東京・霞山会館

出席者 岡本委員長、久保副委員長、伊東、大久保、川上、川崎、鈴木、玉野、中野、伯野
山田各委員、小寺コンクリート部会委員、国広、栗林、駒田、成田(代池村)、太田
岩崎、飯田、松野、城江各幹事、佐伯(土研)、岡原(土研)

配布資料

耐震技術開発研究委員会(第4回)議事次第

1-1 第3回耐震技術開発研究委員会議事録(案)

1-2 委員会委員名簿、部会委員名簿

1-3 委員会活動の経過

1-4 昭和49年度における研究開発の概要

1-5 今後の技術開発と研究の方針

1-6 昭和49年度報告書目次案

2-1 基礎工部会報告

2-2 矢板式基礎の構造解析法

2-3 矢板式基礎の構造特性

2-4 新水郷大橋の計画と設計について

3-1 コンクリート部会報告

4-1 鋼構造部会報告

5-1 地震力・地盤部会報告

議 事

1. 委員長挨拶

2. 前回議事録の確認

3. 経過報告

4. 部会報告

(1) 基礎工部会

(2) コンクリート部会

(3) 鋼構造部会

(4) 地震力・地盤部会

5. 昭和49年度報告書(案)説明

6. 質 疑

(委員長) 資料3-1 p.3 の(2)の3)の鉄筋かさね継手の耐震性に関する記述は不適

当ではないか。

(太 田) 検討し訂正したい。

(委員長) 矢板式基礎の構造はどのようになっているか。

(駒 田) 資料 2-4, 図-4 に示されるように鋼管矢板を継手により連結し、閉断面を構成している。

(委員長) 継手は矢板全長にわたっているのか。

(駒 田) 間引きをしている例もある。

(久 保) 資料 4-1 p. 28 図-4.6 の横軸 R は何か。

(国 広) 板の幅厚比を示す。

(伯 野) コンクリートの繰返し載荷の回数は。

(太 田) 5 サイクル位までである。

(伯 野) 繰返し載荷の場合の破壊の状態は一方向載荷の場合と異なると思われる。

(太 田) 現在データを整理中であるので後日報告したい。

(久 保) 資料 1-4 p. 1 2. 橋脚の弾塑性特性に関する研究成果では鋼製橋脚に関してと明記する必要があるのではないか。

(栗 林) 鋼製橋脚について下記の成果を得たと挿入する。

(鈴 木) 資料 1-5 で産業施設とは石油タンクを含むのか。

(栗 林) 第 3 回委員会議事録にあるように昭和 50 年度は建設省としての共通耐震設計指針を検討するという意味である。建築基準法の適用範囲の構造物は対象となるが石油タンクは現在のところ保留されているものと考えていただきたい。

(久 保) 建築物という言葉は一般的なものか。

(中 野) この場合建築構造物が適当と思われる。

(栗 林) 資料 1-5 下から 3 行目から次の行を次のように訂正したい。明年度以降土木構造物、建築構造物などの共通的な…以下原案通り。

(大久保) 石油タンクをも扱うべきだとの諸先輩の声があるが行政的には石油パイプラインにつながっている石油タンクに関してのみ発言権を有している。消防関係の規定には構造に関しての配慮がない。

(鈴 木) 大都市には建築でも土木でもない種々の構造物が存在している。

(久 保) それらの構造物に関しても責任をもつべきと考えられる。

8. その他

次回の委員会は昭和 50 年 7 月頃開催予定とする。

9. 受託者挨拶

10. 委託者挨拶

11. 委員長挨拶

昭和49年度総合技術開発プロジェクト

耐震技術に関する研究開発報告書 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

郵便はがき

280-□□

千葉県千葉市穴川

四丁目十二番五二号

建設省土木研究所

振動研究室 御中

十円切手
をはって
下さい